

39.33-08

671.12

188

1094705



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

39.33-08

188

Г. П. ЛЫШКО

НЕФТЕПРОДУКТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ



УЧЕБНИКИ
И УЧЕБНЫЕ
ПОСОБИЯ

для учащихся техникумов

Г. П. ЛЫШКО

НЕФТЕПРОДУКТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Допущено Управлением высшего и среднего специального образования Государственного агропромышленного комитета СССР в качестве учебника для учащихся средних специальных учебных заведений по специальности 1508 — "Механизация сельского хозяйства"

1094705

МОСКВА ВО "АГРОПРОМИЗДАТ" 1988



ВОЛГОГРАДСКАЯ

6Т2.12
ББК 40.72
Л88
УДК 631.3—6+665.71 (075.3)

Рецензенты: начальник сектора организации нефтехозяйства, использования нефтепродуктов и сбора отработанных масел Госагропрома СССР *А. В. Викторов*; профессор Московского института инженеров сельскохозяйственного производства им. В. П. Горячкина *А. В. Кузнецов*.

Лышко Г. П.

Л88 Нефтепродукты и технические жидкости. — М.: Агропромиздат, 1988. — 144 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для техникумов).

ISBN 5—10—000340—5

Даны эксплуатационные характеристики различных видов топлива, применяемого в сельскохозяйственном производстве. Изложены вопросы рационального использования смазочных материалов и технических жидкостей. Рассмотрены технические средства для хранения нефтепродуктов и механизированной заправки машин.

Для подготовки техников-механиков по специальности "Механизация сельского хозяйства".

3802040400—175

Л 035 (01) — 88 245 — 88

ББК 40.72

Св. пл. вып. лит. для ср. спец. учеб. завед.

ISBN 5—10—000340—5

Георгий Парфенович Лышко

НЕФТЕПРОДУКТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Зав. редакцией *Л. И. Чичева*. Редактор *М. И. Нагаткина*. Художественный редактор *С. В. Соколов*. Технический редактор *И. Г. Гоголевская*. Корректор *О. И. Галанова*

ИБ № 5631

Подписано в печать 02.02.88. Формат 60 × 90¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Пресс-Роман. Усл. п. л. 9,0. Усл. кр.-отт. 10,25. Уч.-изд. л. 10,28. Изд. № 381. Тираж 39 500 экз. Заказ 990. Цена 30 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 109088, Москва, Ж-88, Южно-портовая ул., 24.

© ВО "Агропромиздат", 1988

ВВЕДЕНИЕ

В состав агропромышленного комплекса страны входит огромный парк сельскохозяйственной техники. С каждым годом возрастает число поступающих в сельскохозяйственное производство энергонасыщенных тракторов, высокопроизводительных комбайнов, автомобилей повышенной грузоподъемности, самоходных машин с высокофорсированными двигателями внутреннего сгорания. Для эксплуатации этой техники ежегодно требуются десятки миллионов тонн нефтепродуктов. К ним относятся топливо, моторные и трансмиссионные масла, пластичные смазки, технические жидкости. Для машины каждой марки необходим свой ассортимент нефтепродуктов. Например, около шестнадцати наименований топлива, масел, смазок и технических жидкостей используется в течение года для трактора "Кировец".

При таком значительном потреблении особенно важно рационально и экономно использовать нефтепродукты. Эти требования становятся все более актуальными еще и потому, что из нефти получают разнообразное ценное сырье для других отраслей народного хозяйства. По мере изучения свойств нефти количество производимых из нее продуктов и сфера их применения непрерывно увеличиваются.

Значительной экономии нефтепродуктов можно добиться только в результате правильного их хранения, транспортирования и применения. Благодаря выполнению всех необходимых мероприятий по сохранению качества топлива и смазочных материалов обеспечивается надежная и долговечная работа машин.

Для того чтобы рационально и экономно использовать нефтепродукты, необходимо овладеть определенными знаниями.

В данном учебнике в соответствии с требованиями современного сельскохозяйственного производства особое внимание обращено на теоретические основы применения, оценку эксплуатационных свойств топлива, масел, смазок и жидкостей, необходимых для технически правильной эксплуатации машинно-тракторного парка.

Главный принцип изложения материала — взаимосвязь и взаимобусловленность машины, двигателя, узла с качеством и изменением свойств применяемых нефтепродуктов. Предпринята попытка использовать закономерности изменения свойств моторных масел для диагностической оценки как самого масла, так и условий эксплуатации, технического состояния и остаточного моторесурса двигателей. Особое внимание уделено вопросам рационального использования нефтепродуктов и их экономии.

СВОЙСТВА ТОПЛИВА И ОСНОВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Глава 1. СВОЙСТВА И ВИДЫ ТОПЛИВА

1.1. Классификация и состав топлива

Топливо необходимо для получения теплоты с целью наиболее полного ее использования для нужд человека. Не каждое способное гореть вещество может быть топливом. Топливо должно отвечать следующим основным требованиям: при сгорании выделять возможно большее количество теплоты, сравнительно легко загораться и давать высокую температуру; быть достаточно широко распространенным в природе, доступным для разработки, дешевым при использовании; сохранять свои свойства во время хранения; не образовывать в процессе сгорания вредные для окружающей среды вещества.

Этим требованиям наиболее полно отвечают вещества органического происхождения: нефть, природные газы, ископаемый уголь, дрова, горючие сланцы, торф.

По агрегатному состоянию все виды топлива могут быть разделены на *жидкие, газообразные и твердые*, а по происхождению — на *естественные и искусственные* (табл. 1).

1. Общая классификация топлива

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

Топливо состоит из горючей и негорючей частей.

Горючая часть представляет собой совокупность различных органических соединений, в которую входят углерод, водород, кислород, азот и сера.

Негорючая часть (балласт) — это минеральные примеси, в которые входят зола и влага.

Минеральные примеси принято разделять на *внешние* и *внутренние*. Внешние попадают в топливо из окружающей среды при его добыче, транспортировании или хранении, а внутренние входят в его химический состав.

Жидкие и твердые виды топлива состоят из горючих веществ различной молекулярной массы с трудно устанавливаемой химической природой. Поэтому при исследовании химического состава и свойств этих видов топлива обычно определяют *элементный состав* (в массовых процентах), который служит характеристикой качества топлива.

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

Водород Н — вторая по значимости после углерода составляющая. По сравнению с углеродом водорода в топливе содержится меньше (до 25 %), однако при его сгорании теплоты выделяется в 4 раза больше.

Кислород О, входящий в состав топлива, не горит и не выделяет теплоты, поэтому фактически является внутренним балластом топлива. Его содержание в зависимости от вида топлива составляет 0,5...43 %.

Азот N не горит и так же, как кислород, представляет собой внутренний балласт. Содержание его в жидких и твердых видах топлива невелико и составляет 0,5...1,5 %.

Сера S при сгорании выделяет определенное количество теплоты. Однако она весьма нежелательная составная часть топлива, ибо продукты ее сгорания — сернистый SO_2 и серный SO_3 ангидриды — вызывают сильную газовую или жидкостную коррозию металлических поверхностей. Содержание серы в топливе колеблется от долей процента до восьми.

Зола А представляет собой негорючий твердый остаток, образующийся после полного сгорания топлива. Присутствие ее в топливе нежелательно и даже вредно, так как снижается теплота сгорания, ухудшается загораемость, усиливаются абразивные износы, усложняется эксплуатация котельных установок и т. д.

Влага W весьма нежелательная примесь топлива, так как часть теплоты отбирается на испарение, снижаются выделение теплоты и температура сгорания топлива. В присутствии влаги усложняется эксплуатация установок (особенно в зимнее время), ускоряется процесс коррозии и т. д.

В зависимости от состояния топлива, при котором определяется его элементный состав, получают различные данные о содержании тех или иных веществ. Это затрудняет объективный сравнительный анализ. Поэтому в практике пересчитывают элементный состав топлива на его *рабочую, аналитическую (лабораторную), сухую, горячую и органическую* массы.

Рабочее топливо — это топливо, которое поступает к потребителям в естественном состоянии и содержит, кроме горючей части, золу и вла-

гу. Его элементный состав выражается уравнением

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

Горючая часть газообразного топлива состоит из водорода H , оксида углерода CO , метана CH_4 и других газообразных углеводородов (C_nH_m) с числом углеводородных атомов до четырех включительно. Основную тепловую ценность представляют метан и более тяжелые углеводороды. Оксид углерода дает небольшое количество теплоты. Балластную часть составляют негорючие газы, такие как азот N , углекислый CO_2 и сернистый SO_2 газы, кислород O_2 и пары воды H_2O .

1.2. Теплота сгорания топлива

Удельная теплота сгорания (кДж/кг) представляет собой теплоту, выделяемую при полном сгорании единицы массы топлива. По этому показателю судят о качестве твердых и жидких видов топлива.

Зная элементный состав, можно определить теплоту сгорания на основе закона Г. И. Гесса, согласно которому теплота сгорания зависит от состава начальных и конечных продуктов горения и не зависит от характера промежуточных реакций. В соответствии с этим теплота сгорания топлива будет равна суммарной теплоте сгорания всех его составных элементов. Однако при его сгорании получается несколько меньший тепловой эффект. Это объясняется тем, что топливо не механическая смесь элементов, а сложное химическое соединение и некоторая часть теплоты затрачивается на разрушение связей между молекулами.

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

высшая удельная теплота сгорания (кДж/кг)

$$Q_{\text{в}} = 339C + 1256H - 109(O - S); \quad (2)$$

низшая удельная теплота сгорания

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{в}} - 25(9H + W), \quad (3)$$

где содержание химических элементов выражено в процентах.

Низшая, или рабочая, теплота сгорания $Q_{\text{н}}$ — это теплота, получаемая в практических условиях. Вычитаемое $25(9H + W)$ представляет собой удельную теплоту, которая затрачивается на превращение в пар выделяющейся при сгорании топлива влаги и уносится с продуктами горения в атмосферу ($9H$ — число массовых частей воды, образующихся при сгорании 1 массовой части водорода; H и W — содержание в топливе водорода и воды).

Объемная теплота сгорания (кДж/м³) представляет собой теплоту, выделяемую при полном сгорании единицы объема. Этот показатель служит основной характеристикой газообразного топлива. Кроме того, газообразное топливо оценивают по теплоте сгорания, выделяемой при полном сгорании одного моля газа (кДж/моль). Один киломоль любо-

го газа при нормальных условиях (0°C и давление 760 мм рт. ст., или 0,133 кПа) занимает объем 22,4 м³.

В расчете на сухую массу:

высшая объемная теплота сгорания газообразного топлива

$$Q_{с.в} = 128(\text{CO} + \text{H}_2) + 399\text{CH}_4 + 639\text{C}_n\text{H}_m; \quad (4)$$

низшая объемная теплота сгорания

$$Q_{с.н} = 128\text{CO} + 108\text{H}_2 + 356\text{CH}_4 + 589\text{C}_n\text{H}_m, \quad (5)$$

где состав газа — в объемных процентах при 0°C и давлении 760 мм рт. ст.

В расчете на рабочую массу объемная теплота сгорания газообразного топлива, содержащего водяные пары,

$$Q_{р.в} = Q_{с.в} \frac{0,0805}{0,805 + W} \quad (6)$$

и

$$Q_{р.н} = Q_{с.н} \frac{0,805}{0,805 + W}, \quad (7)$$

где 0,805 — масса 1 м³ водяного пара, кг; W — содержание влаги в 1 м³ газа, кг.

Теплоту сгорания определяют не только расчетными методами, но и опытным путем, сжигая топливо в специальных приборах, называемых **калориметрами**.

В связи с тем что одна и та же масса различных видов топлива имеет различную теплоту сгорания, для удобства их сравнительной оценки введено понятие *условного топлива*. За единицу его принято топливо, при полном сгорании 1 кг или 1 м³ которого выделяется 29 308 кДж.

Чтобы перевести любое топливо в условное, необходимо теплоту сгорания данного топлива разделить на теплоту сгорания условного. Полученное число представляет собой *калорийный эквивалент*, кото-

2. Теплота сгорания и калорийные эквиваленты топлива

Вид топлива	Теплота сгорания $Q_{р.н}$, кДж/кг	Калорийный эквивалент
Условное топливо (донецкий каменный уголь)	29 308	1,00
Антрацит	30 230	1,03
Бурый уголь	14 235	0,49
Торф	13 440	0,46
Дрова	12 560	0,43
Нефть	41 867	1,42
Мазут	41 448	1,40

рый показывает, во сколько раз данное топливо выделяет больше или меньше теплоты по сравнению с условным.

В таблице 2 приведены значения рабочей теплоты сгорания для основных видов топлива и их калорийные эквиваленты.

1.3. Понятие о средней пробе топлива

Пробой называют небольшое количество взятого для исследования топлива. Проба бывает *индивидуальная*, характеризующая качество продукта из одной емкости; *средняя* — отражающая качество определенной партии; *контрольная* и т. п. По правильно отобранной средней пробе можно точно и объективно оценить исследуемое топливо. Неправильный отбор пробы практически обесценивает результаты анализа.

Чем однородней состав топлива, тем легче взять среднюю пробу. Так, сравнительно просто отбирается проба газообразного топлива, несколько сложнее — жидкого и наиболее трудоемка операция отбора средней пробы твердого топлива.

Средние пробы различных видов топлива отбирают в соответствии со специальными ГОСТами.

Для газообразного топлива обычно используют аспираторы — специальные приборы, состоящие из двух стеклянных сосудов, один из которых предназначен для отбора пробы, другой заполнен инертной жидкостью. Пробы жидкого топлива берут специальными пробоотборниками при его приеме, выдаче или хранении.

Среднюю пробу приготавливают путем смешивания индивидуальных проб, число которых зависит от объема, формы и числа емкостей. Например, для горизонтального резервуара среднюю пробу составляют из индивидуальных проб, взятых с трех уровней: на глубине 200 мм от поверхности нефтепродукта (одна часть), из середины объема (три части) и на расстоянии 250...300 мм от дна резервуара (одна часть). Затем эти пробы сливают в общую емкость, хорошо перемешивают и отбирают среднюю пробу для исследования. Берут пробу и со дна резервуара — для обнаружения воды. Уровень воды в резервуаре можно определить также, опуская в резервуар измерительную рейку, нижняя часть которой покрыта специальной водочувствительной пастой.

1.4. Количество воздуха, необходимое для горения топлива

Горение представляет собой химический процесс соединения горючего вещества и окислителя, который сопровождается интенсивным выделением теплоты и резким повышением температуры.

Характерная особенность горения — высокая скорость окислительных реакций, при которой выделяемая теплота не успевает рассеиваться. Этим обстоятельством горение отличается от многих процессов окисления.

Горение — весьма сложный процесс, при котором химические реакции сопровождаются такими физическими явлениями, как перемешивание топлива и воздуха, диффузия, теплообмен, гидродинамические и газодинамические процессы. Различают *гомогенное* горение, когда топливо и окислитель находятся в газообразном состоянии; *гетерогенное*, когда вступающие в реакцию вещества находятся в различном агрегатном состоянии (например, в твердом и газообразном); *взрывное*.

Полное сгорание топлива происходит при стехиометрическом соотношении топлива и окислителя, которое соответствует 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 стехиометрических соотношений для реакций горения элементов топлива.

Углерод реагирует с кислородом по уравнению $C + O_2 = CO_2$ ($12 + 32 \rightarrow 44$), т. е. на сгорание 1 кг углерода должно затрачиваться $32/12 = 8/3$, или 2,67 кг кислорода.

Водород реагирует с кислородом в соответствии с уравнением $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ ($4 + 32 \rightarrow 36$). Значит, на сгорание 4 кг водорода необходимо 32 кг кислорода, или на 1 кг водорода должно затрачиваться $32/4 = 8$ кг кислорода.

Сера реагирует с кислородом по уравнению $S + O_2 = SO_2$ ($32 + 32 \rightarrow 64$), т. е. для сгорания 32 кг серы необходимо 32 кг кислорода, или на 1 кг серы требуется $32/32 = 1$ кг кислорода.

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

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

В этом случае предполагается, что содержащийся в топливе кислород полностью затрачивается на горение. В действительности при сжигании топлива подводится не чистый кислород, а воздух, в котором содержится лишь 23,2 % кислорода по массе.

Теоретически необходимое количество воздуха (кг) для полного сгорания 1 кг топлива

$$L_{т.в} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{23,2} \quad (9)$$

Если количество воздуха определяют в объемных единицах, то полученное выражение делят на плотность воздуха, равную 1,293 при нормальном состоянии (температура $0^\circ C$ и давление 760 мм рт. ст.). Тогда теоретическое количество воздуха ($м^3$)

$$L_{т.в} = \frac{2,67C + 8H + S - O}{30} \quad (10)$$

Теоретически необходимое количество воздуха (м^3) для сжигания газообразного топлива можно определить по известному объемному составу (%) газа

$$L_{\text{т.в}} = \frac{0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + (n + m/4) \text{C}_n\text{H}_m - \text{O}_2}{21}, \quad (11)$$

где n и m — число атомов соответственно углерода и водорода; 21 — объемное содержание кислорода в воздухе, %.

В реальных условиях практически невозможно добиться полного сгорания топлива при подаче теоретически необходимого количества воздуха. Поэтому в двигателях внутреннего сгорания и в другие установки подают несколько большее количество воздуха, называемое *действительным*.

1.5. Оценка процесса горения

Процесс горения топлива может быть оценен по коэффициенту избытка воздуха и по составу продуктов сгорания топлива.

Коэффициент избытка воздуха α представляет собой отношение действительного количества воздуха, израсходованного на сгорание топлива к теоретически необходимому для полного его сгорания,

$$\alpha = L_{\text{д.в}}/L_{\text{т.в}}. \quad (12)$$

Значение коэффициента избытка воздуха зависит от вида топлива (табл. 3), условий его сжигания, конструкции двигателя или топочного устройства.

3. Ориентировочные значения коэффициента избытка воздуха

Вид топлива	Значение α
Газообразное	1,05 ... 1,20
Бензин	0,90 ... 1,15
Дизельное	1,20 ... 1,40
Моторное	1,50 ... 1,70
Твердое пылевидное	1,04 ... 1,10
Бурый уголь, торф, дрова	1,50 ... 2,00
Каменный уголь	1,30 ... 1,90
Кокс, антрацит	1,40 ... 1,60
Отходы сельскохозяйственного производства	1,60 ... 2,00

Уменьшение коэффициента избытка воздуха в сравнении с его оптимальным значением приводит к повышенному расходу топлива за счет неполноты его сгорания. При чрезмерном увеличении α процесс сгорания также будет неоптимальным из-за потерь теплоты на нагревание избыточного воздуха и, следовательно, снижения температуры горения.

Состав продуктов сгорания также характеризует процесс горения топлива. Например, отсутствие в продуктах сгорания оксида углерода CO свидетельствует о полном сгорании топлива; наличие в продуктах сгорания CO или H_2 указывает на неполное сгорание.

Для определения состава продуктов сгорания предназначены различные методы и приборы. Так, широко применяются химические газоанализаторы, с помощью которых в пробе продуктов сгорания можно определить содержание углекислого газа, кислорода и оксида углерода CO. Содержание азота находят аналитически

$$N_2 = 100 - (CO_2 + O_2 + CO).$$

По составу продуктов сгорания топлива можно также определить значение коэффициента избытка воздуха в случае сгорания топлива: неполного

$$\alpha = 1 / \left[1 - \frac{3,76(O_2 - 0,5CO)}{N_2} \right] \quad (13)$$

и полного

$$\alpha = 1 / \left[1 - \frac{3,76O_2}{N_2} \right], \quad (14)$$

где составные элементы продуктов сгорания выражены в процентах.

Глава 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТАХ

2.1. Общее понятие о составе нефти

Нефть представляет собой сложную смесь различных соединений углерода с водородом. По элементному составу она содержит: углерода — 83...87 %, водорода — 11...14; кислорода — 0,1...1,2; азота — 0,02...1,7 и серы — 0,01...5,5 %. По внешнему виду нефть — маслянистая жидкость от темно-коричневого до желтого цвета. Ее плотность 0,75...1,3 г/см³.

На основании исследований выдающихся советских ученых И. М. Губкина, А. Д. Архангельского, В. И. Вернадского, Н. Д. Зелинского и других установлено, что нефть имеет органическое происхождение. Исходными веществами для образования нефти служили продукты распада растительных и животных организмов. Они разлагались главным образом под действием бактерий, которые, отмирая, тоже входили в образующийся органический остаток. Состав и свойства нефти зависят от характера исходного органического вещества.

Основную массу вещества нефти составляют углеводороды трех главных групп — парафиновые, нафтеновые и ароматические. Кроме

углеводородов, в нефтях содержатся незначительные количества кислородных, азотистых и сернистых соединений, а также минеральные примеси и вода.

Парафиновые углеводороды, общая эмпирическая формула которых C_nH_{2n+2} , составляют основную массу нефти. К ним относятся газообразные углеводороды (начиная с метана CH_4); жидкие (начиная с пентана C_5H_{12}) и твердые или *n*-парафины (начиная с гексадекана $C_{16}H_{34}$). Газообразные и твердые углеводороды способны растворяться в жидких, из которых газообразные могут вновь выделяться при повышении температуры или снижении давления, а твердые — при понижении температуры.

Парафиновые углеводороды отличаются высокой температурой застывания, что делает нежелательным их присутствие в топливе и смазочных маслах зимних сортов.

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

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

В легких топливных фракциях нефти содержатся *моноциклические нафтеновые углеводороды*, молекулы которых состоят из одного кольца, содержащего пять или шесть атомов углерода. Общая эмпирическая формула всех моноцикланов C_nH_{2n} . К моноцикланам относятся такие углеводороды, как циклопентан C_5H_{10} и циклогексан C_6H_{12} .

Нафтеновые углеводороды, обладающие невысокими температурами кипения, понижают температуру застывания и поэтому представляют собой ценный составной компонент топлива и смазочных масел зимних сортов. Благодаря устойчивости нафтеновых углеводородов к окислению при высоких температурах карбюраторное топливо характеризуется хорошими противодетонационными свойствами.

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

Ароматические углеводороды состоят из шестичленных циклических (бензольных) ядер, простых или конденсированных.

В легких фракциях нефтепродуктов содержатся моноциклические ароматические углеводороды; в более тяжелых, кроме моноциклических, еще и полициклических.

Ароматические углеводороды обладают высокой термической устойчивостью к реакциям окисления. Для этих углеводородов характерны большие значения вязкости, плотности, температуры кипения в сравнении с цикланам и алканами той же молекулярной массы. При понижении температуры вязкость ароматических углеводородов резко возрастает, что отрицательно сказывается на свойствах смазочных масел.

Ароматические углеводороды устойчивы к окислению, поэтому в их присутствии противодетонационные свойства карбюраторного топлива

повышаются. По этим же причинам ароматические углеводороды нежелательны в дизельном топливе, ибо они вызывают увеличение периода задержки самовоспламенения, что способствует жесткой работе дизеля.

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

Непредельные углеводороды образуются в процессе термической переработки нефти. Они легко окисляются и склонны к реакциям присоединения и уплотнения (полимеризации). В результате полимеризации образуются высокомолекулярные смолисто-асфальтовые вещества, из-за чего непредельные углеводороды нежелательны в моторном топливе и смазочных маслах.

Кислородные соединения включают в себя две группы веществ: органические кислоты и смолисто-асфальтовые вещества.

Органические кислоты нефтей и нефтепродуктов в основном представляют собой нафтеновые кислоты.

Нафтеновые кислоты не вызывают коррозию черных металлов, но с цветными (особенно с цинком и свинцом) взаимодействуют интенсивно, образуя соли.

Смолисто-асфальтовые вещества — сложные соединения углерода, водорода, кислорода, иногда серы, которая частично заменяет водород.

Наибольшее количество смолисто-асфальтовых веществ содержится в тяжелых фракциях нефти; в бензиновых фракциях они отсутствуют.

Смолисто-асфальтовые вещества подразделяются на нейтральные нефтяные смолы, асфальтены, карбены и карбоиды, кислые нефтяные смолы.

Нейтральные смолы — это полужидкие тягучие вещества, темно-желтого или коричневого цвета, обладающие сильной окрашивающей способностью. Плотность смол около 1 г/см^3 . Смолы хорошо растворяются во всех нефтепродуктах, плохо — в спирте и ацетоне.

Асфальтены представляют собой темно-бурые или черные твердые вещества, также обладающие сильной окрашивающей способностью. Плотность их больше 1 г/см^3 . Асфальтены нерастворимы в легких фракциях нефти и спирте; в бензоле, хлороформе, четыреххлористом углероде, в тяжелых фракциях нефти (масляных) и особенно в нефтяных смолах они растворяются, образуя коллоидные растворы.

Если нефтяные смолы получаются в результате окислительной полимеризации углеводородов, то их дальнейшее уплотнение приводит к образованию асфальтенов, которые, в свою очередь, уплотняясь, образуют карбены и карбоиды.

Карбены и карбоиды внешне похожи на асфальтены, но более темной окраски. Карбены растворяются только в сероуглероде и пиридине. Карбоиды относятся к нерастворимым соединениям.

Кислые нефтяные смолы (асфальтогеновые кислоты) — полутвердые или твердые вещества, плотность которых больше 1 г/см^3 . Они растворяются в спирте и хлороформе, но не растворяются в бензине.

Сернистые соединения в нефтях и нефтепродуктах могут находиться в свободном виде, а также в составе смолисто-асфальтовых веществ.

Сернистые соединения делятся на *активные*, непосредственно вступающие в реакцию с металлами (сероводород H_2S , элементарная сера S , меркаптаны — летучие жидкости с неприятным запахом), и *неактивные*, или *нейтральные* (сульфиды). Нейтральные соединения составляют основную массу сернистых соединений — 70...80 %.

Наличие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается. Неактивные сернистые соединения менее вредны. Присутствие некоторых из них в смазочных маслах повышает прочность масляной пленки, что способствует снижению износа. Для топлива все сернистые соединения нежелательны, так как в процессе сгорания выделяются сернистый и серный газы. Они, вступая в реакцию с водой, образуют сильнодействующие кислоты, вызывающие интенсивную коррозию деталей двигателя.

Азотистые соединения присутствуют в нефтях в ничтожных количествах (0,03...0,3 %) и практически могут быть удалены при очистке нефтепродуктов.

Минеральные примеси и вода в нефтях могут содержаться в небольших количествах и легко удаляются при отстаивании.

2.2. Получение топлива и смазочных масел из нефти

Основную массу жидкого топлива получают в процессе прямой перегонки нефти (структура углеводородов сырья не нарушается) или при химическом способе перегонки (структура углеводородов сырья изменяется).

Прямая перегонка нефти представляет собой физический процесс разделения ее на отдельные составные части — фракции, различающиеся температурой кипения. Для этого нефть нагревают, образовавшиеся пары отбирают и конденсируют по частям. В результате перегонки получают топливные дистилляты и остаток, называемый *мазутом*, который в дальнейшем используется для получения смазочных масел.

Прямую перегонку нефти проводят на крупных установках непрерывного действия, позволяющих в едином технологическом процессе осуществить испарение и фракционирование дистиллятов. Процесс разделения нефти на топливные и затем мазута на масляные дистилляты происходит по общей схеме, представленной на рисунке 1.

Нефть, проходя по змеевику трубчатой печи, плавно нагревается до температуры 330...350 °С и испаряется. При этом скорость движения нефти в змеевике все время возрастает (от 1...2 м/с в начале змеевика до 60...80 м/с в конце), что предотвращает местные перегревы и разложение нефти. В ректификационной колонне отбирают топливные дистилляты: бензиновый — 40...200 °С, керосиновый — 140...300 °С и газойлевый — 230...350 °С. В остатке получается мазут, который далее используется в качестве сырья для получения масляных дистиллятов. Во избе-

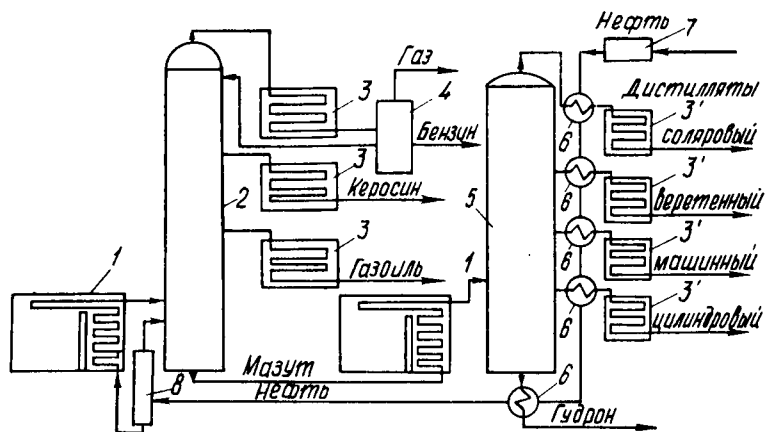


Рис. 1. Схема нефтеперегонной установки:

1 — трубочатая печь; 2 и 5 — ректификационные колонны; 3 и 3' — холодильники; 4 — конденсатор-газоотделитель; 6 — теплообменники; 7 — насос; 8 — испарительная колонна.

жение расщепления масляных углеводородов в вакуумной трубочатой печи мазут нагревают и испаряют с применением перегретого пара при температуре до $410...430^{\circ}\text{C}$, что позволяет снизить температуру кипения и полнее испарить его. При разгонке мазута на ректификационной колонне получают из легкокипящих фракций маловязкие смазочные масла типа промышленных; из высококипящих — средние и тяжелые масла, в том числе моторные.

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

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

Деструктивные (химические) методы переработки нефти. Деструктивный метод, или процесс расщепления высокомолекулярных фракций на фракции с меньшей молекулярной массой, носящий название *крекинг-процесса*, по сравнению с прямой перегонкой дает возможность увеличить выход бензиновых фракций из нефти до $50...60\%$.

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

Основные факторы, оказывающие влияние на крекинг-процесс, — температура, давление, время процесса и состав сырья. Например, если при 400°C для получения 30% бензина из мазута необходимо около

12 ч, то при нагревании до 500 °С время процесса составляет лишь 30 с.

В состав крекинг-бензинов входит большое количество непредельных углеводородов, в то время как в бензинах прямой перегонки нефти их почти нет. Вследствие этого крекинг-бензины весьма нестойки при хранении. Для повышения стабильности в них добавляют специальные вещества-антиокислители, называемые *стабилизаторами*.

Способом выделения из природного газа и газов крекинга легких бензиновых углеводородов с последующим их сжижением получают *газовый бензин*. Перед использованием его подвергают стабилизации с целью удаления летучих углеводородов. Газовый бензин применяют в качестве пускового топлива или вводят как высококачественную добавку в бензины прямой перегонки и в крекинг-бензины.

2.3. Очистка топлива и смазочных масел

Топливные и масляные дистилляты подвергают очистке с целью удаления вредных компонентов и повышения стабильности. Способы очистки бывают химические и физические.

Химическая очистка — это очистка, при которой нежелательные соединения дистиллятов вступают в химические реакции со специальными веществами. К химическим способам относятся очистки серно-кислотная, щелочная, плумбитами и хлоридами металлов, гидрогенизационная и т. д.

Сернокислотная очистка. Сущность ее заключается в растворении различных соединений. Серная кислота вступает в реакцию только с непредельными углеводородами топлива. После серной кислоты нефтепродукт обрабатывают водным раствором щелочи NaOH. Для полного удаления продуктов реакции топливо промывают водой и отстаивают.

Гидрогенизационная очистка. Этот способ наиболее эффективен при очистке топлива от сернистых соединений и других вредных примесей. Процесс проводят в присутствии водорода и катализаторов. Сернистые соединения в этих условиях под воздействием водорода переходят в газообразные продукты, которые затем легко удаляются.

Физические способы очистки — это способы, при которых топливные и масляные дистилляты очищают растворением нежелательных соединений или их адсорбированием с использованием поверхностно-активных веществ. К ним относятся очистка адсорбентами и селективная.

Очистка отбеливающими землями (адсорбентами). Способ основан на явлении адсорбции, т. е. избирательном поглощении определенных соединений, находящихся в очищаемом продукте. Адсорбентами служат алюмосиликаты.

Селективная очистка масляных дистиллятов заключается в применении специальных селективных (избирательных) растворителей, которые, не воздействуя на основные углеводороды масла, растворяют нежелательные компоненты. При последующем отстаивании смесь

расслаивается на *рафинатную* часть, состоящую только из очищенного масла, и на *экстрактную*, представляющую собой смесь растворителя и примесей. Экстрактную часть перегоняют; отогнанный растворитель может быть использован повторно.

2.4. Получение жидкого топлива и смазочных масел из нефтяного сырья

Термическая переработка твердого топлива. При такой переработке твердое топливо нагревают без доступа воздуха при температуре 500...550 °С. Конечными продуктами являются полукоксы, газы и смола полукоксования. Выход смолы, например из бурых углей, составляет около 12...22 %.

Смолы подвергают фракционной перегонке аналогично процессу перегонки нефти. При этом получают: бензина — 18...22 %, керосина — 20...25 % и мазута — 50...60 %. Последний в дальнейшем используют как сырье для крекинг-процесса, в результате чего повышается выход топлива светлых видов.

Деструктивная гидрогенизация заключается в расщеплении соединений исходного сырья (угля) и гидрировании их с целью присоединения водорода для получения смеси углеводородов. Состав исходного сырья выбирают таким образом, чтобы соотношение между углеродом и водородом было оптимальным.

При гидрогенизации угля выход бензина достигает 60 %, а газообразных продуктов — 30 %.

Синтез газов основан на получении различных углеводородов при взаимодействии оксида углерода СО с водородом в условиях повышенного давления, присутствия катализаторов и температуры 180...210 °С.

В результате синтеза газов получаются бензин, дизельное топливо и конденсатная фракция. Выход бензина составляет 40...45 %, дизельного топлива — 15...20 % и масляной фракции — 10...17 %.

Спирты — этиловый и метиловый (этанол и метанол) могут служить заменителями бензина. Они обладают высокими октановыми числами (90...94 единиц по исследовательскому методу), большей, чем у бензинов, скрытой теплотой испарения, что снижает тепловую напряженность деталей двигателя, но одновременно затрудняет пуск двигателя в холодную погоду. Из-за значительно меньшей теплоты сгорания спиртов их расход увеличивается, однако высокая полнота сгорания обуславливает значительно меньшее выделение оксидов азота и нагароотложение. Спирты можно применять в виде добавок к бензинам. При опытной эксплуатации автомобилей на бензинометанольной смеси, содержащей 3...5 % метилового спирта, экономия бензина составила 1,5...3 %.

Синтетические масла получают способом синтеза определенных групп углеводородов с введением ряда соединений. Наиболее широкое распространение получили *полисилоксановые масла*, или *силиконы*. Они представляют собой полимерные кремнийорганические соединения. Эти масла устойчивы к воздействию высоких температур, характеризу-

ются низкой температурой застывания и хорошими антикоррозионными свойствами, мало изменяют вязкость при колебаниях температуры. Однако смазывающая способность у них, по сравнению с нефтяными маслами, несколько хуже. Ее можно улучшить добавлением соответствующих присадок. По внешнему виду силиконы представляют собой бесцветные прозрачные маслянистые жидкости, которые хорошо растворяются в углеводородах и плохо – в спиртах.

Для работы в агрессивных средах, а также в условиях высоких температур изготавливают *фторуглеродные* и *хлоруглеродные* масла. Недостаток этих масел – резкое возрастание вязкости при понижении температуры. Поэтому их используют главным образом для получения специальных пластичных смазок и жидкостей для гидросистем.

Выпускаются и другие синтетические масла с заданными эксплуатационными свойствами.

Глава 3. ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НЕФТЕПРОДУКТОВ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

3.1. Общие оценочные показатели нефтепродуктов

Плотность нефтепродуктов – масса вещества, содержащаяся в единице объема. Плотность углеводородов, входящих в состав нефтепродуктов, неодинакова. Так, парафиновые углеводороды обладают меньшей плотностью, чем ароматические, а нафтеновые занимают промежуточное положение. Более легкокипящие фракции углеводородов характеризуются меньшей плотностью, чем высококипящие. Значит, по плотности можно судить о виде нефтепродукта, а для одинаковых нефтепродуктов – о преобладании в них тех или иных групп углеводородов. На практике определяют обычно не абсолютную, а относительную плотность. Она представляет собой отношение плотности нефтепродукта при 20 °С к плотности воды в том же объеме при 4 °С и обозначается γ_4^{20} .

Плотность определяют при помощи нефтенсиметра (ареометра), который может быть с термометром или без него (рис. 2).

В стандартах предусмотрено определение относительной плотности γ_4^{20} , но на практике температура, при которой определяется плотность, может отличаться от 20 °С. В этих случаях полученное значение плотности γ_4^t при t °С приводят к стандартному значению по формуле

$$\gamma_4^{20} = \gamma_4^t + \alpha(t - 20), \quad (15)$$

где γ_4^t – температурная поправка на 1 °С, г/(см³ · град) (для бензинов – 0,00087, для дизельного топлива – 0,00076 и смазочных масел – 0,00064).

Для определения плотности вязких жидкостей, когда невозможен непосредственный отсчет по нефтенсиметру, приготавливают смесь исследуемой жидкости с растворителем известной плотности в определенном соотношении. Устанавливают плотность смеси, а затем пересчитывают по формуле

$$X = 3D_{\text{см}} - 2d_{\text{раст}}, \quad (16)$$

где X — плотность вязкой жидкости, г/см³; $D_{\text{см}}$ — плотность смеси, г/см³; $d_{\text{раст}}$ — плотность растворителя, г/см³. В данном случае на один объем вязкой жидкости взято два объема растворителя, в сумме три части смеси.

Значения плотностей отдельных видов нефтепродуктов составляют: для автомобильного бензина — 0,735...0,750, для дизельного топлива — 0,835...0,860, для моторных масел — 0,89...0,93.

Вязкость нефтепродуктов — это свойство частиц жидкости оказывать сопротивление их взаимному перемещению под действием внешней силы. Вязкость зависит главным образом от температуры и химического состава нефтепродуктов. Различают абсолютную (динамическую, кинематическую) и условную вязкость.

Динамическая вязкость η представляет собой коэффициент внутреннего трения жидкости. Единица измерения динамической вязкости в системе СИ — паскаль-секунда (Па · с). На практике используют меньшую единицу измерения мПа · с = 10⁻³ Па · с. Допускается применять в качестве измерения динамической вязкости сантипуаз (сП), который равноценен единице измерения — мПа · с.

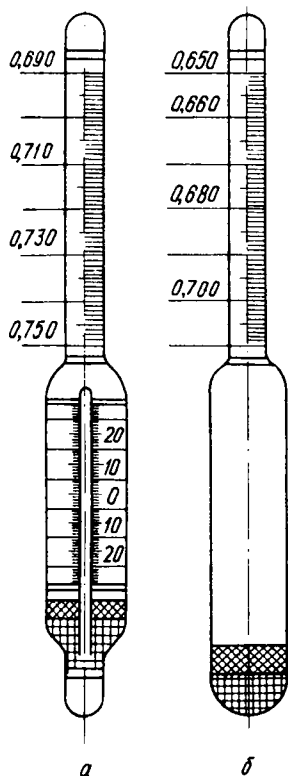


Рис. 3. Капиллярный вискозиметр Пинкевича:

1, 2 и 4 — расширения; 3 — капилляр.

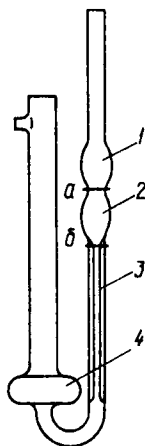


Рис. 2. Нефтеденсиметры (ареометры):

а — с термометром; б — без термометра.

Кинематическая вязкость ν представляет собой удельный коэффициент внутреннего трения жидкости. Кинематическая вязкость ν равна отношению динамической вязкости η к плотности жидкости γ при одинаковых температурах

$$\nu = \eta / \gamma. \quad (17)$$

Единица измерения кинематической вязкости в системе СИ — $\text{м}^2/\text{с}$. На практике используют меньшую единицу измерения — $\text{мм}^2/\text{с} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Эта единица измерения называется сантистоксом ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

Кинематическую вязкость нефтепродуктов определяют по ГОСТ 33—82 в капиллярных вискозиметрах (ВПЖ-1, ВПЖ-2 и Пинкевича). Вязкость прозрачных жидкостей при положительных температурах определяют с помощью вискозиметра ВПЖ-1. Вискозиметры ВПЖ-2 и Пинкевича применяют для различных жидкостей и при любых температурах. Кинематическая вязкость топлива, предназначенного для применения в высокооборотных дизелях, нормируется при 20°C , низкооборотных — при 50°C , моторных масел — при 100°C .

Определение кинематической вязкости в капиллярном вискозиметре основано на том, что вязкость жидкости прямо пропорциональна времени истечения ее через капилляр, в котором поток ламинарный.

Вискозиметр Пинкевича (рис. 3) состоит из сообщающихся трубок различных диаметров. Для каждого вискозиметра указывается его постоянная C :

$$C = \nu / \tau, \quad (18)$$

где ν — вязкость калибровочной жидкости при 20°C ; τ — время протекания этой жидкости под действием собственной массы при 20°C из объема 2 (рис. 3) от метки a до метки b через капилляр 3 в расширение 4, с.

Вязкость нефтепродукта при температуре $t^\circ\text{C}$ находят по формуле

$$\nu_t = C\tau, \quad (19)$$

где C — постоянная вискозиметра; τ — время, за которое нефтепродукт перетекает от метки a к b , с.

В вискозиметр набирают нефтепродукт объемом, равным сумме объемов расширений 1 и 2.

Для сравнения показателей вязкости различных жидкостей в соответствии с ГОСТ 6258—85 пользуются понятием условной вязкости.

Условная вязкость — это отношение времени истечения 200 мл испытуемой жидкости при температуре $t^\circ\text{C}$ из вискозиметра типа ВУ ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при 20°C . Численное значение этого отношения характеризует условную вязкость (в условных градусах) данной жидкости при $t^\circ\text{C}$.

Для перехода от условной вязкости к кинематической применяют формулу

$$\nu_t = 10^{-4} (0,0731 \text{ ВУ}_t - 0,0631 / \text{ВУ}_t). \quad (20)$$

Содержание воды в нефтепродуктах определяют по ГОСТ 2477—65 в приборе, показанном на рисунке 4. Определенное количество масла растворяют таким же количеством бензина, температура кипения которого близка к температуре кипения воды. Приготовленную смесь заливают в колбу 1 прибора и помещают в нее несколько кусочков пористого вещества (пемзы) для выравнивания температуры кипения. При нагревании бензин и вода, содержащиеся в испытуемом масле, одновременно испаряются. Образующиеся пары, поднимаясь, конденсируются в холодильнике 3 и стекают в градуированную ловушку 2. Плотность воды выше плотности растворителя, поэтому смесь расслаивается: снизу находится вода, выше — растворитель. Процесс считается законченным, когда уровень воды в отстойнике остается постоянным в течение 2...3 мин. По шкале отстойника определяют количество воды, которое затем пересчитывают в проценты.

Температура вспышки и воспламенения нефтепродукта определяется для оценки огнеопасности и однородности нефтепродукта.

Температура вспышки — минимальная температура, до которой необходимо нагреть нефтепродукт, чтобы пары, образующиеся над его поверхностью, вспыхивали при поднесении открытого пламени.

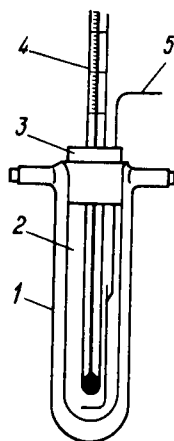
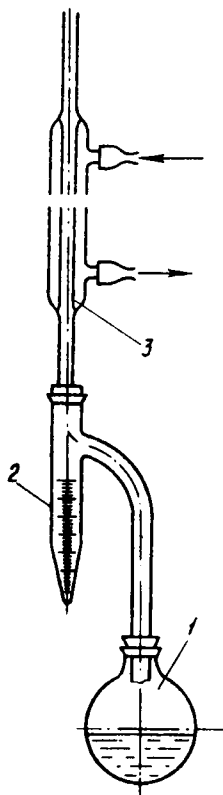


Рис. 5. Прибор для определения температуры застывания нефтепродукта:

1 — стеклянный сосуд; 2 — пробирка с испытуемым нефтепродуктом; 3 — пробка; 4 — термометр; 5 — мешалка.

Рис. 4. Прибор для определения содержания воды в нефтепродуктах:

1 — колба; 2 — ловушка; 3 — холодильник.

Температура воспламенения — минимальная температура, при которой в присутствии открытого пламени нефтепродукт не только вспыхивает, но и горит не менее 50 с.

Для нефтепродуктов с невысоким значением температуры вспышки и воспламенения (дизельное топливо и т. п.) используют прибор закрытого типа (ГОСТ 6356—75), а для нефтепродуктов с высоким значением (смазочное масло) — прибор открытого типа (ГОСТ 4333—48).

При смешении нефтепродуктов различных видов температура вспышки резко уменьшается.

Температура застывания определяется по ГОСТ 20287—74 для оценки условий применения нефтепродукта. Для определения температуры застывания нефтепродукт (дизельное топливо) наливают в пробирку 2 (рис. 5) и охлаждают. Температуру застывания фиксируют в тот момент, когда уровень нефтепродукта при наклоне пробирки под углом 45° остается постоянным в течение 1 мин. Температура застывания должна быть ниже температуры той окружающей среды, где нефтепродукт применяется.

3.2. Оценка качества нефтепродуктов простейшими способами

Рациональное использование нефтепродуктов связано с правильным их применением, соблюдением режимов работы, сохранности свойств.

Отклонение отдельных физико-химических и эксплуатационных показателей используемых нефтепродуктов (фракционного состава, содержания смол в топливе, наличия механических примесей и воды, количества введенной присадки, противодетонационных свойств, температуры застывания и т. п.) от требований ГОСТ влечет за собой не только перерасход топлива, но и снижение надежности работы двигателей и машин, сокращение межремонтных сроков, уменьшение производительности агрегатов. Все это вызывает дополнительные эксплуатационные расходы на содержание техники и увеличивает себестоимость продукции.

При эксплуатации техники необходимо систематически контролировать качество применяемых нефтепродуктов на соответствие требованиям технических условий или ГОСТ. В тех случаях, когда невозможно полностью исследовать и установить качество нефтепродукта, следует пользоваться простейшими способами анализа. Они позволяют упрощенно, но достаточно достоверно определить качество исследуемого нефтепродукта и сделать соответствующее заключение о его пригодности.

К простейшим способам определения качества нефтепродуктов относятся: внешний осмотр, отстаивание, фильтрование, подогревание, сжигание и т. д. Чтобы правильно оценить качество исследуемого нефтепродукта, необходимо прежде всего тщательно отобрать из емкости среднюю пробу.

Для простейших анализов выпускают ручную РЛ и полевую ПЛ-2М лаборатории. В комплект лаборатории входят приборы, необходимые

для контроля тех свойств нефтепродуктов, которые в наибольшей степени изменяются при транспортировании, хранении и выдаче.

Ручная лаборатория РЛ оснащена следующим оборудованием и реактивами: комплектом нефтенсиметров для определения плотности различных нефтепродуктов, лотопробоотборником с рулеткой для определения уровня нефтепродукта в резервуаре и отбора средней пробы, полевым шариковым вискозиметром для определения вязкости, водочувствительной пастой для определения уровня воды в резервуаре, мерным цилиндром для визуального определения в топливе воды и механических примесей.

Полевая лаборатория ПЛ-2М предназначена для более сложного расширенного анализа по следующим физико-химическим показателям: плотности различных видов нефтепродуктов; фракционному составу топлива; количеству и качеству этиловой жидкости (антидетонатора); водорастворимым кислотам и щелочам в бензинах; коррозионным свойствам (испытание на медной пластинке); содержанию фактических смол в бензинах; температуре застывания топлива; кинематической вязкости и температуре вспышки в открытом тигле; наличию воды и механических примесей; температуре каплепадения пластичных смазок; кислотности смазочных масел.

Наличие воды в топливе. Для светлых видов топлива — бензина и керосина — наличие воды определяют способом отстаивания пробы в стеклянном цилиндре в течение 1,5...2 ч. Из-за различия плотностей смесь нефтепродукта расслаивается и вода собирается в низу сосуда. Ее хорошо видно при визуальном осмотре.

Наличие воды в дизельном топливе определяют взбалтыванием пробы. Дизельное топливо, содержащее воду, при этом мутнеет.

Наличие воды в смазочном масле. Метод отстаивания в этом случае неприемлем. В стеклянную пробирку помещают 2...3 см³ испытуемого масла. Затем образец подогревают над открытым пламенем газовой горелки или обычной свечи. При наличии воды масло вспенивается, слышно характерное потрескивание, вызванное испарением воды. При нагревании отверстие пробирки следует держать от себя, так как при значительном содержании воды масло может выплеснуться.

Наличие механических примесей в топливе. Один из способов определения механических примесей в светлом топливе — визуальный осмотр на просвет пробы топлива, залитого в стеклянный цилиндр. Механические примеси хорошо видны в виде взвеси или выпадающего осадка. Для большей достоверности пробу топлива затем отстаивают в течение 10...12 ч и осадок тщательно осматривают.

Другой способ проверки — фильтрация пробы топлива через бумажный фильтр. После фильтрации чистого топлива на фильтре остается осадок, по внешнему виду которого можно определить примерный состав примесей.

Механические примеси можно обнаружить при визуальном осмотре на стекле или белой бумаге после испарения капель испытуемого топлива.

В дизельном топливе наличие механических примесей определяют после фильтрации. Предварительно дизельное топливо разбавляют чистым бензином в пропорции 1:1. После фильтрации фильтр промывают чистым бензином для растворения и удаления с него смолистых веществ и просушивают. Затем внешним осмотром устанавливают наличие осадка. Чистое дизельное топливо окрашивает бумажный фильтр в слабый желтый цвет, а загрязненное оставляет на нем темное пятно. Чем темнее пятно, тем больше загрязнено топливо.

Наличие механических примесей в смазочном масле. Пробу смазочного масла разбавляют чистым бензином в пропорции 1:3 или 1:4 в зависимости от вязкости масла. Затем ее фильтруют, фильтр промывают чистым бензином, просушивают и тщательно осматривают осадок.

Кроме того, наличие механических примесей можно установить по прозрачности капель масла, помещенных на стекло. Капли чистого смазочного масла совершенно прозрачны. При наличии даже небольшого количества механических примесей в каплях масла видна муть. Недостаточная прозрачность капли масла при отсутствии мути указывает на содержание в масле смолистых веществ.

Коррозионная активность нефтепродуктов. Наличие коррозионно-активных веществ в нефтепродукте определяют, опуская в него отполированную медную пластинку (примерно на 3 ч). Для ускорения окисления сосуд подогревают на водяной бане. Налет или точки зеленого цвета, а также потемнение пластинки указывают на наличие в нефтепродукте коррозионно-активных соединений. О количестве этих соединений и об их агрессивности судят по интенсивности изменения поверхности медной пластинки.

Содержание смол в топливе. Упрощенным способом определения содержания смол в топливе служит сжигание его на часовом стекле. Для этой цели на вогнутое часовое стекло диаметром 55...60 мм наливают 1 см³ испытуемого бензина. После сжигания пробы на стекле остаются следы смол в виде круга или кольца. Чем больше в топливе смол, тем больше диаметр пятна. Для количественного определения содержания смол измеряют диаметр пятна в трех направлениях и вычисляют среднее значение. Затем определяют содержание смол в испытуемом образце:

диаметр пятна, мм	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22
содержание смол, мг на 100 см ³ бензина	4	7	11	15	20	32	43	56	70	85	102

Вязкость смазочных масел. Этот показатель наиболее часто приходится определять с целью контроля соответствия применяемого смазочного масла техническим условиям. Вязкость определяют при помощи полевого шарикового вискозиметра. Вискозиметр оборудован четырьмя пробирками. В трех из них находятся эталонные масла с известной вязкостью, в четвертую заливают испытуемое масло. Все пробирки заполняют маслами до одинакового уровня и опускают в них металлические шарики равных размеров и массы. Затем рамку с пробирками, заполненными маслами, помещают в сосуд с теплой водой и выдерживают около 10 мин, для того чтобы масла приобрели одинаковую температуру

ру. После этого прибор вынимают и быстро переворачивают пробками вниз, так чтобы пробирки располагались строго вертикально. Следят за скоростью перемещения металлических шариков. Скорость падения шарика в пробирке с испытуемым маслом сравнивают со скоростью в эталонных маслах. По совпадению скоростей перемещения шариков устанавливают вязкость данного масла. Может оказаться, что во всех четырех пробирках скорости перемещения шариков различны. Тогда вязкость испытуемого масла принимают приблизительно равной вязкости того масла, скорость шарика в котором ближе всего к скорости шарика в образце.

Плотность нефтепродуктов. Этот показатель для разных нефтепродуктов различен, поэтому по его значению можно определять вид нефтепродуктов. Чем легче по фракционному составу нефтепродукт, тем меньше его плотность. Смазочные масла с высокомолекулярным составом обладают большей плотностью. Плотность нефтепродуктов зависит от температуры: с повышением температуры она уменьшается. Плотность необходимо знать при пересчете объема нефтепродукта в массу, и наоборот.

Наиболее просто плотность нефтепродукта можно определить с помощью нефтенсиметра (разновидность ареометра). В чистый стеклянный цилиндр диаметром не менее 5...6 см осторожно по стенке наливают нефтепродукт. Когда поверхность нефтепродукта успокоится, опускают ареометр. По верхнему мениску нефтепродукта определяют значение плотности при данной температуре.

Для приведения плотности нефтепродукта к стандартной при 20 °С полученное значение перерасчитывают, используя поправочные температурные коэффициенты.

Присутствие присадки в масле. Характер присутствующей в масле присадки определяют озолением пробы масла в фарфоровой чашечке. При озолении масла с бариевой присадкой получается плотный серовато-белый осадок. Если присадка содержит кальций, то осадок получается также серого цвета, но более рыхлый. Масла без присадок сгорают почти полностью. Твердый осадок желтого или красного цвета указывает на загрязнение масла абразивными примесями в виде кремния или железа.

Если при анализах получены отрицательные результаты, то необходимо исправить качество нефтепродукта соответствующей очисткой или другими способами.

Глава 4. ТОПЛИВО ДЛЯ КАРБЮРАТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

4.1. Эксплуатационные требования к топливу

Двигатели внутреннего сгорания представляют собой устройства, в которых химическая энергия топлива при сгорании преобразуется сначала в тепловую энергию, а затем в механическую работу.

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) поршневых двигателей составляет 20...42 %, остальное количество теплоты затрачивается непроизводительно. Потери происходят за счет неполного сгорания топлива, нагревания охлаждающей жидкости и деталей двигателя, уноса теплоты с отработавшими газами в атмосферу, передачи теплоты от двигателя непосредственно окружающей среде, затрат теплоты на преодоление трения, на привод вспомогательных механизмов двигателя и т. д.

Работы по повышению экономичности поршневых двигателей внутреннего сгорания проводятся в направлении усовершенствования двигателей и режима их эксплуатации, изыскания новых видов топлива и т. д.

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

Важнейший фактор, от которого зависят технико-экономические показатели двигателя, — качество применяемого топлива. Поэтому топливо должно обладать определенными эксплуатационными свойствами, которые регламентируются стандартными значениями его физико-химических показателей. По этим значениям можно установить вид топлива, характер его смесеобразования и сгорания, устойчивость к нагарообразованию, склонность к коррозионному воздействию, возможность хранения без нарушения первоначальных качеств и т. п.

Для обеспечения надежной, экономичной и долговечной работы карбюраторных двигателей топливо должно отвечать следующим требованиям: обладать высокой теплотой сгорания; характеризоваться хорошими смесеобразующими свойствами; не детонировать при всех эксплуатационных режимах; не образовывать нагароотложений; не вызывать коррозии деталей как при непосредственном контакте с ними, так и от образующихся продуктов сгорания; быть стабильным при транспортировании и хранении; застывать при достаточно низкой температуре; 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 и полнота сгорания.

4.2. Смесеобразующие свойства

Полнота сгорания топлива определяется качеством топливовоздушной смеси, которая, с одной стороны, зависит от конструкции карбюратора и топливоподающей системы, а с другой — от физико-химических свойств топлива. Основное из них — испаряемость топлива.

Испаряемость — это свойство топлива переходить из жидкого в газообразное состояние. Она в значительной степени обусловлена химическим составом топлива и давлением его насыщенных паров. С увеличе-

нием молекулярной массы углеводородов топлива, а следовательно, его плотности и температуры кипения испаряемость ухудшается.

В карбюраторных двигателях сгорает топливо, находящееся только в газообразном состоянии. Этому процессу должно предшествовать полное испарение жидкого топлива и высококачественное перемешивание образовавшихся паров с воздухом. Неиспарившаяся часть топлива (жидкая фаза) не сгорает. Полнота испарения возрастает при повышении скорости движения воздуха в карбюраторе и температуры. Температура зависит от начальной температуры поступающего воздуха и от скрытой теплоты испарения топлива.

Испарение различают статическое, примером которого является испарение топлива из резервуаров, и динамическое, которое происходит в условиях относительного перемещения жидкости и воздуха. Последнее осуществляется в карбюраторе при образовании топливовоздушной смеси. Испаряемость топлива оценивают его фракционным составом.

Фракционный состав характеризуется температурными пределами выкипания отдельных частей топлива (фракций).

Фракция — это часть топлива, выкипающая в определенных температурных пределах.

Фракционный состав определяют по ГОСТ 2177—82 при помощи специального прибора (рис. 6). В колбу 1 заливают 100 мл исследуемого топлива и нагревают до кипения. Пары топлива поступают в холодильник 3, где конденсируются, и далее в виде жидкой фазы поступают в мерный цилиндр 4. При падении первой капли конденсата температуру фиксируют с помощью термометра 2. Этот момент называется *началом*

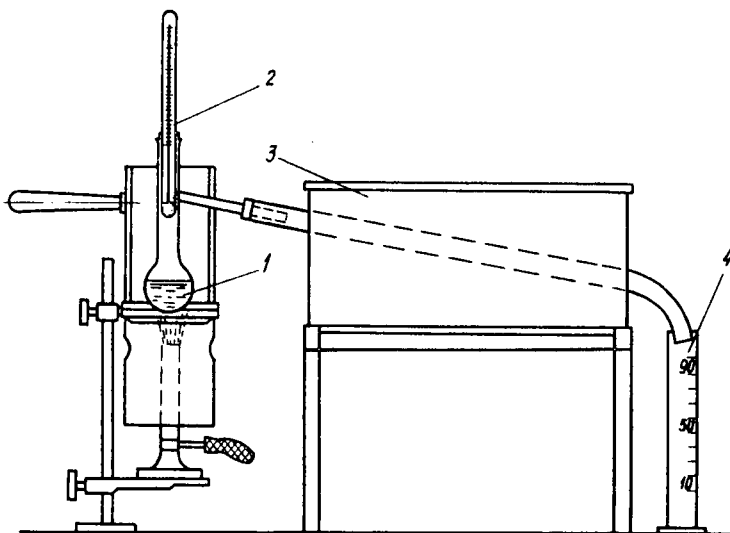


Рис. 6. Прибор для определения фракционного состава топлива:

1 — колба; 2 — термометр; 3 — холодильник; 4 — мерный цилиндр.

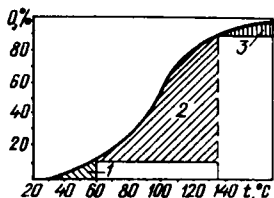


Рис. 7. Кривая фракционной разгонки автомобильного бензина А-72:

1 — пусковые фракции; 2 — рабочие фракции; 3 — концевые фракции; O — отгон по объему.

кипения топлива. Затем фиксируют температуру, при которой в мерном цилиндре накапливаются 10, 20, 30 % перегоняемого топлива и т. д. Температуру выкипания 98 % (97,5; 97 %) топлива называют *температурой конца кипения*. Она характеризуется наивысшим значением. Процесс перегонки заканчивается, когда после достижения своего наивысшего значения температура начинает падать. Остающееся в колбе небольшое количество неперегнанного топлива называется остатком. Объем его измеряют отдельно. Разность между взятым объемом топлива (100 мл) и суммой отгона в мерном цилиндре и остатком в колбе представляет собой потери, характеризующие летучесть топлива. По результатам строят кривую фракционной разгонки испытуемого топлива (рис. 7).

Существующие стандарты на бензины предусматривают определение температур начала кипения, выкипания 10, 50, 90 % топлива и конца кипения (98; 97,5; 97 %).

Количество легкокипящих углеводородов в бензинах ограничивается температурой начала кипения, которая для автомобильных бензинов всех марок должна быть не ниже 35 °C. При таком условии уменьшаются потери легкокипящих углеводородов бензина от испарения при хранении.

Фракция выкипания 10 % бензина называется *пусковой*. Чем ниже температура выкипания этой фракции, тем лучше пуск двигателя. Для бензина зимних сортов необходимо, чтобы 10 % топлива выкипало при температуре не выше 55 °C; летних — не выше 70 °C. Зная температуру выкипания 10 % бензина ($t_{10\%}$), можно определить минимальную температуру воздуха $t_{\text{в}}$, при которой возможен легкий пуск двигателя:

$$t_{\text{в}} = 0,5 t_{10\%} - 50,5. \quad (21)$$

Для облегчения пуска холодных двигателей при температуре окружающего воздуха ниже −20 °C следует применять специальные приспособления или предварительно подогревать двигатель, или использовать бензин с более низким значением $t_{10\%}$. Легкие фракции топлива нужны главным образом в период пуска и прогрева двигателя, поэтому сорт бензина для двигателя выбирают в зависимости от температуры окружающего воздуха.

В летнее время при относительно высокой температуре воздуха под капотом перегретого двигателя наиболее легкие фракции бензина испаряются в топливопроводах, что может привести к образованию так на-

зываемых "газовых пробок" и нарушению работы двигателя из-за чрезмерного обеднения рабочей смеси.

Применение бензина с максимально допустимым значением должно обеспечивать легкий пуск холодного двигателя в зимнее время, а с минимально допустимым — надежную работу прогретого двигателя без образования газовых пробок.

Фракция выкипания бензина от 10 до 90 % называется *рабочей*. Температура ее испарения должна быть не выше 160...180 °С. Чем однороднее углеводородный состав бензина, тем более круто поднимается кривая разгонки в своей средней части. На бензине с таким характером кривой двигатель устойчиво и экономично работает при всех эксплуатационных режимах. В соответствии со стандартом рабочую фракцию нормируют по температуре выкипания 50 % бензина.

Температура выкипания 50 % ($t_{50\%}$) для автомобильных бензинов составляет 100...115 °С. При такой $t_{50\%}$ обеспечивается после пуска и прогрева плавный перевод двигателя с одного скоростного режима работы на другой. Увеличение этой температуры снижает приемистость двигателя.

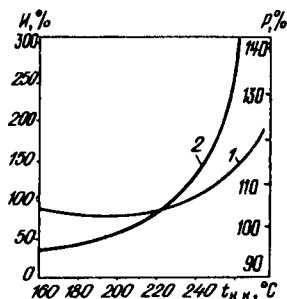
Фракция выкипания от 90 % бензина до конца кипения называется *концевой*. Наличие таких фракций крайне нежелательно, так как приводит к отрицательным явлениям при работе двигателя: неполному сгоранию топлива; повышению износов деталей за счет смывания смазки с гильз цилиндров и разжижения моторного масла в двигателе; увеличению нагарообразования и т. д. Чем меньше интервал температуры от точки выкипания 90 % бензина до конца кипения, тем качество его выше. На рисунке 8 представлена зависимость расхода бензина и износа деталей двигателей от температуры конца кипения.

Давление насыщенных паров — давление, которое развивают пары, находящиеся в условиях равновесного состояния с жидкостью при данной температуре. Этот показатель так же, как и фракционный состав, характеризует испаряемость топлива.

С повышением температуры давление насыщенных паров топлива возрастает. Чем выше это давление, тем лучше испаряемость топлива и тем меньше теплоты потребуется для его испарения при образовании топливовоздушной смеси. Вместе с тем использование топлива с высо-

Рис. 8. Влияние температуры конца кипения $t_{\text{к.к}}$ бензина на эксплуатационные свойства двигателя:

1 — расход бензина P ; 2 — износ I деталей двигателя.



ким давлением насыщенных паров также недопустимо, так как это приводит к образованию газовых пробок, снижению наполнения цилиндров и, следовательно, к падению мощности.

4.3. Теплота сгорания смеси

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

Теплоту сгорания топливовоздушной смеси $Q_{\text{твс}}$ подсчитывают по формуле

$$Q_{\text{твс}} = \frac{Q_{\text{н}} \eta_{\text{т}}}{1 + \alpha L_{\text{т.в}}}, \quad (22)$$

где $Q_{\text{н}}$ — низшая удельная теплота сгорания топлива, кДж/кг; $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полноты сгорания топлива; α — коэффициент избытка воздуха; $L_{\text{т.в}}$ — теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, кг.

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

В таблице 4 приведена теплота сгорания стехиометрической топливовоздушной смеси для топлива различных видов. По данным таблицы видно, что с увеличением теплоты сгорания потребность в воздухе возрастает.

4. Теплота сгорания топлива и топливовоздушной смеси

Вид топлива	Теплота сгорания, кДж/кг		Расчетное количество воздуха, кг/кг
	топлива	топливовоздушной смеси	

Бензин:

авиационный	44 380	2788	14,9
автомобильный	43 961	2780	14,8

Керосин	42 915	2767	14,5
Дизельное	42 705	2771	14,4
Этиловый спирт (96 %)	25 958	2763	8,4
Бензол	39 356	2771	13,2

Воспламенение топливовоздушной смеси зависит от ее состава и вида топлива.

Верхний предел воспламеняемости характеризуется таким содержанием топлива в воздухе, при котором дальнейшее обогащение смеси делает ее невоспламеняемой. *Нижний предел* определяется недостатком

топлива в воздухе, т. е. таким состоянием смеси, при котором продолжение обеднения делает ее невоспламеняемой. Верхний предел воспламеняемости, например, бензиновоздушной смеси наступает при $\alpha = 0,45 \dots 0,5$; нижний — при $\alpha = 1,35 \dots 1,4$. На воспламеняемость смеси оказывают влияние температура и давление: с возрастанием их значений пределы воспламеняемости увеличиваются.

При расширении пределов устойчивого горения обедненной рабочей смеси повышается экономичность двигателя, так как возрастает значение индикаторного к. п. д. из-за снижения температуры продуктов сгорания и степени их диссоциации, уменьшения общей теплоотдачи и т. д. Так, применение форкамерно-факельного зажигания позволяет расширить пределы использования бедных смесей. В этом случае обедненная рабочая смесь воспламеняется от факела, который выбрасывается из форкамеры, где воспламеняется нормальная смесь. В результате топливо сгорает более полно, уменьшается содержание вредных веществ в отработавших газах и расход топлива снижается на 10...18 %.

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

4.4. Нормальное и детонационное сгорание

От совершенства процесса горения топлива в цилиндре зависят основные технико-экономические показатели двигателя.

При нормальном сгорании рабочей смеси воспламеняются отдельные ее части и фронт пламени перемещается за счет передачи теплоты посредством теплопроводности и лучеиспускания. В результате сгорания давление повышается и несгоревшая часть смеси перемещается перед фронтом пламени. Скорость распространения фронта пламени составляет 25...40 м/с и увеличивается с повышением давления и температуры рабочей смеси. Максимальное значение скорости горения смеси соответствует коэффициенту избытка воздуха $\alpha = 0,93 \dots 0,95$.

Возрастание частоты вращения коленчатого вала двигателя вызывает усиление вихревых движений рабочей смеси, что приводит к увеличению поверхности фронта пламени и скорости горения. Это обстоятельство очень важно для эксплуатации двигателей, так как иначе их работа на переменных режимах была бы невозможна.

При нормальном сгорании топлива в цилиндре двигателя давление нарастает плавно (рис. 9,а), однако в результате повышения температуры и давления нормальное сгорание может нарушиться и перейти в детонационное (взрывное).

При детонационном сгорании скорость распространения фронта пламени нарастает скачкообразно и достигает 1500...2500 м/с. Для детонационного сгорания топлива характерно появление волн, которые, уда-

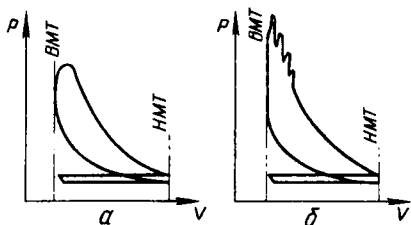


Рис. 9. Индикаторные диаграммы работы двигателя при сгорании топлива:

а — нормальном; *б* — детонационном; *P* — давление; *V* — объем; *BMT* и *HMT* — соответственно верхняя и нижняя мертвые точки.

ряясь о стенки камеры сгорания и многократно от них отражаясь, вызывают вибрацию. При вибрации возникает характерный металлический стук. На рисунке 9,б видны пики повышения давления, которые являются следствием возникновения ударных волн.

В результате взрывного горения рабочей смеси часть топлива не успевает полностью сгореть, что обуславливает появление дымного выхлопа. За счет ударного действия горячих газов на стенки камеры сгорания увеличивается теплоотдача, что приводит к перегреванию двигателя и вызывает снижение мощности. Двигатель работает неуравновешенно, прогорают поршни и клапаны, пригорают поршневые кольца, резко повышается изнашивание деталей цилиндропоршневой группы и вкладышей подшипников коленчатого вала.

Интенсивность процесса зависит от того, какая часть рабочей смеси сгорает с детонацией. Внешние признаки проявляются уже при сгорании 5%; при сгорании 10...12% рабочей смеси детонация средней интенсивности, а при сгорании 18...20% смеси появляется сильная детонация. Такая детонация обычно передается на другие цилиндры и может привести к аварийному состоянию двигателя.

Процесс детонационного сгорания лучше всего объясняется теорией органических перекисей, в основе которой лежат работы академика А. Н. Баха, развитые затем академиками Н. Н. Семеновым, Я. Б. Зельдовичем и Л. Д. Ландау, профессорами А. С. Соколиком, А. П. Воиновым и другими советскими учеными.

Согласно этой теории молекула кислорода при окислении присоединяется к углеводородному радикалу целиком и образуются первичные продукты окисления — перекисные соединения типа $R-O-O-R$ (диакилперекись) или $R-O-O-H$ (гидроперекись). По этой теории процесс сгорания рабочей смеси распадается на две фазы. В первой фазе, характеризующейся повышением температуры и давления, происходит предпламенное окисление углеводородов, а во второй фазе протекает сгорание с видимым пламенем.

В процессе предпламенного окисления углеводородов, который начинается уже в такте сжатия, сначала образуются перекисные соединения, количество которых возрастает с повышением температуры и давления рабочей смеси. Реакция образования перекисей носит цепной характер, т. е. начавшись, она развивается самопроизвольно. Наряду с конечными продуктами реакции создаются новые активные центры, которые в свою очередь ведут к образованию новых перекисей.

Скорость распространения реакций окисления возрастает во второй фазе, когда топливо воспламеняется и образуется фронт пламени вследствие дальнейшего резкого повышения температуры и давления в несгоревшей части рабочей смеси. По мере сгорания все большей части рабочей смеси температура и давление в камере сгорания продолжают увеличиваться, в результате чего возрастает скорость процесса окисления углеводородов в несгоревшей ее части. При этом количество образующихся перекисных соединений резко увеличивается.

В таких условиях скорость окисления может стать такой, что процесс образования перекисей примет лавинный характер и концентрация их в несгоревшей части рабочей смеси достигнет критического значения. Такой момент и будет сопровождаться взрывным сгоранием смеси, т. е. детонацией. В этом случае скорость распространения фронта пламени нарастает скачкообразно и превышает скорость звука. Возникающая при этом ударная волна не опережает фронт пламени, а совпадает с ним, образуя усиливающуюся детонационную волну.

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

4.5. Факторы, влияющие на детонационное сгорание

Основными факторами, влияющими на процесс сгорания топлива, являются давление, температура, время сгорания рабочей смеси и качество топлива. Эти факторы следует учитывать как при конструировании двигателя, так и при его эксплуатации.

К конструктивным факторам относятся: степень сжатия, наддув, охлаждение, металл деталей цилиндропоршневой группы и т. п.

К эксплуатационным факторам относятся: угол опережения зажигания, частота вращения коленчатого вала двигателя, коэффициент избытка воздуха, влажность и атмосферное давление воздуха, тепловой режим и нагрузка двигателя, нагарообразование в камере сгорания и т. п.

Угол опережения зажигания рабочей смеси для получения максимальной мощности двигателя необходимо установить строго определенный. С увеличением его рабочая смесь воспламеняется при более низком давлении и температуре, что ухудшает условия процесса горения смеси. К концу сгорания топлива температура и давление рабочей смеси значительно возрастают, что создает наиболее благоприятные условия для образования и накопления в смеси перекисных соединений, вызывающих детонацию. Чтобы снизить детонацию, следует уменьшить угол опережения зажигания, однако в этом случае мощность двигателя несколько уменьшится. Поэтому уменьшение угла опережения зажигания целесообразно применять только как временную меру.

Частота вращения коленчатого вала влияет на скорость распространения фронта пламени и время, отводимое на сгорание топлива: с увеличением частоты скорость повышается, а время

уменьшается. Поэтому увеличение частоты вращения коленчатого вала — один из способов предотвращения детонации.

Коэффициент избытка воздуха обуславливает скорость сгорания топлива. Наибольшая скорость протекания предпламенных процессов окисления в рабочей смеси наблюдается при $\alpha = 0,9 \dots 1,1$, т. е. в данном случае создаются наиболее благоприятные условия для появления детонации. Обеднение и обогащение топливовоздушной смеси будет предотвращать появление детонации; в первом случае увеличивается расход теплоты на подогрев излишнего воздуха, а значит, снижается температура смеси; во втором — понижается концентрация кислорода и, следовательно, уменьшается интенсивность образования перекисей.

Температура рабочей смеси определяет характер сгорания. Детонацию можно предотвратить при хорошем охлаждении деталей двигателя и интенсивном отводе теплоты от стенок камеры сгорания. Увеличение влажности подаваемого в двигатель воздуха или впрыскивание воды в цилиндр также снижают температуру рабочей смеси за счет того, что вода отнимает часть теплоты на свое испарение. Кроме того, водяные пары в составе рабочей смеси действуют как инертные газы, препятствуя образованию перекисей.

Закрытие дроссельной заслонки уменьшает детонацию. Это объясняется увеличением количества остаточных газов в рабочей смеси и снижением концентрации кислорода, что препятствует образованию перекисей.

Нагароотложения на поверхностях деталей камеры сгорания увеличивают возможность возникновения детонационного сгорания. Теплопроводность нагара, покрывающего стенки головки цилиндров и поршня, примерно в 50 раз меньше, чем теплопроводность чугуна или стали*. В присутствии отложений ухудшается отвод теплоты от рабочей смеси и как бы увеличивается степень сжатия. Аналогично действует образование на головке цилиндров и других деталях системы охлаждения накипи, обладающей низким коэффициентом теплопроводности.

Атмосферное давление при снижении в некоторой степени уменьшает возможность детонации, ибо в этом случае уменьшается массовый заряд и, следовательно, давление и температура рабочей смеси, что не создает условий для интенсивного образования перекисей.

Химический состав и молекулярное строение в значительной степени определяют процесс горения топлива. Углеводороды, входящие в состав топлива, обладают неодинаковой детонационной стойкостью, причем она различна даже для одной группы и зависит от строения молекул.

Парафиновые углеводороды нормального строения весьма склонны к детонационному сгоранию, а *n*-парафины обладают высокой детона-

*По данным профессора И. М. Ленина.

ционной стойкостью. По мере увеличения молекулярной массы склонность к детонации *n*- и *и*-парафинов снижается.

Нафтеновые углеводороды занимают по детонационной стойкости промежуточное положение между *n*- и *и*-парафинами.

Ароматические углеводороды характеризуются наиболее высокой детонационной стойкостью. Октановые числа таких ароматических углеводородов, как бензол, толуол, ксилол, составляют 100 единиц и выше.

Непредельные углеводороды обладают довольно высокой детонационной стойкостью. Так, у непредельных углеводородов нормального строения она выше, чем у соответствующих парафиновых углеводородов.

Таким образом, в бензинах для карбюраторных двигателей желательно содержание изопарафиновых и ароматических углеводородов.

4.6. Детонационная стойкость бензинов и методы ее повышения

Октановое число служит общепринятым оценочным показателем детонационной стойкости бензина.

Детонационную стойкость бензинов оценивают при испытании топлива на безмоторных установках, одноцилиндровых и полноразмерных многоцилиндровых двигателях в стендовых и дорожных условиях. Для стендовых условий наиболее пригодны установки УИТ-65, снабженные одноцилиндровыми двигателями с переменной степенью сжатия и электронными устройствами, при помощи которых поддерживается постоянный режим и фиксируется начало детонационного сгорания смеси. На этой установке определяют октановое число бензинов по моторному (ГОСТ 511—82) и исследовательскому (ГОСТ 8226—82) методам.

Для исследования детонационной стойкости бензинов применяют *метод сравнения*, который заключается в сравнении детонационной стойкости испытуемого топлива с известной детонационной стойкостью эталонного. В качестве эталонного топлива приняты углеводороды: изооктан C_8H_{18} , детонационная стойкость которого оценивается в 100 единиц, и *n*-гептан C_7H_{16} , детонационная стойкость которого принята за 0 единиц. Детонации достигают изменением степени сжатия.

Октановое число, равное 100 и ниже, обозначает объемную долю изооктана в такой смеси с *n*-гептаном, которая эквивалентна по интенсивности детонации исследуемому топливу в условиях испытания по данному методу. Это значит, что если октановое число испытуемого бензина равно 76, то его детонационная стойкость такая же, как у смеси, состоящей из 76 % изооктана и 24 % *n*-гептана. Чем выше детонационная стойкость бензина, тем больше его октановое число.

Октановое число, превышающее 100, указывает на то, что в изооктан необходимо добавить определенное количество антидетонатора тетраэтилсвинца, чтобы полученная смесь была эквивалентна по интенсивности детонации исследуемому топливу при сравнении их в условиях испытания по данному методу. Например, если октановое число бензина 110,

то это значит, что по детонационной стойкости он соответствует изooksтану, в который дополнительно введено 10 % (по объему) тетраэтилсвинца.

Моторный метод. При определении октанового числа бензина по этому методу устанавливают соответствующий стандартный режим работы одноцилиндрового двигателя на испытуемом топливе. Изменяя степень сжатия двигателя, добиваются появления начала детонации определенной интенсивности и фиксируют его. Затем подбирают такую эталонную смесь изooksтана с *n*-гептаном, которая в аналогичных условиях будет детонировать с той же интенсивностью.

Октановое число, определенное по моторному методу, обозначается ОЧ/М.

Исследовательский метод. Этот метод оценки октанового числа бензинов отличается от моторного менее напряженным режимом работы двигателя. Октановое число, определенное по исследовательскому методу, обозначается ОЧ/И.

Октановое число бензинов, найденное по исследовательскому методу (ОЧ/И), несколько выше, чем октановое число, определенное моторным методом (ОЧ/М).

Практика показала, что исследовательский метод точнее характеризует детонационную стойкость бензинов при работе двигателя в условиях городской езды, когда тепловая напряженность двигателя сравнительно мала. При повышении температуры двигателя в тяжелых дорожных условиях фактическая детонационная стойкость бензина становится ближе к октановому числу, определенному моторным методом.

Если октановое число определено исследовательским методом, то в марке бензина ставят индекс И, например автомобильный бензин АИ-93.

Чувствительность бензина — это разница в октановых числах, получаемая при двух методах определения.

Увеличения октановых чисел бензинов можно добиться подбором соответствующего нефтяного сырья, совершенствованием технологии переработки и очистки бензина, изменением строения углеводородов и т. д. Но наиболее эффективный и экономичный способ — добавление к бензинам антидетонаторов.

Антидетонатор тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$ (ТЭС), который широко применяется, представляет собой густую бесцветную жидкость с плотностью 1,659, хорошо растворяющуюся в нефтепродуктах и не растворяющуюся в воде. ТЭС — ядовитое вещество, и поэтому при обращении с ним необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

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

К недостаткам ТЭС относится то, что свинец из камеры сгорания

удаляется неполностью, в результате чего с течением времени нарушается нормальная работа двигателя. С целью уменьшения этого явления к ТЭС добавляют бромистые и хлористые соединения, называемые *выносителями свинца*. Смесь ТЭС с выносителем представляет собой *этиловую жидкость*, в состав которой входят также наполнитель (бензин) и краситель для отличия этилированного бензина от неэтилированного.

Антидетонатор тетраметилсвинец (ТМС) более эффективен в сравнении с ТЭС. Это можно объяснить тем, что в форсированных двигателях, температурный режим которых достаточно напряженный, ТЭС разлагается слишком рано, в связи с чем часть образующихся активных радикалов расходуется непроизводительно. ТМС вследствие более высокой термической устойчивости разлагается в момент максимального образования перекисных соединений и тем самым способствует прекращению цепных реакций.

Новые более эффективные в сравнении с ТЭС и ТМС антидетонаторы включают в свой состав соединения марганца.

4.7. Склонность бензинов к образованию отложений

При работе карбюраторного двигателя в зависимости от качества применяемого топлива отложения образуются на деталях топливной системы и камеры сгорания. В топливной системе (бак, фильтр, карбюратор, всасывающий трубопровод) осаждаются главным образом смолистые вещества различной консистенции. В баке, на фильтре и в карбюраторе они сравнительно мягкие и липкие, во всасывающем патрубке, где температура значительно выше, — плотные. На стержнях всасывающих клапанов отложения могут быть настолько плотными, что мешают клапанам закрываться. В дальнейшем они превращаются в нагар, в результате чего клапаны зависают и нормальная работа двигателя нарушается. На поверхностях деталей камеры сгорания образуется нагар, в результате чего резко ухудшается теплоотвод и возникает детонационное сгорание топлива.

Количество и характер отложений 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 и антидетонационных присадок на базе ТЭС и ТМС.

Топливо для карбюраторных двигателей не должно содержать большого количества смолистых соединений и малоустойчивых веществ. С этой целью в бензинах определяют наличие фактических смол (ГОСТ 8489—85) и их содержание строго нормируют.

Фактические смолы — это остаток (мг), образовавшийся в стеклянной чашке после испарения заданного объема (100 см^3) испытуемого бензина при определенных условиях (на водяной бане в струе воздуха).

Потенциальные смолы — это смолистые вещества, которые образу-

ются в процессе полимеризации и окисления содержащихся в топливе непредельных углеводородов.

Стабильность первоначальных свойств бензинов в значительной степени зависит от условий хранения и транспортирования.

Интенсивность окисления и осмоления топлива определяется не только его углеводородным составом, но и температурой, степенью аэрации, а также наличием каталитически действующих на процесс окисления веществ.

Для уменьшения осмоления бензинов при хранении необходимо окрашивать резервуары в светлые тона, по возможности полнее заливать их топливом, в первую очередь расходовать крекинг-бензины.

Антиокислители, или стабилизаторы, — это специальные вещества, которые вводят в топливо для повышения его стабильности.

4.8. Коррозионные свойства бензинов

Оценка качества карбюраторного топлива по его коррозионным свойствам важна не только при использовании его в двигателе, но и при хранении, перекачке, транспортировании и т. д. Входящие в состав топлива углеводороды не корродируют. Коррозия вызывается такими веществами, как вода, водорастворимые кислоты и щелочи, органические кислоты, сера и сернистые соединения.

Водорастворимые кислоты и щелочи обладают сильным коррозионным воздействием, в связи с чем наличие их в топливе не допускается. Качественное определение водорастворимых кислот и щелочей проводят по ГОСТ 6307—75. Для этого в делительную воронку наливают 50 см³ испытуемого топлива и взбалтывают с равным количеством дистиллированной воды. Реакцию водной вытяжки проверяют действием индикаторов (метилоранжа и фенолфталеина). Если в пробе обнаружены водорастворимые кислоты и щелочи, топливо в двигателе не применяют.

Органические кислоты, содержащиеся в топливе, по своей коррозионной активности значительно слабее водорастворимых. Содержание органических кислот оценивают по показателю *кислотности*, который представляет собой количество щелочи КОН (мг), необходимое для нейтрализации органических кислот в 100 см³ топлива. Кислотность в автомобильных бензинах не должна превышать 3 мг КОН в 100 см³ топлива (ГОСТ 11362—76).

Сернистые соединения обуславливают коррозионные свойства бензина, а продукты сгорания серы вызывают дополнительную коррозию деталей двигателя. В связи с этим присутствие сернистых соединений в бензине не допускается.

Активность действия сернистых соединений топлива проверяют испытанием на медной пластинке. Содержание серы в автомобильном топливе не должно превышать 0,1...0,12 %.

Вода, присутствующая в топливе, повышает его коррозионную активность.

4.9. Виды и марки бензинов

Товарные автомобильные бензины получают смешиванием нескольких компонентов, что позволяет обеспечивать определенные свойства и требуемое качество. При таком способе можно использовать различные фракции, в том числе с недостаточно высокой детонационной стойкостью, которую затем повышают добавлением высокооктановых компонентов. Состав товарных автомобильных бензинов определяется требованиями детонационной стойкости и соответствующим фракционным составом. В ряде случаев необходимо ограничивать содержание в товарных бензинах серы, иметь соответствующую стабильность и т. д.

В сельскохозяйственном производстве применяются следующие виды карбюраторного топлива: автомобильные бензины (для большинства автомобильных и некоторых комбайновых двигателей, пусковых двигателей тракторов, мотоциклов, некоторых стационарных двигателей); авиационный бензин (при ремонте электрогенераторов, стационарного оборудования, автомобильных камер и т. п.); тракторный керосин (как промывочная жидкость при техническом обслуживании и ремонте тракторов).

В соответствии с ГОСТ 2084—77 вырабатываются автомобильные бензины четырех марок: А-72, А-76, АИ-93 и АИ-98. Бензины А-76, АИ-93 и АИ-98 выпускаются в двух вариантах — с государственным Знаком качества и без него. В маркировке этих бензинов буква А указывает, что бензин автомобильный; И — октановое число определено исследовательским методом; цифры означают октановое число. Кроме того, по специальным техническим условиям вырабатывается бензин "Экстра". Бензины, кроме А-72, "Экстра" и бензинов с государственным Знаком качества, этилированные.

В зависимости от условий эксплуатации двигателей автомобильные бензины, за исключением бензина марки АИ-98, делятся на летние и зимние. Бензины летних сортов применяют во всех районах, кроме северных и северо-восточных, в период с 1 апреля по 1 октября, в южных — круглый год; зимних сортов — круглый год в северных и северо-восточных районах, в остальных — с 1 октября по 1 апреля.

В таблице 5 приведена область применения автомобильных бензинов в зависимости от степени сжатия двигателей.

Зимние бензины от летних отличаются облегченным фракционным составом и более высоким значением давления насыщенных паров, что обеспечивает более легкий пуск, прогревание и эксплуатацию автомобилей в зимних условиях.

Для правильной эксплуатации карбюраторных двигателей необходимо применять бензин рекомендуемой заводом-изготовителем марки, проверять его качество. При отклонении физико-химических показателей бензина от требований ГОСТ использование его не допускается.

Эксплуатация бензина с более низким октановым числом, чем указано в инструкции двигателя, вызывает детонационное сгорание, которое

5. Область применения автомобильных бензинов

Бензин	Марка двигателя	Степень сжатия
А-72 летний и зимний	ГАЗ-51 и модификации; ЗИЛ-157, ЗИЛ-158, ЗИЛ-164 и модификации; ЗМЗ-21 и модификации; ЗМЗ-977; МЗМА-407, МеМЗ-966, ГАЗ-52-01, ГАЗ-69, ЗМЗ-451 и модификации	6,5...6,7
А-76 летний и зимний	ГАЗ-53, ГАЗ-66, ГАЗ-66-04, МеМЗ-968, АЗЛК-408 и модификации, ЗИЛ-131А, ЗИЛ-138, ЗИЛ-375 и модификации, ЗМЗ-24-01, ЗИЛ-130 и модификации	6,7...7,2
АИ-93 летний и зимний	ЗМЗ-24, УМЗ-412Э, ВАЗ всех модификаций, МеМЗ-968А	7,65...8,8

приводит к увеличению износов, прогоранию прокладок головки цилиндров, снижению мощности, экономичности и т. п.

Использование бензина с более высоким октановым числом тоже нежелательно, ибо увеличиваются затраты на эксплуатацию автомобиля из-за большей стоимости бензина, а из-за возрастающей температуры сгорания смеси возможно прогорание клапанов.

Глава 5. ТОПЛИВО ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

5.1. Эксплуатационные требования к топливу

Дизели в сравнении с карбюраторными двигателями обладают такими преимуществами, как высокая экономичность, применение в качестве топлива более широких фракций нефти, меньшая пожароопасность, лучшая приемистость и возможность перехода на режим с нагрузкой без полного прогрева, надежность и долговечность в эксплуатации и т. п. Дизели установлены на всех современных тракторах, на зерноуборочных комбайнах, а также на мощных грузовых автомобилях.

Рабочие процессы дизеля и карбюраторного двигателя различаются приготовлением и воспламенением топливовоздушной смеси. В дизеле топливо непосредственно впрыскивается в среду сжатого и высоко нагретого воздуха камеры сгорания, где одновременно происходят образование топливовоздушной смеси и самовоспламенение топлива.

Для обеспечения долговечной и экономичной работы дизеля топливо должно отвечать следующим требованиям: обладать необходимой вязкостью и воспламеняемостью, хорошо прокачиваться при различных температурах окружающей среды, не содержать сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды.

Рабочий процесс в четырехтактном дизеле происходит так. При первом такте (всасывание) в цилиндр поступает хорошо очищенный воздух, который во втором такте (сжатие) сжимается. Давление в камере повышается до 2...5 МПа, а температура увеличивается до 600...900 °С. За 14...23° поворота коленчатого вала до прихода поршня в верхнюю мертвую точку (ВМТ) начинается впрыскивание топлива в камеру сгорания, которое заканчивается за 6...12° поворота коленчатого вала после прохода поршня ВМТ.

В этот период топливо интенсивно перемешивается с воздухом, испаряется и самовоспламеняется. Затем осуществляется третий такт (рабочий ход), при котором топливо сгорает. Давление в цилиндре повышается до 7...9 МПа, температура до 1700...2000 °С. При четвертом такте (выпуск) происходит удаление из рабочего объема цилиндра продуктов сгорания топлива.

В дизеле с неразделенной камерой сгорания топливо непосредственно впрыскивается через форсунку в камеру сгорания, заполненную сжатым воздухом. Под действием вихревых движений воздуха топливо распыляется, перемешивается, самовоспламеняется и сгорает.

В дизелях с разделенной камерой сгорания воспламенение и сгорание топлива начинаются в предкамере, а затем горение переходит во вторую основную камеру. В этом случае значительно улучшаются процессы перемешивания и сгорания топлива за счет интенсивного завихрения перетекающих из предкамеры в основную камеру продуктов сгорания.

Процесс сгорания можно разделить на четыре фазы: I — задержка (запаздывание) самовоспламенения; II — быстрое горение или период интенсивного нарастания давления; III — замедленное горение и IV — догорание (рис. 10).

С заданным опережением θ° в точке 1 до прихода поршня в ВМТ начинается впрыскивание топлива и продолжается до точки 4. Общий период равен θ_t . Однако горения топлива и сопутствующего ему интенсивного увеличения температуры и давления в цилиндре не отмечается до точки 2. Плавное повышение давления в этот период происходит вследствие продолжающегося сжатия.

Фаза задержки самовоспламенения (I). В течение этой фазы (от точки 1 до точки 2) топливо распыляется, нагревается, испаряется и перемешивается. Одновременно протекают предпламенные окислительные процессы, которые завершаются самовоспламенением образовавшейся смеси паров топлива и

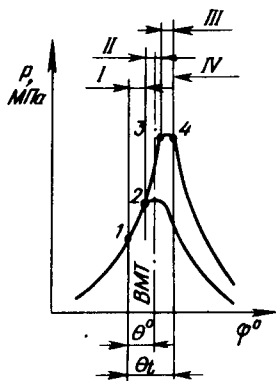


Рис. 10. Развернутая индикаторная диаграмма процесса сгорания топлива в дизеле.

воздуха в одном или нескольких очагах с наиболее благоприятными для этих процессов условиями. Выделяющаяся при появлении первых очагов пламени теплота ускоряет процессы физической и химической подготовки воспламенения всего топлива, поступающего в камеру сгорания за время фазы *I*.

Для того чтобы топливо самовоспламенилось, оно должно быть нагрето до определенной температуры, называемой *температурой самовоспламенения*. Она зависит от химического состава топлива и от внешних условий (давление, состав рабочей смеси, тип камеры сгорания и т. п.).

Продолжительность фазы *I* во многом зависит от размера капель, образовавшихся при распылении топлива. Чем меньше капля, тем быстрее она нагревается и испаряется.

Фаза быстрого горения (II). Она начинается сразу после окончания фазы *I*. Чем продолжительнее фаза задержки самовоспламенения, тем большее количество испарившегося топлива накапливается в камере сгорания. В этом случае выделяемая теплота и давление нарастают в фазе *II* более интенсивно, что на индикаторной диаграмме отображается возрастанием крутизны линии между точками 2 и 3, т. е. возрастанием значения $dp/d\varphi$. При интенсивном нарастании давления работа двигателя делается более жесткой, что сопровождается возникновением ударной волны. Если же фаза задержки самовоспламенения будет непродолжительна, то давление в течение фазы *II* нарастает более плавно и двигатель работает мягче, без стуков.

Преобладание в дизельном топливе *n*-парафинов, склонных легко образовывать перекиси, снижает период задержки самовоспламенения и обеспечивает более мягкую работу дизеля.

При сравнении жесткой работы дизеля, происходящей со стуками при интенсивном нарастании давления $dp/d\varphi$, и работы карбюраторного двигателя со стуками, обусловленными детонационным сгоранием топлива и распространением ударных детонационных волн, установлено, что в дизеле не возникает детонационной волны. Следовательно, применение термина "детонация" не подходит для характеристики жесткой работы дизеля, и эти понятия следует различать.

Фаза замедленного горения (III). Она начинается сразу же вслед за фазой быстрого сгорания и длится до конца поступления топлива в камеру сгорания (точка 4).

Фаза догорания топлива (IV). Догорание протекает во время хода расширения при понижении давления в цилиндре. Увеличение длительности этой фазы ведет к повышению температуры отработавших газов и дымности выпуска, снижению к. п. д. двигателя, и поэтому фаза догорания должна быть максимально короткой. Практически эта фаза зависит от химического состава топлива.

На сгорание дизельного топлива значительное влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Положительно действует повышение степени сжатия, а следовательно, температура и давление

в цилиндре двигателя: улучшается процесс сгорания, двигатель работает более мягко.

Увеличение угла опережения впрыскивания топлива отрицательно влияет на период задержки самовоспламенения, ибо топливо поступает в менее сжатую и нагретую среду и работа двигателя становится более жесткой. Если впрыскивание происходит очень рано, то за счет воспламенения и преждевременного сгорания части топлива может развиваться значительное давление до прихода поршня в ВМТ, что вызовет потерю мощности из-за преодоления давления горючих газов и снижение к. п. д. двигателя.

Конструкция камеры сгорания должна обеспечивать интенсивное вихреобразование при сжатии воздуха, что сокращает время нагревания и испарения топлива.

5.3. Оценка самовоспламеняемости топлива и цетановое число

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

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

В качестве одного эталона принят цетан или *n*-гексадекан $C_{16}H_{34}$ — парафиновый углеводород с малым периодом задержки самовоспламенения. Его цетановое число принято за 100 единиц. Другим эталоном служит альфаметилнафталин $C_{10}H_7CH_3$, представляющий собой ароматический углеводород. Альфаметилнафталин обладает большим периодом задержки самовоспламенения и вызывает очень жесткую работу дизеля. Цетановое число его условно принято за 0 единиц. Если, например, самовоспламеняемость испытуемого топлива равноценна самовоспламеняемости смеси, состоящей из 45 % цетана и 55 % альфаметилнафталлина, то цетановое число топлива равно 45.

В соответствии с ГОСТ выпускается дизельное топливо с цетановыми числами 40...50 единиц.

Применение дизельного топлива с цетановым числом менее 40 приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и возникновению жесткой работы; более 50 — нецелесообразно, так как при этом возрастает удельный расход топлива из-за уменьшения полноты его сгорания.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива к нему добавляют специальные высокоцетановые компоненты, а также вводят специальные присадки, ускоряющие предпламенные реакции.

Определение цетанового числа возможно тремя методами: по совпадению вспышек, по запаздыванию самовоспламенения и по критической степени сжатия. В нашей стране принят метод совпадения вспышек. Для этого используют одноцилиндровую установку ИТ9-3М, в которой топливо самовоспламеняется от сжатия. Степень сжатия можно изменять от 7 до 23. Сначала пускают двигатель и устанавливают стандартный режим работы, после чего переводят двигатель на испытуемое топливо.

Изменяя степень сжатия, добиваются начала самовоспламенения топлива строго 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 дает цетановое число испытуемого топлива.

Цетановое число топлива можно определить также по его групповому химическому составу

$$\text{ЦЧ} = 0,85\P + 0,1\text{Н} - 0,2\text{А}, \quad (23)$$

где Π , Н и А — содержание в топливе соответственно парафиновых, наftenовых и ароматических углеводородов, % по массе.

5.4. Смесеобразующие свойства

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

Условия смесеобразования в дизеле и карбюраторном двигателе различны. В карбюраторном двигателе процесс начинается в смесительной камере карбюратора, продолжается во впускном трубопроводе и заканчивается при такте сжатия, на что отводится около 0,026 с при частоте вращения коленчатого вала двигателя 2000 мин⁻¹. В дизеле топливо впрыскивается непосредственно в среду сжатого воздуха камеры сгорания за несколько градусов до прихода поршня в ВМТ и время смесеобразования при такой же частоте вращения коленчатого вала лишь 0,002...0,003 с, или в 10 раз меньше. Особенности дизелей позволяют применять для них топливо с меньшим давлением насыщенных паров и содержащее более тяжелые фракции по сравнению с бензинами. Так, при впрыскивании топлива в среду сжатого воздуха, которая нагрета до температуры 600...700 °С, часть топлива самовоспламеняется и процесс горения с выделением теплоты начинается еще до окончания цикловой подачи топлива. В результате этого топливовоздушная смесь создается при более высокой температуре, чем в карбюраторном двигателе.

Образование рабочей смеси в дизеле зависит от множества факторов, к основным из которых относятся: температура и давление в камере сгорания; надежность подачи и степень распыливания топлива при впрыскивании; физико-химические свойства топлива.

Температура и давление в камере сгорания определяются степенью

сжатия, охлаждением двигателя, частотой вращения коленчатого вала, наличием наддува и т. п.

Современные дизели — высокооборотные, что обуславливает их хорошие тепловые характеристики, смесеобразование и сгорание.

Надежность подачи топлива — необходимое предварительное условие правильного смесеобразования и сгорания. Здесь важную роль играет чистота дизельного топлива. Находящиеся в топливе механические примеси забивают фильтрующие элементы, вызывают форсированное изнашивание 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 форсунки, что практически полностью нарушает работу дизеля.

Содержание механических примесей в дизельном топливе определяют по ГОСТ 6370—83. Для этого берут среднюю пробу в количестве 100 мл и разбавляют двумя частями чистого бензина. Полученный раствор пропускают через беззольный фильтр, предварительно взвешенный и доведенный до постоянной массы. Осадок на фильтре промывают легким бензином. Фильтр с осадком высушивают и доводят до постоянной массы при температуре 102...105 °С. По увеличению массы фильтра подсчитывают содержание (%) механических примесей в топливе.

Присутствие воды в дизельном топливе служит причиной снижения надежности топливоподачи из-за коррозии деталей. Пуск дизеля ухудшается, а при эксплуатации в зимнее время нарушается подача топлива вследствие образования в трубопроводах кристаллов льда. Поэтому в дизельном топливе не должно содержаться механических примесей и воды. С этой целью дизельное топливо перед употреблением отстаивают, баки тракторов и автомобилей заправляют через специальные фильтры, из баков и фильтров периодически спускают отстой, своевременно очищают или меняют топливные фильтры и т. д.

Распыливание топлива — это процесс разделения топлива на мельчайшие частицы, в результате чего создаются наилучшие условия для смесеобразования и испарения. Степень распыливания оценивают диаметром капель топлива и однородностью топливовоздушной смеси.

Размер образующихся капель зависит от давления впрыскивания топлива: с его увеличением возрастает скорость струи и диаметр капель уменьшается. Чем больше длина струи, тем лучше распространяются и перемещаются с воздухом капли топлива по всему объему. Кроме давления и скорости впрыскивания топлива, на тонкость и однородность распыливания влияют: противодействие в цилиндре, диаметр сопла форсунки, вязкость, плотность и поверхностное натяжение топлива.

Увеличение противодействия или повышение плотности среды, в которую впрыскивается топливо, значительно улучшает распыливание. Оно улучшается также при уменьшении диаметра сопла форсунки за счет увеличения скорости струи топлива.

Все современные дизели бескомпрессорные; в них используют струйное или предкамерное распыливание, вихревые и воздушные камеры. При струйном распыливании применяют неразделенные камеры сгорания, во всех остальных случаях — разделенные.

При струйном распыливании топливо попадает в среду сжатого воздуха, движущегося вихреобразно. 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.

В двигателях с вихревыми камерами процесс смесеобразования протекает лучше за счет более полного сгорания топлива, снижения его удельного расхода, уменьшения тепловой напряженности поршня и сравнительно невысокого давления впрыскивания топлива. В вихревой камере топливо самовоспламеняется и частично сгорает; образующиеся продукты выходят в основную камеру, где интенсивно перемешиваются с воздухом и догорают под действием вихреобразно движущегося воздуха.

Физико-химические свойства топлива также влияют на процесс смесеобразования. Очень важно, чтобы топливо легко прокачивалось при различных температурах окружающей среды. Это качество определяется вязкостью и температурой застывания топлива.

Вязкость дизельного топлива зависит от температуры (табл. 6).

6. Зависимость вязкости дизельного топлива от температуры

Вид топлива	Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре, °С			
	20	0	-10	-20
Летнее	6,36	12,94	20,59	50,92
Зимнее	4,26	8,36	12,43	20,6

При большой вязкости дизельное топливо медленнее проходит через топливные фильтры, что способствует снижению подачи топлива и падению мощности двигателя; распыливание ухудшается за счет образования крупных капель, но при этом увеличивается глубина их проникновения в среду сжатого воздуха.

При малой вязкости смесеобразование проходит хуже из-за снижения скорости проникновения капель топлива в камеру сгорания, в результате чего топливовоздушная смесь оказывается неоднородной.

Оптимальная вязкость дизельного топлива 3...8 мм²/с при 20 °С. Для приборов системы питания дизельное топливо служит одновременно смазывающей жидкостью, поэтому использование топлива с меньшей вязкостью недопустимо. В противном случае возрастает износ плунжерных пар и снижается коэффициент подачи топлива.

Вязкость в значительной мере зависит от давления: с повышением давления вязкость топлива возрастает.

Температура помутнения, при которой входящие в состав топлива парафиновые углеводороды переходят в твердое состояние, имеет большое значение при использовании топлива. При этой температуре прозрачность теряется, нарушается фазовая однородность топлива. Появившиеся кристаллы забивают топливные фильтры, что ведет к уменьшению или прекращению подачи топлива. Температуру помутнения определяют по ГОСТ 5066—56.

Температура застывания, при которой топливо теряет подвижность, характеризует низкотемпературные свойства топлива. Эту температуру определяют по ГОСТ 20287—74.

5.5. Испаряемость топлива

Для получения смеси топлива с воздухом необходимо, чтобы топливо испарялось. Топливовоздушная смесь воспламеняется в той части заряда, где достигнут нижний предел воспламеняемости. Это значит, что скорость смесеобразования и полнота испарения топлива зависят не только от температуры, давления, вихревого движения воздуха в камере сгорания, качества распыливания, но и от испаряемости топлива.

Чем лучше распыливается топливо, тем больше поверхность его испарения. Кроме того, с уменьшением диаметра капель возрастает скорость их нагревания. Следовательно, скорость испарения впрыскиваемого топлива возрастает с улучшением качества распыливания.

При использовании топлива с плохой испаряемостью и выкипающего при высоких температурах скорость испарения может быть настолько мала, что топливо не успевает перейти в газообразное состояние и, следовательно, полностью сгореть. При этом увеличивается его расход, повышается износ деталей цилиндропоршневой группы из-за смывания жидким топливом смазочной пленки со стенок гильз.

Фракционный состав обуславливает испаряемость дизельного топлива. Оптимальные его значения для разных двигателей различны. Так, в дизелях с разделенной или вихревой камерой равномерная рабочая смесь и полное сгорание могут быть получены при относительно тяжелом составе. Для дизеля с неразделенной камерой и непосредственным впрыскиванием необходимо топливо более легкого фракционного состава.

Фракционный состав дизельного топлива определяют так же, как и карбюраторного. Испаряемость дизельного топлива оценивают по результатам фракционной перегонки: чем ниже температура кипения фракции, тем выше упругость насыщенных паров.

Для улучшения пуска двигателя желательно использовать топливо с облегченным фракционным составом. При пуске создаются неблагоприятные (в сравнении с прогретым двигателем) условия для смесеобразования и сгорания топлива вследствие недостаточно высокой температуры и пониженного давления сжатого в цилиндре воздуха. Поэтому

топливо должно обладать такой испаряемостью, чтобы к моменту само воспламенения образовалась топливовоздушная смесь с необходимыми пределами воспламеняемости.

С повышением цетанового числа топлива время на пуск дизеля уменьшается. Объясняется это тем, что у топлива с большим цетановым числом процессы предварительного окисления и воспламенения протекают быстрее из-за наличия углеводородов, склонных к окислению. Цетановое число (если оно не очень низкое) влияет на легкость пуска в меньшей степени, чем фракционный состав.

✓ Пусковые свойства дизельного топлива оцениваются температурой выкипания 50 % топлива. Для дизелей выпускают зимнее топливо с $t_{50 \%} = 255 \dots 280^\circ \text{C}$ и $t_{96 \%} = 330 \dots 340^\circ \text{C}$, летнее с $t_{50 \%} = 280^\circ \text{C}$ и $t_{96 \%} = 360^\circ \text{C}$. Такой фракционный состав обеспечивает достаточную полноту сгорания топлива и мягкую работу современных высокооборотных дизелей.

Температуры вспышки и воспламенения, так же как и фракционный состав, определяют испаряемость топлива. Температура вспышки зимнего дизельного топлива $30 \dots 35^\circ \text{C}$, летнего — 50°C .

5.6. Нагарообразующие свойства

При сгорании дизельного топлива не должно образовываться нагароотложений на деталях камеры сгорания, клапанах газораспределительного механизма, поршневых кольцах, игле и корпусе форсунки. Нагар, образующийся на клапанах, приводит к их зависанию; в камере сгорания — к нарушению теплоотдачи; на форсунке ухудшает качество впрыскивания. Крайне нежелательно образование отложений на поршневых кольцах, что вызывает их закоксовывание и, следовательно нарушение компрессии, увеличение прорыва газов в картер двигателя, повышение доли угара моторного масла и т. п.

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

Для того чтобы уменьшить нагарообразование в двигателе, необходимо либо полностью очистить топливо от нежелательных соединений либо значительно снизить их содержание.

Коксуемость характеризует склонность топлива к нагарообразованию. Этот показатель удобно применять для сравнительной оценки различных партий топлива. Коксуемость топлива определяют по ГОСТ 19932—80. Для дизельного топлива этот показатель не должен превышать 0,05 %. На практике определяют коксуемость 10 %-ного остатка, полученного после отгона 90 % топлива. Коксуемость 10 %-ного остатка допускается не более 0,3 %.

Кроме нагара, на деталях образуются также лаковые отложения —

продукты высокотемпературного окисления непредельных углеводородов и других соединений.

Для оценки склонности топлива к лакообразованию используют специальную методику и прибор*. Испытуемое топливо (1 см^3) помещают в алюминиевую чашечку и выпаривают в специальном термостате-лакообразователе при температуре 250°C . После испарения в чашечке остается лаковая пленка. Образовавшийся лак охлаждают и взвешивают. Расчет проводят на 10 см^3 топлива. Чем легче топливо по фракционному составу, тем меньше образуется лака.

Зольность топлива характеризует негорючий остаток топлива — золу. Она получается после сжигания топлива в атмосфере воздуха при температуре $800\ldots 850^\circ\text{C}$ (ГОСТ 1461—75). Для этого берут фарфоровый тигель, который взвешивают до и после озоления. Зольность выражают в процентах от навески топлива. Для дизельного топлива зольность не должна превышать $0,01\%$. С увеличением зольности значительно возрастает износ деталей топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы.

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

5.7. Коррозионные свойства

Так же как и для карбюраторного топлива, основным фактор, обуславливающий коррозию при использовании дизельного топлива, — содержание в нем водорастворимых кислот и щелочей, органических кислот, воды и сернистых соединений. Различия в протекании коррозии относятся главным образом к интенсивности коррозионного процесса и зависят от напряженности или форсированности двигателя, а также от условий эксплуатации, касающихся в большей степени теплового режима двигателя.

По требованиям ГОСТ в дизельном топливе наличие водорастворимых кислот, щелочей и воды не допускается.

Повышенное коррозионное изнашивание вызывают содержащиеся в топливе сернистые соединения. При этом коррозия в высокооборотных форсированных дизелях проходит интенсивнее, чем в дизелях со средней и малой частотой вращения коленчатого вала. В зоне высоких температур, где конденсация влаги ограничена или отсутствует, преобладает газовая коррозия от воздействия сернистого SO_2 или серного SO_3 ангидрида. В области пониженных температур, где возможна конденсация влаги и образование сернистой и серной кислот, преобладает кислотная коррозия. Но в том и другом случае при повышении содержания серы коррозионный износ увеличивается (рис. 11). Для его уменьшения необходимо соблюдать температурный режим работы двигателя в соответствии с заводской инструкцией по эксплуатации.

* Разработаны проф. К. К. Палок.

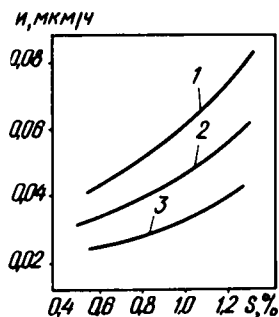


Рис. 11. Интенсивность изнашивания гильзы цилиндра дизеля СМД-60 (масло М-10Г₂) в зависимости от содержания серы S (%) в топливе и температуры охлаждающей жидкости:

1 — 30 °C; 2 — 60 °C; 3 — 90 °C.

Применение сернистого дизельного топлива вызывает ускорение процесса старения моторного масла, возрастание количества отложений на маслофильтрующих элементах и увеличение нагарообразования на деталях.

Главное направление улучшения качества дизельного топлива — снижение содержания в нем сернистых соединений при очистке.

5.8. Марки и виды дизельного топлива

Для высокооборотных и газотурбинных дизелей в соответствии с ГОСТ 305—82 выпускается дизельное топливо трех марок: Л — летнее; З — зимнее и А — арктическое. Топливо Л предназначено для применения при температуре окружающего воздуха 0 °C и выше; З — при минус 20 °C и выше (для холодной климатической зоны); А — при минус 50 °C и выше.

По содержанию серы дизельное топливо делят на два вида: I — не более 0,2%; II — не более 0,5% для марок Л и З и не более 0,4% для марки А.

В обозначение летнего топлива входят цифры, которые соответствуют содержанию серы (%) и температуре вспышки (°C), например Л-0,2-40 — топливо летнее с содержанием серы 0,2% и температурой вспышки 40 °C. В обозначении зимнего топлива отражены содержание серы (%) и температура застывания (°C), например З-0,2-минус 35 — топливо зимнее с содержанием серы 0,2% и температурой застывания минус 35 °C. К марке арктического топлива добавляется только содержание серы (%), например А-0,4.

С целью полного обеспечения народного хозяйства дизельным топливом в наиболее напряженный период сельскохозяйственных работ (с 1 апреля по 1 сентября, а для южных районов с 1 марта по 1 октября при минимальной температуре на месте потребления топлива не ниже 5 °C) допускается вырабатывать и поставлять топливо с температурой застывания не выше 0 °C.

Крайне нежелательно по экономическим соображениям использовать дизельное топливо зимних марок летом и при положительной температуре окружающего воздуха.

5.9. Марки моторного топлива

Для средне- и малооборотных дизелей в соответствии с ГОСТ 1667—68 вырабатывается моторное топливо марок ДТ и ДМ. Это топливо представляет собой смесь дистиллятов с остаточными продуктами (мазутами) прямой перегонки или крекинга. Двигатели, в которых оно используется, эксплуатируют в основном на стационарных и полустационарных установках.

Правильная эксплуатация дизелей обеспечивается в тех случаях, когда виды и марки применяемого топлива соответствуют рекомендациям заводов-изготовителей, а качество — требованиям ГОСТ.

Глава 6. ПРИМЕНЕНИЕ И СВОЙСТВА ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

6.1. Свойства и виды газообразного топлива

В сельскохозяйственном производстве газообразное топливо широко используется для технологических (отопление теплиц, парников, сушилок, животноводческих и птицеводческих комплексов) и бытовых целей. Его применяют и в современных двигателях внутреннего сгорания.

Преимущества. По сравнению с другими видами газообразное топливо обладает значительными преимуществами. Оно дешевле. Сгорает в теоретическом количестве воздуха, в результате чего обеспечиваются высокие тепловой к. п. д. и температура горения. При сгорании газообразного топлива не образуются сернистых соединений, копоти и дыма. Такое топливо сравнительно легко подводить по газопроводам к удаленным объектам потребления и можно хранить централизованно. Его легко зажигать при любой температуре окружающего воздуха. Газообразное топливо можно использовать в сжатом и сжиженном виде для двигателей внутреннего сгорания. Оно обладает высокими противодетонационными свойствами, при сгорании не образует конденсатов, в результате чего значительно уменьшается износ деталей двигателя.

При работе двигателей на газообразном топливе улучшаются условия работы моторного масла, которое значительно меньше загрязняется различными примесями.

Недостатки. Газообразное топливо характеризуется также определенными отрицательными свойствами, к которым относятся: отравляющее действие; образование взрывчатых смесей с воздухом; утечка через неплотности соединений и т. д. Поэтому при работе с таким топливом необходимо тщательно соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

Основные источники и состав. Основные источники газообразного топлива — природный или попутный газ нефтяных или газовых месторождений, а также газы нефтеперерабатывающих и других заводов. Компонентами этих газов являются углеводороды с числом углеродных

атомов в молекуле от одного до четырех (метан, этан, пропан, бутан и их производные). Природные газы из газовых месторождений практически состоят из метана (82...98 %) с небольшой примесью этана (до 6 %), пропана (до 1,5 %) и бутана (до 1 %). В попутных нефтяных газах содержится 40...85 % метана, около 20 % этана и 20 % пропана. Заводские газы содержат как парафиновые, так и олефиновые углеводороды, поэтому их чаще всего используют как сырье для синтеза пластических масс и других веществ.

Главный горючий компонент этих газов — метан. Так же как в жидком, в газообразном топливе наличие сероводорода нежелательно из-за его коррозионного воздействия на газовую аппаратуру и детали двигателя.

В газах для автомобилей не должно быть циана. Соединяясь с водой, он образует синильную кислоту, под действием которой в стенках газовых баллонов образуются мельчайшие трещины. Наличие в газах смолистых веществ и механических примесей приводит к образованию отложений и загрязнений на приборах газовой аппаратуры и на деталях двигателей.

В горючих газах, кроме углеводородов, могут содержаться и другие компоненты, такие, как водород, оксиды углерода, азот, кислород, сероводород, пары воды и др. Входящие в состав газа неуглеводородные компоненты — водород, оксид углерода CO и другие обладают невысокой теплотой сгорания, а некоторые из них (CO₂, азот), не участвуя в сгорании вообще, снижают теплоту сгорания топлива. В зависимости от назначения газ очищают от нежелательных соединений.

Классификация. По теплоте сгорания газообразное топливо условно делят на три группы:

высококалорийное с теплотой сгорания более 20 000 кДж/м³ (природные газы из газовых скважин и нефтяные, получаемые попутно с нефтью и при переработке ее);

среднекалорийное с теплотой сгорания 10 000...20 000 кДж/м³ (коксовый, светильный газы и др.);

низкокалорийное с теплотой сгорания до 10 000 кДж/м³ (доменный, генераторный газы и др.)

По физическим свойствам газы могут быть разделены на *сжатые* и *сжиженные*. Некоторые газы, обладающие низкой критической температурой, не переходят в жидкое состояние при обычной температуре даже под действием высокого давления. Так, метан до температуры минус 82 °C находится в газообразном состоянии. При температуре минус 82 °C метан под воздействием небольшого избыточного давления превращается в жидкость, а при охлаждении до минус 161 °C он сжимается уже в условиях атмосферного давления. Газы, критическая температура которых ниже температуры их применения, используют в основном в сжатом виде (при давлении до 20 МПа) и называют сжатыми газами. Сжиженные — это газы, критическая температура которых выше температуры их применения. Такие газы используют при повышенном давлении (до 1,5...2 МПа).

6.2. Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания

Для автомобилей используют только высоко- или среднекалорийные газы. При работе на низкокалорийном газе двигателем не развивается необходимая мощность, сокращается дальность пробега автомобиля, что экономически невыгодно.

Октановое число газов таково, что можно форсировать автомобильные двигатели до степени сжатия $\epsilon = 10 \dots 11$. Из-за высокого содержания водорода газообразное топливо более полно сгорает в цилиндрах двигателя. В процессе смесеобразования топливо не испаряется во впускном трубопроводе, вследствие чего оно равномернее распределяется по цилиндрам. Максимальная неравномерность распределения в рабочей смеси газообразного топлива не превышает 20 % (жидкого топлива – 35 % и более). Благодаря более широким в сравнении с бензинами пределам воспламенения, двигатель при основных эксплуатационных режимах может работать на обедненных горючих смесях ($\alpha = 1,2 \dots 1,3$). В результате этого существенно снижается токсичность отработавших газов: по содержанию оксидов углерода – в 2...3 раза, оксидов азота – в 1,2...2 и углеводородов – в 1,1...1,4 раза.

Применение сжатых газов. К основным видам сжатых газов относятся природный и коксовый (табл. 7).

Наиболее часто на автомобилях устанавливают цилиндрические баллоны, рассчитанные на рабочее давление 20 МПа. В одном баллоне (емкостью 50 л воды) находится 10 м³ газа при температуре 20 °С и давлении 101,08 кПа. Масса заполненного баллона составляет около 65 кг, т. е. на 1 м³ газа приходится приблизительно 6,5 кг. При установке на автомобиль газовых баллонов полезная грузоподъемность снижается на 12...30 %, дальность пробега – примерно на 200 км. Мощность также несколько падает из-за меньшей теплоты сгорания газозооудшной смеси, по сравнению с бензооудшной, и меньшего коэффициента наполнения цилиндров. Эксплуатационные качества автомобилей, работающих на сжатом газе, выравнивают за счет повышения на 23...25 % степени сжатия.

Применение сжиженных газов. Для автомобилей используют пропан-бутановые фракции нефтяных и ненефтяных газов. Теплота сгорания этих фракций составляет около 46 055 кДж/м³, октановое число находится в пределах 85...100 единиц.

Сжиженные газы в соответствии с ГОСТ 20448–80 выпускают трех марок: СПБТЗ – зимняя и СПБТЛ – летняя технические пропанобутановые смеси, БТ – технический бутан.

Баллоны заполняют сжиженным газом не более чем на 90 % объема. Масса баллонов составляет 0,64...0,7 кг. Они рассчитаны на давление 1,6 МПа при 20 °С.

Потерю мощности двигателя при работе на сжиженном газе можно компенсировать за счет повышения степени сжатия. При использовании сжиженного газа мощность снижается значительно меньше, чем при использовании сжатого газа.

7. Сжатые газы для автомобилей

Показатель	Значение показателей для газа		
	природного	коксового	
		метанизи- рованного	обогащен- ного
Теплота сгорания, кДж/м ³ , не ме- нее	2900	27 000	22 000
Содержание:			
горючих компонентов, %:			
метана	80...97	Не менее 65	50
водорода	—	—	Не более 12
примесей, не более:			
сероводорода, г/м ³	0,02	0,02	0,02
цианистых соединений, г/м ³ (в пересчете на HCN)	0,05	0,05	0,05
кислорода, % по объему	1,0	1,0	1,0
смолы и пыли, г/м ³	0,001	0,001	0,001
паров воды, г/м ³ , в газе, находя- щемся под давлением в баллоне:			
летом	7,0	7,0	7,0
зимой	0,5	0,5	0,5
Октановое число	94...105	80	80
Бензиновый эквивалент*	0,71...0,83	0,62...0,70	0,89...0,41

* Бензиновым эквивалентом называют количество бензина (кг), равноценное по теплоте сгорания 1 м³ газа.

В результате перевода карбюраторного двигателя на сжиженный газ при оптимальной степени сжатия удельный расход топлива уменьшается на 5...6 %, кроме того, шум уменьшается на 7...8 дБ.

6.3. Сущность процесса газификации и применение генераторного газа

Генераторный газ получается в результате термохимического взаимодействия кислорода с углеродом твердого топлива в процессе газификации. Устройства, в которых проводится газификация, называются газогенераторами. Для процесса газификации очень важны такие показатели твердого топлива, как битуминозность, зольность, реакционная способность, влажность, механическая прочность, корродирующее действие, объемная масса, спекаемость и т. п.

Битуминозность характеризует степень выхода из топлива летучих веществ при его газификации. Этим качеством в наибольшей степени обладают древесина, торф, бурый уголь. Древесный уголь, кокс, антрацит содержат мало летучих веществ и как малобитуминозное топливо не полностью отвечают требованиям газификации.

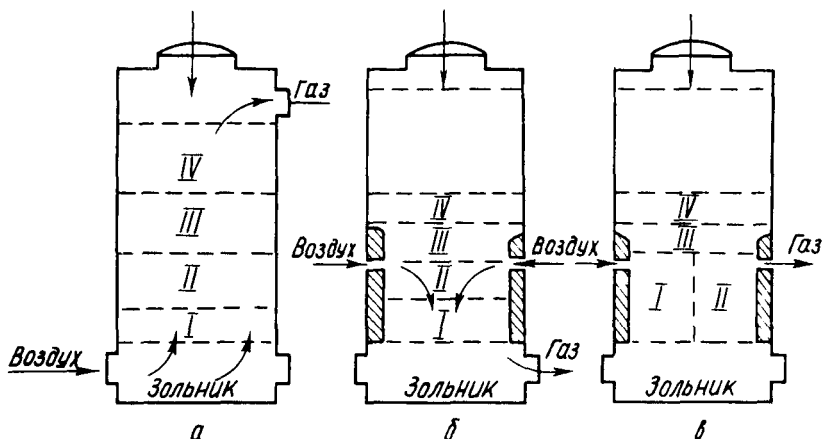


Рис. 12. Газогенераторы с различными процессами газификации топлива:

а — с прямым; *б* — с обращенным; *в* — с горизонтальным; *I* — зона горения; *II* — зона восстановления; *III* — зона сухой перегонки; *IV* — зона подсушки.

Реакционная способность топлива обуславливает быстроту разжигания генератора и стабильность процесса газификации на переменных режимах работы.

Газогенераторы бывают с прямым, обращенным и горизонтальным процессами (рис. 12). Условно всю внутреннюю полость газогенератора можно разделить на зоны горения, газификации (восстановления), сухой перегонки и подсушки топлива.

В зоне горения *I* происходят экзотермические реакции с выделением углекислого газа CO_2 и воды. Кроме того, частично протекают реакции образования CO с последующим окислением его в CO_2 . Под действием выделяемой теплоты температура в зоне горения поднимается до $1200 \dots 1500^\circ\text{C}$, в результате чего разогревается верхний слой топлива, относящийся к зоне *II*.

В зоне газификации *II* протекают эндотермические реакции с образованием горючих компонентов газа CO и частично метана. Вследствие этого температура во второй зоне снижается до $900 \dots 1100^\circ\text{C}$. Если температура становится ниже 900°C , процесс газификации топлива нарушается.

В зоне сухой перегонки *III* горячие газообразные компоненты воздействуют на твердое топливо. Поскольку кислорода в зоне реакции нет, протекает процесс сухой перегонки с выделением из топлива паров воды, газов и смолистых веществ, которые подмешиваются к газу. Температура в этой зоне снижается до $300 \dots 900^\circ\text{C}$.

В зоне подсушки *IV*, где температура газов составляет $105 \dots 300^\circ\text{C}$, из топлива выделяются только пары воды, которые также смешиваются с генераторным газом.

К недостаткам газогенератора с прямым процессом относятся загрязнение получаемых горючих компонентов газа в зоне II продуктами зон III и IV (смолистыми веществами, парами воды, механическими примесями твердого топлива), а также прекращение поступления генераторного газа при загрузке газогенератора.

Эти недостатки устранены в газогенераторах с обращенным и горизонтальным процессами. В них генераторный газ отводится снизу генератора после зоны II, а продукты зон III и IV, проходя зоны горения и восстановления, дополнительно газифицируются, и поэтому качество получаемого газа становится выше.

Если к газогенератору для процесса горения подводят только воздух, получается воздушный газ. При подводе поочередно воздуха и паров воды или паровоздушной смеси получается смешанный газ. При пропуске через раскаленный уголь водяного пара получается водяной газ. Эти газы различаются содержанием горючих компонентов CO и H₂.

В результате газификации твердого топлива получается сырой генераторный газ, содержащий CO, H₂, CH₄, CO₂, H₂O и смолистые вещества. Перед подачей в цилиндр двигателя такой газ обязательно очищают.

В качестве твердого топлива можно использовать дрова, торф, древесный бурый или каменный уголь, полукокс и кокс, брикеты из различных сельскохозяйственных отходов (опилок, лузги и т. п.). В зависимости от вида топлива получается несколько различных по составу и теплоте сгорания генераторный газ (табл. 8).

8. Состав генераторного газа

Топливо	Состав газа, % по объему						Теплота сгорания, кДж/м ³
	CO	H ₂	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂	
Дрова	28,5	14,0	3,5	8,0	0,5	45,5	5861
Древесный уголь	30,5	12,0	2,3	5,0	0,2	50,0	5778
Формовочный торф	28,0	15,0	3,0	8,0	0,4	45,6	6280
Донецкий антрацит	27,5	13,5	0,5	5,5	0,2	52,8	5024
Подмосковный уголь	25,0	14,0	2,2	6,5	0,2	52,1	4731

Генераторный газ, полученный из различных видов твердого топлива, используют для работы автомобилей и тракторов. Следует отметить, что в результате применения генераторного газа даже при повышении степени сжатия мощность двигателя снижается на 15...30 % по сравнению с работой на бензине.

Глава 7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВНЕШНЕМ ТРЕНИИ, ИЗНОСЕ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

7.1. Понятие о внешнем трении, его видах и методах смазывания

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

Внешнее трение — это сопротивление относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей по касательным к ним, сопровождаемое диссипацией энергии. В результате внешнего трения детали изнашиваются. Поскольку сила трения направлена по касательной к поверхности трущихся деталей в сторону, противоположную движению, то она является вредной.

Сила трения представляет собой силу сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, тангенциально направленной к общей границе между этими телами. От силы трения, на преодоление которой затрачивается энергия, зависит коэффициент полезного действия механизма, а от характера внешнего трения — износ поверхностей и срок службы механизма.

Сила трения без смазочного материала может быть определена на основании закона Амонтона—Кулона

$$F = \mu P, \quad (24)$$

где μ — коэффициент внешнего трения, зависящий от материала и качества обработки поверхностей, равный 0,1...0,9; P — нагрузка, действующая перпендикулярно к трущейся поверхности.

Коэффициент трения — это отношение силы трения двух тел к нормальной силе, прижимающей эти тела одно к другому.

Внешнее трение может быть полезным, когда оно применяется для передачи усилий (фрикционные передачи, тормозные системы и т. п.).

Виды трения классифицируются в соответствии с ГОСТ 23.002—78.

Признак классификации

Вид трения

По наличию относительного движения
По характеру относительного движения
По наличию смазочного материала

Покоя, движения
Скольжения, качения
Без смазочного материала, со смазочным материалом

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

Для уменьшения вредного влияния трения применяют соответствующую смазку.

Виды смазывания бывают следующие.

Признак классификации	Вид смазывания
По различному физическому состоянию смазочного материала	Газовое, жидкостное, твердое
По типу разделения поверхностей трения смазочным слоем	Гидродинамическое, гидростатическое, газодинамическое, газостатическое, эластогидродинамическое, граничное, полужидкостное

Методы смазывания применяются следующие.

Признак классификации	Метод смазывания
По периодичности смазывания	Непрерывное, периодическое
По поверхности использования смазочного материала	Циркулярное, ресурсное, одноразовое
По способу подачи смазочного материала к поверхности трения	Под давлением, погружением, кольцами, капельным методом, набивкой

При трении без смазочного материала резко повышается изнашивание трущихся поверхностей; возрастает энергия, затрачиваемая на преодоление трения; развиваются высокие температуры, под действием которых на поверхностях появляются задиры; выплавляются подшипники и т. д.

При трении со смазочным материалом, обеспечивающим жидкостное смазывание, меньше изнашиваются и нагреваются детали, сокращаются потери энергии на внешнее трение и повышается надежность и долговечность работы деталей.

Жидкостное смазывание выполняют жидким смазочным материалом. При этом происходит полное разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении.

Жидкостная смазка обусловлена прежде всего вязкостью смазочного материала, находящегося между трущимися поверхностями.

Профессор Н. П. Петров установил, что поведение смазочного масла в условиях жидкостного смазывания подчиняется законам гидродинамики. Разработанная им в 1882 г. гидродинамическая теория смазывания, развитая затем трудами советских ученых Е. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина и других, была значительным событием. Благодаря этой теории возможно определять условия, обеспечивающие жидкостное смазывание, значение силы трения, количество отводимой смазочным маслом теплоты и т. д.

Жидкостное смазывание согласно гидродинамической теории возможно за счет несущей способности масляного слоя, возникающего

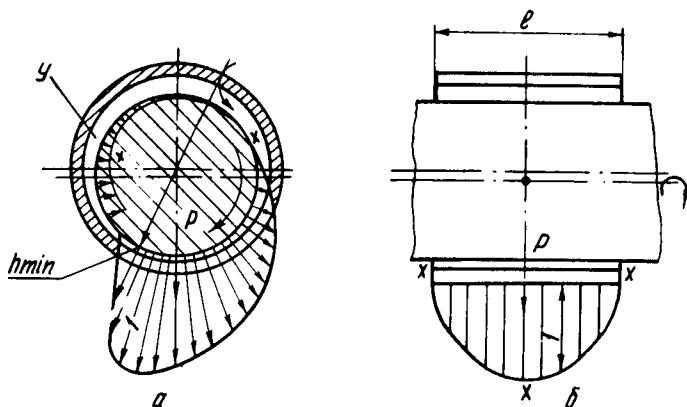


Рис. 13. Распределение давлений внутри масляного слоя в подшипнике:

a — в поперечном сечении; b — в продольном сечении; P — нагрузка; $X-X$ — эпюра давлений внутри масляного слоя; Y — область разрежения.

результате гидродинамического давления в масляном клиновом зазоре (рис. 13,а). При вращении вала смазочное масло, находящееся в подшипнике, увлекается им, и в суживающем зазоре возникает давление, под действием которого вал как бы всплывает. С увеличением скорости вращения вала клиновое действие масляного слоя возрастает и вал стремится принять центровое положение в подшипнике. Минимальный слой h_{min} смазки при этом возрастает, и трущиеся поверхности полностью ею разделяются.

Давление внутри масляного слоя зависит от сопротивления смазочного масла вытеканию, что связано с длиной его пути по подшипнику (рис. 13,б). С увеличением пути давление возрастает. В подшипниках машин давление внутри масляного слоя в 2,5...3 раза больше среднего удельного давления на подшипник. Чем выше давление, тем большую нагрузку масляный слой может выдерживать без соприкосновения трущихся поверхностей. При одинаковых толщине масляного слоя и относительной скорости движения трущихся поверхностей большее давление внутри масляного слоя будет развиваться у смазочных масел с большей вязкостью.

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

Минимальная толщина смазочного слоя в подшипнике или вязкость смазочного масла могут быть найдены по формуле, предложенной профессором Н. П. Петровым,

$$F_{\text{ж}} = (\eta v s) / h, \quad (25)$$

где $F_{\text{ж}}$ — сила трения при жидкостном смазывании, Н; η — динамическая вязкость смазочного масла, Н · с/м²; s — площадь поверхностей трения, м²; v — относительная скорость перемещения трущихся поверхностей, м/с; h — толщина масляного слоя, м.

Коэффициент трения μ' при жидкостной смазке можно определить по формуле

$$\mu' = (\eta v) / (h P_m), \quad (26)$$

где $P_m = P/s$ — удельное давление на подшипник, Н/м².

Пользуясь формулой (26) и задавшись значением минимальной толщины слоя, находят вязкость смазочного масла, необходимую для обеспечения жидкостного смазывания, или проверяют толщину масляного слоя при использовании смазочного масла с заданной вязкостью. Минимальная толщина смазочного слоя при жидкостном смазывании для автотракторных двигателей составляет примерно 4...6 мкм.

В таблице 9 приведены значения коэффициентов трения при различных видах внешнего трения.

Для обеспечения надежной и долговечной работы двигателей необходимо создавать условия для жидкостного смазывания. Однако иногда двигатель может кратковременно работать в неблагоприятных условиях (резкое возрастание нагрузки, значительное снижение частоты вращения коленчатого вала, перегрев двигателя, чрезмерное понижение вязкости смазочного масла и т. п.), при которых гидродинамический слой смазочного масла нарушается и жидкостное смазывание переходит в граничное.

9. Значение коэффициентов трения

Вид трения	Значение коэффициента трения
Трение скольжения	
без смазочного материала	0,15 ... 0,90
со смазочным материалом	0,007 ... 0,03
Трение качения в подшипниках	
шариковых	0,001 ... 0,003
роликовых	0,002 ... 0,007

Граничное смазывание характеризуется тем, что трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, зависят от свойств поверхностей и специфических свойств смазочного материала. При граничном смазывании взаимодействуют тончайшие слои ориентированных полярных молекул смазочного масла, которые удерживаются на трущихся поверхностях. В этом случае несущая способность смазочного масла зависит от действия не гидродинамических, а адсорб-

ционных сил входящих в него молекул. Здесь проявляется новое, отличное от вязкости, свойство смазочного масла — *маслянистость*, которую иногда называют *смазывающей способностью*.

Под маслянистостью понимают свойство, обусловленное наличием в смазочном масле полярно-активных соединений, способных достаточно прочно образовывать и удерживать слои ориентированных молекул на трущихся поверхностях. Адсорбированный слой неидентичен слою смазочного масла при жидкостном смазывании и к нему нельзя применять законы гидродинамики. Маслянистость смазочного масла неодинакова на различных металлах и при разных состояниях трущихся поверхностей, так как молекулы адсорбируются по-разному. Это обстоятельство обосновывает необходимость подбора для условий граничного смазывания соответствующих пар по металлу, обработке и т. д.

Толщина слоя адсорбированных молекул смазочного масла на трущейся поверхности находится в пределах 0,1 ... 1 мкм. Граничная пленка способна выдерживать значительные нагрузки, снижать сопротивление сдвигу и предохранять трущиеся поверхности от трения без смазочного материала.

Маслянистость повышают введением в смазочное масло специальных веществ, молекулы которых содержат группы атомов с ярко выраженной полярностью. Для минеральных смазочных масел такими веществами служат смолы, сернистые соединения, некоторые органические кислоты и т. д.

Полужидкостное смазывание представляет собой процесс, при котором лишь частично осуществляется жидкостное смазывание. Полужидкостное смазывание следует считать переходным и кратковременным, ибо оно возникает при пуске и остановке двигателя, перегреве, использовании смазочного масла несоответствующей вязкости. Чтобы уменьшить внешнее трение и сопутствующий ему износ, необходимо применять такие смазочные масла, молекулы которых прочно адсорбируются на трущихся поверхностях.

7.2. Виды и характеристика изнашивания деталей машин

Как бы ни были совершенны машина и смазочное масло, изнашивание деталей во время эксплуатации неизбежно и происходит оно под действием многообразных факторов. В соответствии с ГОСТ 23.002—78 различают понятия "изнашивание и износ".

Изнашивание представляет собой процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Износ — это результат изнашивания, определяемый в установленных единицах.

На практике можно лишь снизить изнашивание деталей, обеспечивая оптимальные условия и режимы их работы. Здесь большую роль играет качество смазочного масла.

По ГОСТ 23.002—78 установлены следующие признаки классификации изнашивания.

Механическое — происходит в результате механических воздействий.

Коррозионно-механическое — это изнашивание при механическом воздействии, сопровождаемом окислением.

Электроэрозионное — изнашивание под действием электрического тока.

По этой классификации различают следующие виды изнашивания.

Абразивное представляет собой механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия на него твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии.

Эрозионное — это механическое изнашивание под воздействием потока жидкости и (или) газа.

Усталостное изнашивание характеризуется механическим изнашиванием в результате усталостного разрушения при повторном деформировании микрообъемов материала поверхностного слоя.

Кавитационное — это гидроэрозионное изнашивание при движении твердого тела относительно жидкости, при котором пузырьки газа изолируются на поверхности, что создает местное повышение давления или температуры.

Изнашивание при заедании представляет собой изнашивание в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую и воздействия возникших неровностей на сопряженную поверхность.

Окислительное — это коррозионно-механическое изнашивание, при котором основное влияние оказывает химическая реакция материала с кислородом или другим окислителем окружающей среды.

Изнашивание при фреттинге характеризует механическое изнашивание соприкасающихся тел при малых колебательных относительных перемещениях.

В процессе эксплуатации тракторов, автомобилей, комбайнов и других самоходных машин изнашивание деталей обуславливается каким-то определенным видом или носит сложный, комплексный характер. Например, гильзы цилиндров двигателей и поршневых колец подвергаются механическому абразивному изнашиванию (дорожная или почвенная пыль), окислительному и эрозионному изнашиванию продуктами сгорания топлива, образующих агрессивную среду, а также действию высокой температуры, давления и кислорода воздуха, т. е. для этой группы деталей сочетаются закономерности нескольких видов изнашивания.

Процесс изнашивания деталей усугубляется и такими явлениями, как наличие на трущейся поверхности перегретых зон при холодной основной массе металла детали; молекулярными, химическими и структурными процессами; попадание в смазочное масло влаги, пыли, продуктов изнашивания, органических кислот и т. п. Изнашивание усиливается под действием повышенных температур и контактных давлений в трущихся парах.

При конструировании и эксплуатации машин следует стремиться

создать такие условия, которые бы предотвращали повышенное изнашивание рабочих поверхностей, приводящее к преждевременному отказу машины. В снижении изнашивания деталей большая роль принадлежит правильному выбору смазочного материала.

7.3. Виды смазочных материалов

В соответствии с ГОСТ 23.002—78 смазочные материалы классифицируют по происхождению, физическому состоянию и по наличию присадок.

По происхождению или исходному сырью подразделяют на:

минеральный смазочный материал, который получают смешением углеводородов минерального происхождения в естественном состоянии или в результате их обработки;

нефтяной смазочный материал — очищенное масло, полученное на основе нефтяного сырья;

синтетический смазочный материал — это материал, полученный синтезом. Синтетические масла обладают заданными исходными свойствами. Однако из-за высокой стоимости производства их применяют ограниченно только в наиболее ответственных узлах трения;

растительный смазочный материал — материал растительного происхождения. Растительные масла получают в результате переработки семян растений. Наиболее широко в технике используют касторовое, горчичное, сурепное и другие масла;

животный смазочный материал получают из сырья животного происхождения.

Растительные и животные смазочные масла по сравнению с нефтяными обладают более высокими смазывающими свойствами, но менее термически устойчивы. В связи с этим их чаще используют в смеси с нефтяными.

По физическому состоянию смазочные материалы подразделяются на газообразные, жидкие, пластичные и твердые.

По назначению смазочные материалы делятся на:

моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания (карбюраторных, дизелей, авиационных и т. п.);

трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях тракторов, автомобилей, комбайнов, самоходных и других машин;

индустриальные, предназначенные главным образом для станков;

гидравлические, используемые в гидравлических системах различных машин;

специальные — компрессорные, приборные, цилиндрические, электроизоляционные, вакуумные и др.

По температуре применения среди рассмотренных масел различают: *низкотемпературные* — для узлов с температурой не выше 60 °С (приборные, индустриальные и т. п.);

среднетемпературные, применяемые при температурах 150...200 °С (турбинные, компрессорные, цилиндровые и т. п.);

высокотемпературные, используемые в узлах, которые подвергаются воздействию температур до 300 °С и более. Это главным образом моторные масла.

Основные характеристики смазочных материалов:

совместимость, характеризующая способность двух или нескольких смазочных материалов смешиваться без ухудшения их эксплуатационных свойств и стабильности при хранении;

консистенция, представляющая собой свойство пластичных смазочных материалов оказывать сопротивление деформации при внешнем воздействии;

индекс вязкости, определяющий понижение вязкости при повышении температуры.

7.4. Назначение смазочных материалов и предъявляемые к ним требования

Основные функции, которые смазочные масла должны выполнять при использовании в сборочных единицах, механизмах, двигателях, машинах:

предотвращать или уменьшать изнашивание трущихся поверхностей деталей, а также предохранять их от заедания на всех режимах работы. Для этого смазочное масло должно обладать такой вязкостью и маслянистостью, чтобы обеспечивать при нормальных условиях работы жидкостное смазывание, а на переходных режимах — граничное;

уменьшать силу трения между сопряженными поверхностями, чтобы способствовать сокращению непроизводительных потерь энергии, а следовательно, повышению к. п. д. В этом отношении вязкость смазочного масла должна быть небольшой, но вполне достаточной для обеспечения жидкостного смазывания. Одновременно масло должно обладать пологой кривой вязкости, т. е. вязкость должна мало зависеть от температуры. Это обстоятельство особенно важно при пуске двигателя и при минусовой температуре окружающего воздуха;

отводить тепло от трущихся сопряженных и нагреваемых деталей, не допуская их перегрева, из-за которого ухудшаются условия работы деталей и смазочного масла;

защищать рабочие поверхности деталей от коррозии, возникающей в результате воздействия воды, кислорода, кислот и т. д.;

препятствовать прорыву рабочей смеси и продуктов сгорания в картер двигателя, т. е. улучшать компрессию цилиндропоршневой группы;

смывать с трущихся поверхностей деталей продукты изнашивания и другие загрязнения, удерживать их во взвешенном состоянии, хорошо фильтроваться;

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

В процессе работы смазочное масло подвергается воздействию различных факторов, таких, как высокая температура отработавших газов

и деталей; интенсивное контактирование с кислородом воздуха, а в двигателях внутреннего сгорания — и с продуктами сгорания; каталитическое воздействие металлов и сплавов деталей; высокие удельные нагрузки в подшипниках и других узлах трения; изменение скоростного режима движения масла; изменение режима работы механизма и т. д.

Воздействие этих факторов на смазочное масло приводит к возникновению в нем сложных физико-химических процессов, поэтому с течением времени первоначальные качества масла меняются.

Основные требования, по которым устанавливают пригодность масла для конкретного механизма, двигателя. Смазочные масла должны обладать соответствующей вязкостью и индексом вязкости, высокой термоокислительной устойчивостью, хорошими противокоррозионными свойствами, противоизносными качествами и прокачиваемостью при различных температурах окружающей среды. Масла должны работать максимально возможный срок до замены, не образовывать на поверхностях деталей различных отложений и т. д.

Для того чтобы масла обладали необходимыми качествами, подбирают соответствующее сырье, технологию получения и способ очистки. Широко используют добавление к смазочным маслам при их производстве высокоэффективных многофункциональных присадок и композиций.

Глава 8. ПРИСАДКИ К МАСЛАМ И МЕХАНИЗМ ИХ ДЕЙСТВИЯ

8.1. Назначение и характеристики присадок

Для современных высокофорсированных дизелей и карбюраторных двигателей требуются моторные масла высокого качества. Наиболее эффективный и дешевый метод улучшения эксплуатационных свойств смазочных масел — легирование их специальными присадками. Присадки — это сложные химические соединения, которые вводят в смазочные масла в концентрации от долей процента до 20...30 % и более с целью улучшения их качества и придания новых свойств.

В зависимости от функционального действия присадки делятся на антиокислительные, противокоррозионные, моющие, диспергирующие, противоизносные, вязкостные, депрессорные, противопенные и др. Присадку в масле можно вводить для улучшения или придания одного определенного свойства, например депрессорную — для снижения температуры застывания. Однако чаще всего используют многофункциональные или композиции присадок, 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 нарушать других качеств масла.

8.2. Виды и механизм действия однфункциональных присадок

Антиокислительные присадки. Одно из условий длительной работы смазочного масла в двигателе внутреннего сгорания — стабильность его против окисления при высоких температурах. На процесс окисления влияют материал деталей (железо, медь), продукты первичного окисления, а также химический состав самого масла. Наибольшее распространение в качестве антиокислительных получили алкилфенольные присадки, в числе которых наиболее эффективны ионол, соединения типа аминов и соединения, содержащие серу, азот и фосфор.

Механизм действия антиокислительных присадок можно объяснить, исходя из представления об автоокислении углеводородов как о цепном процессе. При этом предполагается, что зарождение и развитие реакций идет через радикалы. Присадки могут действовать по нескольким направлениям: задерживать начало процесса окисления и таким образом увеличивать индукционный период работы масла; разрушать образующиеся при окислении гидроперекиси и тем самым подавлять цепные реакции. Кроме того, антиокислители могут взаимодействовать с продуктами окисления углеводородов и образовывать новые вещества, обладающие антиокислительными свойствами и тормозящие процесс окисления.

Противокоррозионные присадки. Применение в качестве антифрикционных материалов сплавов из цветных металлов вызвало необходимость повышения противокоррозионных свойств моторных масел. Антифрикционные сплавы корродируют вследствие воздействия на них кислот и продуктов окисления масла. Процесс коррозии состоит из двух фаз: в первой фазе окисляющий агент, взаимодействуя с металлом, образует соответствующий оксид; во второй — оксид реагирует с органической кислотой и растворяется в ней.

В качестве противокоррозионных присадок используют различные соединения: трибутилфосфит, трифенилфосфит, осерненное масло, а также алкилфеноляты щелочных и щелочно-земельных металлов (присадки ДФ-1, ЛАНИ-317 и др.).

Действие этих присадок сводится к образованию на металле защитных пленок, которые препятствуют непосредственному воздействию коррозионно-активных веществ на металл. Характер, скорость и глубина этого зависят от химического состава присадки, сплава и условий их взаимодействия. Для каждого сочетания металла с присадкой существует определенный температурный интервал, при котором отмечается наибольшая эффективность их взаимодействия.

Другим направлением действия присадки может быть нейтрализа-

ция коррозионно-агрессивных продуктов, образующихся при сгорании сернистого топлива и окислении масла.

Моющие и диспергирующие присадки (детергенты или диспергенты). В процессе работы двигателя на деталях цилиндропоршневой группы образуются лаки и нагары, которые значительно ухудшают отвод тепла от двигателей. Накопление отложений может привести также к закоксовыванию поршневых колец, снижающему компрессию и повышающему угар моторного масла.

Для удаления лаков и нагаров с поверхности деталей, перевода их во взвешенное состояние в масла добавляют моющие и диспергирующие присадки. В качестве моющих присадок широко применяют соли различных сульфо- и карбоновых кислот, а также алкилфеноляты, беззольные и малозольные полимерные присадки, присадки на основе производных сукцинимиды, многозольные и высокощелочные сульфонаты и алкилфеноляты и т. п.

Например, присадка АЗНИИ-5 представляет собой раствор бариевых и кальциевых солей сульфокислот сульфированного петролатума в минеральном масле.

Присадки СБ-3 и СК-3 относятся к малозольным и низкощелочным сульфонатам. Эти присадки не только моюще-диспергирующие, но и противоизносные.

К высокощелочным присадкам, обеспечивающим получение масел групп В и Г, относятся присадка МАСК (многозольный алкилсалицилат натрия), многозольная сульфонатная присадка ПМС'Я, высокощелочная присадка ВНИИНП-121 и др.

Широко применяются беззольные полимерные присадки.

Действие моюще-диспергирующих присадок основано на их способности разрыхлять отложения, смывать их с поверхностей деталей, переводить нерастворимые в масле вещества в суспензию и удерживать частицы в этом состоянии без укрупнения и седиментации. Возможно также, что моющие и диспергирующие присадки влияют на процессы окисления масел, направляя их в сторону образования соединений, растворимых в масле.

Антифрикционные противоизносные и противозадирные присадки. Для создания прочной масляной пленки на рабочих поверхностях смазочное масло должно обладать высокой смазывающей способностью и хорошей поверхностной активностью. По характеру действия присадки, улучшающие эти свойства масла, делятся на антифрикционные, противоизносные и противозадирные.

В качестве антифрикционных присадок используют поверхностно-активные вещества: природные жиры, жирные кислоты, их эфиры и соли.

Для моторных масел в качестве антифрикционных присадок применяют растворимые модификаторы трения. Они представляют собой коллоидные дисперсии нерастворимых (дисульфид молибдена, графит) или малорастворимых (органические производные молибдена) в масле соединений. Преимущество последних заключается в том, что они не выпа-

дают в осадок и не забивают фильтрующие элементы в процессе длительной работы двигателя.

Предполагается выпускать высокоэффективные беззольные антифрикционные присадки на базе продуктов, содержащих серу, фосфор и азот.

Противоизносные присадки содержат такие вещества, которые при повышении температуры образуют пленки, препятствующие схватыванию трущихся поверхностей. К ним относятся соединения, включающие в себя неактивную серу, а также эфиры фосфорных кислот.

При использовании противозадирных присадок продукты их разложения химически взаимодействуют с металлом при высоких температурах трения. Образуются соединения, которые обладают меньшим сопротивлением срезу и более низкой температурой плавления, чем чистые металлы, что и предотвращает заедание трущихся поверхностей. В противозадирные присадки входят сера, фосфор и хлор, в некоторые из них — дополнительно свинец, сурьма и молибден.

Вязкостные присадки. Для того чтобы смазочные масла обладали необходимыми вязкостно-температурными свойствами, высоким индексом вязкости и хорошо прокачивались при отрицательных температурах, их загущают высокомолекулярными присадками. К ним относятся суперол, винипол и др.

Масла, загущенные этими присадками, обладают хорошими вязкостными свойствами при различных температурах. Их применение обеспечивает легкий пуск двигателя при низких температурах. Такие масла используют как всесезонные.

К недостаткам загущенных масел относится их деполимеризация при 100 °С, однако добавление к ним антифрикционных присадок тормозит этот процесс. Может происходить также и механическая деструкция загущенных масел в гидравлических системах, трансмиссиях и других агрегатах при низких температурах или под действием деталей шестеренных передач с высокими удельными нагрузками.

Депрессорные присадки. Применение обычных смазочных масел при низких температурах окружающей среды невозможно из-за потери ими текучести. Поэтому к маслам с высокой температурой застывания добавляют депрессорные присадки, например депрессатор АзНИИ, парафлоу, сантопур, полиметакрилат Д и др.

Действие депрессоров заключается в подавлении процесса образования в масле кристаллических сеток при понижении температуры, в результате чего смазочное масло сохраняет свою подвижность.

Противопенные присадки. Присадки этого типа добавляют к маслам, которые вспениваются, что резко ухудшает качество смазывания трущихся поверхностей. Степень пенообразования зависит от температуры вязкости и плотности масла. Действие противопенных присадок заключается в снижении прочности поверхностных пленок, которые разделяют газовые пузырьки и жидкую фазу.

В качестве противопенных присадок получили применение поли

метилсилоксан (ПМС-200А), полидиметилсилоксан, полиэтилсилоксан и др. Эти присадки вводят совместно с моющими, ибо последние способствуют вспениванию масла.

8.3. Многофункциональные присадки и их композиции

Для придания смазочному маслу многих эксплуатационных свойств одновременно в него вводят несколько органических соединений, обладающих различными функциональными качествами. Такой комплекс называется многофункциональной присадкой.

К многофункциональным относятся алкилфенольные присадки БФК и КФК, а также ВНИИНП-370 и ВНИИНП-371. Они характеризуются высокими противокоррозионными, моющими, противонагарными и антиокислительными свойствами.

Фенолсульфидные присадки АзНИИ-ЦИАТИМ-1 и ЦИАТИМ-339 обладают противокоррозионными и моющими свойствами, а также снижают температуру застывания.

Присадки АзНИИ-7 и АзНИИ-8 (смесь присадок АзНИИ-7 и СБ-3 в пропорции 1:1) улучшают противокоррозионные, моющие и смазывающие свойства, снижают температуру застывания.

Полимерные присадки, содержащие фосфор и серу, обладают высокими моющими и диспергирующими свойствами, а также в ряде случаев улучшают вязкостно-температурные свойства, снижают температуру застывания и коррозионную активность, повышают антиокислительные качества.

Постоянно возрастающие требования к качеству моторных масел привели к необходимости создания композиций многофункциональных присадок, которые при введении в масло повышают многие его эксплуатационные качества. При составлении композиций присадки не просто смешиваются, а химически взаимодействуют, в результате чего усиливаются старые качества или проявляются новые. Такой процесс называется синергизмом.

Глава 9. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

9.1. Методы оценки качества смазочных масел

По показателям, характеризующим свойства смазочных масел, контролируют их качество при производстве и исследовании, а также оценивают пригодность к использованию в двигателе. От того, насколько удачен и точен метод определения качества смазочного масла, во многом зависит надежность, долговечность и экономичность работы двигателя.

При оценке качества смазочных масел используют многочисленные физико-химические показатели. Однако для более объективной и правильной оценки качества масел с присадками следует применять показатели, которые характеризуют эксплуатационные, антиокислительные, противоизносные, противонагарные и другие свойства. Для этого созданы специальные лабораторные приборы, 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.

Лабораторные исследования дают возможность определить общую характеристику масла, т. е. физико-химические показатели, оценивающие выбор исходного нефтяного сырья, применение соответствующего способа очистки, содержание присадки, наличие посторонних примесей и т. д.

Испытания на модельных установках и малоразмерных одноцилиндровых двигателях, которые имитируют работу реального двигателя, позволяют дать оценку отдельным функциональным свойствам масла (нагарные, противокоррозионные, осадкообразующие, моющиедиспергирующие и т. д.).

Наиболее распространены для испытаний автотракторных масел одноцилиндровые установки УИМ-6-НАТИ (одноцилиндровый отсек тракторного дизеля Д-75), НАМИ-1м (одноцилиндровый отсек карбюраторного двигателя ЗИЛ-130), ИКМ (одноцилиндровый бензиновый двигатель УД-1 воздушного охлаждения, преобразованный для испытания масел), ИМ-1 (одноцилиндровый дизель) и др.

После анализа результатов лабораторных исследований и испытаний на модельных установках получают взаимосвязь физико-химических и функциональных показателей, характеризующих в целом эксплуатационные свойства масла. Однако на этом этапе исследований нельзя сделать окончательные выводы о поведении масла в двигателе, так как в лабораторных установках не учитываются и не воспроизводятся многие факторы реальных условий.

Стендовые моторные испытания на полноразмерных двигателях дают возможность получить информацию о поведении масла и влиянии его на технико-экономические показатели двигателя при работе на различных режимах.

Эксплуатационные испытания масла проводят на конкретных машинах (тракторах, автомобилях) в действительных условиях по специально составленным программам.

Методы непосредственной оценки эксплуатационных свойств масел на модельных установках, одноцилиндровых и полноразмерных двигателях, реальных машинах и агрегатах называются квалификационными.

В таблице 10 приведен комплекс методов оценки свойств моторных масел.

10. Комплекс методов оценки моторных масел

Масло	Показатель	Метод		Оценочный параметр (длительность испытания, ч)
		установка	стандарт	
Для карбюраторных двигателей (группы Б ₁ Г ₁)	Мощные свойства	НАМИ-1	ГОСТ 20984-75	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями (120)
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1	ГОСТ 20984-75	Количество отложений в роторе центрифуги (120)
Для дизелей (группы Б ₂ и В ₂)	Антиокислительные свойства	ИКМ	ГОСТ 20457-75	Изменение вязкости масла (40)
	Мощные свойства	УИМ-6-НАТИ или дизель СМД-14	ГОСТ 21490-76	Загрязненность высокотемпературными отложениями (120)
	Антиокислительные свойства	ИКМ	ГОСТ 20457-75	Изменение вязкости масла (40)
	Антикоррозионные свойства	Дизель ЯАЗ-204	ГОСТ 20302-74	Потеря массы комплекта шатунных вкладышей (120)
Для высокофорсированных дизелей (группы Г ₂ и Д)	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1	ГОСТ 20984-75	Количество отложений в роторе центрифуги (120)
	Мощные свойства	УИМ-6-НАТИ ИМ-1 или дизель ЯМЗ-23НБ	ГОСТ 21490-76 ГОСТ 20303-74	Загрязненность поршня высокотемпературными отложениями (120)
	Антикоррозионные свойства	ЯАЗ-204	Типовая методика ГОСТ 20302-74	Потеря массы комплекта шатунных вкладышей (125)
	Склонность к образованию низкотемпературных отложений	НАМИ-1	ГОСТ 20984-75	Количество отложений в роторе центрифуги (120)

По основным физико-химическим и эксплуатационным показателям качества смазочного масла можно достаточно полно судить о его свойствах и возможности рекомендации для различных двигателей. Кроме того, по изменению показателей масла в двигателе во время эксплуатации можно следить за его работой, определять глубину старения, оценивать качество фильтрации, устанавливать рациональные сроки замены масла.

9.2. Вязкостные свойства

Вязкость — это один из важнейших показателей, характеризующих пригодность масла для применения в двигателе. Определенная вязкость необходима для образования оптимального смазочного слоя между трущимися поверхностями с целью предотвращения их непосредственного контакта. Наиболее полно этим требованиям будут удовлетворять масла с большей вязкостью. Но увеличение вязкости масла ведет к непроизводительным потерям мощности двигателя на трение, снижению к. п. д. Поэтому вязкость масла должна быть минимальной, но достаточной для создания жидкостного смазывания.

Вязкость определяет также низкотемпературные свойства масла, т. е. способность обеспечивать легкий пуск двигателя при низких температурах окружающей среды и надежную подачу масла из картера к коренным и шатунным подшипникам. На рисунке 14 показана зависимость изменения момента сопротивления вращения и частоты вращения коленчатого вала двигателя ГАЗ-51 от динамической вязкости моторного масла. Желательно, чтобы при высоких температурах эксплуатации двигателей вязкость была высокой для создания жидкостного смазывания, а при температурах пуска — низкой для уменьшения крутящего момента при прокручивании коленчатого вала и обеспечения хорошей прокачиваемости масла в системе смазывания.

Вязкостно-температурные свойства масел оценивают индексом вязкости.

Индекс вязкости (ИВ) представляет собой относительную величину, которая показывает изменение вязкости масла в зависимости от температуры. Чем выше индекс вязкости масла, тем более пологая кривая изменения его вязкости в зависимости от температуры, а значит, выше

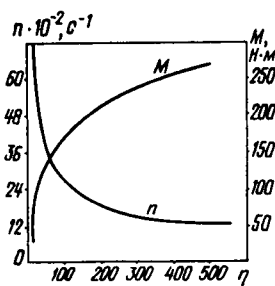


Рис. 14. Зависимость момента сопротивления вращения M и частоты вращения n коленчатого вала двигателя ГАЗ-51 от динамической вязкости моторного масла η .

его качество. При высоких температурах такое масло надежно смазывает трущиеся детали, а при низких обеспечивает легкий пуск двигателя и хорошо прокачивается.

Вязкость всех смазочных масел с повышением давления увеличивается: например, при давлении 50 МПа она возрастает в 3 раза, при 100 МПа — в 5, а при 350 МПа — в 120 раз. Это объясняется сближением молекул масла и возрастанием внутреннего взаимодействия между ними.

9.3. Термоокислительная стабильность масел

Склонность смазочных масел к образованию на деталях отложений — важнейший показатель эксплуатационных свойств масла. Его определяют по термоокислительной стабильности масла и моющим свойствам.

Отложения, образующиеся на деталях двигателя, подразделяются на нагары, лаки и осадки.

Нагар — это углистые отложения, которые образуются на стенках камеры сгорания, днищах поршней, клапанах, форсунках и свечах, т. е. на высоконагретых деталях.

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

Осадки, или шламы, — это мазеобразные сгустки, отлагающиеся на поверхностях деталей в картере двигателя, на маслофильтрах, маслопроводах и т. д.

Образование отложений отрицательно влияет на работу двигателя; лаки и нагары ухудшают тепловой режим двигателя; шламы забивают фильтры, маслопроводы и тем самым нарушают подачу масла к деталям.

Механизм нагарообразования заключается в том, что получающиеся в результате процессов окисления и окислительной полимеризации смолисто-асфальтовые вещества удерживаются на поверхностях деталей продукты неполного сгорания топлива, механические и другие примеси. Затем под воздействием высокой температуры эти продукты закоксовываются и частично сгорают. Толщина слоя нагара со временем работы двигателя увеличивается, что приводит к повышению температуры двигателя из-за ухудшения теплоотвода. В этих условиях часть нагара начинает выгорать. При определенной толщине слоя нагара устанавливается фаза равновесного состояния, когда скорости образования и сгорания нагара равны. Толщина слоя нагара на деталях может быть различной и зависеть от режима работы двигателя: при режиме большой нагрузки с высокой температурой деталей слой нагара будет меньше, чем при мало-нагруженном режиме и низкой температуре.

На лакообразование в зоне поршневых колец и поршне в карбюраторных двигателях влияет качество топлива и смазочного масла, в дизелях — преимущественно качество моторного масла. Лаковые пленки образуются тем интенсивнее, чем более склонно масло к окислению и

окислительной полимеризации. Прочность лаковых пленок зависит от количества оксикислот и смолисто-асфальтовых веществ.

Лаковые пленки на поверхностях деталей возникают так. Сначала тонкий слой масла окисляется на поверхности высокотемпературной детали. Затем коагулируют твердые продукты окисления масла и неполного сгорания топлива и конденсируются пары, проникающие из камеры сгорания.

При образовании в масле шлама большую роль играют металлические соли органических кислот, получающиеся в результате взаимодействия этих кислот с антифрикционными сплавами. Образование шлама увеличивается при пониженных температурах охлаждающей воды и окружающего воздуха.

Термоокислительная стабильность масел характеризуется временем, в течение которого тонкий слой масла в специальном приборе превращается в лаковую пленку. Чем больше значение этого показателя, тем меньше склонность масла к лакообразованию и меньше пригорание поршневых колец.

Термоокислительную стабильность масла определяют по методу с кольцами и на испарителях (ГОСТ 23175—78).

9.4. Противокоррозионные свойства

Коррозия деталей приводит к снижению надежности и долговечности работы двигателя, а иногда к аварийному состоянию. При коррозии последовательно протекают следующие процессы: появление на рабочей поверхности шероховатостей, точек и пятен; концентрация коррозионных точек в области появившихся пятен; образование в местах концентрации точек небольших раковин, уходящих в глубь материала; появление трещин, соединяющих раковины; выкрашивание материала по трещинам между раковинами.

Показатель кислотности масла непосредственно не может характеризовать коррозионные свойства масла, поэтому для оценки этих свойств определяют действительную коррозионность масла на специальных приборах, имитирующих условия работы масла в двигателе и процесс коррозии.

Определение коррозионности масел по методу Пинкевича (ГОСТ 20502—75). Суть метода заключается в определении потери массы металлической пластинки (из свинца или оцинкованной бронзы) при периодическом воздействии на нее нагретого масла и кислорода воздуха. Чем больше потеря массы пластинки, тем выше коррозионность масла.

Определение коррозионности масла по методу НАМИ. Здесь различают потенциальную и действительную коррозионность.

Определение потенциальной коррозионности масла заключается в нахождении потери массы свинцовой пластинки, на которую в течение 10 ч периодически воздействуют масло и воздух (ГОСТ 20502—75).

Действительную коррозионность масла определяют аналогично.

Разница заключается в том, что исследование проводят в плотно закрытых колбах без доступа воздуха. Опыт длится 30 мин, что исключает возможность интенсивного окисления масла во время испытаний.

9.5. Противоизносные свойства

Противоизносные свойства масла характеризуют его способность предотвращать или уменьшать изнашивание трущихся деталей. Основные показатели масла, обуславливающие эти свойства, — вязкость и смазывающая способность, или маслянистость. Масла с одинаковой вязкостью и разным химическим составом обладают различными противоизносными свойствами.

Для оценки противоизносных и противозадирных свойств масел применяют различные машины трения (СМЦ-2, ХЩ-4, СМТ-1, УМТ-1). В них основной узел трения состоит из стального кольца и блока, которыми создается соответствующее давление. После определенного времени испытаний оценивают потерю массы этих деталей.

Чаще используют четырехшариковую машину трения МАСТ-1. При испытании образца масла в этом приборе оценочными показателями служат: коэффициент трения; износ трущихся стальных шариков и нагрузка (сила), при которой шарики заклиниваются, т. е. разрушается масляная пленка.

9.6. Спектральный анализ масел

Метод спектрального анализа основан на свойстве каждого химического элемента давать индивидуальную линию поглощения, занимающую определенное положение в спектре.

При спектральном анализе смазочных масел можно выявить компоненты присадок, входящих в масло (кальций, барий, фосфор, цинк, магний и т. д.); продукты износа трущихся деталей (железо, свинец, медь, алюминий и т. п.); продукты внешнего загрязнения (кремний, калий и т. п.). Спектральному анализу можно подвергнуть также остаток масла после его озоления.

Количественно содержание элементов определяют способом сравнения интенсивности линий поглощения испытуемого масла и эталонных образцов.

Определение в образце масла за одно исследование нескольких элементов, высокая точность и быстрота метода способствуют широкому распространению спектрального анализа нефтепродуктов, а также использованию этого метода при контрольно-диагностической оценке условий эксплуатации тракторов и их технического состояния. Например, по интенсивности накопления в моторном масле продуктов износа деталей судят о правильности эксплуатации двигателя и его техническом состоянии; по наличию внешних продуктов загрязнения (кремния) — о чистоте поступающего в двигатель воздуха и, следовательно,

герметичности впускной воздушной системы; по содержанию элементов введенной присадки (кальция, бария, цинка и др.) — о наличии в работающем масле активной части присадки.

Глава 10. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

10.1. Классификация моторных масел

В соответствии с ГОСТ 17479—72 все моторные масла делятся на группы (табл. 11). В группах различают летние, зимние и все-сезонные (загущенные) масла.

11. Классификация моторных масел по группам

Группа	Область применения
А	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели
Б	Б ₁ Малофорсированные карбюраторные двигатели
	Б ₂ Малофорсированные дизели
В	В ₁ Среднефорсированные карбюраторные двигатели
	В ₂ Среднефорсированные дизели
Г	Г ₁ Высокофорсированные карбюраторные двигатели
	Г ₂ Высокофорсированные дизели
Д	Высокофорсированные дизели, работающие в тяжелых условиях
Е	Малооборотные дизели с лубрикаторной смазочной системой, работающие на тяжелом топливе с содержанием серы до 3,5 %

При определении марки необходимого для двигателя масла учитывают следующие факторы: частоту вращения коленчатого вала, среднее давление, степень сжатия, теплонапряженность двигателя, применение наддува, эффективность очистки масла и т. д.

По вязкости летние и зимние моторные масла делятся на семь классов (6, 8, 10, 12, 14, 16 и 20), а все-сезонные загущенные — на четыре. Класс для летних и зимних масел обозначает их вязкость в $1 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 100°C .

Марка моторного масла, например М-6з/10В₂, расшифровывается так: М — моторное; цифра 6 — класс вязкости; буква з — масло, загущенное вязкостной присадкой; цифра 10 — вязкость в $\text{мм}^2/\text{с}$ при 100°C ; буква В — масло предназначено для среднефорсированных двигателей; индекс 2 при букве В — масло используется для дизелей.

Масла без загущенных присадок с вязкостью 6...8 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 100°C рекомендуется применять только зимой, ибо они имеют низкую температуру застывания и большую текучесть по сравнению с маслами вязкостью 10...14 $\text{мм}^2/\text{с}$, которые рекомендуется применять летом.

В масла разных групп добавляют присадки, различающиеся как по характеру действия, так и по количеству. Так, в масле группы А содержится небольшое количество присадки; в маслах группы Б — около 3...5 %; группы В — до 8 % антиокислительных, противокоррозионных,

моющих и других присадок; группы Г — от 8 до 12 % многофункциональных присадок и групп Д и Е — от 18 до 25 % композиций присадок.

Предусмотрен также выпуск универсальных масел, которые применяются как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. В этом случае цифровой индекс при них не ставится.

С 1 января 1987 г. на моторные масла вступает в действие новый ГОСТ 17479.1—85, по которому устанавливается четыре новых класса вязкости — 3з, 4з, 5з и 6з. Кроме того, несколько изменяется написание марки моторного масла: ранее принятое обозначение М-8В₁; по новому стандарту — М-8-В₁. Расшифровка марки моторного масла остается прежней.

10.2. Марки моторных масел для автотракторных и комбайновых двигателей

В соответствии с принятой классификацией и результатами многочисленных исследований на полноразмерных двигателях в стендовых и эксплуатационных условиях даны рекомендации по использованию моторных масел для тракторных, автомобильных и комбайновых двигателей (табл. 12).

12. Моторные масла, рекомендуемые для двигателей

Степень форсирования	Марка базового двигателя	Группа масла
Карбюраторные двигатели <i>ДВС</i>		
Малая	ГАЗ-51А, ГАЗ-52-01, ГАЗ-69А, ЗИЛ-157, ЗИЛ-164А, МЗМА-1401, МЗМА-407	В ₁
Средняя	ГАЗ-21, ГАЗ-24-01, ГАЗ-53, ГАЗ-66, ЗИЛ-130, ЗИЛ-375-Я4, ЗИЛ-375-ЯГ, ЗМЗ-977, "Москвич-407"	В ₁
Высокая	ЗИЛ-375, ЗМЗ-24, ВАЗ-2101, ВАЗ-2103, ВАЗ-2106, "Москвич-412"	Г ₁
<i>Дизели</i>		
Малая	Д-16, Д-20, Д-28, Д-40, Д-48, Д-54, Д-60, КДМ-46	В ₂
Средняя	Д-21, Д-22, Д-37М, Д-50, СМД-7, СМД-14, Д-108, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238А, ЯМЗ-240, А-01М, Д-75Т, А-03, А-01, ЯАЗ-204, ЯАЗ-206	В ₂
Высокая	8ДВТ-330, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-140Б, СМД-17К, СМД-18К, СМД-19, СМД-20, СМД-60, СМД-62, СМД-64, СМД-72, А-41, Д-160, Д-37Е, Д-65, Д-240, Д-21А, Д-144, ЯМЗ-740, ЯМЗ-741, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б	Г ₂
Высокая (тяжелые условия)	СМД-80, СМД-84, ЯМЗ-238НБ, Д-145Т, Д-181, Д-240Т, Д-260Т, 8ДВТ-330, А-01Т, ЯМЗ-240Н	Дм

При отсутствии масел нужной группы разрешается применять масла низшей группы, но тогда вдвое сокращается срок работы масла до замены.

Периодичность замены моторных масел указана в заводских инструкциях по эксплуатации двигателей. При этом предусматривается использование топлива с содержанием серы до 0,5 %. Если серы в топливе больше, то условия работы моторного масла ужесточаются и сроки замены масел должны быть сокращены вдвое.

Моторные масла для дизелей. В соответствии с ГОСТ 8581—78 выпускаются масла шести марок (табл. 13).

13. Основные показатели дизельных моторных масел

Показатель	Значение показателя для масла марки					
	М-8В ₂	М-10В ₂	М-8Г ₂	М-10Г ₂	М-8Г ₂ к	М-10Г ₂ к
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	8 ± 0,5	11 ± 0,5	8 ± 0,5	11 ± 0,5	8 ± 0,5	11 ± 0,5
Индекс вязкости, не менее	90	90	90	90	90	90
Зольность, %, не более	1,30	1,30	1,65	1,65	1,15	1,15
Щелочное число, мг/г, не менее	3,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,0
Температура, °С:						
выпшки, не ниже	200	205	200	205	200	205
застывания, не выше	-25	-15	-25	-15	-30	-15

Моторные масла М-8В₂ и М-10В₂ изготавливают на основе базовых масел, полученных после селективной очистки дистилятного и остаточного компонентов сернистых нефтей. В состав масла входят композиции моющих, антиокислительных, противоизносных, депрессорных и антипенной присадок. Масла применяют в автотракторных дизелях типа СМД-14, ЯМЗ-236 и др.

Моторные масла М-8Г₂ и М-10Г₂ изготавливают на основе базовых масел селективной очистки, в которые вводят композиции присадок в составе: 6 % ВНИИНП-360, 3,5 % ПМС'Я, 0,003 % ПМС-200А и др. Масла применяют в высокооборотных форсированных дизелях с наддувом типа ЯМЗ-238НБ, СМД-62 и др.

Моторные масла М-8Г₂к и М-10Г₂к готовят на основе базового масла из дистилятного и остаточного компонентов селективной очистки сернистых нефтей. В масла вводят наиболее эффективную композицию присадок. Эти масла применяют для двигателей автомобилей КамАЗ и автобусов "Икарус".

Кроме масел этих марок, выпускают долгорботающее всесезонное моторное масло марки М-6з/10В (ТУ 38 101155—76), которое вырабатывают из сернистых нефтей. Оно предназначено для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей без наддува при увеличенной периодичности замены масла (в тракторных дизелях — 480 мото-ч, в автомобильных двигателях — 15...18 тыс. км). Масло М-10Дм (ТУ 38 101783—80) предназначено для эксплуатации высокофорсиро-

ванных дизелей с наддувом. По сравнению с маслом М-10Г₂ оно обладает более высокими моющими и антиокислительными свойствами и увеличенным сроком работы до замены.

Для низкооборотных стационарных дизелей типа Д-16 и других выпускают масла двух марок, которые по своим эксплуатационным свойствам соответствуют группе А: дизельное моторное масло Т (ТУ 38 101266—72) с присадкой ЦИАТИМ-339. Эти масла обладают большой вязкостью (62...68 мм²/с при 50 °С) и невысокой температурой застывания.

Моторные масла для карбюраторных двигателей. Основные показатели этих масел приведены в таблице 14.

14. Основные показатели моторных масел для карбюраторных двигателей

Показатель	Значение показателя для масла марки					
	М-8А	М-8Б ₁	М-8В ₁	М-8Г ₁	М-6з/10Г ₁	М-12Г ₁

Вязкость кинематическая, мм²/с (сСт):

при 100 °С, не выше $8 \pm 0,5$ $8 \pm 0,5$ $8 \pm 0,5$ $8 \pm 0,5$ $10 \pm 0,5$ $12 \pm 0,5$

при 0 °С 1200 1200 1200 — 1000 —

Содержание механических примесей, %, не более 0,015 0,015 0,015 0,015 0,015 0,015

Температура застывания, °С, не выше -25 -25 -25 -30 -32 -20

Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее 1,2 3,4 4,0 8,5 10,5 8,5

Зольность, %, не менее 0,45 — — — — —

Содержание активных элементов, %, не менее:

кальция — 0,06 0,16 0,23 0,30 0,23

бария 0,27 0,27 — — — —

цинка 0,02 0,05 0,09 0,10 0,10 0,10

фосфора 0,026 0,06 0,09 0,10 0,10 0,10

Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже 200 200 200 210 210 220

Моторное масло М-8А — дистиллятное масло селективной очистки из сернистых нефтей, в состав которого входят в небольшом количестве моющие и антиокислительные присадки. Обычно его применяют в малофорсированных карбюраторных двигателях.

Моторное масло М-8Б₁ состоит из смеси базовых масел дистиллятного и остаточного компонентов селективной очистки, в которое вводят различные композиции присадок, в основном сульфонатные и фосфатные. Его применяют всесезонно в двигателях с V-образным (ЗИЛ-130, ГАЗ-53А и др.) и рядным (ГАЗ-51А, ЗИЛ-174А и др.) расположением цилиндров, а также в двигателях легковых автомобилей, за исключением автомобилей ВАЗ.

Моторное масло М-8В₁ состоит из смеси базовых масел дистиллятного и остаточного компонентов с композицией, включающей в себя активную сукцинимидную присадку. Оно обладает высокими моющими и антиокислительными свойствами, хорошей влагостойкостью, малой склонностью к образованию осадков при работе двигателя в условиях низких температур и высокой термоокислительной стабильностью. Масло применяют всесезонно для всех моделей карбюраторных двигателей, кроме автомобилей ВАЗ.

Моторные масла М-8Г₁, М-6з/10Г₁ и М-12Г₁ получают добавлением к базовому маслу высокоэффективных композиций металлосодержащих и беззольных присадок. Масла М-8Г₁ и М-6з/10Г₁ обладают хорошими вязкостно-температурными характеристиками, что обеспечивает легкий пуск двигателей в зимнее время. Применяют эти масла в высокофорсированных карбюраторных двигателях, в первую очередь в автомобилях ВАЗ.

10.3. Масла для обкатки двигателей внутреннего сгорания

После изготовления или ремонта деталей на их поверхностях остаются шероховатости, микронеровности, поэтому необходимо перед началом эксплуатации обкатать двигатель. Цель обкатки — приработка сопряженных поверхностей деталей, в результате которой уменьшается шероховатость, а следовательно, увеличивается несущая способность, уменьшается нагрев и т. п. Хорошая приработка поверхностей деталей зависит от правильного выбора скоростного, нагрузочного и температурного режимов. При обкатке не должно происходить повышенного изнашивания деталей. Поэтому обкаточное масло должно обладать охлаждающими свойствами, хорошей прокачиваемостью, высокой полярной активностью и достаточной вязкостью.

Обкаточное масло ОМ-2 (ТУ 38 101325—79) приготавливают из базового масла введением 2,5 % приработочной серосодержащей присадки дипроксид, 2 % ПМС'Я или ПМС, 2 % ЦИАТИМ-339 и антипенной присадки ПМС-200А. По эксплуатационным свойствам масло ОМ-2 соответствует группе Б₂. При использовании этого масла на поверхностях деталей образуются сульфиды. Они обладают повышенной пластичностью, что значительно ускоряет приработку. Одновременно применяют приработочные присадки к топливу. Присадка АЛП-2 (ТУ 38 101368—73) представляет собой раствор органических соединений алюминия в базовом масле. Ее вводят в топливо в количестве 2,5 %. При сгорании такого топлива в камере получается оксид алюминия со средним размером частиц 2 мкм. Твердость его кристаллов выше твердости материала поршневых колец и гильз цилиндров. Этим и обеспечивается ускорение приработки.

В результате совместного применения масла ОМ-2 и топлива с присадкой АЛП-2 обкатка двигателя происходит за 45 ... 60 мин.

11.1 Факторы, влияющие на изменение качества смазочного масла

Кислород. Первичные продукты окисления углеводородов масла — перекиси — нестойкие кислородные соединения, которые под действием температуры и кислорода воздуха превращаются в кислоты и оксикислоты. Промежуточными продуктами могут быть также альдегиды, кетоны и спирты. В результате дальнейших окислительных процессов они конденсируются и полимеризуются с образованием смол, асфальтенов, карбенов, которые вызывают лако- и нагарообразование. Наиболее вредные продукты окисления — оксикислоты и асфальтены, из-за высокой липкости которых закоксовываются и пригорают поршневые кольца.

Установлено, что окислительные процессы в масле происходят только в присутствии кислорода. Так, при нагревании масел до 150 °С в вакууме в них длительное время не образуются осадки, а также кислые и нейтральные продукты окисления. Скорость окисления высокоочищенных масел примерно пропорциональна концентрации кислорода. Для масел нормальной очистки закономерности между окислением и концентрацией кислорода не наблюдается.

Температура. Нагревание значительно ускоряет процесс окисления. Установлено, что при повышении температуры от 50 до 150 °С и прочих равных условиях скорость окисления возрастает в 1700 раз. Если при температуре 125 °С для поглощения 5 мг кислорода (навеска 1 г) требуется 12000 мин, то при 150 °С — 170, при 300 °С — всего лишь 0,4 мин. Продукты окисления в жидкой фазе масла, получающиеся при различных температурах, существенным образом между собой не различаются. Процесс окисления масла в газовой фазе, а также при тонком диспергировании частиц масла существенно отличается от окисления в обычных условиях.

Время. Течение реакции окисления во времени достаточно хорошо изучено для различных масел и при разной степени их очистки. Начальная стадия окисления масел характеризуется так называемым индукционным периодом, в течение которого видимых изменений не наблюдается. Продолжительность индукционного периода неодинакова для различных масел, а для некоторых из них весьма мала, т. е. реакция окисления таких масел начинается при соприкосновении с кислородом. После окончания индукционного периода масло интенсивно окисляется, а затем этот процесс стремится при заданных условиях к стабилизации. Окисление масла может продолжаться непрерывно, причем получающиеся продукты претерпевают и качественные изменения, подвергаясь расщеплению, конденсации, полимеризации и т. д. При этом окисление отдельно выделенных из масла углеводородов происходит более интенсивно в сравнении с окислением самого масла. Это явление объясняется

тем, что смолистые соединения и органические сульфиды, содержащиеся в масле, служат ингибиторами окисления.

Поверхность окисляемого масла. Этот фактор оказывает большое влияние на скорость диффузии кислорода в масло и степень его окисления. Поэтому при распылении и разбрызгивании, что происходит в современных двигателях с комбинированной системой смазывания при многократной циркуляции масла, процесс окисления его значительно ускоряется.

Существует несоответствие между окисляемостью смазочного масла в лабораторных условиях и в двигателе внутреннего сгорания. Высказано предположение, что масло окисляется главным образом в тонком слое на поверхности гильз и поршней, и здесь действует еще один стимулирующий фактор. Этим фактором является контактный эффект, т. е. мгновенное локальное повышение температуры и давления в точках контакта микронеровностей в процессе трения и износа.

Химический состав масла. Масло представляет собой сложную смесь углеводородов различного строения, состав которой зависит от исходного сырья. Масло содержит парафиновые (0,1...6,5%), нафтеновые (40...82%), ароматические (15...40%), нафеноароматические углеводороды, а также кислород, серу и азотсодержащие соединения. Эти углеводороды по-разному реагируют с кислородом, образуя различные продукты окисления. Наименее устойчивы против действия кислорода при высоких температурах парафиновые и нафтеновые углеводороды. Углеводороды ароматического ряда, в зависимости от их строения, ведут себя при окислении различно: чем больше циклов содержит ароматический углеводород, тем больше он склонен к окислению; причем в большей степени окислению подвержены углеводороды с короткими алифатическими цепями. Ароматические углеводороды, находясь в смеси с нафеновыми в достаточной концентрации, защищают их от окисления.

Степень и характер очистки масел. Эти показатели играют существенную роль в процессе окисления масел. Не всегда наличие смолистых веществ ухудшает стабильность масел. В некоторых условиях излишне очищенное масло становится легко окисляемым. Так, при серноокислотной очистке дистиллята сначала получается продукт с низкой окисляемостью, которая при дальнейшем углублении процесса резко повышается.

Влияние металлов и сплавов. Процесс окисления масла ускоряется за счет каталитического действия металлов и сплавов, из которых изготовлены детали. Степень ускорения для разных металлов и сплавов различна. Например, свинцовистая бронза интенсивнее действует на процесс, чем оловянистый баббит.

Влияние посторонних примесей. Наличие примесей (воды, продуктов износа деталей, пыли воздуха) отрицательно сказывается на процессе окисления масла. Влияние продуктов износа и пыли (кварца) можно значительно уменьшить за счет фильтрации (очистки) его в двигателе. При совершенствовании очистки срок работы масла увеличивается.

11.2. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов двигателя на изменение качества смазочного масла

Кратность циркуляции. Насос смазочной системы двигателя бесперебойно подает масло под давлением в масляную магистраль. При хорошем техническом состоянии двигателя на смазывание деталей идет примерно 20...25 % масла, подаваемого насосом, а остальное через перепускной клапан возвращается обратно в картер двигателя. И только при наработке двигателя, составляющей гарантийный период, в результате увеличивающихся зазоров в сопряжениях масло прокачивается в смазочную систему в том объеме, какой подает масляный насос.

Завышенная производительность масляного насоса в начальный период эксплуатации двигателя вызывает дополнительное окисление моторного масла, связанное с его интенсивной аэрацией и воздействием больших удельных нагрузок от зубьев шестерен насоса.

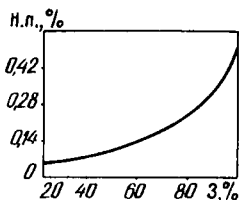
Объем масла в смазочной системе. Изменение качества масла при работе двигателя существенно зависит от того, в каком объеме оно залито. Уменьшение объема масла в картере смазочной системы приводит к интенсивному ухудшению его качества:

объем масла в картере двигателя, л	8	12	16
содержание механических примесей, %	1,9	1,6	1,29
лако- и нагарообразование на поршнях, баллы	16	14,2	12,8

Это можно объяснить увеличением кратности циркуляции и большими тепловыми и удельными нагрузками, приходящимися на единицу объема масла. Следовательно, при эксплуатации машин необходимо поддерживать оптимальный уровень масла в картере двигателя, чтобы не допускать повышенного его окисления.

Режим работы двигателя. Степень загрузки двигателей тракторов зависит от вида выполняемого технологического процесса. При вспашке, севе, культивации, междурядной обработке и других операциях загрузка двигателей составляет 70...80 % от номинальной мощности, при транспортных работах — 30...60 %. Чем выше загрузка двигателя, тем активнее протекают процессы окисления. При этом более интенсивно возрастает содержание в масле нерастворимых продуктов — асфальтенов, карбенов, карбоидов, продуктов износа и т. д. (рис. 15). Объясняется это повышением тепловых и удельных нагрузок в трущихся

Рис. 15. Накопление в моторном масле нерастворимых продуктов $H. n$ в зависимости от загрузки дизеля Д-50 за 100 ч работы.



парах, усиленным образованием и прорывом продуктов сгорания в картер (особенно сернистых соединений) и высокой кратностью циркуляции масла в смазочной системе.

11.3. Критерии напряженности работы моторного масла

На основании закономерностей поведения и изменения свойств масел в двигателях можно более объективно обосновывать требования по повышению качества выпускаемых и разработке новых унифицированных сортов масел и композиций присадок к ним. Кроме того, можно прогнозировать поведение масла, изменять его в нужном направлении, даже управлять им. Выявление этих закономерностей позволяет находить пути сокращения расходования масла, уменьшения затрат труда и времени на простой машин при техническом обслуживании, повышения моторесурса и, на этой основе, повышения производительности агрегатов.

Изучение изменения физико-химических и эксплуатационных показателей моторных масел в дизелях показывает, что характер изменений принципиально одинаков, однако глубина их различна. Это объясняется многими причинами, основными из которых являются тепловая и динамическая напряженность деталей цилиндропоршневой группы.

Хорошо изучено влияние отдельных факторов на свойства работающего в двигателе смазочного масла. Однако не найдено достаточно надежного обобщающего критерия для комплексной оценки изменения качества масла в зависимости от типа двигателя или пригодности масла к использованию. Поэтому были сделаны попытки найти такой показатель, который позволил бы по напряженности двигателя подобрать соответствующее масло.

В качестве подобного критерия предложена эмпирическая зависимость*:

$$A = \frac{G_T}{F i} \frac{N_e}{G_M} K_a K_B K_{\Pi} K_S K_T, \quad (27)$$

где A — условный показатель напряженности работы масла в двигателе; G_T — расход топлива, кг/ч; F — суммарная рабочая поверхность зеркала цилиндра, днища поршня и головки цилиндра, м²; i — число цилиндров; N_e — эффективная мощность двигателя, кВт; G_M — количество масла в смазочной системе, кг; K_a , K_B , K_{Π} , K_S и K_T — коэффициенты, учитывающие соответственно состав рабочей смеси, способ охлаждения двигателя, периодичность замены масла, содержание серы в топливе и техническое состояние двигателя; для дизелей $K_a = 1$, для дизелей с турбонаддувом $K_a = 1,3$; для двигателей с водяным охлаждением $K_B = 1$, с воздушным $K_B = 1,3 \dots 1,7$; значения K_{Π} и K_S при увеличении срока работы масла вдвое или при увеличении содержания серы в топливе с 0,5 до 1 % возрастают в 1,5 ... 2 раза; K_T — зависит от угара масла; с возрастанием его значение коэффициента уменьшается.

* По С. Г. Арабьяну.

По значению показателя A все тракторные дизели делятся на четыре группы. К первой группе относятся двигатели, для которых $A \leq 150$; в этом случае рекомендуются масла группы Б. Вторая группа — $A = 150 \dots 250$ масла группы В; $A = 250 \dots 400$ масла группы Г; для $A = 400 \dots 700$ масла группы Д. Такая классификация позволяет с приемлемой достоверностью подобрать для двигателя моторное масло соответствующей марки. Сложность заключается в том, что многие коэффициенты не постоянны при работе двигателя.

Существует и другое, более простое выражение для оценки условий работы моторного масла в двигателе. Оно связано с количеством тепла, отводимого от деталей двигателя маслом.

Количество отводимого тепла находится в прямой зависимости от мощности двигателя, расхода топлива и подачи насоса, косвенно связанной с вместимостью смазочной системы. Поэтому предлагаемый оценочный показатель — коэффициент напряженности работы масла в двигателе или просто *коэффициент маслонапряженности* φ_m (кВт · мин/л) представляет собой мощность двигателя, приходящуюся в 1 мин на 1 л прокачиваемого масла в смазочной системе двигателя:

$$\varphi_m = N_e / Q_n, \quad (28)$$

где N_e — эффективная мощность двигателя; Q_n — 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 при сгорании топлива теплоты, кратность циркуляции масла в смазочной системе. Чем больше значение коэффициента маслонапряженности двигателя, тем выше должно быть качество масла. Чем меньше теплонапряженность двигателя, тем ниже значение коэффициента.

Сопоставляя значения φ_m с физико-химическими и эксплуатационными показателями работающего масла, можно заметить: чем выше это значение для двигателя, тем больше изменяются показатели масла.

На практике оценивают изменение качества масла в двигателе, подбирают моторное масло соответствующей марки, устанавливают оптимальные сроки работы его до замены по результатам стендовых и эксплуатационных испытаний двигателя.

11.4. Освежение моторного масла

При работе в двигателе моторное масло испаряется, выгорает и утекает, что приводит к снижению его уровня в картере двигателя. Для поддержания объема масла в смазочной системе в картер периодически добавляют свежее масло.

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

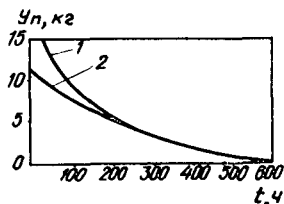


Рис. 16. Изменение первоначально залитого количества $Y_{\text{п}}$ моторного масла у тракторных двигателей в зависимости от времени работы t :

1 — СМД-14; 2 — Д-50.

$Y_{\text{п}}$ (кг) первоначально залитого масла в картере двигателя будет изменяться не пропорционально времени работы машины, а по более сложному закону:

$$Y_{\text{п}} = V \left(1 - \frac{q}{V} t \right)^n,$$

где V — количество масла в смазочной системе, кг; q — угар масла, кг/ч; t — время работы двигателя, ч; n — число доливов масла.

Количество первоначально залитого масла наиболее интенсивно уменьшается в течение первого периода работы двигателя (рис. 16).

Освежение смазочного масла в двигателе оказывается иногда настолько существенным, что фактически за весь период работы оно не сколько раз обновляется. Поэтому действительное время работы смазочного масла в двигателе практически оказывается намного меньше нормируемого. Для характеристики степени освежения моторного масла приняты такие показатели, как полное и частичное освежение.

Полное освежение M характеризуется уравнением

$$M = (V - Y)/V, \quad (29)$$

где V — первоначальное количество масла, залитого в картер двигателя, кг; Y — остаток от первоначального количества, кг.

Частичное освежение m выражается отношением

$$m = P/V, \quad (30)$$

где P — количество доливаемого масла, кг.

11.5. Влияние маслоочистительных устройств на состояние моторного масла в двигателе

Загрязнения моторного масла могут быть органического (асфальтово-смолистые соединения, углеродистые частицы и кислые продукты окисления углеводородов масла) и неорганического (продукты износа трущихся деталей двигателя, сработавшая часть присадок, а также попадающие в масло пыль, песок, вода) происхождения.

Загрязнения органического происхождения со степенью дисперсности 0,8...1,5 мкм (асфальтово-смолистые вещества, углеродистые части

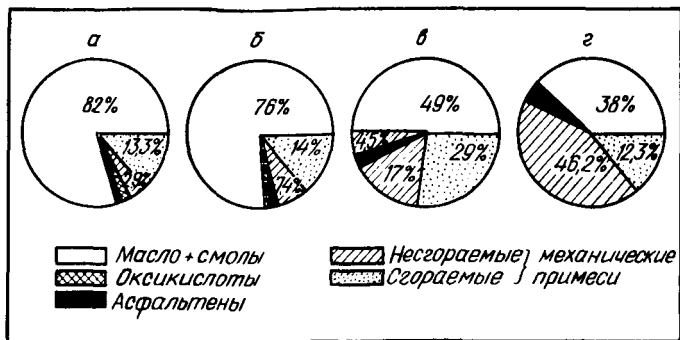


Рис. 17. Состав отложений на различных маслофильтрующих устройствах (по данным НАТИ) :

а – картонные фильтры; б – проволочно-щелевые фильтры; в – ротор реактивной центрифуги; г – полости шатунных шеек.

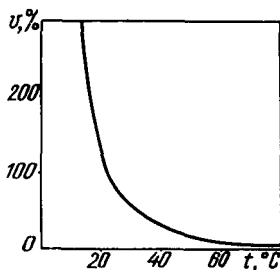
цы) не только не вызывают износа, а даже улучшают смазывающую способность масла. Неорганические загрязнения, размер частиц которых соизмерим с минимальным зазором сопряженной трущейся пары, вызывают интенсивное изнашивание трущихся деталей. Поэтому совершенствование очистки (фильтрации) моторного масла в двигателе имеет большое значение для повышения надежности и долговечности работы двигателей и увеличения срока службы масла.

Наибольшая доля нежелательных негорючих примесей удерживается реактивной масляной центрифугой и полостями шеек коленчатого вала (рис. 17). Схема полнопоточного включения центрифуги для очистки моторного масла наиболее эффективна. Поэтому центрифуги устанавливают на всех современных тракторах и автомобилях многих марок.

Качество очистки моторного масла в двигателях зависит от конструкции маслоочистительных устройств, времени их работы до промывки, вязкости, диспергирующих свойств и угара моторного масла, прорыва газов в картер, теплонапряженности двигателя.

В эксплуатационных условиях количество отложений в масляных центрифугах тракторных двигателей возрастает с ухудшением техниче-

Рис. 18. Влияние температуры t охлаждающей жидкости на скорость v накопления отложений в центрифуге.



ского состояния двигателей вследствие усиления окислительных процессов в масле и образования в нем высокомолекулярных продуктов окисления.

Количество отложений значительно увеличивается при снижении теплового режима двигателя, низкой температуре окружающего воздуха, частых пусках и остановках, продолжительной работе на холостом ходу (для дизелей). Работа двигателя на низкотемпературном режиме сопровождается повышенным образованием отложений, особенно шламов (рис. 18).

11.6. Закономерности изменения свойств моторного масла при работе двигателей

Содержание механических примесей. Наиболее интенсивно механические примеси накапливаются в моторном масле в первые 60...120 ч его работы, а затем процесс стабилизируется. В этот период количество накапливающихся в масле и удерживаемых масляной центрифугой механических примесей одинаково, что и определяет равновесное состояние.

Интенсивное накопление механических примесей в первый период работы масла объясняется окислением малостабильных углеводородов масла во всем объеме смазочной системы. Затем этот процесс протекает главным образом в объеме доливаемого масла. Накопление механических примесей в моторных маслах неодинаково для различных марок двигателей (рис. 19).

Вязкость моторного масла. Этот показатель достаточно быстро возрастает в первые 60...120 ч работы масла, затем практически сохраняется на достигнутом уровне. Вязкость масла в сравнении с первоначальным значением увеличивается на $2,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 100°C и более. Это явление объясняется испарением в первый период работы масла его легкокипящих маловязких фракций и накоплением в нем поляризованных и конденсированных продуктов окисления.

Щелочность масла. Интенсивное снижение щелочности масла (примерно в 2 раза) в первый период его работы подтверждает, что именно в это время протекают наиболее интенсивные окислительные процессы малостабильных углеводородов во всем объеме моторного масла, а затем они главным образом идут в доливаемом масле.

Содержание продуктов окисления. Смолы наиболее интенсивно на-

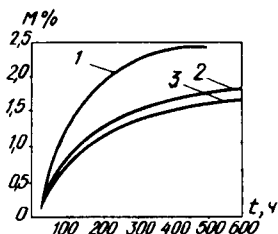


Рис. 19. Изменение содержания M механических примесей в моторном масле в зависимости от времени t его работы в тракторных дизелях:

1 — СМД-14; 2 — Д-240; 3 — Д-50.

капливаются в масле в первый период его работы, а затем их содержание уменьшается, что объясняется переходом смол в асфальтены в результате окислительных процессов. Количество асфальтенов в масле увеличивается в течение более длительного периода.

Карбенов и карбоидов в моторном масле содержится 0,25...0,9 %, причем большее их количество отмечается в двигателях с большей теплонпряженностью.

11.7. Использование закономерностей изменения свойств моторного масла для оценки условий эксплуатации двигателей

Состояние двигателя и пригодность моторного масла к дальнейшей работе можно контролировать без разборки по изменению эксплуатационных и физико-химических показателей масла.

Дополнительно методом спектрального анализа можно определять содержание в работающем моторном масле бария и цинка (характеризует наличие введенной в масло присадки), кремния и кальция (продукты постороннего загрязнения масла), железа (продукт износа деталей).

Изменение показателей моторного масла взаимосвязано с техническим состоянием двигателя. Так, при нарушении нормальной работы воздухоочистителя повышается содержание в моторном масле кремния. Вследствие его абразивного воздействия на трущиеся детали возрастает концентрация железа в масле. Резкое повышение концентрации железа в масле, но при отсутствии кремния в нем, указывает на появление технической неисправности в одном из механизмов двигателя или на увеличение зазоров сопряжений, вызывающих более интенсивный износ деталей. Достаточная концентрация бария и цинка как компонентов, содержащихся в масле присадки, указывает на наличие в работающем масле активной части присадки и, следовательно, говорит о сохранности необходимых эксплуатационных свойств масла.

Наличие присадки в работающем масле можно контролировать также по его щелочности. Снижение ее до нуля указывает на полное расходование нейтрализующего компонента присадки, что может быть вызвано применением топлива с повышенным содержанием серы или ухудшением процесса сгорания.

Повышение скорости накопления в моторном масле нерастворимого осадка (механических примесей) свидетельствует о нарушении нормальной работы маслофильтрующих элементов. Последнее может быть связано с полным загрязнением ротора центрифуги или с малой частотой его вращения.

Изменение вязкости моторного масла в дизеле связано не только с процессами окисления и полимеризации углеводородов масла, но и с работой форсунок, входящих в систему питания двигателя. При неисправности форсунок топливо в камеру сгорания впрыскивается в виде струи. В результате этого оно, не сгорая, стекает в картер двигателя и разжижает масло, снижая его вязкость.

В карбюраторных двигателях вязкость моторного масла в процессе работы не повышается, так как из-за частых пусков холодного двигателя высококипящие фракции бензина полностью не испаряются и, следовательно, не сгорают. Они, стекая в картер двигателя и разжижая масло, снижают его вязкость.

Аналогичную информацию можно получить и по другим показателям: угару масла, интенсивности накопления отложений в центрифуге, показателю вспышки и кислотности масла, содержанию золы и т. д.

В таблице 15 приведены предельные значения эксплуатационных и физико-химических показателей моторного масла, а также интенсивность образования отложений в масляной центрифуге.

15. Предельные значения показателей моторного масла при нормальной работе тракторных двигателей

Марка двигателя	Предельное значение показателя				
	вязкость при 100 °С, мм ² /с	содержание механических примесей, %	зольность, %	щелочность, мг КОН/г	количество отложений в центрифуге, г/ч
СМД-62	13,5	2,5	1,4	1,20	3,0...4,5
СМД-14	16,0	3,0	0,9	0,15	2,0...3,6
Д-144	13,5	1,6	0,3	0,20	1,4...1,8
Д-50	13,0	1,7	0,5	0,10	2,0...2,7

Периодически отбирая пробы работающего в тракторных двигателях моторного масла и анализируя их, получают комплекс показателей. По нему с достаточной степенью достоверности судят о необходимости замены масла, о работе отдельных приборов и механизмов двигателя и предупреждают работу двигателей в неблагоприятных условиях.

11.8. Оценка технического состояния двигателей и остаточного моторесурса по накоплению продуктов износа в моторном масле

Для оценки технического состояния двигателей без разборки и определения их остаточного моторесурса применяют различные методы: по степени угара масла, по прорыву газов в картер, по давлению в конце такта сжатия, при осциллографировании двигателя, при помощи акустики, мечеными изотопами и т. д. Однако одни из них позволяют весьма приблизительно судить о техническом состоянии двигателя, а другие сложны для применения в эксплуатационных условиях.

Техническое состояние двигателя и его остаточный моторесурс можно оценивать по массе железа, снимаемого с трущихся деталей за определенное время работы двигателя. Интенсивность накопления продуктов

износа в моторном масле и в отложениях центрифуги находится в прямой зависимости от технического состояния двигателя, т. е. зазора в сопряжениях трущихся пар. Чем больше зазоры в них и, следовательно, износ, тем выше концентрация продуктов износа в моторном масле. Количество железа $Q_{\text{ж}}$ в этом случае определяют суммарно: в моторном и угоревшем масле и в отложениях на роторе центрифуги. Для этого пользуются формулой

$$Q_{\text{ж}} = 0,01 \left(\sum_1^t q_y \frac{a_{n-1} + a_{\text{п}}}{2} + \sum_1^t M_{\text{ц}} a_{\text{ц}} + \sum_1^t q_{\text{п}} a_{\text{п}} + q_{\text{к}} a_{\text{к}} \right), \quad (31)$$

где t — время работы масла; q_y — количество угоревшего масла за период, г; a_{n-1} и a_n — содержание железа в масле соответственно в начале и конце периода, ‰; $M_{\text{ц}}$ — количество отложений в центрифуге в конце периода, г; $a_{\text{ц}}$, $a_{\text{п}}$ и $a_{\text{к}}$ — содержание железа соответственно в отложениях, в пробах и в масле при контроле, ‰; $q_{\text{п}}$ — количество масла, отобранного с пробами, г; $q_{\text{к}}$ — количество масла в картере двигателя при контроле, г.

Содержание железа в моторном масле и отложениях центрифуги за определенное время работы двигателя на установленном нагрузочном режиме определяют спектральным методом. Затем измеряют износ цилиндров в поясе наибольших износов, зазор в стыке первых компрессионных колец и других деталей. После этого устанавливают взаимосвязь между этими параметрами.

На производстве целесообразно использовать для определения содержания железа в масле прибор ПОЖМ.

Аналогичные опыты проводят для различных технических состояний двигателя. Составляют эталонную таблицу, в которой указывают количество железа, соответствующее определенному износу основных деталей. Кроме эталонной таблицы, по этим данным строят параметрическую модель-номограмму, на которой графически по количеству снятого железа определяют техническое состояние двигателя и его остаточный моторесурс.

На рисунке 20 приведен пример подобной номограммы. Правая часть номограммы построена по данным стендовых испытаний: левая — по данным технического состояния двигателей в зависимости от времени их работы. В соответствии с наработанным временем и средним износом гильз цилиндров в поясе наибольших износов составлен график зависимости этих двух параметров.

Для оценки технического состояния двигателя и его остаточного моторесурса в эксплуатационных условиях работы трактора выполняют следующие операции. При очередном техническом обслуживании трактора, которое проводят в строгом соответствии с заводской инструкцией, заменяют моторное масло в двигателе. Время работы трактора в нормальных эксплуатационных условиях должно составлять 60 мото-ч с загрузкой около 80 % от эффективной мощности или должно быть израсходовано соответствующее этой наработке количество топлива. Пос-

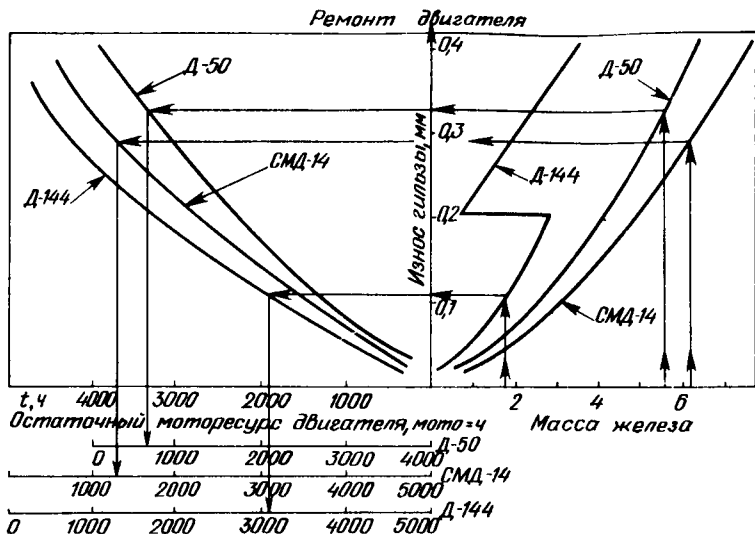


Рис. 20. Номограмма для оценки технического состояния и остаточного моторесурса двигателя Д-50, СМД-14 и Д-144 по количеству железа, снимаемого с деталей.

ле этого отбирают средние пробы масла и отложений с центрифуги. Определяют массу отложений в роторе для вычисления суммарного количества железа, снятого за 60 мото-ч работы трактора. Находят содержание кремния в масле. Замеряют износ гильз в поясе наибольших износов. По суммарной массе снятого железа, по износу гильз цилиндров, пользуясь номограммой, устанавливают техническое состояние двигателя и его остаточный моторесурс. Последовательность определения показана на рисунке 20 стрелкой.

Такое определение оказывается действительным, если в моторном масле содержание кремния не превышает 0,006 %. Повышенное содержание кремния указывает на неисправную работу воздухоочистителя, при которой в двигатель попадает большее количество абразива, вызывающего дополнительный износ деталей. На неполадки в работе двигателя может указывать также снижение щелочности или вязкости масла. В этих случаях полученные данные следует забраковать, а диагностический цикл провести заново. Перед началом повторного цикла необходимо выявить и устранить неисправность в двигателе.

11.9. Пути совершенствования и эффективного использования моторных масел

Основные направления совершенствования масел. Наличие широкого ассортимента смазочных масел создает значительные трудности не только при их производстве, но главным образом при транспортировании, хранении и применении, особенно в тех случаях, когда в хо-

зайстве много машин разных марок. Поэтому большое значение имеет программа работ по сокращению ассортимента и унификации смазочных масел.

Начато промышленное производство низкозастывающих моторных масел М-4з/6Г₂, М-4з/8В₂, М-8ДМ и М-4з/8Д высокофорсированных двигателей; единого моторно-трансмиссионного масла всесезонного М-6з/14ДМ — для промышленных тракторов; М-14ДМ — большегрузных автомобилей БелАЗ.

Примером всесезонного универсального масла, применяемого для карбюраторных двигателей и дизелей (без наддува), может служить масло М-6з/10В. Срок его службы по сравнению с рекомендуемыми марками масла в 2...3 раза больше без снижения технико-экономических показателей двигателя. Масло М-6з/10В можно использовать вместо моторных масел десяти сортов. Несмотря на его относительно высокую стоимость, экономический эффект от его применения составляет более 40 руб/т.

Важное направление совершенствования — использование синтетических масел, обладающих высокими эксплуатационными качествами. Срок их службы в 3,5 раза выше, чем у применяемых. Синтетические масла универсальны. В сочетании со специально подобранными присадками их можно применять не только в карбюраторных двигателях, но и в гидравлических системах и гидромеханических трансмиссиях.

Повышение эксплуатационных свойств моторных масел воздействием ультразвука. Если товарные моторные масла перед применением в двигателях обработать ультразвуком, то их эксплуатационные свойства значительно повышаются. Объясняется это явление тем, что получается тонкодисперсный коллоидный раствор присадки в масле, в результате чего присадка в меньшей степени выпадает в осадок и большее время сохраняет свою работоспособность. Кроме того, дополнительно усиливается их полярноактивная способность. Этот метод особенно эффективен для долго хранившихся масел.

Улучшения эксплуатационных свойств моторных масел можно достичь при их разовой обработке ультразвуком 30...40 л масла (высота столба 25...35 см) с частотой колебания около 20 кГц и мощностью 15 кВт/м² в течение 1 ч. При использовании обработанных масел снижается массовая доля продуктов окисления, сокращается износ деталей, уменьшается загрязненность поршней, увеличивается срок работы.

На рисунке 21 показано изменение щелочности масла и износа деталей при работе двигателя на обработанном и необработанном ультразвуком маслах.

Технико-экономические мероприятия при эксплуатации машин. Применять следует только моторные масла рекомендуемых марок. Экономически нецелесообразно для дизелей старых моделей применять моторные масла высшей группы вместо рекомендованной. Это увеличивает стоимость эксплуатации тракторов и создает дефицит масел, необходимых для высокофорсированных двигателей. К тому же масла высшей группы содержат большее количество присадок, т. е. обладают вы-

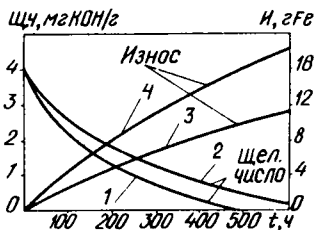


Рис. 21. Изменение щелочного числа Щ. Ч. масла и износа И деталей двигателя Д-144 в зависимости от времени работы t :

1 и 4 — товарное масло; 2 и 3 — масло, обработанное ультразвуком.

сокой зольностью, в результате чего может повыситься износ трущихся деталей.

Необходимо полностью ликвидировать потери моторных масел от разлива и утечек при заправке машин и хранении. Для этого следует применять механизированные средства заправки и технического обслуживания машин. При этом исключаются также случаи загрязнения и обводнения масла, что имеет большое значение для смазывания деталей и сохранения первоначального качества масла.

Следует строго следить за расходом моторного масла, доливаемого для компенсации угоревшей части. Главный фактор в снижении угара масла — сохранение компрессии цилиндропоршневой группы и масло-сбрасывающей способности колец. Первое зависит от качества обкатки двигателя, второе — от качества масла и условий эксплуатации. При плохой моюще-диспергирующей способности моторного масла поршневые кольца забиваются нагароотложениями, работа их ухудшается и моторное масло попадает в камеру сгорания. Тому же способствует и ухудшение технического состояния цилиндропоршневой группы. Поэтому поршневые кольца и поршни следует заменять своевременно.

Целесообразно применять магнитную очистку моторного масла. В этом случае полностью удаляются из масла продукты изнашивания (железо). При установке магнита в смазочной системе совместно с фильтром грубой очистки масла и одновременно в спускной пробке масляного картера двигателя изнашивание деталей снижается на 15... 20 %. Кроме того, магнитное поле положительно сказывается и на поляризации молекул масла, что улучшает его смазывающую способность.

Большой экономический эффект можно получить при увеличении сроков работы моторных масел. Это оказывается возможным, с одной стороны, за счет повышения качества моторных масел и вводимых в них высокоэффективных присадок, а с другой — совершенствованием условий работы моторного масла в двигателях и улучшением технического обслуживания тракторов.

Проводятся испытания новых масел, для которых сроки работы соответствуют сезонному периоду работы трактора. При сезонном сроке работы масла сокращается время на простои тракторов при техническом обслуживании, уменьшаются затраты труда, снижается вероятность случайного внесения загрязнений в двигатель.

При эксплуатации машин очень важно найти общий критерий своевременной замены масла. Отсутствие такого критерия приводит или к

необоснованному уменьшению сроков службы масел (перерасходу масел), или к использованию моторных масел с неудовлетворительными функциональными свойствами (повышенному изнашиванию деталей двигателя или нагарообразованию). Можно заменять масло по установленному времени работы и одному весовому показателю или по нескольким диагностическим показателям, характеризующим его фактическое состояние. Комплексная оценка качественного состояния моторного масла более объективна, однако здесь существуют определенные трудности, так как диагностических показателей достаточно много.

Правильнее всего было бы применять обобщенный комплексный показатель (ОКП), который характеризует взаимосвязь и взаимозависимость состояния масла и условия работы механизмов двигателя. В этом случае можно отказаться от регламентированного срока замены масла и перейти к его замене по технико-экономической целесообразности.

Глава 12. ТРАНСМИССИОННЫЕ И ДРУГИЕ СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА

12.1. Применение и свойства трансмиссионных масел

Условия работы. Для смазывания коробок передач, раздаточных коробок, дифференциалов, механизмов рулевого управления, представляющих собой зубчатые передачи, — цилиндрические конические, червячные, гипоидные и другие — применяются смазочные масла, относящиеся к группе трансмиссионных.

Большинство передач смазываются способом погружения механизма и последующего разбрызгивания масла. В некоторых тракторах и автомобилях одновременно с разбрызгиванием для трансмиссии применяется индивидуальная смазочная система, в которой к зубьям шестерен масло подается под давлением. В практику автотракторостроения внедряются также гидротрансмиссии, в которых масло служит рабочей средой для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим механизмам.

Условия работы трансмиссионных масел существенно отличаются от условий работы моторных масел. Зубчатые передачи машин подвергаются действию весьма высоких удельных нагрузок. В червячных и конических передачах удельные нагрузки на зубья шестерен достигают 1500...2000 МПа, а в гипоидных — 3000...4000 МПа. Такой тяжелый режим работы приводит к значительному росту температуры в агрегатах трансмиссий (до 125...140 °С, а в местах контакта зубчатых зацеплений — до 250 °С).

Тракторы, комбайны и другие сельскохозяйственные машины работают в различных температурных условиях окружающей среды (от минус 60 °С в северных до 60 °С в южных районах страны). Поэтому масло должно обладать низкой температурой застывания и соответствующей вязкостью.

Внутри картера масло разбрызгивается зубчатыми передачами меха-

низмов трансмиссии и подвергается аэрации, а также каталитическому воздействию металлов смазываемых деталей.

С развитием техники условия работы трансмиссионных масел становятся все более жесткими, что требует создания высококачественных масел с комплексом различных присадок, повышающих несколько эксплуатационных свойств.

Требования к трансмиссионным маслам. Для обеспечения надежной и долговечной работы механизмов трансмиссионные масла должны выполнять следующие функции: предотвращать или уменьшать износ рабочих поверхностей зубьев шестерен и других высоконагруженных деталей; уменьшать потери на трение и обеспечивать высокий к. п. д. зубчатых передач; хорошо отводить тепло и удалять с трущихся поверхностей продукты изнашивания и другие посторонние механические примеси; не вызывать коррозии деталей механизмов трансмиссии; не вспениваться; не изменять в процессе работы своих первоначальных свойств; обеспечивать плавное трогание машины при различных температурах окружающей среды.

Данные требования соблюдаются при соответствующих физико-химических показателях масел: вязкости, вязкостно-температурной характеристике, температуре застывания, коррозионности, содержании механических примесей, смазывающей способности.

Свойства трансмиссионных масел. К ним относятся противоизносные и противозадирные, вязкостно-температурные, противокоррозионные и т. д.

Противоизносные и противозадирные свойства — основная характеристика трансмиссионных масел. Масла с такими свойствами обладают высокой смазывающей способностью, при которой на трущихся поверхностях зубьев шестерен создается прочная пленка, предотвращающая сваривание и задираание микронеровностей. Эта способность определяется наличием поверхностно-активных веществ, содержащихся в наибольшем количестве в остаточных нефтепродуктах, из которых получают трансмиссионные масла. Кроме того, для повышения противозадирных свойств в масла вводят специальные присадки, содержащие соединения хлора, фосфора, серы и цинка. Эти вещества при большом давлении и высокой температуре образуют пленки оксидов, предохраняющие металл от схватывания в точках контакта.

В качестве противоизносных и противозадирных присадок к трансмиссионным маслам наиболее широко применяются: ЛЗ-23К — дибутилксантат этилена с 38...41 % серы; ОТП — осерненный тетрамер пропилена с 20 % серы; ЭФО — продукт взаимодействия экстракта фенольной очистки остаточных масел с пентасернистым фосфором. Эти присадки добавляют к маслам в количестве до 5 %.

Очень важно, чтобы трансмиссионное масло не вспенивалось, потому что пузырьки воздуха ухудшают его противоизносные и противозадирные качества.

В трансмиссионных маслах не допускается присутствие воды и абразивных механических примесей.

Вязкостно-температурные свойства. Трансмиссионные масла представляют собой остаточные высокомолекулярные соединения, содержащие большое количество смолистых веществ, поэтому с понижением температуры их вязкость резко увеличивается. Это вызывает значительные потери мощности на преодоление трения в узлах трансмиссии, особенно при трогании машин с места. Предельная вязкость масла, при которой возможно проворачивание механизмов автомобильных и тракторных трансмиссий и трогание машин, составляет 600 Па · с. Велики потери мощности в механизмах трансмиссии зимой, когда вязкостно-температурные свойства трансмиссионных масел не соответствуют необходимым требованиям, что приводит к значительному ухудшению топливной экономичности машин. Поэтому трансмиссионные масла должны обладать оптимальной вязкостью и пологой вязкостно-температурной кривой.

Температура застывания характеризует пригодность трансмиссионного масла для применения в зимних условиях. Для понижения температуры застывания широко применяется присадка-депрессор АзНИИ, которую добавляют в масло в количестве 0,2...0,5 %.

Противокоррозионные свойства трансмиссионных масел обуславливаются отсутствием в них водорастворимых кислот и щелочей.

Марки трансмиссионных масел. В соответствии с ГОСТ 23652-79 выпускают трансмиссионные масла восьми марок (ТСП-14; ТЭп-15; ТСП-10; ТСП-14к; ТСП-15к; ТАп-15в; ТСП-14гип; ТАД-17и).

Масло ТЭп-15 содержит 5 % противоизносной присадки ЭФО и 1 % депрессора. Несколько улучшенными противозадирными свойствами по сравнению с маслом ТЭп-15 обладает масло ТАп-15В, которое содержит противозадирные присадки ОТП и ЛЗ-23К. Для эксплуатации машин в условиях низкой температуры окружающего воздуха применяют масло ТСП-10 с противоизносной присадкой ОТП.

В таблице 16 приведены марки масел, рекомендованные для трансмиссий тракторов.

16. Трансмиссионные масла, рекомендуемые для тракторов

Марка трактора	Масла, применяемые		Срок замены масла, ч
	в коробке	в трансмиссии	
Т-150, Т-150К, Т-330	Моторные группы В	ТАп-15В, ТЭп-15, ТСП-10	960
К-700, К-700А	ТАп-15В, ТЭп-15	ТСП-10, моторные группы В	Сезонный
К-701	Моторные группы В	ТАп-15В, ТЭп-15, ТСП-10	Сезонный 960
Т-130, Т-100М, Т-4А, МТЗ-80, ДТ-75, ДТ-75М, ЮМЗ-6Л, ЮМЗ-6М, Т-70С, МТЗ-50, Т-40М, Т-28Х4, Т-38М, Т-25А, Т-16М			

В таблице 17 приведены марки масел, рекомендованные для трансмиссий автомобилей.

В гипоидных передачах грузовых автомобилей используют масло ТСП-14гип, которое содержит эффективные противозадирную, моющую и противопенную присадки. Масло ТАД-17и содержит полиметакрилат Д, снижающий температуру застывания, и комплексную присадку, обеспечивающую высокие противозадирные, противоизносные антикоррозионные и антиокислительные свойства. В масло ТСП-15к входит также комплекс эффективных присадок.

17. Трансмиссионные масла, рекомендуемые для автомобилей

Модель автомобиля	Масла, применяемые		
	в коробке передач	в ведущем мосту	в рулевом управлении
ЗИЛ-130, ЗИЛ-ММЗ-555, ЗИЛ-131 и все модификации	ТАп-15В		Масло Р
КамаЗ-5320, КамаЗ-5510, КамаЗ-5410	ТСП-15К		Масло Р
ГАЗ-12, ГАЗ-21, ГАЗ-24-01, РАФ-977/ДМ, РАФ-2203, ЕрАЗ-762	ТАп-15В	ТСП-14гип	ТАп-15В
Москвич-412	ТАп-15В		ТАп-15В
ВАЗ-2101, ВАЗ-2103		ТАД-17и	ТАп-15В
Все модификации автомобилей КраЗ, Урал, МАЗ	ТСП-15к		ТАп-15В

Масло заменяют 2 раза в год при сезонном техническом обслуживании автомобиля. Если заводской инструкцией предусмотрена одна замена, то это делают при основном техническом обслуживании и применяют всесезонные трансмиссионные масла.

С 1 января 1987 г. на трансмиссионные масла вводится новый ГОСТ 17479.2-85, в соответствии с которым трансмиссионные масла делят на четыре класса по вязкости (9, 12, 18 и 34) и на 5 групп по эксплуатационным свойствам.

Ниже приведено принятое обозначение масла и обозначение масла по новому стандарту.

Принятое обозначение	ТСП-14	ТСП-10	ТЭп-15	ТСП-10	ТАД-17и
Новое обозначение	ТМ-1-18	ТМ-2-9	ТМ-2-18	ТМ-3-9	ТМ-5-18

Расшифровывается новое обозначение, например марка ТМ-2-9, следующим образом: ТМ — трансмиссионное масло; 2 — группа масла по эксплуатационным свойствам; 9 — класс вязкости.

12.2. Масла (рабочие жидкости) для гидравлических систем

Условия, в которых работают жидкости для гидравлических систем, характеризуются широким колебанием температуры окружающего воздуха ($-60 \dots 60^\circ\text{C}$); передачей больших усилий и воздействием

высоких удельных нагрузок в шестеренных насосах; запыленностью и влажностью окружающего воздуха; контактированием с различными металлами, их сплавами, резиной и другими материалами уплотнений.

Для обеспечения надежной работы гидроагрегатов к жидкостям предъявляются следующие требования. Вязкость должна быть такой, чтобы жидкость хорошо прокачивалась и незначительно изменялась при изменении температуры. Температура застывания должна быть ниже температуры окружающего воздуха. Жидкость должна обладать высокими противокоррозионными свойствами и не вызывать разрушения или разбухания резиновых и кожаных уплотнений в гидросистеме. Она должна иметь высокую смазывающую способность, чтобы обеспечивать минимальный износ трущихся деталей и снижение потерь на трение. Жидкость должна быть высоко химически и физически стабильной, не окисляться в процессе работы и не изменять своих первоначальных характеристик. Она не должна содержать механических примесей, воды и коррозионно-активных веществ.

Для применения в гидравлических системах различных машин выпускаются масла (рабочие жидкости) более 20 наименований. Их получают главным образом из нефтяных дистиллятов, добавляя в них соответствующие присадки.

Для гидросистем наиболее широко применяют веретенное масло АУ (ГОСТ 1642—75), которое обеспечивает пуск при температуре до -35°C ; максимально допустимый верхний температурный предел равен 90°C . Веретенное масло АУП (ТУ 38 101719—78) получают добавлением к маслу АУ антикоррозионной и антиокислительной присадок, что позволяет повысить максимально допустимую температуру до 125°C .

На базе индустриального И-30А введением антиокислительной, депрессорной и антипенной присадок получают гидравлическое масло МГ-30 (ТУ 38 10150—79). Оно предназначено для гидросистем с рабочим давлением до 20 МПа строительных, дорожных, подъемно-транспортных машин, эксплуатируемых на открытом воздухе в весенне-летний период в средней климатической зоне и всесезонно в южных районах.

Для всесезонной эксплуатации гидроприводов и гидроуправления промышленных тракторов выпускают гидравлическое масло М-2ИХП (ТУ 38 101770—79), которое готовят на базе индустриального И-12А с добавлением присадок, улучшающих вязкость, моющие и антиокислительные свойства.

Для гидросистем различных машин предназначено масло ВМГЗ (ТУ 38 101479—74), которое работоспособно в интервале температур $-50...50^{\circ}\text{C}$.

В качестве единого гидравлического масла используют масло МГЕ-10А (ТУ 38 101572—75). Это масло может работать в широких температурных пределах ($-60...90^{\circ}\text{C}$). При 60°C вязкость его составляет $10\text{ мм}^2/\text{с}$; температура застывания равна -70°C .

На практике в качестве рабочей жидкости для гидросистем отдельных тракторов применяют моторное масло, которое рекомендуется для

двигателей. Оно не в полной мере удовлетворяет необходимым требованиям главным образом из-за относительно высокой вязкости и несоответствующих вязкостно-температурных характеристик, а также из-за высокой зольности присадок, способствующей повышенному износу деталей.

С 1 января 1987 г. на гидравлические масла вводится новый ГОСТ 17479.3—85, в соответствии с которым гидравлические масла делят на 10 классов по вязкости (5; 7; 10; 15; 22; 32; 46; 68; 100 и 150) и на три группы по эксплуатационным свойствам (А, Б и В).

Гидравлическое масло МГЕ-10А, например, по новому стандарту будет обозначаться как МГ-15-В, где МГ — минеральное гидравлическое масло; 15 — класс вязкости; В — группа масла по эксплуатационным свойствам.

12.3. Масла для гидромеханических передач

Масла для гидромеханических передач должны обладать высокими вязкостными и противоизносными свойствами, хорошими фрикционными качествами, быть нейтральными к резиновым прокладкам и специальной бумаге, обладать противокоррозионными свойствами по отношению к алюминиевым и магниевым сплавам, а также другим металлам, из которых выполнены детали гидромеханической передачи.

Для того чтобы масла для гидромеханических передач обладали необходимыми эксплуатационными свойствами, в них вводят комплекс присадок — моющих, противоизносных, противоокислительных, противокоррозионных, фрикционных и др.

Гидравлические масла выпускают: марки ЭШ (ГОСТ 10363—78), предназначенное для гидросистем управления шагающих экскаваторов; и марки А (ТУ 38 101179—70), используемое для гидротрансформаторов автомобилей. В объемных гидроприводах ведущих колес сельскохозяйственных машин рекомендуется применять масло МГ-30У, представляющее собой гидравлическое масло МГ-30, в которое введено 1,5 % присадки ДФ-11. Физико-химические свойства этого масла не изменяются в процессе работы на максимально нагруженных режимах. В сравнении с маслами марок А и ЭШ масло МГ-30У обладает более высокими противоизносными, противозадирными и вязкостными свойствами при рабочих температурах.

Для смазки агрегатов трансмиссий колесных и гусеничных машин с планетарными зубчатыми редукторами, а также в качестве гидравлической жидкости используют трансмиссионное масло ТСЗп-8 (ТУ 38 101313—77). Его получают загущением маловязкого низкотемпературного масла полимерной присадкой (полиметакрилатом) и добавлением противозадирной, антиокислительной и противопенной присадок.

12.4. Индустриальные масла

Масла, применяемые для промышленного оборудования, называются индустриальными. К ним относится большая группа масел для смазывания различных машин и механизмов, подшипников в металлообрабатывающих станках, электродвигателей, генераторов, приборов и другого оборудования. Индустриальные масла используют также в качестве рабочих жидкостей в гидросистемах различных механизмов, для технических целей в металлообрабатывающей промышленности и т. д. Особенность условий работы этих масел — рабочая температура, практически не превышающая 50 °С.

Все индустриальные масла делятся на три группы: легкие, средние и тяжелые. Масла в группах различаются по значению вязкости, способу очистки и по некоторым другим показателям.

Индустриальные масла работают длительное время без замены, поэтому они должны быть устойчивы к окислению и не изменять своих первоначальных свойств.

Легкие масла — это приборные и сепараторные, обладающие малой вязкостью. Они рекомендуются для смазывания механизмов, работающих с большими скоростями, и для контрольно-измерительных приборов.

В соответствии с ГОСТ 20799—75 выпускают индустриальные масла марок: И-5А, И-8А, И-12А, И-20А, И-30А и И-40А, И-50А, И-70А, И-100А, а также веретенное АУ (ГОСТ 1642—75) и трансмиссионное автотракторное для промышленного оборудования (ТУ 38 101529—75).

При подборе масла для промышленного оборудования основным показателем служит вязкость, а также частота вращения вала и значение нагрузки. Чем выше частота вращения вала, тем меньше должна быть вязкость. Масла одинаковой вязкости взаимозаменяемы, хотя их свойства несколько различаются из-за способа очистки, вида сырья и т. д.

12.5. Трансформаторные (электроизоляционные) масла

Трансформаторные масла предназначены для применения в трансформаторах, реостатах, масляных выключателях и других высоковольтных электроаппаратах в качестве изолирующей и теплоотводящей среды.

Основные требования, предъявляемые к трансформаторным маслам: высокая диэлектрическая прочность или высокое пробивное напряжение; соответствующая вязкость для хорошего отвода тепла; низкая температура застывания для обеспечения подвижности масла; высокая устойчивость к окислению.

Снижение диэлектрической прочности из-за окисления углеводородов масла и образования в нем органических кислот, попадания в масло воды и различных механических примесей может привести к замыканию и аварийному состоянию электросистемы. Поэтому свойства трансформаторного масла должны быть постоянны в течение длительного времени.

К основным трансформаторным маслам относятся масло марки ТКп, которое содержит 0,02 % антиокислительной присадки, и масло марки ТК без присадки (оба масла соответствуют ГОСТ 982—80).

Для надежной работы трансформаторов масло бракуют в следующих случаях: при повышении вязкости на 10 %; при значении кислотного числа, превышающего 0,6 кг КОН/г; при появлении кислотной реакции водной вытяжки масла; при накоплении взвешенных углеродистых частиц и воды.

12.6. Специальные масла

Масла для компрессоров холодильных машин должны обладать следующими свойствами: низкой температурой застывания, пологой вязкостно-температурной кривой, хорошими антиокислительными и противокоррозионными свойствами. Эти масла не должны содержать воды и механических примесей и вызывать коррозии металлов.

В соответствии с ГОСТ 5546—86 выпускаются масла марок: ХА — дистиллятное масло, содержащее депрессор; ХА-23 и ХА-30и — смеси дистиллятных и остаточных масел. Масла этих марок предназначены для холодильных машин, работающих на аммиаке или углекислоте. Цифры в марках масел ХА-23 и ХА-30и обозначают кинематическую вязкость масла при 50 °С. Температура застывания их около —40 °С.

Для холодильных машин, работающих на фреоне, выпускают масла ХФ-12-16 с добавлением антиокислительной присадки, загущенное ХФ-22-24 и синтетическое ХФ-22С-16 с антиокислительной присадкой. Масла последних двух марок заменителей не имеют и не взаимозаменяемы.

Компрессорные масла используют для смазывания цилиндров компрессоров и герметизации камер сжатия воздуходувок. Эти масла подвергаются воздействию температуры до 250 °С и давлению 15... 20 МПа, поэтому они должны обладать достаточно высокой термической стабильностью, соответствующей вязкостью и хорошими противокоррозионными свойствами.

Компрессорные масла вырабатывают марок К-12 и К-19 из малосернистых нефтей (ГОСТ 1871—73) и КС-19 — из сернистых нефтей (ГОСТ 9243—75). Цифра в марке масла показывает кинематическую вязкость при 100 °С. Эти масла высокостабильны, температура их вспышки 220...270 °С, температура застывания около —15 °С.

Масло марки К-12 рекомендуется для смазывания горизонтальных двух- и трехступенчатых компрессоров низкого и среднего давления, а также для одноступенчатых вертикальных компрессоров; масла марки К-19 — для многоступенчатых компрессоров высокого давления.

Цилиндровые масла предназначены для смазывания паровых машин и механизмов.

Легкие цилиндровые масла применяют в машинах, работающих на насыщенном паре. Это цилиндровые 11 и 24, выпускаемые в соответ-

ствии с ТУ 38 0185—75. Кинематическая вязкость их при 100 °С 9...13 мм²/с, температура застывания — около 0 °С.

Тяжелые цилиндровые масла рекомендуются для машин, работающих на перегретом паре. Это цилиндровые 38 и 52 (ГОСТ 6411—76).

В цилиндрических маслах не допускается содержания воды, механических примесей, водорастворимых кислот и щелочей.

Турбинные масла используют для смазывания и охлаждения подшипников и вспомогательных частей паровых и водяных турбин, турбокомпрессоров и других машин с циркуляционной смазочной системой. Эти масла работают без замены, поэтому они должны обладать высокой стабильностью и хорошей деэмульгирующей способностью.

По значению вязкости турбинные масла (ГОСТ 32—74) маркируют: Тп-22 (с антиокислительной присадкой ВТИ-1); Т-22; Тп-30; Т-30; Тп-46 и Т-57. Цифры в марке масла обозначают кинематическую вязкость при 50 °С.

Турбинные масла выпускают с композицией присадок, улучшающих деэмульгирующие, антиокислительные и противокоррозионные свойства масел.

Глава 13. ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

13.1. Общие сведения о пластичных смазках

Пластичные смазки, представляющие собой густые мазеобразные продукты, сочетают в себе свойства жидких масел и твердых смазочных материалов. Вещество пластичной смазки состоит из структурного каркаса, образованного твердыми частицами загустителя (дисперсная фаза), и жидкого масла, включенного в ячейки этого каркаса (дисперсионная среда). Особенностью пластичных смазок является обратимость процесса разрушения структурного каркаса: под действием больших нагрузок каркас разрушается и смазка работает как жидкость; при снятии нагрузки каркас восстанавливается и смазка вновь приобретает свойства твердого тела.

Пластичные смазки состоят из смеси минерального масла (80...90 %) и загустителя (10...20 %); в небольшом количестве вводятся наполнители, стабилизаторы и присадки. Основное свойство смазки придает вводимый в масло загуститель. Загустители бывают мыльные и немые.

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

К немые загустителям относятся твердые углеводороды — парафины, церезины, воски, озокериты и подобные им продукты. Пластич-

ные смазки, изготовленные с применением немых загустителей, являются влагостойкими низкотемпературными смазками. Их применяют в основном для консервации и защиты машин.

13.2. Назначение и виды смазок

Пластичные смазки используют в открытых и негерметизированных узлах трения и механизмах, труднодоступных узлах трения, где следует обеспечить длительный срок службы смазки; для длительной консервации машин и рабочих поверхностей; для герметизации подвижных уплотнений; для наполнения герметизированных подшипников; для механизмов, в которых недопустимо разбрызгивание смазочного масла.

При выборе смазки определяющими факторами служат: соответствие смазки условиям работы механизма, машины; оптимизация режимов смазывания механизмов как в условиях эксплуатации, так и при консервации; расфасовка смазки, обеспечивающая сохранность свойств и наиболее экономное расходование.

В соответствии с ГОСТ 23258—78 пластичные смазки по применению делятся на *антифрикционные* (общего назначения для обычных и повышенных температур, многоцелевые, высокотемпературные и низкотемпературные); *консервационные, канатные и уплотнительные* (арматурные, резьбовые и вакуумные).

Показатели и признаки, которые определяют эксплуатационные и физико-химические свойства пластичных смазок, различают обязательные для смазок всех видов и обязательные для отдельных видов.

К обязательным показателям и признакам качества для смазок всех видов относятся: внешний вид, содержание воды и механических примесей, коррозионная активность.

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

Наиболее многочисленна группа антифрикционных смазок, назначение которых — снижение износа и трения скольжения в сопряженных узлах.

13.3. Наименование и обозначение смазок

Наименование смазки обычно состоит из одного слова, а для модификаций дополнительно используют буквенные или цифровые индексы, например солидол С, солидол Ж, Фиол-1 и т. д. Обозначение пластичной смазки характеризует ее назначение, состав и свойства. Оно состоит из пяти буквенных и цифровых индексов, которые располага-

ются в определенном порядке: группа (подгруппа) в соответствии с назначением; загуститель; рекомендованный (условный) температурный интервал применения; дисперсионная среда; консистенция.

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 в пластичной смазке обозначают также буквами русского алфавита: А — алюминиевые, Ка — кальциевые, Ба — бариевые; Ли — литиевые и т. д.

Комплексное мыло обозначают строчной буквой К русского алфавита, после которой указывают индекс соответствующего мыла: кКа, кБа и т. д. Смесь двух и более загустителей обозначают составным индексом: Ка-На, Ли-Ба, Си-Пг и т. д.

Рекомендуемый температурный интервал применения смазки обозначают дробью округленно до 10°C . В числителе указывают (без знака минус) уменьшенную в 10 раз максимальную температуру (например, индекс $\frac{3}{12}$ соответствует температурному интервалу от минус 30 до 120°C). Температурный интервал применения носит ориентировочный характер, так как допустимые значения температур зависят не только от свойств смазки, но и от конструкции и условий работы (скорость, нагрузка, срок смены смазки) смазываемого узла трения, механизма и т. п.

За минимальную температуру применения принимают такую, при которой вязкость смазки, определенная в соответствии с ГОСТ 7163—63, равна $2000 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Для приработочных, узкоспециализированных и резбовых смазок за минимальную и максимальную принимают температуры, рекомендуемые технической документацией на смазку.

Тип дисперсной среды и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами русского алфавита: Н — нефтяное масло; У — синтетические углеводороды; Г — графит и т. д.

Смесь двух и более масел обозначают составным индексом: нк, уз и т. д. На первом месте ставят индекс масла, входящего в состав дисперсионной среды в большей концентрации.

Ниже приведены примеры обозначений пластичных смазок. Смазка СКа 2/8-2: буква С — смазка общего назначения для обычных температур (солидол); Ка — загущена кальциевым мылом; $\frac{2}{8}$ — предназначена для применения при температурах минус $20 \dots 80^{\circ}\text{C}$ (вязкость смазки при минус 20°C близка к $2000 \text{ Па} \cdot \text{с}$); отсутствие индекса дисперсионной среды — приготовлена на нефтяном масле; 2 — пенетрация 265 ... 296 при 25°C .

Смазка МЛи 3/13-3: М — многоцелевая смазка; Ли — загущена литиевым мылом; 3/13 — предназначена для применения при температурах минус $30 \dots 130^{\circ}\text{C}$; отсутствие индекса дисперсионной среды — приготовлена на нефтяном масле; 3 — пенетрация 220 ... 250 при 25°C .

Смазка УНА 3/12-э3: У — узкоспециализированная смазка; На — загущена натриевым мылом; 3/12 — предназначена для применения при температурах минус 30...120 °С; э — приготовлена на сложном эфире; 3 — пенетрация 220...250 при 25 °С.

Обозначение указывают в водной части нормативно-технической документации на пластичную смазку. Наряду с обозначением смазки даны необходимые сведения о ее составе, назначении и контролируемых характеристиках.

13.4. Краткая характеристика пластичных смазок для сельскохозяйственной техники

Наиболее широко распространенными водостойкими смазками для узлов трения и качения различных машин и механизмов являются кальциевые смазки — солидолы.

Синтетические солидолы (ГОСТ 4366—76) СКа 2/7-2 готовят загущением масел средней вязкости гидратированными кальциевыми мылами синтетических жирных кислот, полученных окислением парафина. Максимальная температура применения синтетических солидолов не превышает 50...70 °С. Солидол С можно заправлять в узлы трения до температуры минус 10 °С, а пресс-солидолы С — до температуры минус 20 °С.

Синтетические солидолы обладают хорошей коллоидной стабильностью. Их используют как консервационные смазки, так как они практически не смываются дождем с открытых поверхностей.

Пресс-солидолы С используют для смазывания узлов трения шасси автомобилей; солидол С — в качестве летней и зимней смазки для различных узлов трения. К недостаткам последнего относится низкая механическая стабильность.

Жировые солидолы (ГОСТ 1033—79) в отличие от синтетических загущаются кальциевыми мылами жирных кислот, входящих в состав естественных жиров. Жировые солидолы выпускают двух марок: пресс-солидол Ж и солидол Ж. Жировые солидолы взаимозаменяемы с синтетическими.

Графитная смазка СКа 2/6-г3(УССА) (ГОСТ 3333—80) изготавливается из высоковязкого цилиндрического масла введением кальциевого мыла и графита. Эта смазка применяется для тяжело нагруженных малооборотных механизмов, в рессорах, резьбовых соединениях, торсионных подвесках машин и т. д. Температурный предел применения минус 20...60 °С.

Жировой консталин (универсальная тугоплавкая смазка УТ) (ГОСТ 23258—78) выпускается двух марок: консталин-1 — ОНа2/11-3 и консталин-2 — ОНа2/11-4, которые различаются температурой каплепадения и значением пенетрации. Получают жировые консталины загущением очищенного или выщелоченного минерального масла натриевыми мылами. Применяется для подшипников качения с температурой до 120 °С.

Автомобильная смазка ОНа-Ка 3/10-2 (ГОСТ 9432-60) предназна-

чена для смазывания подшипников ступиц колес, червячного вала коробки передач и других узлов автомобилей. Она почти нерастворима в воде, но эмульгируется при длительном пребывании во влажной атмосфере. Ввиду относительно мягкой консистенции и пониженной вязкости при обычных температурах эта смазка хорошо работает в подшипниках качения. Температура каплепадения — не ниже 150 °С.

Смазка МЛи 4/12-3 (Литол-24) (ГОСТ 21150—75) — антифрикционная многоцелевая водостойкая смазка. Предназначена для применения в узлах трения колесных и гусеничных транспортных средств и промышленного оборудования, работающих при температурах минус 40...120 °С. Изготавливается загущением минерального масла литиевыми мылами 12-оксистеариновой кислоты с добавлением антиокислительной присадки.

Смазка УЛи 4/13-эз (13-31) (ГОСТ 24300—80) представляет собой синтетическое масло, загущенное стеаратом лития и содержащее вязкостную, антиокислительную и антикоррозионную присадки.

Назначение смазки — закрытые подшипники качения, которые работают в интервале температур от минус 40 до 130 °С.

Смазка ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267—74) предназначена для смазывания приборов и механизмов, работающих с малым усилием сдвига при температурах минус 60...90 °С.

Карданная смазка УНа 2/10-2 (АМ) (ГОСТ 5730—51) применяется при смазывании поворотных цапф переднего ведущего моста автомобилей. Температура каплепадения не ниже 115 °С, пенетрация 220...270 при 25 °С.

Смазка Униол относится по составу к комплексным кальциевым смазкам, приготовленным на мылах высоко- и низкомолекулярных кислот. Униол водостоек даже в кипящей воде. Минимальная температура применения униола примерно одинакова с солидолом С; хорошо выдерживает рабочую температуру 150...160 °С; обладает хорошей коллоидной устойчивостью и высокими противозадирными свойствами. Недостаток униола — гигроскопичность, поэтому его хранят в герметичной таре. Эти недостатки устранены в Униоле-1, приготовляемом на вязком авиационном масле.

Униол можно применять в качестве единой автомобильной смазки взамен солидола, смазки 1-13 и др.

Высокотемпературные смазки предназначены для узлов трения, работающих при температуре 150...250 °С. К этим смазкам относятся самолетомоторная тугоплавкая СТ (ГОСТ 5573—67), ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433—80) и др.

Низкотемпературные смазки используют при низких температурах. К ним относятся смазки ЦИАТИМ-201 и ЦИАТИМ-203, ГОИ-54п и др.

Консервационные смазки — это смазки, содержащие загуститель церезин. Смазку НТ 5/5-3 (ГОИ-54п) (ГОСТ 3276—74) применяют для смазывания приборов и механизмов, работающих при температурах минус 40...50 °С и защиты металлических поверхностей от коррозии.

Пластичная смазка ЗТ 5/5-5 пушечная (ГОСТ 19537—83) предназна-

чена для защиты от коррозии металлических изделий при температуре $-50 \dots 50^\circ \text{C}$ в условиях складского хранения и на открытых площадках под навесами и чехлами. Смазку получают сплавлением петролатума с вязким остаточным маслом, куда дополнительно вводят 5 % церезина и присадку. Она обладает высокой водостойкостью и стабильностью, нерастворима в воде, что позволяет защищать детали от коррозии в течение 10 лет.

Этой смазке аналогична выпускаемая смазка марки ПВК.

13.5. Требования к смазкам для автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин

Для того чтобы пластичные смазки надежно работали в различных условиях, они должны обладать следующими качествами:

высоким пределом прочности, чтобы удерживаться на вертикальных и наклонных плоскостях, движущихся деталях и трудногерметизируемых узлах трения; соответствующим значением пенетрации, т. е. не вытекать из узла; определенным температурным пределом работоспособности, т. е. необходимой температурой каплепадения; стабильностью первоначальных свойств; хорошими противокоррозионными и защитными свойствами, высокими противозносными и противозадирными качествами.

Смазки для автомобилей. В автомобилях смазыванию подлежат подшипники качения ступиц колес, шарниры рулевого управления, подшипники водяного насоса, выжимные подшипники сцепления и т. д. Условия работы в этих узлах трения неодинаковы. Поэтому в автомобиле применяются смазки, различные по своему назначению и эксплуатационным свойствам.

В связи с тем что стоимость смазочных операций составляет весомую часть расходов на техническое обслуживание, перспективным направлением следует считать применение подшипников с разовым смазыванием.

Наиболее широко распространенные смазки для автомобилей — автомобильная, синтетический солидол и жировой пресс-солидол, Литол-24, ЦИАТИМ-201, карданная АМ, графитовая 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 узлов рекомендуется солидол С, Литол-24; для выжимных подшипников генератора — ЦИАТИМ-201; для рессор — графитовая; для шарниров полуосей и переднего ведущего моста — карданная АМ, Литол-24; для консервации — солидол С.

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

Расход смазок при эксплуатации автомобилей — 0,1...0,2 кг на 100 л используемого топлива.

Смазки для тракторов. В тракторах смазывают узлы трения подвески, ходовой части, управления. В основном используют солидол С,

как температура в катках, ступицах колес, карданных валах, подшипниках сцепления не превышает 50...60 °С.

Кроме солидола С, для подшипника водяного насоса, главной передачи, сцепления применяют смазку 1-13, для генераторов — ЦИАТИМ-201.

Для консервации рекомендуется солидол С или пушечная смазка. В зависимости от вида узла трения трактора срок службы смазки составляет от 8 до 500 ч работы.

В большинстве тракторов пластичных смазок потребляется 0,5...0,8 % от расхода топлива.

Смазки для сельскохозяйственных машин. Сельскохозяйственные машины работают с низкими скоростями и температурами и при относительно небольших нагрузках, поэтому для смазывания их узлов трения и подшипников применяют главным образом солидолы. Расход пластичных смазок для простых сельскохозяйственных машин составляет 10...15 г/га, для комбайнов — 100...140 г/га.

Для консервации сельскохозяйственных машин используют разнообразные смазки; в последнее время широко применяют углеводородную защитную смазку.

Наиболее распространена для пластичных смазок тара в виде деревянных и металлических бочек вместимостью от 50 до 200 л, фанерных цилиндрических барабанов (40 л), прямоугольных бидонов из белой жести с широким горлом (18 и 20 л), цилиндрических банок из белой жести (1 л) и алюминиевых туб (0,05 л).

В герметичной таре смазки хранят несколько месяцев, а иногда и лет.

13.6. Методы оценки основных свойств смазок

Пластичные смазки при небольших нагрузках ведут себя как твердые тела, а при увеличении нагрузки — как жидкие. Поэтому для оценки качества смазки служат их упругопластические и прочностные характеристики.

Предел прочности — важнейшая эксплуатационная характеристика смазки. Ее находят с помощью пластомера К-2 (ГОСТ 7143—73). Метод основан на определении давления, под действием которого при заданной температуре происходит сдвиг смазки в капилляре пластомера.

Пенетрация характеризует густоту смазки. Значение пенетрации, выражаемое целым числом десятых долей миллиметра по шкале пенетрометра, представляет собой глубину погружения в смазку стандартного конуса под действием собственной массы (150 г) в течение 5 с. Если пенетрация смазки равна 250, это значит, что конус за 5 с опустился в смазку на глубину 25 мм. Чем выше значение пенетрации, тем меньше густота данной смазки. Смазки с большим значением пенетрации применяются зимой, с меньшим — летом. Пенетрацию смазок определяют в соответствии с ГОСТ 5346—78.

Температура каплепадения характеризует температуру плавления смазки и определяется в соответствии с ГОСТ 6793—78 специальным прибором (рис. 22).

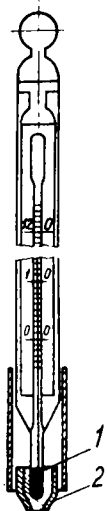


Рис. 22. Прибор (термометр) для определения температуры капли падения пластичных смазок:

1 — ртутный шарик; 2 — стеклянный колпачок.

Практически установлено, что смазка сохраняет работоспособность до температуры на $15...20^{\circ}\text{C}$ меньшей температуры ее каплепадения.

Стабильность характеризует сохранение смазкой своих первоначальных свойств в условиях хранения и применения. Для смазки, представляющей собой коллоидную систему, важны: физическая и химическая стабильность; инертность к воде, агрессивным средам, окислению кислородом воздуха и т. д.

Одним из показателей стабильности служит испаряемость, которая характеризует испарение из смазки ее дисперсионной среды. Испаряемость смазок в наибольшей степени зависит от температуры, причем потеря легких фракций происходит более интенсивно у смазок, изготовленных на базе маловязких нефтяных масел. Показатель испаряемости имеет большое значение для характеристики смазок, предназначенных для работы при высокой температуре и в вакууме.

Испаряемость оценивают потерей массы смазки в условиях определенных температуры и времени (ГОСТ 79341—74).

Стабильность различают коллоидную, механическую и химическую (против окисления).

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

Противозадирные и противоиозносные свойства — важнейшая характеристика смазок. Они особенно важны для смазок, применяемых в узлах с высокими контактными напряжениями и скоростями скольжения. Эти свойства оценивают с помощью различных машин трения.

Антикоррозионные свойства — важнейшие показатели смазок для обеспечения надежной работы трущихся или перекатываемых металлических поверхностей. Коррозионную активность смазок определяют по ГОСТ 79345—74. Металлические пластины погружают в смазку, выдерживают в течение определенного времени при повышенной температуре и затем осматривают. Браковочным признаком служит изменение цвета пластины, появление на ней коррозионных точек и пятен.

Защитные свойства пластичных смазок определяют в соответствии с ГОСТ 0.054—75. На металлическую пластину наносят слой смазки, выдерживают ее в условиях повышенной относительной влажности воздуха и температуры без конденсации, а также с периодической или постоянной конденсацией влаги на образце. Затем сравнивают цвет и

блеск поверхности испытуемой пластинки с качеством образцовой.

Существуют другие оценочные показатели, которые применяют в зависимости от назначения смазки и условий ее работы.

Глава 14. ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО И ЭКОНОМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

14.1. Пути рационального использования и экономии нефтепродуктов

Задача всех работников сельского хозяйства — полное исключение потерь нефтепродуктов. Рациональное использование и экономия нефтепродуктов позволяют получить не только экономический эффект, заключающийся в стоимости сэкономленного нефтепродукта, но и в значительной степени сохранить топливные ресурсы страны.

Топливо, смазочные масла, пластичные смазки и технические жидкости нужно экономить на всех участках их использования. Этого достигают при технически правильной организации транспортирования, слива и хранения нефтепродуктов, а также при грамотном применении их в процессе эксплуатации машинно-тракторного парка.

Сохранение качества используемых нефтепродуктов очень важно для обеспечения надежной и долговечной работы сельскохозяйственных машин.

Предупреждение потерь и утечек нефтепродуктов — одно из мероприятий по защите окружающей среды. Утечка только 1 г нефтепродукта загрязняет 10 м³ воды, а содержание 10 г его в 1 м³ воды делает ее ядовитой. Рыба в такой воде гибнет, вода непригодна для питья и приготовления пищи.

Под действием растекающихся нефтепродуктов гибнет растительность.

При обращении с нефтепродуктами и эксплуатации машинно-тракторного парка необходимо выполнять следующие правила:

- знать ассортимент и свойства нефтепродуктов, применяемых для тракторов, автомобилей, комбайнов и сельскохозяйственных машин;

- правильно организовать работу нефтесклада колхоза (совхоза) и бригадных постов заправки и оснастить их необходимыми техническими средствами, обеспечивающими механизированный слив, выдачу и заправку;

- использовать наряду со стационарным оборудованием передвижные механизированные средства для заправки машин в поле только отстоянным топливом;

- обеспечить соответствующее хранение нефтепродуктов, не допуская ухудшения их первоначальных качеств за счет загрязнения, обводнения, испарения и окисления;

- применять для транспортирования нефтепродуктов специальные технические средства, не допускающие загрязнения и утечек;

проводить правильное техническое обслуживание тракторов, автомобилей и комбайнов;

наладить систематический контроль качества используемых нефтепродуктов и не допускать применения для машинно-тракторного парка топлива и смазочных материалов, несоответствующих требованиям ГОСТ;

контролировать применение и разрабатывать технически обоснованные нормы расхода топлива и смазочных материалов, особенно для новой техники;

соблюдать установленные правила по технике безопасности и противопожарным мероприятиям на всех участках при хранении, транспортировании и использовании нефтепродуктов;

организовывать в рамках РАПО специальный отряд, обеспечивающий централизованный завоз нефтепродуктов в хозяйства, а для централизованного технического и технологического обслуживания и ремонта оборудования нефтебаз — специализированное звено, работающее по сетевому графику.

Транспортирование и слив. Нефтепродукты следует перевозить в технически исправных герметизированных автоцистернах, что обеспечивает чистоту топлива и до минимума сокращает потери от разлива и испарения.

Чтобы уменьшить потери при заполнении автоцистерн, рекомендует заправлять их не открытой струей, что приводит к разбрызгиванию и испарению топлива, а способом нижнего налива под уровень. В этом случае потери бензина сокращаются примерно в 3 раза.

Необходимо следить за герметичностью всех соединений и уплотнений автоцистерн, исправностью дыхательных клапанов. Для уменьшения нагревания цистерны окрашивают в светлые тона. При выдаче топлива полностью сливают из соединительных рукавов и шлангов.

Хранение топлива и смазочных материалов. В результате неплотного соединения трубопроводов, негерметичности люков и крышек резервуаров, неисправности дыхательных клапанов, трещин в сварных швах и нагревания солнечными лучами топливо может утекать, окисляться, а также загрязняться пылью воздуха и атмосферной влагой. В результате этого происходят количественные потери нефтепродукта и снижается его качество, что приводит к невозможности его использования.

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

Для временного ремонта резервуаров используют аварийные смазки или клей. Выпускают специальный набор ОП-1764, в который входят материалы и инструменты для ремонта с помощью полимерных материалов.

Замазки состоят из эпоксидной смолы ЭД-5 или ЭД-6, отвердителя

полиэтиленполиамины, пластификатора дибутилфталата и наполнителей — тонкоизмельченных порошков (цемент, алюминиевая пудра и т. д.).

Большое количество нефтепродуктов теряется в результате нагревания резервуаров солнечными лучами. Из бензина испаряются легкие фракции, что ухудшает пуск двигателя и снижает противодетонационные качества бензина. На таком бензине двигатель будет работать неэкономно, повысится изнашивание деталей. При нагревании топливо окисляется, образуются смолисто-асфальтовые соединения. Они вызывают усиленное нагарообразование в камере сгорания двигателя, что способствует повышению его теплонапряженности и снижению экономичности. Все это вызывает уменьшение межремонтного срока работы двигателя

18. Потери топлива при работе технически неисправных машин

Наименование неисправности	Перерасход топлива, % от расхода по норме
<i>Система питания</i>	
Подтекание трубопроводов и бензобака	0,1 ... 0,4
Неплотное закрытие бензобака (отсутствие стандартной пробки)	0,7
Негерметичность клапана экономайзера карбюратора	10 ... 15
Увеличение отверстия жиклера на 10 %	5 ... 7
Неисправность одной форсунки	30 ... 35
Засорение впускного трубопровода воздухоочистителя	2 ... 3
Отложение смол в выпускном патрубке	7 ... 8
Работа трактора без стакана пылеотстойника	0,5
<i>Система зажигания</i>	
Неправильная установка угла опережения зажигания	5 ... 6
Отказ вакуум-регулятора	4 ... 6
Ошибка в регулировке контактов прерывателя (на 0,2 мм)	7 ... 10
Неработающие свечи (одна-две в шестицилиндровом двигателе)	25 ... 60
<i>Система охлаждения</i>	
Накипь в радиаторе (более 1 мм)	7 ... 8
Понижение температуры охлаждающей жидкости до 40 ... 50 °С	8 ... 10
<i>Цилиндропоршневая группа и газораспределение</i>	
Неправильная регулировка зазора между клапанами и толкателями	5 ... 7
Износ цилиндропоршневой группы (на 0,01 см)	0,5
Нагар в камере сгорания	5 ... 6
<i>Ходовая часть</i>	
Неправильная регулировка сцепления, подшипников, тормозов	10 ... 20
Неправильная регулировка схождения передних колес	5 ... 7
Снижение давления воздуха в шинах, МПа:	
на 0,05 ... 0,1	4 ... 5
на 0,15	17 ... 20

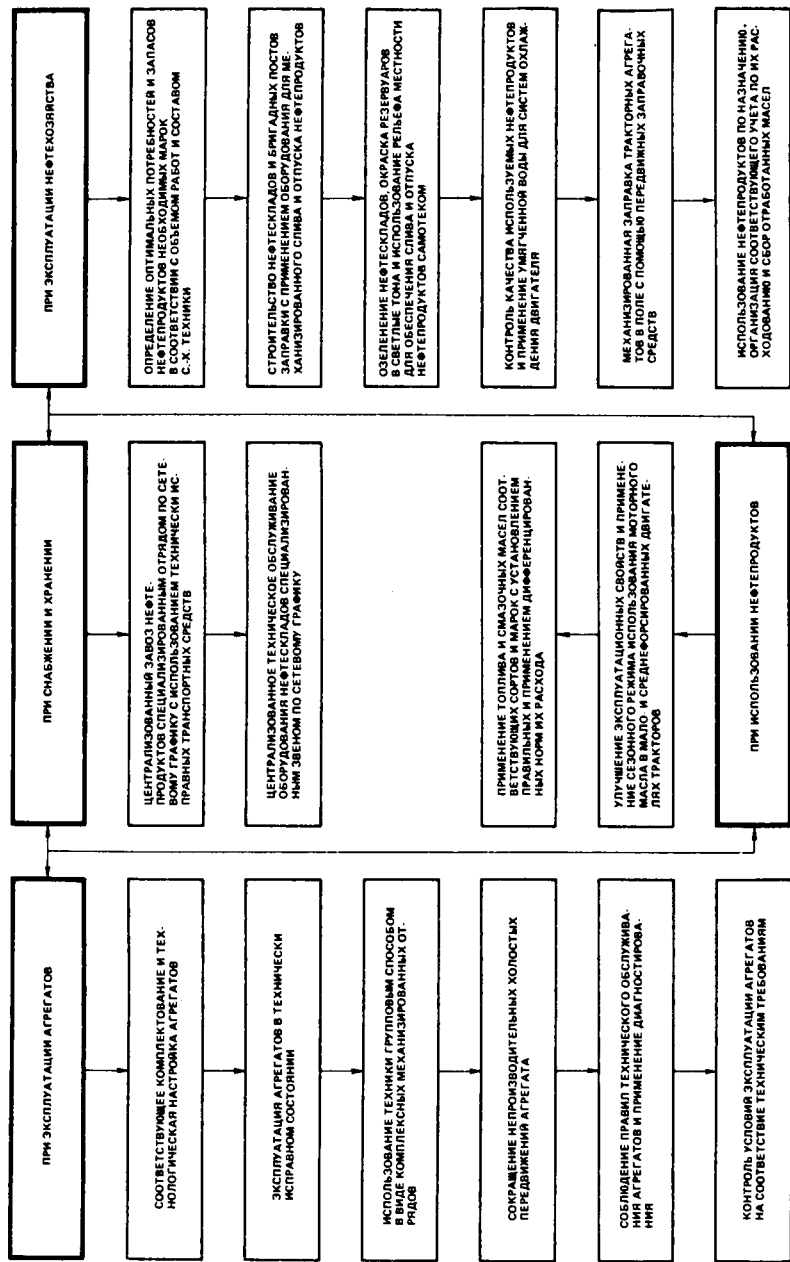


Рис. 23. Резервы экономии нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

на 20...30 % и повышение расхода топлива примерно на 6...8 %.

Резервуар для хранения топлива нагревается солнечными лучами меньше, если он окрашен в светлые цвета и находится в тени. Например, в резервуаре, окрашенном в темный цвет, температура топлива 30 °С и выше, а в резервуаре, окрашенном в светлый цвет, — около 12 °С.

Установлено, что за год хранения в результате испарения потери бензина составляют: при черном цвете резервуара — 1,24 %; при красном — 1,14; при сером — 1,03; при серебристом — 0,83 %.

Эффективным средством борьбы с потерями бензина от испарения служит подземная установка резервуаров. В этом случае потери от испарения уменьшаются практически в 3 раза.

Организация эксплуатации машинно-тракторного парка. Вопросы правильной организации использования сельскохозяйственной техники — первостепенное в деле экономии нефтепродуктов. Один из способов экономного расходования топлива — наиболее полная загрузка мощности двигателя машины. При эксплуатации трактора с загрузкой мощности двигателя меньше нормальной удельный расход топлива на единицу мощности значительно возрастает. Следовательно, при выполнении одинакового объема работ тракторами с разной загрузкой мощности двигателя расход топлива на единицу выполняемой работы будет различным. Так, при загрузке двигателя трактора, составляющей около 60 % от номинальной, расход топлива на единицу выполняемой работы повышается на 30 %. При среднем расходе топлива около 10 кг на один условный эталонный гектар эксплуатация 100 тракторов с недогрузкой мощности двигателей на 30...40 % приводит к перерасходу приблизительно двух тонн топлива за одну смену.

Несвоевременное техническое обслуживание, например воздухоочистителя двигателя, приводит к значительному повышению сопротивления воздуха, поступающего в камеры сгорания, и вызывает снижение мощности двигателя на 2...3 %. При этом удельный расход топлива повышается на 3...4 %. Потери топлива при неисправности двигателя и механизмов машины приведены в таблице 18.

Значительную экономию топлива дает рациональное использование машинно-тракторного парка и главным образом сокращение холостых передвижений агрегата.

При эксплуатации сельскохозяйственной техники необходимо постоянно находить и использовать новые пути экономии нефтепродуктов.

На рисунке 23 приведены основные резервы экономии топлива и смазочных материалов в сельскохозяйственном производстве.

14.2. Сбор и регенерация отработанных нефтепродуктов

Мероприятия по сбору и регенерации отработанных нефтепродуктов позволяют не только экономить топливо и смазочные материалы, но и предотвращать загрязнение окружающей среды. В соответ-

ствии с ГОСТ 21046—81 предприятия различных отраслей народного хозяйства сдают отработанные нефтепродукты специальным организациям для регенерации, переработки и других вариантов использования.

Отработанные нефтепродукты в зависимости от условий применения и назначения делятся на три группы: масла моторные отработанные (ММО); масла индустриальные отработанные (МИО), а также турбинные и компрессорные; смесь нефтепродуктов отработанных (СНО) (масел, бензина, керосина и дизельного топлива).

В отработанные нефтепродукты первых двух групп при их сборе не следует сливать или подмешивать бензин, керосин, нигрол, смазки и другие вещества. Смазочные масла этих 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 смазочным маслам.

Чтобы обеспечить возможность регенерации и дальнейшего использования отработанных нефтепродуктов третьей группы, а также рационального использования полученных регенерированных масел, в СНО запрещается сливать синтетические, коррозионно-агрессивные, токсичные вещества и другие продукты не нефтяного происхождения.

В соответствии со стандартом установлены определенные физико-химические показатели качества отработанных нефтепродуктов различных групп.

Отработанные нефтепродукты из колхозов и совхозов, со станций и других мест выдачи или сбора поставляют нефтебазам в бочках или автоцистернах. Хозяйствам, сдавшим отработанные нефтепродукты на нефтебазы, оплачивают их стоимость согласно утвержденным расценкам.

В колхозах и совхозах сбор отработанных смазочных масел и других нефтепродуктов организуют в бригадах на пунктах технического обслуживания автомобилей и тракторов, на нефтескладах, стационарных постах заправки машин, а также в ремонтных мастерских. При сборе нефтепродукты сливают в тару через воронки с сеткой, размер ячейки которой не превышает 1 см^2 . На таре указывают наименование сливаемого нефтепродукта.

14.3. Материальное поощрение за экономию топлива

В соответствии с действующим положением за экономию топлива и смазочных материалов при условии соблюдения агротехнических требований выполнения механизированных работ премии выплачивают в следующих размерах: трактористу-машинисту — 70 % стоимости сэкономленных им топливосмазочных материалов; бригадиру тракторно-полеводческой бригады — 7, помощнику бригадира — 3; мастеру-наладчику — 5; заправщику — 3 % стоимости топливосмазочных материалов, сэкономленных в бригаде; заведующему нефтескладом — 3 %; рабочим ремонтных мастерских, занятых регулировкой топливной

аппаратуры, — 5 % стоимости топлива и смазочных материалов, сэкономленных в целом по хозяйству.

За перерасход топлива и смазочных материалов по вине работников с тракториста-машиниста удерживают 50 % стоимости перерасходованных им материалов; с бригадира тракторно-полеводческой бригады — 10; с помощника бригадира — 5; с заправщика — 5 % стоимости топлива и смазочных материалов, перерасходованных в бригаде.

В случае, когда перерасход топлива и смазочных материалов допущен не по вине работников, его в пределах 30 % от установленных норм списывает руководитель хозяйства.

Перерасход топлива и смазочных материалов свыше 30 % от установленных норм, допущенный не по вине работников, а в результате выполнения сельскохозяйственных работ в сложных условиях, списывает руководитель вышестоящей организации.

При выполнении тракторных работ с нарушением установленных агротехнических требований с тракториста-машиниста удерживают 50 %, а с бригадира тракторно-полеводческой бригады 10 % стоимости топлива-смазочных материалов, израсходованных на работу, выполненную недоброкачественно.

При выплате премии за перерасход удерживают в конце каждого квартала. Если перерасход топлива и смазочных материалов, допущенный в предыдущих кварталах, восполнен полностью или частично в следующих кварталах, то проводят перерасчет с возвратом ранее удержанных сумм соответственно сэкономленному количеству топлива и смазочных материалов.

Окончательный расчет премий за экономию топлива и смазочных материалов и удержаний за их перерасход выполняют в конце календарного года по действительным результатам за год.

Премирование за экономию топлива и смазочных материалов и материальная ответственность за их перерасход осуществляют только в тех хозяйствах, где внедрены технически обоснованные нормативы расхода нефтепродуктов.

За экономию бензина и дизельного автотракторного топлива при эксплуатации автомобилей водителям выплачивают вознаграждение в размере до 95 % стоимости нефтепродуктов.

На премирование рабочих, занятых регулировкой двигателей и узлов системы питания и электрооборудования, отводится до 10 % стоимости топлива, сэкономленного на всех закрепленных за ними автомобилях.

На премирование инженерно-технических работников разрешается расходовать до 5 % стоимости сэкономленного топлива.

За перерасход сверх установленных норм по вине водителей автомобилей с них удерживают 100 % стоимости перерасходованного топлива.

При исчислении премий водителям автомобилей и трактористам-машинистам совхозов и других государственных сельскохозяйственных предприятий за экономию топлива и смазочных материалов против установленных норм исходят из оптовых цен, действующих в данном году, а при удержании за перерасход — из государственных розничных цен.

ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Глава 15. ЖИДКОСТИ ДЛЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

15.1. Назначение и требования к охлаждающим жидкостям

В процессе работы двигателя внутреннего сгорания для обеспечения его нормального состояния необходимо постоянно отводить теплоту от нагреваемых деталей.

Количество теплоты, отводимой при охлаждении в зависимости от типа двигателя и способа охлаждения, колеблется в пределах 25 ... 35 % от общей теплоты, выделяющейся при сгорании рабочей смеси. Если не обеспечить оптимальное охлаждение двигателя, то перегревание его, так же как и переохлаждение, будет в значительной степени нарушать нормальные условия его работы.

Вследствие перегрева может произойти:

преждевременное самовоспламенение рабочей смеси и детонация; ухудшение работы смазочной системы; заклинивание перегретых деталей двигателя; пригорание поршневых колец и клапанов; ухудшение наполнения цилиндров топливно-воздушной смесью; увеличение потерь мощности на преодоление трения.

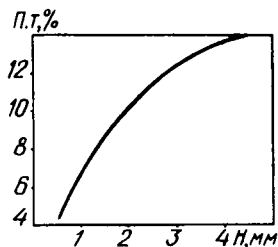
Вследствие переохлаждения двигателя может произойти:

снижение индикаторной мощности из-за повышенной теплоотдачи; резкое увеличение потерь мощности на преодоление трения от увеличения вязкости моторного масла; значительное ухудшение смесеобразования и сгорания топлива; повышение изнашивания деталей цилиндро-поршневой группы двигателя из-за конденсации топлива; стекания его по стенкам гильз цилиндров и смывания смазочного масла, а также разжижения моторного масла; образование низкотемпературных отложений в картере двигателя и на маслофильтрующих элементах.

Охлаждение автотракторных двигателей может быть воздушным и жидкостным. При воздушном охлаждении двигателей блок цилиндров обдувается воздухом и теплота отводится непосредственно в атмосферу. Водяное охлаждение двигателей более распространено. В этом случае теплота от нагреваемых деталей двигателя передается жидкости, омывающей их поверхности, жидкость нагревает радиатор, обдуваемый воздухом. Далее с воздухом теплота уходит в атмосферу.

Надежность системы охлаждения в значительной мере зависит от свойств применяемой жидкости. Она должна отвечать следующим основным требованиям: иметь достаточно высокие температуры кипения

Рис. 24. Влияние толщины слоя накипи H в водяной рубашке двигателя на перерасход топлива Π . Т.



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

В качестве охлаждающих жидкостей для двигателей внутреннего сгорания широко применяют воду. Существенный недостаток ее как охлаждающей жидкости — высокая температура замерзания, что затрудняет применение в зимнее время. Из-за этого при длительной остановке двигателя необходимо сливать охлажденную воду из системы.

Опасность применения воды при минусовой температуре окружающего воздуха заключается в том, что замерзание ее в системе охлаждения приводит к разрушению двигателя из-за возникновения трещин в головке и блоке цилиндров, в трубках сердцевины радиатора и т. п.

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. На рисунке 24 графически изображена зависимость перерасхода топлива от толщины слоя накипи на водяной рубашке двигателя.

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

Основные задачи при применении воды как охлаждающей жидкости — обеспечение необходимого температурного состояния ее зимой, предупреждение процессов накипобразования и коррозии в процессе эксплуатации двигателя.

При отрицательной температуре окружающего воздуха применяют низкозамерзающие охлаждающие жидкости — антифризы. Они также не полностью удовлетворяют необходимым требованиям. Коэффициент их расширения относительно высок, что не позволяет полностью заливать систему охлаждения. Многие из антифризов отрицательно действуют на уплотнительные резинотехнические изделия, сравнительно дороги и т. д. Основное положительное их качество — низкая температура замерзания, что обеспечивает надежную работу системы охлаждения в холодное время года.

Наличие в воде растворенных солей при нагревании приводит к образованию накипи — отложений с высокой твердостью и низким коэффициентом теплопроводности. По внешнему виду накипь представляет собой плотно приставший к поверхности металла слой темно-серого или коричневого цвета. Толщина накипи на водяной рубашке двигателя может быть от десятых долей до нескольких миллиметров. По составу накипи представляют собой смеси различных химических соединений кальция и магния ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4 , CaCO_3 , MgCO_3 и т. д.).

В воде могут находиться также взвешенные механические примеси, которые забивают отверстия трубок радиаторов и ухудшают циркуляцию воды в системе. Эти примеси из воды можно удалить отстаиванием или фильтрованием. Соли жесткости на фильтре не задерживаются.

Жесткость воды определяется содержанием в ней ионов кальция и магния. Различают общую, карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную) жесткость.

Общая жесткость характеризуется суммарным содержанием в воде ионов кальция и магния, входящих в состав всех солей: хлоридов, сульфатов, бикарбонатов, нитратов и силикатов. Измеряется жесткость в миллиграммах-эквивалентах на один литр воды (мг-экв/л). Один миллиграмм-эквивалент жесткости соответствует содержанию в одном литре воды 20,04 мг кальция (Ca^{2+}) или 12,16 мг магния (Mg^{2+}).

Карбонатная жесткость обуславливается содержанием в воде растворенных двууглекислых солей — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Эти соли при нагревании выше $80 \dots 85^\circ\text{C}$ разлагаются с выделением осадков — карбонатов кальция CaCO_3 , гидроксида магния $\text{Mg}(\text{OH}_2)$, углекислого газа и воды.

В связи с этим карбонатная жесткость воды иначе называется временной жесткостью.

Некарбонатная жесткость обуславливается присутствием в воде всех остальных солей кальция и магния: хлоридов CaCl_2 , MgCl_2 ; сульфатов CaSO_4 , MgSO_4 ; силикатов CaSiO_3 , MgSiO_3 и нитратов. При кипячении воды эти соли не выпадают в осадок, поэтому некарбонатная жесткость иначе называется постоянной жесткостью.

Вода считается мягкой, если в ней содержится солей до 3 мг-экв/л, средней жесткости — от 3...6 и жесткой — более 6 мг-экв/л. Вода жесткостью выше 3 мг-экв/л, предназначенная для систем охлаждения, подлежит обязательному умягчению.

Умягчение проводят с целью удаления из воды катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Этот процесс можно осуществить термически и химически.

При термическом способе умягчения воду нагревают до $85 \dots 110^\circ\text{C}$. Соли карбонатной жесткости разлагаются с образованием трудно-растворимых, выпадающих в осадок, карбоната кальция и гидроксида магния. Одновременно частично удаляются углекислый газ и кислород.

При химическом способе умягчения используют два принципиально различных метода — осаждение и катионный обмен.

О с а ж д е н и е состоит в переведении содержащихся в воде катионов кальция и магния растворимых солей в малорастворимые соединения, выпадающие в осадок. Этому достигают введением в воду гидроксильных OH^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов. Для этой цели служат известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, едкий натр NaOH , кальцинированная сода Na_2CO_3 и тринатрийфосфат Na_3PO_4 .

К а т и о н н ы й о б м е н основан на способности некоторых нерастворимых в воде веществ, называемых катионитами, заменять свой катион на катионы солей в процессе фильтрования воды через слой катионита. К минеральным катионитам относятся природные минералы — глауконит, группа цеолитов и др.

Определение жесткости воды возможно массовым и объемным способами.

При массовом способе жесткость J (мг-экв/л) находят по содержанию Ca^{2+} и Mg^{2+}

$$J = \text{Ca}^{2+}/20,04 + \text{Mg}^{2+}/12,16. \quad (32)$$

К объемным относятся наиболее широко применяемые щелочной и мыльный способы. При щелочном способе соли жесткости осаждают растворами едкого натра и карбоната натрия, прибавляемыми в избытке. По количеству щелочи, затраченной на реакцию осаждения, судят о жесткости воды. При мыльном способе в воду добавляют олеат калия, после реакции с которым солей кальция и магния появляется пена.

Щелочность воды характеризует содержание в ней бикарбонатных HCO_3^- , карбонатных CO_3^{2-} и гидроксильных OH^- ионов в сочетании с катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ .

Щелочность воды (мг-экв/л) определяют титрованием 100 мл воды 0,1 н. раствором соляной кислоты с индикаторами фенолфталеином и метилоранжем. Делают это так. В цилиндр наливают 100 мл исследуемой воды и добавляют три-четыре капли метилоранжа, а затем титруют 0,1 н. раствором соляной кислоты до перехода окраски воды из желтой в оранжевую. Количество израсходованного 0,1 н. раствора кислоты численно равно щелочности воды.

15.3. Способы умягчения воды и удаления накипи

Кипячение. При кипячении воды соли-накипеобразователи карбонатной (временной) жесткости разлагаются и выпадают в осадок. Перед употреблением умягченную воду отстаивают и фильтруют через матерчатый фильтр. Кипячение воды — это наиболее простой способ ее умягчения, однако для него требуется значительный расход энергии.

В целях экономии воду, спускаемую из системы охлаждения, следует собирать в емкость, отстаивать, а затем повторно заливать в систему охлаждения.

Для системы охлаждения двигателей пригодна дождевая и талая вода, не содержащая солей жесткости.

Обработка тринатрийфосфатом. В этом случае используют отдельную емкость, обычно деревянную бочку. Предварительно готовят насыщенный раствор из расчета 3 кг технического тринатрийфосфата на 10 л воды, который несколько раз перемешивают, а затем отстаивают. Для осаждения 1 мг-экв солей в 1 л воды требуется 20 мг безводного тринатрийфосфата. В 1 л насыщенного раствора содержится 100 г безводного тринатрийфосфата, т. е. 1 л приготовленного раствора достаточно для умягчения 200 л воды с жесткостью около 9 мг-экв/л.

После добавления тринатрийфосфата воду четыре раза тщательно перемешивают через каждые 15 мин, дают ей отстояться, после чего фильтруют. Очищенную воду заливают в систему охлаждения двигателя.

Фильтрация через глауконитовый фильтр. При прохождении жесткой воды через глауконитовый фильтр ионы кальция и магния обмениваются на ион натрия из глауконита. Таким образом вода умягчается. Глауконитовый фильтр (рис. 25) представляет собой емкость, в которую помещено 40 кг глауконита. Высота его слоя примерно 350...370 мм. Производительность такого аппарата составляет 250...300 л умягченной воды при ее начальной жесткости не более 18 мг-экв/л. После длительной работы фильтр срабатывается. Для восстановления первоначальных свойств его регенерируют. С этой целью в фильтр на 10 ч заливают 10 %-ный раствор поваренной соли. На одну регенерацию расходуется 0,5 кг соли. После выдержки глауконитовый фильтр промывают водой, и он вновь становится пригодным для умягчения воды.

Помимо глауконита, в качестве вещества, обладающего теми же обменными свойствами при умягчении воды, применяется искусственно приготовленное соединение — пермутит. В этом случае фильтр носит название пермутитового.

Магнитная обработка воды. Аппараты для магнитной обработки изготавливают с постоянными (рис. 26) и электрическими магнитами. Первые конструктивно проще, не требуют источника питания и постоянного наблюдения при эксплуатации. К недостаткам их относится то, что с течением времени они размагничиваются, особенно если при эксплуатации они подвергаются механическим ударам, сильному нагреванию или воздействию блуждающих токов.

При магнитном способе соли жесткости выделяются в виде твердой фазы — шлама, который легко удаляется из воды при фильтровании.

Применение антикоррозионных присадок и антинакипинов. В тех случаях, когда затруднено применение умягченной воды, а также для повышения ее антикоррозионных свойств в систему охлаждения вводят присадки, которые предотвращают образование накипи и образуют защитные антикоррозионные пленки. Для этих целей широко используется соль $K_2Cr_2O_7$. При жесткости воды 8...9 мг-экв/л ее добавляют не более 10 г на 1 л воды. Эффективны также фосфаты натрия. Эти вещества переводят накипеобразующие соли кальция и магния в рыхлые осадки,

Рис. 25. Глауконитовый фильтр для умягчения воды:

1 — глауконит; 2 — центральная труба для воды; 3 — отверстие для загрузки глауконита; 4 — бачок для умягчаемой воды; 5 — трубка для выхода умягченной воды.

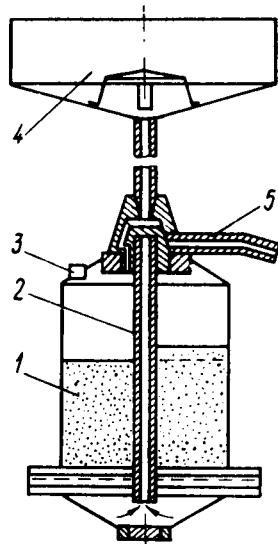
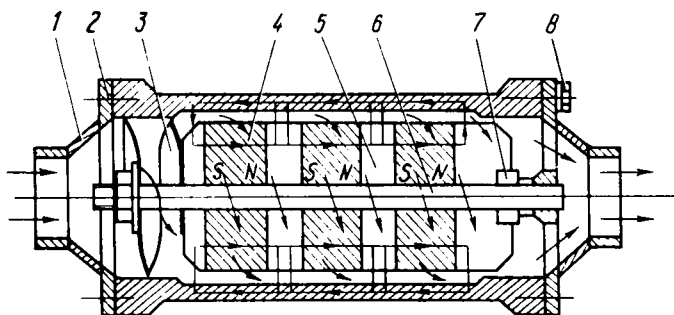


Рис. 26. Магнитный фильтр для умягчения воды:

1 — фланец; 2 — крышка; 3 — шнековая навивка; 4 — магнит; 5 — полюсный наконечник; 6 — винт; 7 — упор; 8 — болт.



циркулирующие вместе с водой и легко удаляемые при промывании системы охлаждения. Весьма эффективна для антикоррозионных целей присадка в виде смеси $K_2Cr_2O_7$ и $NaOH$.

Действие добавляемых непосредственно в воду антинакипинов сводится к предотвращению образования твердых отложений на водяной рубашке двигателя. Это достигается в результате перевода солей жесткости в рыхлое состояние или удержания их в растворенном виде в перенасыщенном растворе.

Удаление накипи содовым раствором. При использовании кальцинированной соды готовят раствор из расчета 100...150 г соды и 50 г керосина на 1 л воды; при использовании каустической — 50...60 г каустика и 20 г керосина на 1 л воды. Одним из этих растворов заполняют систему охлаждения двигателя и дают возможность двигателю поработать в течение 10...12 ч при температуре охлаждающей жидкости около $80^\circ C$. Затем останавливают двигатель, раствор сливают, а систему охла-

дения промывают чистой водой не менее 2...3 раз. При применении раствора из каустической соды с двигателями предварительно снимают термостаты.

Применение 2 %-ного раствора технической соляной кислоты. Готовят раствор из расчета 53 мл соляной кислоты на 1 л воды (кислоту наливают в воду). При заполнении системы охлаждения этим составом накипь растворяется с бурным выделением углекислого газа. Как только выделение газа прекращается, раствор сливают, а систему охлаждения тщательно промывают водой. После этого в систему охлаждения на 1 ч заливают 2 %-ный раствор технической соды из расчета 20 г на 1 л воды для нейтрализации остатков кислоты. Затем этот раствор сливают и систему промывают водой.

В двигателях с алюминиевыми деталями водяных рубашек запрещается применять для удаления накипи кислотные и щелочные растворы. Лучший способ удаления накипи в этих случаях — применение раствора из кальцинированной соды с последующим промыванием системы охлаждения чистой водой.

15.4. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости

Наилучшей низкозамерзающей жидкостью служит смесь этиленгликоля с водой. Смесь может быть приготовлена в любых соотношениях в зависимости от требуемой температуры ее замерзания. В чистом виде этиленгликоль — бесцветная прозрачная жидкость без запаха, температура замерзания ее $-11,5^{\circ}\text{C}$. Максимально низкой температурой замерзания (-75°C) обладает смесь, содержащая 66,7 % этиленгликоля и 33,3 % воды.

Этиленгликолевые смеси не образуют в системе охлаждения накипи, так как для приготовления смеси используют дистиллированную воду.

Промышленность, кроме чистого этиленгликоля, выпускает водозетиленгликолевые смеси (антифризы) двух марок: А-40 и А-65 (цифра означает температуру замерзания смеси). В А-40 содержится 53 % этиленгликоля и 47 % воды, в А-65 — 65 % этиленгликоля и 35 % воды.

Следует помнить, что этиленгликоль ядовит, поэтому обращаться с ним нужно осторожно.

Перед заполнением антифризом систему охлаждения тщательно промывают и следят, чтобы в нее не попали нефтепродукты. Наличие их вызывает сильное вспенивание жидкости. Систему охлаждения заполняют водозетиленгликолевой смесью на 93...95 % объема, так как смесь в значительно большей степени, чем вода, расширяется при нагревании.

При эксплуатации двигателя из этиленгликолевой жидкости испаряется вода. Поэтому убыль в системе охлаждения восполняют не смесью, а дистиллированной водой.

Прежде чем долить воду в систему охлаждения, проверяют состав смеси гидрометром, представляющим собой разновидность ареометра. На его шкале вместо значений плотности нанесены значения концентрации этиленгликоля в растворе и температура замерзания. Каждому составу

ву смеси соответствует определенная плотность. Плотность жидкости А-40 — $1,07 \text{ г/см}^3$, жидкости А-65 — $1,084 \text{ г/см}^3$. Определение проводят при температуре смеси 20°C .

Для легковых автомобилей "Жигули", "Волга", "Москвич", грузовых автомобилей КамАЗ, тракторов К-701 и машин других марок широко применяют всесезонную низкотемпературную жидкость Тосол, приготовленную на основе этиленгликоля с добавлением 2,5...3 % сложной композиции противокоррозионных и антипенной присадок. Выпускают Тосол А, Тосол А-40 и Тосол А-65, которые окрашены в зелено-голубой цвет. Тосол А представляет собой концентрированный этиленгликоль, содержащий присадки. Пользоваться Тосолом А следует только после разведения его дистиллированной водой. Смесь Тосола А и воды в соотношении 1:1 начинает кристаллизоваться при -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. Марки Тосола определяют по плотности: Тосол А — $1,12...1,14 \text{ г/см}^3$; Тосол А-40 — $1,075...1,085$ и Тосол А-65 — $1,085...1,095 \text{ г/см}^3$. При уменьшении объема Тосола в системе охлаждения двигателя доливают только дистиллированную воду. Заменять Тосол в системе охлаждения следует через два года.

Глава 16. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

16.1. Жидкости для тормозных систем

Тормозные жидкости — это разновидность гидравлических жидкостей. В соответствии с назначением к ним предъявляют специфические требования.

В качестве тормозных применяют такие жидкости, которые обладают низкой температурой замерзания, хорошей смазывающей способностью, высокими антикоррозионными свойствами, не разрушают резиновые изделия.

Выпускают тормозные жидкости на касторовой, глицириновой и глицериновой основах.

На касторовой основе выпускают автомобильные тормозные жидкости марок ЭСК и БСК. Касторовое масло придает жидкостям высокую смазывающую способность. Жидкость ЭСК представляет собой смесь 60 % касторового масла и 40 % этилового спирта; окрашена в красный цвет. Жидкость БСК состоит из 50 % касторового масла и 50 % бутилового спирта; окрашена в оранжевый цвет. Эти жидкости отвечают всем необходимым требованиям. К недостаткам относится то, что их невозможно использовать при температуре ниже -25°C , так как касторовое масло кристаллизуется.

На глицериновой основе выпускают тормозную жидкость, содержащую 35 % очищенного глицерина и 65 % спирта-ректификата. Эта жидкость по своим свойствам аналогична ЭСК и БСК.

Спирт из этих тормозных жидкостей достаточно легко испаряется поэтому хранить их надо в герметизированных емкостях.

На гликолевой основе выпускают тормозные жидкости марок ГТЖ-22М (ТУ 6 01814—73) и Нева (ТУ 6 011163—78). Основным компонент в них гликоль. Эти жидкости содержат вязкостные противоизносные и другие присадки, а также ингибиторы коррозии. Низкотемпературные качества этих жидкостей позволяют применять их для тормозов во все времена года. Положительным свойством жидкостей на гликолевой основе является то, что при поглощении ими воды расслаивания не происходит.

Жидкость ГТЖ-22М окрашена в зеленый цвет и принята в качестве всесезонной гидротормозной жидкости для автомобилей всех марок. Кинематическая вязкость ее при 50 °С 7,9...8,3 мм²/с, температура замерзания —65 °С. Она стабильна при хранении. К ее недостаткам относятся повышенная коррозионная агрессивность к чугуну и неудовлетворительная смазывающая способность.

Жидкость Нева рекомендуется для применения в приводах тормозов современных легковых автомобилей.

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

16.2. Жидкости для амортизаторов

Для автомобильных гидравлических амортизаторов следует применять жидкости, обладающие хорошей смазывающей способностью и вязкостно-температурной характеристикой, а также низкой температурой застывания. Такие жидкости должны также иметь высокую термическую и механическую стабильность, чтобы амортизаторы надежно работали на протяжении 75...100 тыс. км пробега машины.

Жидкость АЖ-12Т (ГОСТ 23008—78) используют для амортизаторов автомобилей. Она представляет собой смесь маловязкого минерального масла и кремнийорганической жидкости с добавлением противоизносной и антиокислительной присадок. Жидкость АЖ-12Т обеспечивает устойчивую работу амортизаторов с уплотнениями из маслостойкой резины в интервале температур —50...60 °С.

Масло МГП-10 (ТУ 38 154—74) применяют в качестве всесезонной жидкости для гидравлических амортизаторов автомобилей. Оно включает в свой состав трансформаторное масло, кремнийорганическую жидкость, животные жиры, антиокислительную и противопенную присадки.

В производственных условиях при отсутствии специальных амортизационных жидкостей применяют смеси, приготовленные из трансформаторного и турбинного масел в равном соотношении.

Такие смеси обладают вполне удовлетворительными эксплуатационными свойствами, уступая специальным амортизационным жидкостям лишь по вязкостно-температурным характеристикам.

Турбинное масло можно заменить легким индустриальным. Применять трансформаторное масло в качестве амортизационной жидкости не рекомендуется из-за отсутствия у него необходимых противоизносных свойств.

16.3. Консервационные жидкости

Для защиты металлических поверхностей механизмов и машин от атмосферной коррозии вместо пластичных смазок широко используют жидкие консервационные масла.

К положительным качествам этих масел относится легкость нанесения их на поверхность. Масла можно применять для защиты внутренних рабочих поверхностей. При введении в такие масла различных присадок получают стойкие и надежные покрытия. Кроме того, перед началом эксплуатации не нужно проводить расконсервацию машины, можно сразу заправить ее рекомендуемым смазочным маслом.

Смазка К-17 (ГОСТ 10877—76) служит для длительной консервации машин. Ее кинематическая вязкость при 100 °С 15...22 мм²/с, температура застывания —20 °С. При консервации двигателей внутреннего сгорания сливают моторное масло и через форсуночные отверстия заливают консервационное. Затем проворачивают коленчатый вал для равномерного распределения масла на зеркалах гильз цилиндров и поршнях. При вводе двигателя в эксплуатацию заливают моторное масло без предварительного удаления консервационного.

Консервационное масло НГ-203А (ГОСТ 12328—77) представляет собой маслянистую жидкость коричневого или черного цвета. Кинематическая вязкость при 100 °С равна 25...50 мм²/с. Это масло сохраняет консервационные свойства в течение одного года.

Масла с большей вязкостью применяют для защиты наружных поверхностей, с меньшей — для внутренних.

Универсальные масла для внутренней консервации двигателей, агрегатов трансмиссий, редукторов и других механизмов готовят на основе защитной присадки АКОР-1. Для этого к товарному маслу добавляют около 5 % присадки АКОР-1, предварительно разогретой до 60...70 °С и хорошо перемешанной. Масло заливают в двигатель или другой механизм и дают ему поработать в течение 5 мин для лучшего смазывания поверхностей. Расконсервации при использовании масла с присадкой АКОР-1 не требуется. Защитное действие сохраняется в течение одного года. Присадку АКОР-1 можно применять также для наружной консервации.

Защитные консервационные смазки должны быть влагоустойчивы, т. е. не должны смываться водой, а образовывать с ней эмульсии. На рисунке 27 показано поведение различных защитных смазок при воздействии на них воды. Наименее устойчива смазка 1-13, которая со-

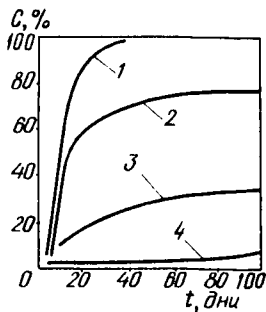


Рис. 27. Изменение смываемости S смазок водой:

1 — смазка 1-13; 2 — смазка ЦИАТИМ-201; 3 — солидол УС-2; 4 — пушечная смазка.

держит водорастворимое натриевое мыло. Быстро смывается также смазка ЦИАТИМ-201 из-за низких механических свойств. Солидол и пушечная смазка имеют более высокие защитные свойства и наиболее стойки.

Пушечная смазка (ГОСТ 19537—83) представляет собой минеральное масло, загущенное твердыми углеводородами и содержит присадки, улучшающие ее защитные свойства.

Защитное тонкопленочное покрытие НГ-216Б (ТУ 38 101427—76) выпускают на основе продуктов переработки нефти, загустителей, малорастворимого ингибитора коррозии и растворителей. После нанесения такой смазки растворитель испаряется, а на поверхности образуется воскообразная пленка толщиной 0,1...0,5 мм, которая и обеспечивает высокие защитные свойства.

Автоконсервант **МОВИЛЬ** (ТУ 6 151131—78) широко применяется для защиты от коррозии скрытых полостей автомобилей. Он содержит раствор ингибитора коррозии АКОР-1, окисленный петролатум, церезин, олифу и некоторые виды присадок в уайт-спирите. Этот консервант наносят путем распыления под давлением около 0,3 МПа.

В качестве всесезонных производят рабоче-консервационное моторное масло М-4з/8гРК для карбюраторных двигателей и дизелей, рабоче-консервационное трансмиссионное масло ТМ-5-12РК и рабоче-консервационную пластичную смазку Литол-20 РК.

16.4. 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. Однако существенным недостатком их является сильное коррозионное воздействие на детали, изготовленные из цветных металлов или сплавов, и особенно алюминиевые. Кроме того, эти составы — токсичные вещества, поэтому при работе с ними требуется особая осторожность.

Наряду со щелочными растворами применяют синтетические моющие средства, которые не корродируют металлические поверхности и хорошо смывают нагар. Они нетоксичны и невзрывоопасны. Наиболее распространены моющие смеси МС-5, МС-6, МС-8. Эти смеси поверхностно-активных веществ с добавлением активных соединений в виде триполифосфата натрия, кальцинированной соды и других соединений. Эти моющие средства используют в виде 1...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 и тракторов. Состав МС-8 используют для очистки сильно загрязненных машин. Эти составы могут быть использованы для наружной мойки тракторов и автомобилей, но в этом случае их раствор готовят в меньшей концентрации (10...15 г/л).

Составы обладают наибольшей моющей способностью при температуре 70...80 °С. Срок службы растворов зависит от степени их использования и вместимости баков для мойки. При средней загрязненности на 1 т деталей необходимо 1...2 кг моющего средства. Продолжительность мойки при правильно выбранном режиме работы моечной установки не превышает 10...30 мин.

При очистке машин пароводно-струйной установкой используют синтетическую пасту Аэрол в концентрации 1...5 г/л, в зависимости от степени и вида загрязнения. 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 в эмульсиях (дизельное топливо с водой и небольшим количеством поверхностно-активных веществ).

16.5. Пусковые жидкости

Для облегчения пуска двигателей при низкой температуре окружающего воздуха (ниже $-20...-25^{\circ}\text{C}$) применяют жидкости, которые хорошо испаряются и быстро воспламеняются от искры и самовоспламеняются от сжатия. Кроме того, они должны обладать высокими антикоррозионными и противозносными свойствами, низкой температурой застывания, стабильностью при длительном хранении. В качестве пусковых на основе диэтилового эфира выпускают жидкости Холод Д-40 для дизелей и Арктика для карбюраторных двигателей. Пусковые жидкости поставляют потребителям в герметичных алюминиевых ампулах вместимостью 20 и 50 мл.

Глава 17. СРЕДСТВА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ЗАПРАВКИ**17.1. Составление химмотологических карт**

Для правильного подбора смазочных материалов и планирования потребности в них, для надежной и долговечной работы машин необходимо для каждого трактора, автомобиля, комбайна и каждой самоходной машины составить химмотологическую карту. Эта карта должна одновременно служить основным документом для мастера-наладчика, выполняющего смазочные работы при техническом обслуживании машины. Следует помнить: применение масла несоответствующей марки приводит к отрицательным результатам при эксплуатации. Рекомендуемые марки масел и сроки их работы до замены следует брать из заводских инструкций по эксплуатации соответствующей машины. Нормы расхода устанавливаются по руководящим материалам и инструкциям. В таблице 19 приведена химмотологическая карта для тракторов основных марок.

17.2. Средства для хранения нефтепродуктов

Хранение нефтепродуктов — важная составная часть правильного и экономного их использования. Для хранения дизельного топлива и бензина промышленностью выпускаются горизонтальные и вертикальные резервуары различного объема. В сельскохозяйственном производстве наиболее широкое применение получили горизонтальные резервуары вместимостью 5 м³, 10, 25, 50 и 75 м³. Горизонтальные резервуары рассчитаны на внутреннее давление паров топлива 4 МПа и вакуум 0,1 МПа.

По требованию заказчика резервуары для наземного хранения топлива оборудуются водогрязеспускными пробками и плавающими топливозаборниками.

При выборе количества резервуаров для хранения топлива одного вида следует учитывать технологический фактор — резервуаров должно быть не менее трех: в одном резервуаре топливо отстаивается, из другого топливо поступает на заправку, а третий заполняется. Смазочные масла обычно хранят в железных бочках различного объема (от 100 до 400 л).

19. Химмотологическая карта для тракторов

Наименование тракторов (двигателя)	Моторные масла		Масла для гидравлических систем	Масла для коробок передач	Масла для трансмиссий	Пластичные смазки для ходовых систем и других агрегатов
	марка	срок замены, ч				
К-701 (ЯМЗ-240Б)	М-10Г ₂ к	240 (л)	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	Масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, ЦИАТИМ-201, солидолы
	М-10Г ₂	240 (л)				
	М-8Г ₂ к	240 (з)				
	М-6з/10В	Всесезонно				
К-700 К-700А (ЯМЗ-238НБ)	М-10Г ₂ к	240 (л)	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	Масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, ЦИАТИМ-201, графитная, солидолы
	М-10Г ₂	240 (л)				
	М-8Г ₂ к	240 (з)				
	М-8Г ₂	240 (з)				
Т-150К (СМД-62)	М-6з/10В	Всесезонно	М-8Б ₁ , М-8А, масла гр. В	Масла гр. В, М-8А, М-8Б ₁	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, ЦИАТИМ-201, солидолы
	М-10Г ₂ к	240 (л)				
	М-10Г ₂	240 (л)				
	М-8Г ₂ к	240 (з)				
Т-150 (СМД-80)	М-8Г ₂	240 (з)	М-8А, масла гр. В	Масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, ЦИАТИМ-201, солидолы
	М-6з/10В	Всесезонно				
	М-10Г ₂ к	240 (л)				
	М-10Г ₂	240 (л)				
Т-100М (Д-108)	М-8Г ₂ к	240 (з)	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, солидолы
	М-8Г ₂	240 (з)				
	М-6з/10В	Всесезонно				
	М-10В ₂	480 (л)				
Т-4А (А-01М)	М-8В ₂	480 (з)	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15В, ТСп-10	ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, ЦИАТИМ-201
	М-6з/10В	Всесезонно				
	М-10Г ₂	480 (л)				
	М-8Г ₂	480 (з)				
ДТ-75С (СМД-80)	М-6з/10В	Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	А, АУ	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, 1-13, № 158, солидолы
	М-10ДМ	480 (л)				
	М-10Г ₂ к	240 (л)				
	М-10Г ₂	240 (л)				
	М-8Г ₂ к	240 (з)				
	М-8Г ₂	240 (з)				
	М-6з/10В	Всесезонно				

Наименование тракторов (двигателя)	Моторные масла		Масла для гидравлических систем	Масла для коробок передач	Масла для трансмиссий	Пластичные смазки для ходовых систем и других агрегатов
	марка	срок замены, ч				
МТЗ-80, МТЗ-82 (Д-240)	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, масла гр. В (в корпусе гидро-руля масла гр. В)	ТЭп-15, ТАп-15	ТЭп-15, ТАп-15В	Литол-24, № 158, 1-13, солидолы
Т-70С (Д-241Л)	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В	ТЭп-15, ТАп-15В	Литол-24, 1-13, солидолы, графитная
ДП-75 (СМД-14Н)	М-10В ₂ М-8В ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, графитная, ШИАТИМ-201, солидолы
ДП-75М (А-41)	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (л) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, № 158, графитная, ШИАТИМ-201, солидолы
ЮМЗ-6Д, ЮМЗ-6М (Д-65М, Д-65Н)	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, солидолы
МТЗ-50, МТЗ-52 (Д-50, Т-54С, Т-54В)	М-10В ₂ М-8В ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	ТЭп-15, ТАп-15В, ТСп-10	Литол-24, 1-13, солидолы
Т-40М, Т-28ХЧ	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-6з/10В	480 (л) 480 (з) Всесезонно	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В	ТЭп-15, ТАп-15В	Литол-24, 1-13, графитная, солидолы
Т-38М (Д-48ЛС)	М-10В ₂ М-8В ₂ М-10Г ₂	480 (л) 480 (з) 480 (л)	М-8А, М-8Б ₁ , масла гр. В	ТЭп-15, ТАп-15В	ТЭп-15, ТАп-15В	1-13, солидолы
Т-25А, Т-25А1 (Д-21А, Д-21А1)	М-10Г ₂ М-8Г ₂ М-10В ₂	480 (л) 480 (з) 240 (л)	М-8А, М-8Б ₁	ТЭп-15, ТАп-15В	ТЭп-15, ТАп-15В	Литол-24, 1-13, солидолы
Т-16М (Д-21А2)	М-8В ₂ М-8В ₂	240 (л) 240 (з)	Масло гр. В	—	—	—

Примечание. Применяются летом (л), зимой — (з).

Топливораздаточная колонка КЭР-40-0,5 для заправки автомобилей бензином с одновременным учетом отпускаемого топлива в литрах состоит из роторного насоса с электродвигателем, счетчика жидкости, раздаточного рукава и крана, а также устройства для ручного привода и выдачи бензина в случае отсутствия электроэнергии. Производительность колонки 40 л/мин.

Топливораздаточная колонка КЭД-40-0,5 для бензина по своему устройству и назначению аналогична колонке КЭР-40-0,5 и отличается только тем, что имеет устройство для дистанционного управления.

Топливораздаточная колонка 376М для заправки автомобилей бензином снабжена устройством учета количества отпускаемого топлива в литрах. При отсутствии электроэнергии колонка может работать от ручного привода поршневого насоса. Номинальная производительность колонки при приводе от электродвигателя составляет 35 л/мин, а от ручного насоса — 23 л/мин. Минимальная доза выдачи — 5 л.

Топливораздаточная колонка КЭР-40-1 (ОЗ-1769) предназначена для заправки тракторов, комбайнов и других самоходных сельскохозяйственных машин дизельным профильтрованным топливом с одновременным объемным учетом его количества. Эта топливораздаточная колонка состоит из роторно-шиберного насоса с электродвигателем, фильтра тонкой очистки топлива, ручного поршневого насоса, воздухоочистительного устройства, счетчика жидкости, раздаточного рукава и крана и электрооборудования. При кратковременном отсутствии электроэнергии колонка может работать от ручного насоса без каких-либо переключений. Производительность колонки от электродвигателя составляет 40 л/мин, от ручного насоса — 10 л/мин.

Топливораздаточный агрегат ОЗ-1551 (НАР-2Т) служит для заправки тракторов и комбайнов на стационарных постах заправки, не снабжаемых электроэнергией. Агрегат передвижной, приводится в действие вручную. Номинальная производительность агрегата 20...22 л/мин.

Топливораздаточные колонки для бензина отличаются от колонок для дизельного топлива главным образом отсутствием фильтров тонкой очистки топлива. Поэтому в случае использования топливораздаточных колонок для бензинов на заправке дизельным топливом их следует подключать к резервуару, оборудованному плавающим топливозаборником. Это необходимо для того, чтобы на заправку поступало топливо из верхних слоев, как более отстоянное от механических примесей.

Топливораздаточная колонка 1КЭД-50-0,5-1 (моделей "Нара-22", "Нара-23") предназначена для измерения и выдачи различных видов топлива вязкостью от 0,55 до 40 мм²/с (сСт) производительностью 50 л/мин. Эта стационарная колонка с приводом от электродвигателя и управлением от дистанционного задающего устройства. Использовать ее рекомендуется на стационарных постах заправки при выдаче топлива из резервуаров в топливные баки транспортных средств, самоходных машин, а также в тару потребителя. В качестве дистанционных задающих

устройств применяют пульты управления "Прогресс-М", Д-13, ЭКЦ1-2 "Электроника".

Колонка представляет собой корпус, в котором размещены: насос с электродвигателем, счетчик жидкости с отсчетным устройством, индикатор, фильтр, газоотделитель, поплавковая камера, трубопроводы и арматура. Модели колонок "Нара-22" и "Нара-23" отличаются конструктивным исполнением.

На боковой стенке колонки расположены индикаторы, раздаточные рукава с кранами. Индикатор служит для визуального контроля заполнения измерительной системы колонки топливом и качеством газоотделения. Появление пузырьков воздуха в стеклянном стаканчике-отстойнике индикатора указывает на нарушения в работе газоотделителя или негерметичность всасывающей магистрали.

Управление работой колонки — дистанционное. На пульте управления, установленном в закрытом отапливаемом помещении, оператор задает дозу отпускаемого топлива и только после этого потребитель может получить топливо, нажав на рычаг, расположенный на боковой стенке корпуса колонки. После выдачи установленной дозы электродвигатель колонки автоматически отключается. Кроме электрического, колонка имеет и ручной привод, что позволяет при кратковременном отсутствии электроэнергии отпускать топливо потребителю.

Топливораздаточная установка ОЗ-18008 ГОСНИТИ предназначена для заправки машин топливом методом самообслуживания и управления процессом постановки их на техническое обслуживание на основе автоматического учета количества отпускаемого топлива.

В установке ОЗ-18008 ГОСНИТИ впервые на базе микро-ЭВМ совмещены процессы по автоматизации учета топлива и управления обслуживанием машин. Применение установки позволяет выполнять следующие основные операции: заправлять 250 машин топливом различного вида; управлять постом заправки с пятью топливораздаточными колонками; автоматически учитывать количество топлива по видам для каждой машины в отдельности и в целом для поста заправки за текущие сутки, декаду, месяц; выдавать рекомендации (в соответствии с требованиями ГОСТ 20793—81) о постановке машин на техническое обслуживание; предупреждать о наступлении срока постановки машины на техническое обслуживание с учетом допускаемого стандартом отклонения от периодичности технического обслуживания; автоматически прекращать выдачу топлива, если машине не проведено техническое обслуживание; вручную вводить информацию о количестве топлива, заправляемого передвижными механизированными агрегатами; представлять информацию в виде таблиц и графиков на дисплее или печатающем устройстве.

В состав установки ОЗ-18008 ГОСНИТИ входят топливораздаточные колонки, рабочее место оператора, контроллеры топливораздаточных колонок, электрический шкаф, специализированный вычислительный комплекс КУВС "Электроника ТО-250", составные части которого размещаются на рабочем месте оператора и контроллерах. Комплекс вклю-

чает информационно-логическое устройство контроллера, микро-ЭВМ, блоки питания, устройство сопряжения, дисплей, магнитофон с набором кассет, комплект индивидуальных кодовых ключей.

Приемораздаточные стояки ОЗ-2462А и ОЗ-9721 ГОСНИТИ — это устройства, в которых совмещены процессы приема и выдачи топлива в автоцистерны и заправочные агрегаты. Их устанавливают на нефтебазах колхозов и совхозов. При помощи этих устройств можно одновременно учитывать и фильтровать принятое и выданное топливо.

Топливораздаточные краны для заправки машин выпускают нескольких видов:

ОЗ-1576(АК-38) с автоматическим отключением. Его особенность — прекращение подачи топлива в момент заполнения бака автоматически при помощи механизма отключения диафрагменного типа;

ОЗ-4382 с автоматическим отключением. Его устанавливают на топливораздаточные рукава передвижных и стационарных средств заправки тракторов, комбайнов, автомобилей и других самоходных машин, работающих на топливе с вязкостью не выше 8 сСт. Подача топлива в бак автоматически прекращается при заполнении до уровня трубы крана;

СОЗ-1551, устанавливаемый на раздаточные рукава передвижных и стационарных топливозаправочных средств. С помощью крана обеспечивается постоянное заполнение раздаточного рукава топливом, что необходимо при наличии счетчика жидкости;

ОЗ-7592, назначение и устройство которого аналогично крану **СОЗ-1551**.

Маслораздаточная колонка 367М используется при заправке моторными маслами машин или дозировке масел. Она оборудована электрическим приводом. Отпускаемое смазочное масло учитывается в литрах. Наиболее эффективно применение маслораздаточной колонки, если необходимо обслужить более 20 машин.

Ручной маслораздаточный насос ОЗ-1559 применяют в том случае, если на стационарном посту заправки отсутствует электроэнергия или требуется обслужить меньшее число машин. На каждую бочку с моторным маслом соответствующей марки следует устанавливать отдельный маслораздаточный насос.

Маслораздаточную установку 3119А с электроприводом для заправки автомобилей и тракторов трансмиссионным маслом применяют для обслуживания более 25 машин.

Водомаслогрейная установка ОЗ-1258 используется при заправке машин в зимнее время. С помощью установки можно заправлять тракторы на стационаре не только разогретым маслом, но и горячей водой.

Маслораздаточный бак 133-1 с приводом от ручного насоса может быть применен для заправки трансмиссионным маслом картеров тракторов, автомобилей и самоходных сельскохозяйственных машин на стационарных постах заправки, а также в полевых условиях. Он оснащен раздаточными рукавами и раздаточным краном. Вместимость бака 22 л.

Для смазывания подшипниковых узлов тракторов, автомобилей

и сельскохозяйственных машин солидолом на стационарных постах, снабженных электроэнергией, пользуются электромеханическими, пневматическими и ручными солидолонагнетателями.

Электромеханический солидолонагнетатель НИИАТ-390 состоит из бункера со шнеком вместимостью 14 кг, плунжерного насоса высокого давления, редуктора, электродвигателя с реле давления и раздаточного рукава высокого давления длиной 3 м с пистолетом. Солидолонагнетатель передвижной, все оборудование размещено на четырехколесной тележке.

Пневматический солидолонагнетатель ОЗ-11553А ГОСНИТИ направляют на механизированных и заправочных агрегатах, а также на стационарных постах заправки, оборудованных компрессорами. Пневматический солидолонагнетатель состоит из бункера вместимостью 20 л с зарядным штуцером, ручного пистолета-нагнетателя и воздушного рукава.

Ручной солидолонагнетатель ОЗ-1279 для смазывания солидолом состоит из корпуса, поршня со штоком и спиральной пружины, защелки штока, сменной плунжерной пары, обратного клапана и трубки с наконечником.

Установка 359 для централизованного смазывания и заправки моторными и трансмиссионными маслами, пластичными смазками, а также водой и сжатым воздухом используется на постах технического обслуживания тракторов и автомобилей. Установка состоит из насоса высокого давления для солидола, насосов для моторного и трансмиссионного масел, барабанов с самонаматывающимися рукавами для моторного, трансмиссионного масел и воды, раздаточного пистолета для солидола и воздушного наконечника с манометром.

Установка ОЗ-4967 ГОСНИТИ для механизированной заправки тракторов маслами двух сортов, сбора отработанных масел, смазывания подшипниковых узлов пластичной смазкой (солидолом) и подкачки шин колесных тракторов может быть использована в мастерских пунктов технического обслуживания машинно-тракторного парка колхозов и совхозов.

Установка выполнена в виде двух металлических шкафов, в одном из которых расположены два бака для свежих моторных масел вместимостью по 230 л, два насоса с электродвигателями, а также натяжное устройство для раздаточных рукавов и кранов. На передней панели шкафа установлены кнопки управления электродвигателями, мерные линейки для контроля уровня масла в баках, штуцеры и краны управления.

В другом шкафу расположены бак для отработанного масла, насос с электродвигателем, маслопроводы, бункер пневматического солидолонагнетателя и натяжное устройство для раздаточных рукавов и кранов. На передней панели размещены такие же кнопки управления, как и в первом шкафу.

Установку целесообразно использовать при обслуживании на пункте не менее 15 тракторов.

В таблице 20 приведен перечень основного оборудования для стационарного поста заправки машин колхоза, совхоза.

20. Перечень основного оборудования для стационарного поста заправки

Наименование	Назначение	Число
Горизонтальные резервуары в комплекте вместимостью 5, 10 или 25 м ³	Хранение дизельного топлива	3...5
Металлические бочки вместимостью 200 л	Хранение смазочных масел, нигрола и бензина	Не менее 7,3 % общей емкости
Топливозаправочная колонка КЭР-40-1 (ОЗ-1769 или ОЗ-5170) или топливозаправочная колонка 376М, или топливозаправочный агрегат ОЗ-1552 (НАР-21)	Заправка машин дизельным топливом	1...2
Маслораздаточная колонка 367М или маслораздаточный насос-дозатор ОЗ-1559	То же	1...2
Маслораздаточная установка 3119А или маслораздаточный бак 133-1	Заправка машин моторными маслами	1...2
Емкость с мешалкой	Заправка машин трансмиссионным маслом (нигролом)	1
Электрический солидолонагреватель НИИАТ-390	Заправка пусковых двигателей смесью бензина с маслом	1
Водомаслогрейная установка ОЗ-1258	Смазывание подшипниковых узлов солидолом	1
Бочкоподъемник ОПТ-1651 (БР-350)	Нагревание масел и воды для заправки машин в зимнее время	1
Ручная лаборатория РЛ	Погрузка и разгрузка бочек с маслами	1
Металлический ящик-ларь	Контроль качества нефтепродуктов	1
Щит с противопожарным инвентарем	Хранение обтирочного материала	1...2
Ящик для песка	Тушение пожара	3...4
Метрошток МШ	То же	1
	Для определения уровня нефтепродуктов в горизонтальных резервуарах	

17.4. Передвижные средства для заправки машин

Выбор того или иного технического средства для механизированной заправки машины топливом и смазочными материалами зависит от конкретных условий каждого хозяйства и бригады. Тракторы и комбайны можно заправлять на стационарном полевом стане бригады (отделения) или же с использованием передвижных средств.

Если трактор при выполнении технологического процесса находится на значительном удалении от стационарного поста заправки, то эконо-

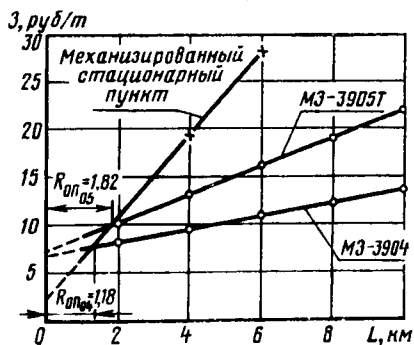


Рис. 28. Изменение суммарных эксплуатационных затрат Z на заправку тракторов в зависимости от расстояния их удаления и способа заправки.

мически более выгодно использовать передвижные заправочные средства и заправлять трактор или комбайн непосредственно в поле.

На рисунке 28 показано изменение суммарных эксплуатационных затрат в зависимости от расстояния удаления объекта заправки (трактора, комбайна) и применяемого способа заправки. Как видно на рисунке, при удалении тракторов от стационарного поста заправки более чем на 1,5...2 км целесообразно применять передвижные технические средства заправки. Рациональное сочетание передвижных технических средств и стационарного способа заправки тракторов и комбайнов снижает непроизводительные затраты времени на прогон агрегата, позволяет повысить его производительность и, кроме того, снизить расход топлива и смазочных материалов.

Передвижные заправочные агрегаты марок МЗ-3904 на шасси автомобилей и МЗ-3905Т на двухосном тракторном прицепе предназначены для заправки отстоянным и профильтрованным топливом тракторов и комбайнов непосредственно в поле. В оборудование заправочных агрегатов входят: цистерны для дизельного топлива; баки для смазочных масел и воды; самовсасывающий центробежно-вихревой насос с приводом от двигателя автомобиля; компрессор, который может работать в режиме вакуум-насоса; пневматический солидолонагнетатель; ресиверы для всасывания и нагнетания; фильтр для тонкой очистки топлива; объемный счетчик для топлива; раздаточные рукава; противопожарное оборудование.

Эти агрегаты могут обслужить за смену 15...20 тракторов, удаленных от базы получения нефтепродуктов на расстоянии до 20 км. На выполнение всех заправочных работ, например трактора "Беларусь" вместе с агрегатируемыми сельскохозяйственными машинами, затрачивается примерно 12...22 мин.

Передвижная установка ОЗ-16350 ГОСНИТИ предназначена для механизированной заправки тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин свежим маслом или сбора отработанного масла при техническом обслуживании и ремонте машин в мастерских и на пунктах технического обслуживания колхозов, совхозов и других предприятий Госагропрома СССР.

Установка ОЗ-16350 ГОСНИТИ состоит из емкости, пневмонасоса, соединенного с фильтром накидной гайкой, всасывающего и нагнетательного рукавов, маслораздаточного крана с наконечниками, наконечника для забора отработанного масла. Все элементы смонтированы на раме.

Технические данные установки ОЗ-16350 ГОСНИТИ следующие: число одновременно обслуживаемых машин — 1; емкость для хранения масла — стандартная бочка БС1-200-3 (ГОСТ 13950—76) вместимостью 200 л; насос для перекачивания масел — пневматический ПНП-0,8/0,8 марки ОЗ-9930А ГОСНИТИ (работает от внешнего источника сжатого воздуха); маслораздаточный кран — ОЗ-9991 ГОСНИТИ; производительность выдачи свежего или забора отработанного моторного масла при температуре окружающего воздуха 20 °С 6 л/мин; максимальное давление масла в нагнетательной магистрали 0,8 МПа; габариты 1000 × 730 × 1180 мм; масса 95 кг.

Передвижная установка ОЗ-16384 ГОСНИТИ предназначена для механизированной выдачи свежих и сбора отработанных моторных масел, смазывания составных частей машин пластичными смазками, подкачивания шин, при техническом обслуживании и ремонте машинно-тракторного парка на пунктах технического обслуживания, центральных ремонтных мастерских колхозов и совхозов и других предприятиях Госагропрома СССР.

С помощью установки можно выполнять следующие операции: хранить свежие моторные масла (два сорта); собирать, хранить и выдавать отработанные масла (одна группа); хранить пластичную смазку; заправлять машины моторными маслами (два сорта); вести учет выданного количества масла (один сорт); смазывать составные части машин пластичной смазкой; подкачивать шины и обдуть детали сжатым воздухом.

Оборудование установки расположено в трех отсеках. Передний отсек выполнен в виде шкафа с дверцами, в котором установлены пневмонасосы с арматурой и трубопроводами, маслораспылитель и фильтр. Два пневмонасоса служат для перекачивания из баков свежих моторных масел при заправке машин, третий — для сбора и выдачи отработанного моторного масла. Во всасывающей магистрали этого насоса для предварительной очистки отработанного масла установлен сетчатый фильтр типа С 41-23. Над дверцами отсека размещена панель управления, на которой смонтированы рукоятки кранов подачи сжатого воздуха, включения в работу пневмонасосов, манометр.

В среднем отсеке находятся три бака для хранения свежих (два сорта) и отработанного (одна группа) масел. В заднем отсеке смонтированы компрессор с электродвигателем и электрошкаф.

Технические данные установки ОЗ-16384 ГОСНИТИ следующие: вместимость баков для хранения масел и смазки 320 л, в том числе для свежего моторного масла 2 × 100, отработанного масла 100 и для пластичной смазки 20 л; насос для перекачивания масла ПНП-0,8/0,8 марки ОЗ-9930А ГОСНИТИ; маслозаправочные краны — кран-счетчик винто-

вой КС-1 (два) и маслораздаточный кран ОЗ-9991А ГОСНИТИ; производительность выдачи масел при температуре 20 °С 8 л/мин; смазочный нагнетатель — пневматический ОЗ-1153А ГОСНИТИ; источник сжатого воздуха — унифицированный компрессор У-43102; давление потребляемого сжатого воздуха 0,7 МПа; напряжение питания 380 В; потребляемая мощность 4 кВт; габариты 1450 × 850 × 1260 мм; масса — не более 365 кг.

Глава 18. ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Все нефтепродукты огнеопасны и вредны для здоровья человека, поэтому при их приеме, хранении, выдаче и заправке необходимо строго соблюдать соответствующие правила.

Одно из важнейших организационных мероприятий, которое предупреждает различные несчастные случаи при обращении с нефтепродуктами, а также при техническом обслуживании и ремонте нефтяного оборудования, — тщательный инструктаж каждого работника нефтебазы, а затем строгое соблюдение всех правил техники безопасности и противопожарных мероприятий.

На нефтескладах и стационарных постах заправки обязательно выдерживают установленные нормы противопожарных разрывов между сооружениями внутри нефтесклада или поста заправки и до окружающих построек.

Во избежание появления искр от разрядов статического электричества все трубопроводы и резервуары тщательно заземляют. Стационарные посты заправки с топливозаправочными колонками и агрегатами оборудуют молниеотводами. Нефтесклады оснащают соответствующими комплектами первичных средств пожаротушения, включающих в свой состав щиты с пожарным инвентарем (штыковые лопаты, крюки, багры, прочий инструмент), ящики с песком, огнетушители, кошму.

Нефтетара (резервуары, бочки, бидоны), служащая для хранения этилированного бензина, а также автоцистерны, используемые для его перевозки, снабжают предупредительными надписями: "Этилированный бензин ядовит! Годен только в качестве топлива для двигателей". Такие надписи делают у бензозаправочных колонок и раздаточных кранов.

Нефтепродукты по степени огнеопасности делятся на легковоспламеняющиеся (бензин, керосин, дизельное топливо) и горючие (смазочные масла различных групп). Поэтому при обращении с нефтепродуктами требуется особая осторожность во избежание их воспламенения. Если же пожар возник, то при тушении горящих нефтепродуктов применяют химическую пену, углекислый газ, песок и землю. Использовать воду категорически запрещается, так как горящий нефтепродукт всплывает на поверхность воды и продолжает гореть, растекаясь вместе с ней и способствуя этим расширению пожара.

Наиболее распространенными и надежными средствами тушения

горящих нефтепродуктов служат огнетушители. Их выпускают двух типов — пенные и углекислотные. Пенные огнетушители ОП-3, ОП-5 и ОПМ при включении в работу образуют пену в результате взаимодействия водных растворов кислоты и щелочи в присутствии пенообразователя. Время действия огнетушителя 1 мин, дальность струи — 6...8 м.

Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 заполнены жидкой углекислотой, которая при резком расширении в раструбе переходит в газообразное состояние и образует при этом белые хлопья температурой -79°C . Нефтепродукты в емкостях тушат огнетушителями, направляя струю на стенки у краев очага так, чтобы не разбрызгивать горящий нефтепродукт.

ЛИТЕРАТУРА

- Быстрицкая А. П., Скребицкая И. А. Новое оборудование для заправки машин топливом и маслами. — М.: Агропромиздат, 1988.
- Вигдорович В. И., Насыпайко И. Г., Прохоренков В. Д. Антикоррозионные консервационные материалы. — М.: Агропромиздат, 1987.
- Григорьев М. А., Бунаков Б. М., Долецкий В. А. Качество моторного масла и надежность двигателей. — М.: Изд. стандартов, 1981.
- Гуреев А. А., Иванова Р. Я., Щеголев Н. В. Автомобильные эксплуатационные материалы. — М.: Транспорт, 1974.
- Итинская Н. И., Кузнецов Н. А. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. — М.: Колос, 1982.
- Лышко Г. П. Топливо и смазочные материалы. — М.: Агропромиздат, 1985.
- Итинская Н. И., Кузнецов Н. А., Быстрицкая А. П. Экономное использование нефтепродуктов. — М.: Колос, 1984.
- Товарные нефтепродукты. Свойства и применение: Справочник. — М.: Химия, 1978.
- Инструкция по использованию нефтепродуктов в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях. — М.: Колос, 1980.

<i>Введение</i>	3
Раздел 1. СВОЙСТВА ТОПЛИВА И ОСНОВЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ	4
Глава 1. Свойства и виды топлива	4
1.1. Классификация и состав топлива	4
1.2. Теплота сгорания топлива	6
1.3. Понятие о средней пробе топлива	8
1.4. Количество воздуха, необходимое для горения топлива	8
1.5. Оценка процесса горения	10
Глава 2. Краткие сведения о переработке нефти и нефтепродуктах	11
2.1. Общее понятие о составе нефти	11
2.2. Получение топлива и смазочных масел из нефти	14
2.3. Очистка топлива и смазочных масел	16
2.4. Получение жидкого топлива и смазочных масел из нефтяного сырья	17
Глава 3. Основные физико-химические показатели нефтепродуктов и методы их оценки	18
3.1. Общие оценочные показатели нефтепродуктов	18
3.2. Оценка качества нефтепродуктов простейшими способами	22
Глава 4. Топливо для карбюраторных двигателей <i>ДВС</i>	25
4.1. Эксплуатационные требования к топливу	25
4.2. Смесеобразующие свойства	26
4.3. Теплота сгорания смеси	30
4.4. Нормальное и детонационное сгорание	31
4.5. Факторы, влияющие на детонационное сгорание	33
4.6. Детонационная стойкость бензинов и методы ее повышения	35
4.7. Склонность бензинов к образованию отложений	37
4.8. Коррозионные свойства бензинов	38
4.9. Виды и марки бензинов	39
Глава 5. Топливо для дизелей	40
5.1. Эксплуатационные требования к топливу	40
5.2. Сгорание топлива в дизеле	41
5.3. Оценка самовоспламенения топлива и цетановое число	43
5.4. Смесеобразующие свойства	44
5.5. Испаряемость топлива	47
5.6. Нагарообразующие свойства	48
5.7. Коррозионные свойства	49
5.8. Марки и виды дизельного топлива	50
5.9. Марки моторного топлива	51
Глава 6. Применение и свойства газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания	51
6.1. Свойства и виды газообразного топлива	51
6.2. Применение газообразного топлива для двигателей внутреннего сгорания	53
6.3. Сущность процесса газификации и применение генераторного газа	54

Раздел 2. ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ И СВОЙСТВА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	57
Глава 7. Общие сведения о внешнем трении, износе и смазочных материалах	57
7.1. Понятие о внешнем трении, его видах и методах смазывания	57
7.2. Виды и характеристика изнашивания деталей машин	61
7.3. Виды смазочных материалов	63
7.4. Назначение смазочных материалов и предъявляемые к ним требования	64
Глава 8. Присадки к маслам и механизм их действия	65
8.1. Назначение и характеристики присадок	65
8.2. Виды и механизм действия однофункциональных присадок	66
8.3. Многофункциональные присадки и их композиции	69
Глава 9. Эксплуатационные свойства масел и методы их оценки	69
9.1. Методы оценки качества смазочных масел	69
9.2. Вязкостные свойства	72
9.3. Термоокислительная стабильность масел	73
9.4. Противокоррозионные свойства	74
9.5. Противоизносные свойства	75
9.6. Спектральный анализ масел	75
Глава 10. Классификация и марки моторных масел	76
10.1. Классификация моторных масел	76
10.2. Марки моторных масел для автотракторных и комбайновых двигателей	77
10.3. Масла для обкатки двигателей внутреннего сгорания	80
Глава 11. Изменение качества моторных масел при эксплуатации двигателей	81
11.1. Факторы, влияющие на изменение качества смазочного масла	81
11.2. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов двигателя на изменение качества смазочного масла	83
11.3. Критерии напряженности работы моторного масла	84
11.4. Освежение моторного масла	85
11.5. Влияние маслоочистительных устройств на состояние моторного масла в двигателе	86
11.6. Закономерности изменения свойств моторного масла при работе двигателей	88
11.7. Использование закономерностей изменения свойств моторного масла для оценки условий эксплуатации двигателей	89
11.8. Оценка технического состояния двигателей и остаточного моторесурса по накоплению продуктов износа в моторном масле	90
11.9. Пути совершенствования и эффективного использования моторных масел	92
Глава 12. Трансмиссионные и другие смазочные масла	95
12.1. Применение и свойства трансмиссионных масел	95
12.2. Масла (рабочие жидкости) для гидравлических систем	98
12.3. Масла для гидромеханических передач	100
12.4. Индустриальные масла	101
12.5. Трансформаторные (электроизоляционные) масла	101
12.6. Специальные масла	102
Глава 13. Пластичные смазки	103
13.1. Общие сведения о пластичных смазках	103

13.2. Назначение и виды смазок	104
13.3. Наименование и обозначение смазок	104
13.4. Краткая характеристика пластичных смазок для сельскохозяйственной техники	106
13.5. Требования к смазкам для автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин	108
13.6. Методы оценки основных свойств смазок	109
Глава 14. Основы рационального и экономного использования нефтепродуктов	111
14.1. Пути рационального использования и экономии нефтепродуктов	111
14.2. Сбор и регенерация отработанных нефтепродуктов	115
14.3. Материальное поощрение за экономию топлива	116
Раздел 3. ПРИМЕНЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ	118
Глава 15. Жидкости для систем охлаждения двигателей	118
15.1. Назначение и требования к охлаждающим жидкостям	118
15.2. Применение воды как охлаждающей жидкости	120
15.3. Способы умягчения воды и удаления накипи	121
15.4. Низкозамерзающие охлаждающие жидкости	124
Глава 16. Специальные технические жидкости	125
16.1. Жидкости для тормозных систем	125
16.2. Жидкости для амортизаторов	126
16.3. Консервационные жидкости	127
16.4. Жидкости для удаления нагара с деталей двигателя	128
16.5. Пусковые жидкости	129
Раздел 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ЗАПРАВКИ МАШИН НЕФТЕПРОДУКТАМИ	130
Глава 17. Средства для хранения и заправки	130
17.1. Составление химмотологических карт	130
17.2. Средства для хранения нефтепродуктов	130
17.3. Стационарные средства для заправки машин	133
17.4. Передвижные средства для заправки машин	137
Глава 18. Охрана труда и пожарная безопасность при обращении с нефтепродуктами	140
Литература	141