

Тема 4: Эксплуатационные свойства моторных масел.

Цель: ознакомиться с эксплуатационными свойствами моторных масел.

План

1. Роль метода и показателей в оценке смазочных масел.
2. Основные свойства масел.
3. Классификация моторных масел.
4. Сорты и марки моторных масел.

1. Роль метода и показателей в оценке смазочных масел.

Показатели, характеризующие свойства смазочных масел, имеют большое значение для контроля их качества при производстве и исследовании. Они важны также для оценки пригодности масел к использованию непосредственно в двигателе. От того, насколько удачен и точен метод определения качества смазочного масла, во многом будет зависеть надежность, долговечность и экономичность работы двигателя.

При оценке качества смазочных масел используются многочисленные физико-химические показатели. Однако в результате добавления к смазочным маслам присадок значения одних показателей изменились, а другие практически утратили свой смысл. Выяснено, что добавление присадок к маслу ухудшает ряд физико-химических показателей, однако эксплуатационные свойства этих масел оказываются очень высокими*. Из этого следует, что некоторые физико-химические показатели современного масла отражают не его эксплуатационные качества, а сырье, из которого оно изготавливается, и технологию производства. Для более объективной и правильной оценки качества масел с присадками следует применять другие показатели, которые характеризуют эксплуатационные (моторные) качества масла: противокоррозионные, антиокислительные, противоизносные, противонагарные и др. Для решения этого вопроса созданы специальные лабораторные приборы, имитирующие работу масла в реальных условиях, действующие модельные установки, одноцилиндровые и полноразмерные двигатели.

При определении группы, к которой следует отнести масло, его качество или квалификационную характеристику оценивают многими методами на различных стадиях разработки и проверки.

В установившейся практике процесс оценки качества смазочных масел в основном 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 др.

Испытания на модельных установках и малоразмерных одноцилиндровых двигателях, которые имитируют работу реального двигателя, позволяют дать оценку отдельным функциональным свойствам масла (нагарные, противокоррозионные, осадкообразующие, моюще-диспергирующие и др.).

Наиболее распространены методы оценки автотракторных масел на одноцилиндровых установках 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; серийные детали цилиндропоршневой группы в нем от двигателя «Москвич-402»), ИМ-1 (одноцилиндровый дизель) и др.

При анализе результатов, получаемых при лабораторных исследованиях и на модельных установках, определяют взаимосвязь физико-химических и функциональных показателей, характеризующих в целом эксплуатационные свойства масла. Однако результаты этих исследований не позволяют сделать окончательных выводов о поведении масла в двигателе, так как в лабораторных установках не учитываются и не воспроизводятся многие факторы, существующие в реальных условиях.

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

Заключительным этапом являются эксплуатационные испытания масла, которые проводятся на конкретных машинах (тракторах, автомобилях) в действительных условиях по специально составленным программам.

Методы, предназначенные для непосредственной оценки эксплуатационных свойств масел на модельных установках, одноцилиндровых и полноразмерных двигателях, реальных машинах и

агрегатах, называются *квалификационными*.

2. Основные свойства масел.

Вязкость — 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 повышению непроизводительных потерь мощности двигателя на трение, снижению к. п. д. Поэтому вязкость масла должна быть минимальной, но достаточной для создания жидкостного трения.

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

На рисунке 25 показана зависимость изменения момента сопротивления вращения и частоты вращения коленчатого вала двигателя ГАЗ-51 от динамической вязкости моторного масла. Большое значение для обеспечения нормальной работы двигателя имеет характер изменения вязкости масла с изменением температуры. Желательно, чтобы при высоких температурах эксплуатации двигателей масло имело высокую вязкость для создания жидкостного трения, а при температурах пуска - низкую для уменьшения крутящего момента при прокручивании коленчатого вала и обеспечения хорошей прокачиваемости масла в системе смазывания.

Степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры является его важнейшей эксплуатационной характеристикой.

Вязкостно-температурные свойства масел оценивают *индексом вязкости*. Чем выше индекс вязкости масла, тем положе кривая изменения его вязкости в зависимости от температуры, а значит, выше его качество. При высоких температурах такое масло надежно смазывает трущиеся детали, а при низких обеспечивает легкий пуск двигателя и хорошо прокачивается.

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

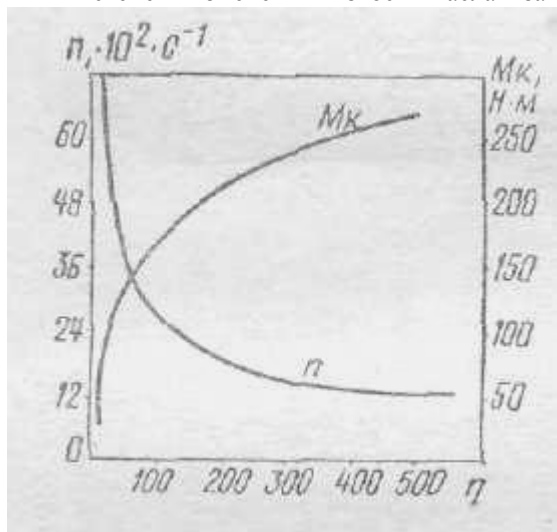


Рисунок 25. Зависимость момента сопротивления вращения M и частоты вращения n коленчатого вала двигателя ГАЗ-51 от динамической вязкости моторного масла η .

В качестве эталонов выбраны две серии масел различной вязкости. Масла первой серии незначительно изменяют свою вязкость при изменении температуры, т. е. обладают пологой вязкостно-температурной кривой. Индекс вязкости этих масел принят за 100 ед. Вторая серия характеризуется весьма крутой вязкостно-температурной кривой. Их индекс принят за 0 ед.

Чтобы определить индекс вязкости, следует знать вязкость испытуемого масла при температурах 98,9 и 37,8°C. Затем из первой и второй серий подбирают масла, которые обладают той же вязкостью, что и испытуемое. Если вязкостно-температурные свойства испытуемого масла совпадают со свойствами масла из первой серии, индекс вязкости испытуемого масла будет равен 100, если со свойствами масла

второй серии — 0.

Для случая промежуточного положения вязкостно-температурных свойств индекс вязкости испытуемого масла определяют по формуле

$$ИВ = \frac{Z - v}{Z - N} \cdot 100 \quad (39)$$

где Z , v и N — вязкости соответственно низкосортного эталонного, испытуемого, высокосортного эталонного масел при 37,8 °С, с Сейболта.

В основу вычислений ИВ положены условные единицы вязкости (универсальные секунды Сейболта). Так как их определение затруднительно, проще пользоваться номограммой (рис. 26). Для этого необходимо знать кинематическую вязкость испытуемого масла при 50 и 100 °С. По точке пересечения значений этих вязкостей с одной из линий индекса вязкости определяют ИВ для испытуемого масла.

На вязкость влияет давление: вязкость всех смазочных масел с повышением давления увеличивается (табл. 12). Для каждого масла эта зависимость имеет свои закономерности, определяющиеся в основном углеводородным составом. Увеличение вязкости объясняется сближением молекул масла и возрастанием в связи с этим внутреннего взаимодействия между ними.

Склонность смазочных масел к образованию на деталях лаков и нагаров — важнейший показатель эксплуатационных свойств масла, ибо образование отложений является серьезным препятствием для нормальной эксплуатации. Этот показатель определяют по термоокислительной стабильности масла, его моторной испаряемости и моющим свойствам.

Таблица 12. Зависимость вязкости масла от давления

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

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

Нагарами называются углистые отложения, которые образуются на стенках камеры сгорания, днищах поршней, клапанах, форсунках и свечах, т. е. деталях, подвергающихся воздействию высоких температур.

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

Осадки, или шламы, — это мажеобразные сгустки, отлагающиеся на поверхностях деталей в картере двигателя, на маслофильтрах, маслопроводах и др.

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

Нагарообразование в двигателе зависит также от качества топлива и характера его сгорания, наличия в масле и топливе механических примесей, продуктов износа, пыли, попадающей с воздухом, и т. д. Процесс нагарообразования заключается в том, что образующиеся в результате окисления и окислительной полимеризации смолисто-асфальтовые вещества, являясь связующей средой, удерживают на поверхностях деталей продукты неполного сгорания топлива, механические и другие примеси. Затем под воздействием высокой температуры процесса сгорания рабочей смеси эти продукты закоксовываются и частично сгорают. Толщина образующегося слоя нагара со временем работы двигателя увеличивается, что приводит к повышению температуры из-за ухудшения теплоотвода. В этих условиях часть нагара начинает выгорать. При достижении определенной толщины слоя нагара устанавливается фаза равновесного состояния, при которой скорости образования и сгорания нагара равны. Толщина слоя нагара на деталях при этом может быть различной и зависеть от режима работы двигателя. При режиме его полной нагрузки, когда достигается высокая температура деталей, слой нагара будет меньше, чем при малонагруженном режиме с низкой температурой деталей.

Таким образом, если во время фазы образования нагара до его равновесного состояния играют роль различные факторы (полнота сгорания топлива, качество масла и топлива, их загрязненность и т. д.), то при фазе равновесного состояния основным фактором является режим работы двигателя, обуславливающий его тепловое состояние. От качества масла зависит лишь структура нагара.

На лакообразование в зоне поршневых колец и поршне в карбюраторных двигателях влияет качество топлива и смазочного масла, в дизелях — преимущественно качество моторного масла. При этом лаковые пленки образуются тем интенсивнее, чем более склонно масло к окислению и окислительной полимеризации. Прочность лаковых пленок зависит от образования окислителей и смолисто-асфальтовых веществ.

Образование лаковых пленок на поверхностях деталей складывается из следующих этапов: окисления тонкого слоя масла на поверхности высоконагретой детали; коагуляции на поверхности детали из масла твердых продуктов окисления и сгорания топлива; конденсации продуктов окисления топлива и масла из продуктов сгорания, проникающих из камеры сгорания.

При образовании в масле шлама большую роль играют металлические соли органических кислот, получающиеся в результате взаимодействия последних с антифрикционными сплавами. Помимо этих солей, легко выпадающих в осадок, в шламе содержатся окислители, смолисто-асфальтовые вещества, карбены и карбоиды, которые образуются в масле или попадают в него с деталей цилиндропоршневой группы.

Образование шлама увеличивается при наличии в картере двигателя паров воды, а также при пониженных температурах охлаждающей воды и окружающего воздуха.

Для уменьшения отрицательного воздействия нагара, лака и шлама к маслам добавляют моюще-диспергирующие и антиокислительные присадки. Эксплуатационные свойства таких масел оценивают по загрязненности деталей цилиндропоршневой группы.

При исследовании процесса нагарообразования на деталях двигателя установлено, что причиной этого являются окисление и термическое разложение углеводородов топлива и масла в зонах высоких температур двигателя. Одни исследователи считают, что масло играет решающую роль в образовании нагара, другие рассматривают масло только как связующий материал для сажи, получающейся во время сгорания топлива, пыли и других инородных веществ.

Исследования с помощью электронного микроскопа показали, что в процессе окисления образуются высокомолекулярные нерастворимые продукты, т. е. возникает твердая фаза, размер частиц в которой сначала не превышает одного микрона. В дальнейшем под влиянием различных факторов (температуры, кислорода) эти частицы уплотняются в более крупные мицеллы, которые могут выпадать из системы и образовывать различные отложения.

Разработана также теория, согласно которой в камере сгорания существует «пограничная зона низкой температуры»; от ее размера зависит количество нагара, откладывающегося на поверхности детали.

Многими исследователями отмечено большое влияние содержания серы в топливе, как на процесс окисления масла, так и на характер образующегося нагара. Увеличение содержания серы в топливе влияет не только на количество образования, но изменяет свойства нагароотложений, делая их более плотными и трудноудаляемыми. Нагар в камере сгорания адсорбирует серу, что делает его твердым, а это способствует повышению износа.

Термоокислительная стабильность масел, как показатель его антиокислительных свойств, характеризуется временем, в течение которого тонкий слой масла 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.

В первом случае используют прибор-лакообразователь, состоящий из стального диска 2 (рис. 27), на который помещаются четыре металлических кольца с дужками 3. Стальной диск нагревается электронагревателем 1. Температура контролируется с помощью термометра 4. Ручкой 5 открывают лакообразователь при перестановке стального диска.

В приборе устанавливают температуру 250 °С, затем в каждое кольцо заливают пипеткой по 0,05 г испытуемого масла и фиксируют время. Кольца выдерживают до момента превращения масла в темную лаковую пленку. Время определяют секундомером. После этого диск с кольцами вынимают и охлаждают при комнатной температуре в течение 1 ч. Затем с помощью рычажного динамометра отрывают кольцо от диска, измеряя затрачиваемое усилие. Среднее значение этого усилия вычисляют по четырем определениям.

Время (мин), в течение которого масло при 250 °С превращается в эластичную лаковую пленку, удерживающую металлическое кольцо при его отрыве с силой в 10 Н, принимают за количественное выражение термоокислительной стабильности испытуемого масла.

Во втором случае также устанавливают время (мин), в течение которого испытуемое масло при заданной температуре превращается в лаковый остаток, состоящий из 50 % рабочей фракции и 50 % лака.

По этому методу берут четыре испарительных стальных тарелочки (Ø 22X1X1 мм) и помещают в каждую по 0,035...0,04 г испытуемого масла. Тарелочки ставят в прибор-лакообразователь при заданной температуре и фиксируют время. Когда масло в тарелочках окислилось (что видно по цвету масляной пленки), снимают с диска одну тарелочку, а остальные поочередно с интервалом 5...10 мин. Тарелочки после охлаждения взвешивают, петролейным эфиром экстрагируют из остатка масла рабочую фракцию. Затем тарелочки вновь взвешивают. Таким образом определяют количественное содержание рабочей фракции и лака.

Содержание рабочей фракции $R\Phi_T^t$ и лака L_T^t в масле при температуре T и установленном времени выдержки испарителя t , %, подсчитывают по формулам

$$R\Phi_T^t = \frac{A - B}{M} \cdot 100; \quad (40)$$
$$L_T^t = \frac{B - B_0}{M} \cdot 100,$$

где A - масса тарелочки с остатком после нагревания, г; B - масса тарелочки с лаком после экстрагирования рабочей фракции, г; M - масса испытуемого масла, г; B_0 - масса пустой тарелочки, г.

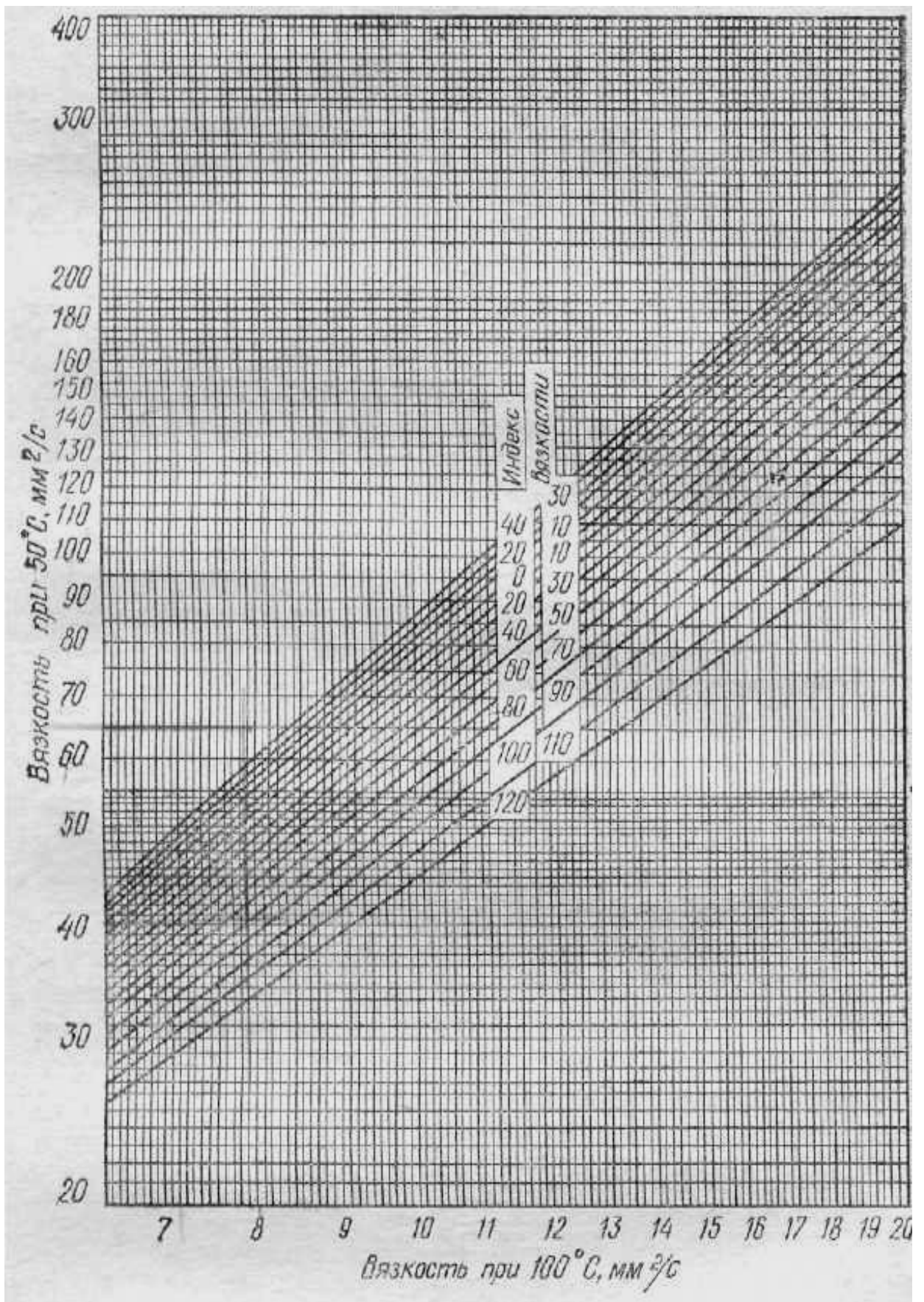


Рисунок 26. Номограмма для определения индекса вязкости масла.

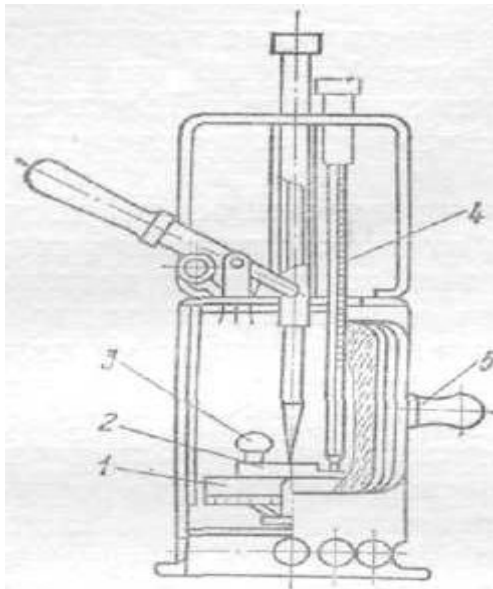


Рисунок 27. Лакообразователь для определения термоокислительной стабильности масла:

1 — нагреватель; 2 — стальной диск; 3 — дужки кольца; 4 — термометр; 6 — ручка.

На основании полученных данных строят графическую зависимость $R\Phi_T^t$ и L_T^t от времени выдержки испарительных тарелочек в лакообразователе (рис. 28). Для этого по оси ординат в одинаковом масштабе откладывают величины $R\Phi_T^t$ и L_T^t (%), по оси абсцисс - время (мин) выдержки испарительных тарелочек в лакообразователе. Точка пересечения кривых будет соответствовать образованию лакового остатка, состоящего из 50 % рабочей фракции и 50 % лака, а ее проекция на ось абсцисс даст показатель термоокислительной стабильности испытуемого масла (мин).

Моющие свойства масел с присадками определяют по интенсивности лакообразования на поверхности поршня в лабораторной установке ПЗВ согласно ГОСТ 5726—53.

Сущность испытания масла заключается в следующем. В картер установки (рис. 29) заливают 250 мл испытуемого масла 1. Температура в головке цилиндров 300 °С, в середине цилиндров 225, в картере 125 °С. Поступающий в цилиндр установки воздух нагревается до (220±20)°С. Частота вращения коленчатого вала составляет (2500±50) мин⁻¹. Привод вала от электродвигателя 2. Продолжительность испытания 2 ч.

После испытания установку разбирают. Загрязненность поршня 4 лаковыми отложениями сравнивают с эталонами и по шестибальной системе оценивают моющие свойства испытуемого масла в баллах. Моющие свойства масла при совершенно чистом поршне (без лаковых отложений) оценивают в 0 баллов, при боковой поверхности поршня, целиком покрытой лаком черного цвета, — в 6 баллов.

Установку ПЗВ используют также для нахождения окисляемости масел и оценки деструкции вязкостных присадок.

Антиокислительные свойства масел определяют также в процессе испытаний на установке ИКМ (одноцилиндровый бензиновый двигатель с воздушным охлаждением).

Моющие свойства моторных масел групп Б, Б₂, В, В₂, Г, Г₂ при классификационных испытаниях определяют на установке УИМ-6-НАТИ по ГОСТ 21490—76.

Двигатель установки является прототипом одноцилиндрового отсека тракторного дизеля Д-75 с универсальным картером. Основные сборочные единицы и детали дизеля — поршневая группа, гильза цилиндра, шатун в сборе, клапанный механизм и др. — серийные.

Масла групп Б, Б₂, В и В₂ испытывают в течение 120 ч при установленном режиме работы двигателя. Для масел групп Г и Г₂ включают наддув, ужесточающий работу двигателя.

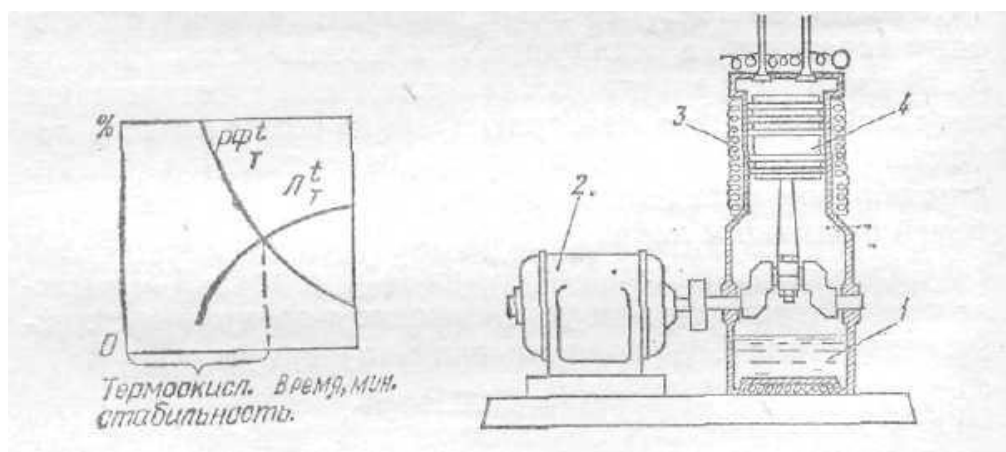


Рисунок 28. Определение термоокислительной стабильности масел по пересечению кривых.

Рисунок 29. Установка ПЗВ: 1-испытуемое масло; 2-электродвигатель; 3 — электронагревательные элементы 4 —поршень.

Соответствие масел группам, предлагаемым ГОСТ 17479—72, устанавливают по результатам сравнения испытуемого и контрольного масел. Масло относится к группе, предусмотренной классификацией, если его моющие свойства, определяемые по суммарной загрязненности поршня нагаро-

и лакоотложениями и подвижности поршневых колец в баллах, не превышают моющих свойств в баллах контрольного масла более чем на 20 % при одинаковых циклах испытаний.

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

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

Определение коррозионности по методу Пинкевича. Суть метода заключается в определении потери массы металлической пластинки (из свинца или свинцовистой бронзы) при периодическом воздействии на нее нагретого масла и кислорода воздуха.

Стандартные металлические пластинки 4 (рис. 30) размером 60X20X2,5 мм взвешивают на аналитических весах с точностью 0,0002 г. Для каждого испытуемого масла необходимо две пластинки. В стеклянные пробирки 2 заливают по $80 \pm 1,2$ г испытуемого масла, устанавливают в них пластинки и опускают в ванну 1, нагретую до $140 \pm 2^\circ\text{C}$. Одновременно устанавливают восемь пробирок для четырех образцов испытуемого масла. Все пластинки с помощью стальных проволок 5 связаны с кривошипным механизмом 6 прибора, который позволяет периодически поднимать и опускать пластинки. В течение 1 мин они 15 раз погружаются в масло. Испытания ведут в течение 50 ч.

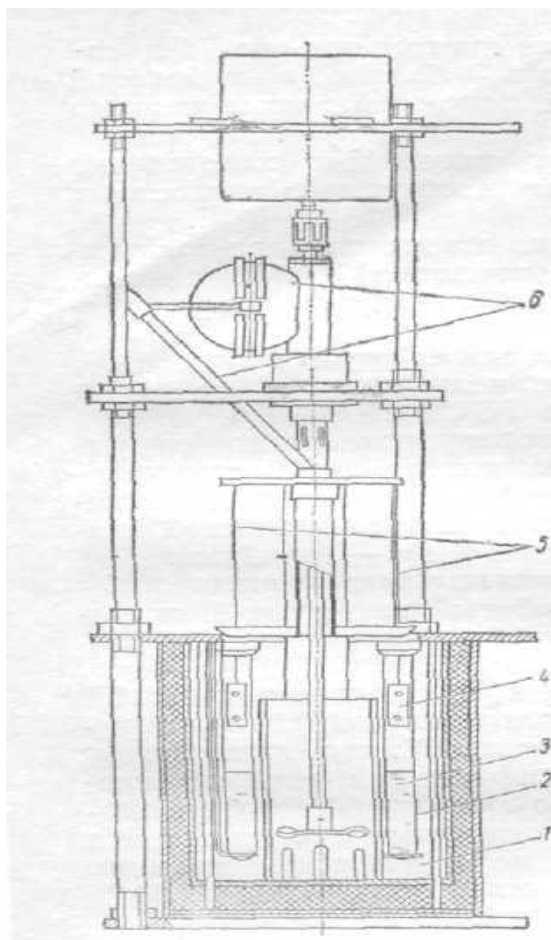


Рисунок 30. Прибор Пинкевича для определения коррозионности масел:

1- масляная ванна; 2 - пробирка; 3 - испытуемое масло; 4 - пластинка; 5 - проволока; 6 - кривошипный механизм.

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

Коррозионность K , $\text{г}/\text{м}^2$, испытуемого образца подсчитывают по формуле

$$K = \frac{q - q_1}{F} \quad (41)$$

где q — масса взятой новой пластинки для испытания, г; q_1 — масса пластинки после 50 ч испытания, г; F — площадь поверхности пластинки, м^2 .

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 13517—68).

Перед опытом свинцовую пластинку взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г. Затем ее устанавливают на стеклянном штыве (рис. 31) и помещают в стеклянную колбу 5 с испытуемым маслом в количестве 36,5 г. Колбы закрепляют в кассете 2 и вместе с ней опускают в масляную баню 1, имеющую температуру $140 \pm 1^\circ\text{C}$. Кассета вместе с колбами вращается в бане с частотой 30 мин^{-1} , и свинцовая пластинка периодически омывается маслом и воздухом.

Коррозионность образца масла, $\text{г}/\text{м}^2$, вычисляют по формуле (41).

Действительную коррозионность масла определяют аналогично. Разница заключается лишь в том, что исследование проводят не в открытых, а в плотно закрытых колбах без доступа воздуха извне. Опыт длится 30 мин, что исключает возможность интенсивного окисления образца масла во время испытаний.

В усовершенствованном варианте метода НАМИ температура масла при испытании повышена до 160°C . При этом определяют время до получения стабильной скорости коррозии. В качестве оценочных показателей принят индукционный период коррозии (ИПК - время, ч, до момента, когда потеря массы свинцовой пластинки достигает $5 \text{ г}/\text{м}^2$) и скорость коррозии после ИПК [$\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{г})$].

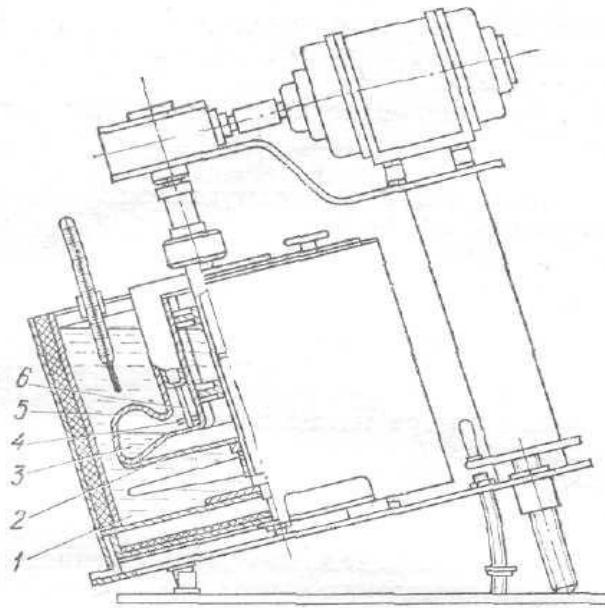


Рисунок 31. Прибор НАМИ для определения потенциальной и действительной коррозионности масел:

1 — масляная баня; 2 — кассета; 3 — масло; 4 — пластинка; 5 — стеклянная колба; 6 — штырь.

Кроме того, антикоррозионные свойства масел оценивают на полноразмерном дизеле ЯАЗ-204. Масло считается выдержавшим испытание, если через 125 ч потеря массы шатунных вкладышей не превышает 0,2 г, а на их поверхности отсутствуют видимая коррозия и механические повреждения.

Противоизносные свойства масла характеризуют его способность предотвращать или уменьшать износы сопряженных трущихся деталей. Основными показателями масла, обуславливающими эти свойства, являются вязкость и смазывающая способность, т.е. маслянистость. Масла с одинаковой вязкостью и разным химическим составом обладают различными противоизносными свойствами. Важную роль в повышении смазывающей способности играют полярно-активные вещества, обладающие высокими адсорбирующими свойствами. В условиях граничного трения прочность масляной пленки зависит не от вязкости применяемого масла, а от наличия в нем полярно-активных молекул.

Для оценки противоизносных и противозадирных свойств масел применяют различные машины трения. В машинах СМЦ-2; ХЦ-4; СМТ-1; УМТ-1 основной узел трения состоит из стальных кольца и блока, которыми создается давление, соответствующее каждому образцу масла. После определенного времени испытаний оценивают потерю массы этих деталей.

Чаще используют четырехшариковую машину трения МАСТ-1 (рис. 32). 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.

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

На противоизносные свойства смазочного масла большое влияние оказывает наличие в нем механических примесей, особенно абразивных. Поэтому при эксплуатации двигателей следует исключить возможность попадания в смазочное масло дорожной пыли в результате подсоса воздуха из-за негерметичного крепления воздухоочистителя, случайного попадания абразивов (кварца) в смазочное масло при его хранении, заправке и техническом обслуживании техники.

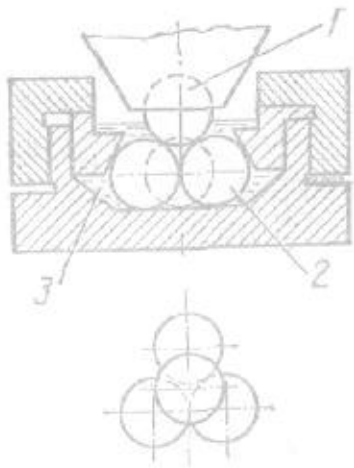


Рисунок 32. Четырехшариковая машина трения:

1 — верхний шарик; 2 — нижний шарик; 3 — масло.

В соответствии с требованиями ТУ и ГОСТ на смазочные масла механические примеси в них должны полностью отсутствовать.

Нормируемый в ГОСТ показатель зольности характеризует чистоту масла при отсутствии в нем присадки; с присадкой - содержание солей металлов во введенной в масло присадке.

Рассмотренные выше основные физико-химические и эксплуатационные показатели качества смазочного масла позволяют достаточно полно судить о свойствах „ масла и возможности рекомендации для того или иного типа двигателя. Кроме того, по изменению целого ряда показателей масла в двигателе в действительных условиях эксплуатации можно следить за его поведением, определять глубину старения, оценивать работу маслофильтрующих элементов, устанавливать рациональные сроки замены масла и т.д.

3. Классификация моторных масел.

В соответствии с ГОСТ 17479—72 «Масла моторные. Индексация по группам» все моторные масла в зависимости от типа применяемого двигателя внутреннего сгорания делятся на группы. В группах различают летние, зимние и всесезонные (загущенные) масла.

Существует шесть групп (А, В, В₁, В₂, Г, Д и Е), каждая из которых предназначается:

- А — для нефорсированных карбюраторных двигателей;
- В₁ — для малофорсированных карбюраторных двигателей;
- В₂ — для малофорсированных дизелей;
- В₁ — для среднефорсированных карбюраторных двигателей;
- В₂ — для среднефорсированных дизелей;
- Г₁ — для высокофорсированных карбюраторных двигателей;
- Г₂ — для высокофорсированных дизелей;
- Д — для высокофорсированных дизелей, работающих в тяжелых условиях;
- Е — для малооборотных дизелей с лубрикаторной смазочной системой, работающих на тяжелом топливе с высоким содержанием серы.

Индекс 1 указывает на применение в карбюраторных двигателях, индекс 2 — в дизелях.

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

В таблице 25 приведены марки моторных масел по существующей индексации.

По вязкости летние и зимние моторные масла делятся на семь классов (6, 8, 10, 12, 14, 16 и 20), а всесезонные загущенные — на десять (3з/8, 4з/6, 4з/8, 4з/10, 5з/10, 5з/12, 5з/14, 6з/10, 6з/14 и 6з/16).

Класс для летних и зимних масел обозначает их вязкость (мм²/с) при 100°С. Для всесезонных масел класс изображают дробью, в которой числитель обозначает класс вязкости масла при —18°С (условная цифра 4, 5 или 6), а в знаменателе — вязкость при 100°С. Цифра 4 указывает на то, что вязкость не превышает 2600 мм²/с, цифра 6—10 400 мм²/с. Индекс з при цифре указывает на присутствие в масле загущающей присадки. Индекс вязкости для незагущенных масел — не менее 90, для загущенных — не менее 115.

Всесезонные масла можно применять в любое время года, поскольку они обладают хорошей вязкостно-температурной характеристикой.

Масла без загущающих присадок с вязкостью 6...8 мм²/с при 100 °С рекомендуется применять только зимой, ибо они имеют меньшую температуру застывания и большую текучесть по сравнению с маслами вязкости 10...14 мм²/с

Масла разных групп в зависимости от степени форсирования двигателя содержат различные присадки как по характеру действия, так и по количеству. Так, в маслах группы А содержится небольшое количество присадки; в маслах группы В — около 3...5 % присадок; 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 применяют как в карбюраторных двигателях, так и в дизелях. В этом случае цифровой индекс при них не ставится.

Полностью марка моторного масла расшифровывается следующим образом. Например, М-6з/10В₂ означает: М — моторное масло; цифра 6 — класс вязкости (.у масла этого класса вязкость при —18 °С находится в пределах 2600...10400 мм²/с); буква з — масло, загущенное вязкостной присадкой,

предназначено для применения в зимнее время и как всесезонное; цифра 10 — вязкость (мм²/с) при 100°С; буква В — масло предназначено для среднефорсированных двигателей; индекс 2 при букве В — масло используется для дизелей.

4. Сорты и марки моторных масел

В соответствии с принятой классификацией и на основе многочисленных исследований на полноразмерных двигателях в стендовых и эксплуатационных условиях даны следующие рекомендации по использованию моторных масел для тракторных, автомобильных и комбайновых двигателей (табл. 13).

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.

В летнее время применяют масла с вязкостью 10 мм²/с при 100 °С, в зимнее — 8 мм²/с. Кроме того, в зимнее время рекомендуется применять загущенные масла М-4з/8Г₂.

Моторные масла для дизелей. Разработан ГОСТ 8581—78, в соответствии с которым выпускаются масла шести марок (табл. 14).

Моторные масла для дизелей характеризуются следующими технологиями изготовления и содержанием введенных присадок.

Моторные масла М-8В₂ и м-10В₂ изготавливают на основе прошедших селективную очистку дистиллятного 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, А=41, ЯМЗ-236 и др.

Основой моторных масел М-8Г₂ и М-10Г₂ служат базовые масла М-8 и М-10 селективной очистки, в которые вводят композицию присадок в составе: 6% ВНИИНП-360; 3,5% ПМС'Я; 0,0003% ПМС-200А и др. масла применяют в высокооборотных форсированных дизелях с наддувом типа ЯМЗ-238Н, ЯМЗ-238НБ, СМД-62 и др.

Моторные масла М-8Г_{2к} и М-10Г_{2к} приготавливают из сернистых нефтей на основе дистиллятного и остаточного компонентов селективной очистки, куда вводят эффективную композицию присадок. Эти масла применяют для двигателей автомобилей КамАЗ и автобусов «Икарус».

Кроме масел этих марок, выпускается 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 с увеличенной периодичностью замены (в тракторных дизелях при сроке работы 480 мото-ч, в автомобильных двигателях после пробега 15...18 тыс. км).

Таблица 13. Моторные масла, рекомендуемые для двигателей

Степень форсирования двигателя	Марка базового двигателя	Рекомендуемая группа масла
	<i>Карбюраторные двигатели</i>	
Малая	ГАЗ-51А, ГАЗ-52-01, ГАЗ-69А, ЗИЛ-157, ЗИЛ-164А, МЗМА-401, МЗМА-407.	Б 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-38, Д-40, Д-48, Д-54, Д-60, КДМ-46.	Б ₂
Средняя	Д-21, Д-22, ДЗ7М, Д-50, СМД-7, СМД-14, Д-108, ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, 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-240Б.	Г ₂
	<i>Высокофорсированные двигатели, работающие в тяжелых условиях</i>	

Перспективным является масло М-10Дм (ТУ 38 101783—80), которое предназначено для эксплуатации высокофорсированных дизелей с наддувом.

Оно по сравнению с маслом М-10Г₂ обладает более высокими моющими и антиокислительными свойствами и увеличенным сроком работы до замены.

В качестве смазочных масел для низкооборотных стационарных дизелей типа Д-16 и других выпускают масла двух марок, которые по своим эксплуатационным свойствам соответствуют группе А; дизельное дистиллятное моторное масло Т без присадок (ТУ 38 101655—76) и дизельное моторное масло Т (ТУ 38 101266—72) с 3 % присадки ЦИАТИМ-339. Эти масла обладают большой вязкостью (62...68 мм²/с при 50 °С) и невысокой температурой застывания.

Моторные масла для карбюраторных двигателей. Ассортимент моторных масел для карбюраторных двигателей с различной степенью форсирования в соответствии с ГОСТ 10541—78 включает шесть марок групп А, Б, В и Г.

Моторные масла для карбюраторных двигателей характеризуются следующими технологиями изготовления и содержанием введенных присадок.

Таблица 14. 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	95	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
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
Температура, °С вспышки, не ниже застывания, не выше	200 -25	205 -15	200 -25	205 -15	200 -30	205 -15
Моторные испытания по ГОСТ 17479-72	Выдерживают					

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 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-164А и др.) расположением цилиндров, а также в двигателях легковых автомобилей, за исключением автомобилей ВАЗ.

Моторное масло М-8В₁ состоит из смеси дистиллятного и остаточного компонентов с композицией, включающей в себя эффективную 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 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 автомобилей, в первую очередь в автомобилях ВАЗ.

Основные показатели авиационных масел следующие:

	МС-14	МС-20	МК-22
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	14	20	20

Кислотное число, мг КОН/г масла, не более	0,25	0,03	0,10
Зольность, %, не более	0,003	0,003	0,004
Температура вспышки, °С, не ниже:			
в закрытом тигле	200	250	230
в открытом тигле	220	270	250

Масла для авиационных двигателей. В сельскохозяйственном производстве при индустриальной технологии возделывания различных культур находят применение специальные самолеты, вертолеты и т. д. Моторные масла в авиационных двигателях этих машин работают в условиях высокой тепловой и динамической напряженности. Поэтому эти масла должны обладать высокой вязкостью, хорошей смазывающей способностью и высокой термоокислительной стабильностью. Выпускают авиационные масла трех марок: МС-14 и МС-20 — селективной очистки, МК-22 — кислотно-контактной очистки (ГОСТ 21743—76).

Масло для обкатки двигателей внутреннего сгорания. После изготовления или ремонта деталей на их поверхностях имеются шероховатости, микронеровности и т. д., поэтому необходимо перед началом эксплуатации провести обкатку двигателя. Цель обкатки — приработка сопряженных поверхности деталей, в результате которой уменьшается шероховатость, что увеличивает несущую способность, уменьшает нагрев и т. п. Хорошая приработка поверхностей деталей зависит от правильного выбора скоростного, нагрузочного и температурного режимов. Условия обкатки должны обеспечить сглаживание микронеровностей без повышенного износа деталей. При обкатке трущиеся поверхности работают в условиях смешанного (граничного, сухого, жидкостного и промежуточных) видов трения. Поэтому обкаточное масло должно обладать охлаждающими свойствами, хорошей прокачиваемостью, высокой полярной активностью и достаточной вязкостью.

Обкаточное масло ОМ-2 (ТУ 38 101325—79) готовят на базе масла ДС-8 введением в него 2,5 % приработочной серосодержащей присадки дипроксид, 2 % ПМС'Я или ПМС, 2 % ЦИАТИМ-339 и антипенной присадки ПМС-200А. По эксплуатационным свойствам обкаточное масло ОМ-2 соответствует группе Б₂. При использовании этого масла в двигателе в процессе приработки на поверхностях деталей выделяется активная сера. Она взаимодействует с металлом поверхностных слоев, образуя сульфиды. Они обладают повышенной пластичностью, что значительно ускоряет приработку. Для ускорения процесса приработки и повышения его качества одновременно применяют приработочные присадки к топливу. Вырабатывают присадку АЛП-2 (ТУ 38 101368—73) для добавления к топливу, которая является раствором органических соединений алюминия в дизельном масле ДС-8. Эту приработочную присадку вводят в топливо в количестве 2,5 %. При сгорании такого топлива в камере образуется оксид алюминия со средним размером частиц 2 мкм. Твердость его кристаллов выше твердости материала поршневых колец и гильз цилиндров. Это и обеспечивает ускорение приработки. Как показывает опыт, для дизеля после обкатки на товарном топливе угар моторного масла составлял 2,4 % по отношению к расходу основного топлива, при обкатке на топливе с присадкой угар масла составил лишь 0,9%.

Совместное применение обкаточного масла ОМ-2 и приработочной присадки к топливу АЛП-2 обеспечивает - высококачественную обкатку двигателя за 45...60 мин, что фактически равноценно 60-часовой эксплуатационной обкатке трактора на маслах и топливе товарных марок.

В целях обеспечения высококачественной обкатки двигателей для дальнейшей их надежной и долговечной эксплуатации многие научно-исследовательские учреждения страны продолжают не только разрабатывать более эффективные присадки к обкаточным маслам и топливу, но и совершенствовать технологию обкатки.

Литература

1. с 260...300
2. с 151...184
3. с 114...167
4. с 119...156
5. с 148...177

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к моторным маслам?
2. Какие процессы происходят с маслом в двигателе?
3. С какой целью добавляют композиции присадок в моторные масла?
4. В чем сущность новой классификации моторных масел?

5. Перечислите основные свойства и марки масел для карбюраторных и дизельных двигателей.
6. Как улучшается индекс вязкости современных масел?
7. Почему масла группы Б нельзя использовать в форсированных дизельных двигателях?
8. Как срабатывается присадка в моторных маслах в период эксплуатации двигателей?
9. Какие масла используют для обкатки двигателей?
10. Какие существуют способы улучшения приработки деталей?
11. От чего зависят 0-щ и количественные потери масел?
12. К чему приводит обводнение моторных масел?
13. От чего зависит гигроскопичность масел?
14. Какие пути повышения работоспособности масел в двигателях?
15. За счет чего повышается качество вновь выпускаемых масел?
16. Какие пути повышения экономии моторных масел?
17. Как устанавливается срок смены масел в двигателях?
18. Какие меры способствуют повышению срока смены масла?
19. Как влияет угар масла на процесс его старения и расход?
20. Какие меры необходимы для снижения расхода масла?