Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

**В.В. ОСТРИКОВ, С.А. НАГОРНОВ,
О.А. КЛЕЙМЕНОВ, В.Д. ПРОХОРЕНКОВ,
И.М. КУРОЧКИН, А.О. ХРЕННИКОВ, Д.В. ДОРОВСКИХ**

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов специальностей 110301 и 110304

Тамбов
♦ Издательство ТГТУ ♦
2008

УДК 621.892.(075)
ББК П072-082.056-3я73
Т581

Р е ц е н з е н т ы :
Доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией ГНУ ВИИТиН
Н.П. Тишанинов

Кандидат технических наук, доцент кафедры
«Автомобильная и аграрная техника» ТГТУ
В.М. Мелисаров

Т581 Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков, И.М. Курочкин, А.О. Хренников, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0741-4.

Изложены основные сведения о получении нефтепродуктов, эксплуатационных свойствах топлив и смазочных материалов, используемых в агрегатах сельскохозяйственной техники, средствах хранения, транспортировки и заправки нефтепродуктов, представлены сведения о современных добавках (присадках) к смазочным маслам для улучшения их эксплуатационных свойств. Уделено внимание вопросам контроля качества нефтепродуктов и экологическим аспектам использования ТСМ в условиях предприятий АПК.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 110301 «Механизация сельского хозяйства», 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе», и для специалистов по эксплуатации сельскохозяйственной техники и работников нефтехозяйств.

УДК 621.892.(075)
ББК П072-082.056-3я73

В выполнении работ и подготовке материалов учебного пособия принимали участие: д-р техн. наук А.И. Петрашев, канд. хим. наук. Н.Н. Тупотилов, канд. хим. наук С.В. Романцова, канд. хим. наук Л.Г. Князева

ISBN 978-5-8265-0741-4 © ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» (ТГТУ), 2008

В.В. ОСТРИКОВ, С.А. НАГОРНОВ,
О.А. КЛЕЙМЕНОВ, В.Д. ПРОХОРЕНКОВ,
И.М. КУРОЧКИН, А.О. ХРЕННИКОВ, Д.В. ДОРОВСКИХ

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов, В.Д. Прохоренков, И.М. Курочкин А.О. Хренников, Д.В. Доровских
ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

►ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ◄

Учебное издание

ОСТРИКОВ Владимир Васильевич,
НАГОРНОВ Станислав Александрович,
КЛЕЙМЕНОВ Олег Александрович,
ПРОХОРЕНКОВ Вячеслав Дмитриевич,
КУРОЧКИН Иван Михайлович,
ХРЕННИКОВ Александр Олегович,
ДОРОВСКИХ Дмитрий Владимирович

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Учебное пособие

Редактор Е.С. М о р д а с о в а
Инженер по компьютерному макетированию М.А. Ф и л а т о в а

Подписано в печать 12.11.2008.
Формат 60 × 84/16. 17,67 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 492

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей составляющей эффективной эксплуатации машинно-тракторного парка и автотранспорта является рациональное использование нефтепродуктов. Надежность и ресурс техники в значительной мере зависят от того, в какой степени применяемые топливо, смазочные материалы и технические жидкости соответствуют требованиям, предъявляемым в данных эксплуатационных условиях. Любое несоответствие неизбежно влечёт за собой существенные потери, обусловленные повышенными затратами на ремонт и вынужденными простоями тракторов, автомобилей и другой сельскохозяйственной техники.

Конкретные конструктивные особенности машин и условия их эксплуатации требуют строго определенных по своему составу и свойствам топливо-смазочных материалов и технических жидкостей. Эффективное использование сельскохозяйственной техники без знаний о этих материалах невозможно.

Предложенная информация поможет студентам инженерных специальностей вузов ознакомиться с общими сведениями о получении нефтепродуктов, современной классификацией топлив и масел, их свойствами, оборудованием для хранения и транспортировки нефтепродуктов, с элементарными методами контроля качества основных видов ТСМ, их экономии и рационального использования при эксплуатации машинно-тракторного парка, экологическими аспектами проблемы охраны окружающей среды при использовании ТСМ.

Представленные сведения о различного вида добавок к топливам и смазочным материалам для улучшения их свойств и повышения работоспособности техники послужат отправной точкой знаний при рассмотрении возможности и необходимости применения тех или иных препаратов, представляемых разработчиками как средства снижения износа машин, восстановления их эксплуатационных характеристик и т.д.

Информация о составах, свойствах консервационных материалов, технических средствах для подготовки сельскохозяйственной техники к хранению помогут специалистам агроинженерного образования получить новые знания и правильно подойти к организации вопросов сохранности техники и продления сроков её службы.

Современные актуальные проблемы использования биотоплив, биомасел и биодобавок к нефтепродуктам уже сейчас требуют элементарных знаний об основных видах, свойствах и направлениях использования этих материалов. В учебном пособии в доступной форме представлена информация об этом новом и достаточно перспективном направлении ресурсосбережения.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛУЧЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

1.1. ИСХОДНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Исходным сырьем получения автотракторных топлив и масел служит нефть, которая представляет собой весьма сложную по химическому составу органическую смесь разнообразных соединений углерода с водородом.

Нефть – маслянистая (вязкая) горючая жидкость, чаще темно-коричневого цвета, реже – светло-желтого, имеющая специфический запах. Цвет нефти зависит от присутствия растворённых в ней смол и твердых углеводородов. На свету нефть слегка флуоресцирует (преобладают зеленый, синий или фиолетовый оттенки).

Физические свойства нефти обусловлены её химическим составом. Обычно под понятием «состав нефти» подразумевают элементный, групповой и фракционный составы нефти. Элементным составом называют содержание в нефти отдельных химических элементах, выраженное в процентах.

Химические элементы, входящие в состав нефти, и их соотношение характеризуют элементарный состав. Основной элемент нефти – углерод (83…87 %) – содержится не в свободном состоянии, а в соединениях с водородом (12…14 %) в виде сложных молекул. Эти элементы представляют основные группы углеводородов нефти: **алканы** C_nH_{2n+2} (метановые или парафиновые); **циклоалканы** (нафтеновые или цикланы) – моноциклические C_nH_{2n} и полициклические C_nH_{2n-p} (p = 2, 4, 6, 8, 10); **арены** (ароматические) – моноциклические C_nH_{2n-6} и полициклические C_nH_{2n-p} (p = 12, 14, 18, 20, 24, 30, 36).

Количество атомов углерода и способов их соединения друг с другом определяет физическое состояние углеводородов: они могут находиться в газообразном, жидком или твердом состоянии. Например, углеводород с 5 атомами углерода – жидкость (пентан – C_5H_{12}), а с 17 атомами – твердое вещество (гептодекан – $C_{17}H_{36}$).

Наиболее полно представлены в нефти **алканы** – *предельные (насыщенные) углеводороды парафинового ряда*. Их количество в нефти может составлять от 25 до 70 %. Алканы нефти при нормальных условиях достаточно инертны ко многим химическим реагентам: слабо взаимодействуют с химическими веществами, не реагируют с кислородом, не способны к реакциям присоединения, а только к реакциям замещения (водород замещается на другие углеводородные группы или металлы). Однако при определённых условиях они могут вступать в различные химические реакции: газо- и жидкофазное окисление, каталитическая изомеризация, сульфирование, сульфоокисление.

Высокая температура застывания парафиновых углеводородов приводит к тому, что их присутствие в зимних видах топлива и смазочных масел является нежелательным. Однако, эти углеводороды стойки к окислению и разложению, что обеспечивает химическую стабильность нефтепродуктов, в состав которых входят парафиновые углеводороды, при хранении и применении.

По сравнению с алканами, **циклоалканы** (*нафтеновые углеводороды*) имеют более низкие температуры плавления, лучшие низкотемпературные свойства и поэтому являются наиболее перспективной компонентой топливных и масляных фракций нефти (например, содержание циклоалканов в масляных фракциях нефти превышает 70 % всех входящих компонентов).

Для **аренов** (*ароматических углеводородов*) характерны более высокая вязкость, плотность и температура кипения в сравнении с алканами и циклоалканами той же молекулярной массы. При понижении температуры вязкость аренов резко возрастает, что отрицательно сказывается на свойствах смазочных масел. Ввиду устойчивости ароматических углеводородов

к окислению, в их присутствии улучшаются противодетонационные свойства топлива для карбюраторных двигателей. По той же причине арены нежелательны в дизельном топливе, поскольку увеличивают период задержки самовоспламенения, что способствует жёсткой работе дизеля.

Элементный состав сырой нефти включает в себя не только органические соединения, но и многие другие (в незначительных количествах), например, гетероорганические – смолы, асфальтены, асфальтогеновые кислоты, карбены, карбоиды.

Смолы – это высокомолекулярные полициклические нейтральные кислородсодержащие соединения, в состав которых также могут входить сера, азот и некоторые металлы. Обычно это жидкие (или полужидкие) вещества темно-коричневого цвета, обладающие высокой красящей способностью и легко растворимые во многих нефтепродуктах и органических растворителях (бензоле, хлороформе и др.).

Асфальтены – это высокомолекулярные твёрдые и мазеобразные вещества (при нагревании выше 327 °С они разлагаются с образованием газа и кокса) чёрного или тёмно-бурого цвета, тяжелее воды (их плотность выше 1000 кг/м^3), растворимые в сероуглероде, тетрахлоруглероде и других сильных органических растворителях, но не растворяющиеся в низкокипящих алканах. Чем выше содержание смол в нефти, тем больше находится в ней и асфальтенов.

Асфальтогеновые (полинафтеновые) кислоты – это смолистые вещества, входящие в состав высокомолекулярных частей нефти.

Карбены – это продукты уплотнения и полимеризации асфальтенов, они растворимы в сероуглероде и пиридине, но не растворимы в тетрахлоруглероде.

Карбоиды – это комплекс высокомолекулярных соединений (твёрдые вещества чёрного цвета), образующихся при окислении и термическом разложении нефти, они нерастворимы в органических и минеральных растворителях. В элементном составе карбенов и карбоидов присутствует больше углерода, чем в смолах и асфальтенах, но меньше водорода.

Наиболее представительными группами гетероорганических соединений являются смолы и асфальтены. Карбены и карбоиды в сырой нефти обычно отсутствуют – являясь результатом термических, термокаталитических или термоокислительных превращений нефти, они находятся в отработанных моторных маслах или присутствуют в составе нагаров цилиндропоршневой группы.

В состав смол и асфальтенов входят: углерод (до 88 %), водород (до 10 %) и гетероатомы (до 14 %) – обычно это кислород, азот, сера и металлы.

По массовому содержанию смолисто-асфальтеновых веществ нефти разделяют на малосмолистые (до 10 % смол), смолистые (10…35 % смол) и высокосмолистые (свыше 35 % смол).

Кислородные соединения в нефти представлены в основном в виде органических кислот, фенолов и рассмотренных выше смолисто-асфальтеновых веществ. В основном – это нафтеновые соединения ($C_nH_{2n-2}O_2$), относящиеся к числу карбоновых кислот, – труднолетучие жидкие, иногда и твердые вещества, плохо растворимые в воде. Они не вызывают коррозию чёрных металлов, но интенсивно взаимодействуют с цветными металлами (особенно с цинком и свинцом), образуя соли.

Азотистые соединения в нефти присутствуют в небольших количествах – десятые и даже сотые доли процента, но в отдельных редких случаях эта величина может доходить до 1,7 %. Неприятный запах нефти обусловлен присутствием в ней этих соединений.

Если содержание кислорода (0,05…3,6 %) и азота (0,02…1,7 %) в нефти незначительное, то содержание **серы** находится в довольно широких пределах: от тысячных долей до 6 – 8, а порой и до 14 %. Причем сера и её соединения практически всегда присутствуют в сырой нефти, добываемой в России.

По содержанию серы нефти делятся на *малосернистые* (до 0,5 % мас.), *средней сернистости* (до 1,0 %), *сернистые* (до 3,0 %) и *высокосернистые* (более 3 %).

Чем выше температура кипения входящих в состав нефти углеводородов, тем больше в такой нефти содержание серы. Соединения серы способствуют отложению смол, в соединениях с водой инициируют интенсивную коррозию стальных деталей, они токсичны, загрязняют окружающую среду, имеют неприятный запах.

Различают активные и неактивные сернистые соединения, входящие в состав нефти. Активные соединения – это элементарная сера S, сероводород H_2S, меркаптаны RSH (органические соединения, в состав которых входят углеводородный радикал R и тиольная группа SH), неактивные – это сульфиды RSR, дисульфиды RS_2R, полисульфиды RS_nR и т.п.

Меркаптаны – это летучие жидкости с неприятным запахом и со слабокислотными свойствами, мало растворимы в воде, хорошо растворимы в спирте и эфире.

Наличие в нефтепродуктах меркаптанов, являющихся ярко выраженным представителем коррозионно-активных соединений, ускоряет процессы окисления и смолообразования.

Присутствие в топливе меркаптанов вызывает интенсивный износ прецизионных пар деталей топливной аппаратуры, приводит к образованию нагаров и смолисто-лаковых отложений на деталях цилиндропоршневой группы, осадков в топливных баках и резервуарах, предназначенных для хранения нефтепродуктов.

При действии меркаптанов на детали из бронзы, меди, цинка и кадмия образуются сложные химические соединения (вязкие и липкие смолообразные осадки), плохо растворимые в топливе.

Меркаптаны являются термически неустойчивыми соединениями: при нагреве до 120 °С они практически не изменяются, в диапазоне 120…350 °С начинают разлагаться с выделением сероводорода, а при температурах 350…400 °С полностью распадаются. Содержание меркаптанов в топливе строго нормируется.

Как правило, в готовой товарной продукции активные соединения не допускаются, поскольку они воздействуют на металлические поверхности (коррозируют стенки цистерн, резервуаров, трубопроводов и т.п.), их удаляют при очистке нефтепродуктов.

В отличие от них, неактивные сернистые соединения непосредственно не вызывают коррозию металлов. Однако при сжигании светлых нефтепродуктов образуются окислы серы SO_2, SO_3 и пары воды, которые при соединении образуют сернистую и серную кислоты, способствующие коррозии стальных деталей двигателя. Поэтому при использовании таких топлив в двигателях все сернистые соединения становятся одинаково активными.

В небольших количествах в нефти растворены **минеральные вещества и микроэлементы.** В элементарный состав сырой нефти в незначительных количествах входят металлы (более 30) и неметаллы (около 20).

Наиболее распространены в нефти такие микроэлементы, как ванадий, никель, железо, цинк, хром, марганец и другие. Например, содержание ванадия и никеля может составлять до 0,03 % (мас.).

Существенная часть металлов находится в нефти в виде сложных комплексов. Кроме того, сырая нефть может содержать растворённые (попутные) газы, воду, песок, глину и другие примеси (частицы нефтеносных пород, продукты коррозии нефтедобывающего оборудования и т.п.).

Содержание **попутных газов** достигает 50…100 $м^3$/т нефти, твердых нерастворимых примесей – до 1,5 % по массе, **воды** – от незначительного количества до 90 %, а **минеральных примесей** – сотые доли процента.

Вода в нефти может находиться как в чистом виде, так и в составе эмульсий.

Если первую можно извлечь из нефти простым отстаиванием, то водные эмульсии нефти можно разрушить только специальными методами, например, с помощью дегидраторов и деэмульгаторов.

Добытая из скважин различных месторождений нефть иногда значительно различается по химическому и фракционному составу, что обусловливает разницу в качестве получаемых из неё продуктов.

Поэтому, чтобы оценить качество автотракторного топлива, смазочных масел или выбрать схему производства товарных нефтепродуктов из сырой нефти того или иного месторождения, нужно учитывать её свойства и углеводородный состав.

На процесс получения товарных нефтепродуктов основное влияние оказывают такие свойства нефти, как плотность, фракционный состав, содержание серы, парафинов, воды и солей.

Различают нефти *очень легкие* (с плотностью до 800 кг/$м^3$ при 20 °С), *легкие* (800…840), *средней плотности* (840…880), *тяжелые* (880…920) и *очень тяжелые* (свыше 920 кг/$м^3$).

Плотность нефти обусловлена не только соотношением количества содержащихся в ней легкокипящих и тяжелых фракций, но и глубиной залегания. Обычно нефть легче воды. Чем светлее нефть, тем меньше её плотность и вязкость, поскольку в ней больше содержится легкокипящих фракций. Чаще всего плотность лёгкой нефти лежит в пределах 770…880 кг/$м^3$. В такой нефти наиболее высокое содержание бензиновой и дизельной фракций.

Однако извлекаются и более тяжёлые и вязкие нефти, у которых плотность выше 1000 кг/$м^3$. Такая нефть имеет более тёмный цвет и содержит меньшее количество бензиновой и дизельной фракций. В её состав входят растворённые смолы и твёрдые углеводороды, в частности, парафины, наличие которых приводит к ухудшению качества производимого дизельного топлива.

Под **фракционированием (дистилляцией или перегонкой)** понимают разделение многокомпонентных жидких смесей на фракции (дистилляты) более простого состава путем частичного испарения смеси и конденсации образующихся паров. Этот процесс проводят при лабораторной перегонке: при постепенно увеличивающейся температуре из нефти отгоняются фракции с определёнными температурными пределами выкипания.

Отбирая получаемые жидкости, имеющие близкие температуры кипения, в сборники, получают относительно однородные по своему составу и свойствам конденсаты, которые называют фракциями.

Фракция (или дистиллят) – это часть нефти, выкипающая в определённых температурных пределах. В составе конденсата преобладают низкокипящие компоненты, а в неиспарившейся жидкой фазе – высококипящие. При фракционировании не нарушается химическая структура (строение) углеводородов и гетероатомных соединений, переходящих из нефти в соответствующие фракции, что обусловливает идентичность химических свойств исходной нефти и получаемых нефтепродуктов.

Фракции, выкипающие до 350 °С при атмосферной перегонке, называют **светлыми дистиллятами:** бензиновый дистиллят – до 180 °С и дизельный дистиллят – 180…350 °С. Дальнейшее увеличение температуры сопровождается испарением углеводородов с большей температурой кипения, молекулярной массой и концентрацией высокомолекулярных углеводородов и смолисто-асфальтеновых соединений в неиспарившейся части нефти. Фракция, выкипающая при температуре выше 350 °С, называется **мазутом** (остаток после отбора светлых дистиллятов).

Перспективными для переработки на нефтеперерабатывающих установках являются нефти с содержанием светлых дистиллятов не менее 60 %. Если содержание светлых дистиллятов меньше указанной величины (в такой нефти обычно присутствует больше парафинов), то её переработка возможна при смешении с газовым конденсатом.

Особую роль в получении товарных светлых нефтепродуктов играет содержание в нефти парафинов, особенно при производстве дизельного топлива. При высоком содержании парафинов в нефти они могут перейти и в дизельное топливо, что приводит к ухудшению его температуры помутнения и застывания. Поэтому качественное дизельное топливо можно гарантированно получать из нефти, в которой содержится не более 1,5 % парафинов.

Если содержание парафинов в нефти колеблется в пределах 1,5…6,0 %, то из такой нефти возможно получение летнего дизельного топлива, или необходимо изменять технологию его получения: уменьшать содержание парафинов в дизельном топливе, разбавлять нефть газовым конденсатом, добавлять депрессорные присадки, снижающие температуру помутнения и застывания.

Для снижения концентрации воды и солей в нефти применяют процессы обезвоживания и обессоливания нефти.

Для получения товарных бензинов, дизельных топлив, масел и других продуктов применяют физические и химические методы переработки нефти.

1.2. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

К физическим методам переработки нефти относят разделение нефти на отдельные её фракции, выкипающие в различных определённых температурных интервалах (**прямая перегонка); депарафинизацию** дизельных топлив и масел; **селективную очистку** масляных дистиллятов; **компаундирование** топливных и масляных компонентов с целью получения товарных продуктов.

Перед перегонкой товарную нефть предварительно обессоливают и обезвоживают на промыслах и нефтеперерабатывающих заводах.

Обычно на промыслах наряду с отстаиванием осуществляют термохимическое обезвоживание и обессоливание добываемой нефти с использованием в качестве деэмульгаторов синтетических поверхностно-активных веществ. В зависимости от плотности и смолистости нефти, химического строения деэмульгаторов их расход составляет 5…50 г на тонну нефти.

На нефтеперерабатывающих заводах процессы обезвоживания и обессоливания нефти перед подачей её на первичную переработку проводят, используя электротермохимические методы: 2–3-ступенчатая обработка в электродегидраторах и электрообессоливающей установке (ЭЛОУ).

Первичная переработка представляет собой **прямую перегонку (фракционирование)** нефти в специальных ректификационных колоннах.

Этот процесс может протекать как при постепенном нагревании и последовательном выделении фракций, так и однократном нагревании и испарении нефти с последующим разделением различных дистиллятов.

В настоящее время прямая перегонка нефти осуществляется посредством однократного испарения: низкокипящие фракции, перейдя в пар, остаются в аппарате и снижают парциальное давление испаряющихся высококипящих фракций (т.е. перегонку можно проводить при более низких температурах).

В результате этого процесса получаются две основные фракции: легкая (обладающая основным количеством низкокипящих компонентов) и тяжелая (в которой содержится гораздо меньше низкокипящих компонентов, чем в исходном сырье).

Однако достичь требуемого разделения компонентов нефти и получить конечные продукты (кипящие в заданных интервалах температур) с помощью одной перегонки невозможно.

Поэтому после однократного испарения нагретая нефть подвергается ректификации (дистилляции) паровой и жидкой фаз на отдельные фракции за счёт противоточного многократного контактирования паров и жидкости.

Обычно эти процессы (однократное испарение и ректификация) совмещают, используя одноступенчатые или многоступенчатые трубчатые установки при атмосферном давлении (так называемые атмосферные трубчатки или АТ-трубчатки).

В состав этих установок входят блоки: обессоливания и обезвоживания нефти; стабилизации бензина; вторичной перегонки бензина на узкие фракции; защелачивания бензина и дизельного топлива, которые являются обслуживающими и призваны качественно подготовить нефть и облагородить продукты её дистилляции.

Существуют различные схемы первичной перегонки нефти. Легкие нефти после обезвоживания и обессоливания подвергают стабилизации (отгонке пропан-бутановой фракции углеводородов), обуславливающей постоянство давления паров нефти при её подаче на нефтеперегонные установки. Обычно нефтеперегонные установки состоят из трубчатой печи и нескольких ректификационных колонн, в которых процесс дистилляции нефти проводят либо при атмосферном давлении (атмосферные трубчатки или АТ-установки) или сначала при атмосферном давлении, а далее – в вакууме (на атмосферно-вакуумных трубчатках или АВТ-установках).

На рисунке 1.1 показана схема типовой современной АТ-установки, состоящей из трубчатой печи *1* (показан разрез труб змеевика *2*), основной ректификационной колонны *3*, воздушного конденсатора *4*, водоотделителя *5*, отпарной колонны *6*, теплообменников *7* и котла-утилизатора *8*.

На рисунке 1.2 показана схема типовой атмосферно-вакуумной трубчатки, состоящей из блоков ЭЛОУ *1*, трубчатых печей *2*, атмосферной ректификационной колонны *3* и вакуумной ректификационной колонны *4*.

Рассмотрим схему первичной переработки нефти (рис. 1.2).

Перерабатываемая нефть под давлением около 1,5 МПа прокачивается через ряд теплообменников (в блоках ЭЛОУ), где она, очищаясь от воды и ненужных примесей, нагревается до 175 °С за счёт тепла охлаждаемых дистиллятов и поступает в испаритель.

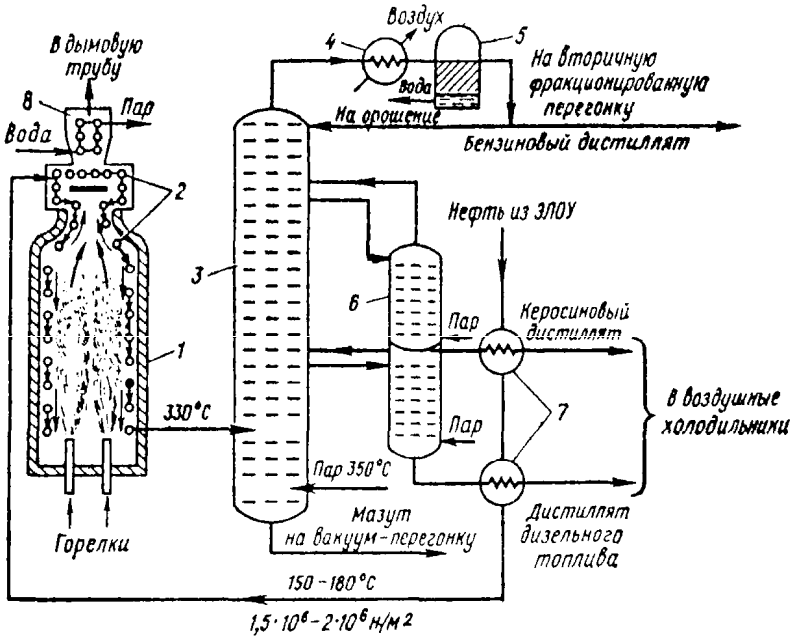


Рис. 1.1. Схема атмосферной трубчатой установки для перегонки нефти

После испарения бензиновых фракций, которые поступают в ректификационную колонну *3*, нефть поступает в трубчатую печь *2*, где плавно нагревается до 350 °С. Скорость движения нефти внутри труб печи все время возрастает: от 1–2 м/с на входе в печь до 60…80 м/с на выходе. Это предотвращает местные перегревы и разложение нефти. Выше этой температу-

ры нагревать нефть нельзя, поскольку может наступить термическое разложение некоторых входящих в её состав углеводородов.

Горячая нефть в парожидкостном состоянии поступает в испарительную часть атмосферной ректификационной колонны *3*. При вводе в колонну скорость движения разделяемой смеси резко возрастает, а давление снижается. Из-за снижения давления происходит испарение низкокипящих фракций и разделение на паровую и жидкую фазы.

Ректификационная колонна (обычно – тарельчатая колпачковая) – вертикально установленный прочный металлический цилиндр с наружной теплоизоляцией – имеет высоту 15…30 м, что позволяет обеспечивать многократное чередование испарения жидкости и конденсации паров. Внутри колонны поперек цилиндра расположены перегородки с отверстиями, прикрытыми колпачками – колпачковые тарелки.

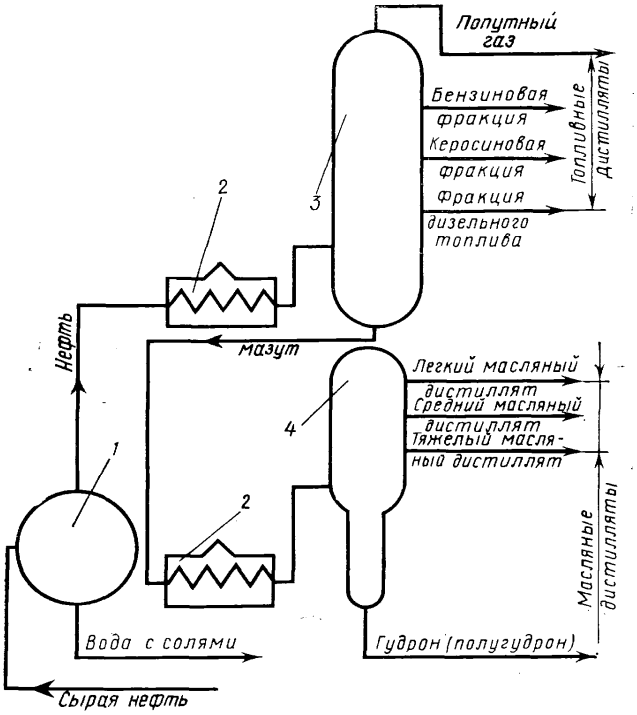


Рис. 1.2. Схема атмосферно-вакуумной трубчатки (АВТ-установки)

Пары фракций поднимаются снизу вверх по колонне, а жидкая фаза (более высококипящие углеводороды конденсируются уже на первых тарелках) стекает вниз. Чем выше расположены колпачковые тарелки, тем более легкие (т.е. более низкокипящие) фракции на них конденсируются. Температура по высоте ректификационной колонны снижается от максимальной (в зоне ввода разделяемой смеси) до минимальной (в верхней части колонны). Пары среднекипящих углеводородов, поднимаясь вверх по колонне, конденсируются на тарелках, расположенных выше ввода разделяемой смеси в колонну.

Таким образом, по высоте колонны существуют определенные зоны, в которых температура равна температуре конденсации отбираемых фракций. Именно в этих зонах перпендикулярно оси колонны установлены колпачковые тарелки, на которых скапливаются, а затем отбираются конденсирующиеся продукты: **бензиновые** (интервалы температур 35…205 °С), **лигроиновые** (120…240 °С), **керосиновые** (150…315 °С), **дизельные** (150…360 °С), **газойлевые** (230…260 °С) и **соляровые** (300…400 °С) дистилляты.

Наиболее низкокипящие жидкие углеводороды в смеси с газами проходят всю колонну в виде паров. Для облегчения конденсации и испарения высоко- и среднекипящих углеводородов они обогащаются низкокипящими углеводородами (подающимися в качестве орошения верхней части колонны). Из верхней части ректификационной колонны отводятся пары бензина, которые охлаждаются и конденсируются в теплообменниках. Причем, некоторая часть жидкого бензина возвращается в колонну на её орошение.

В нижней части ректификационной колонны *3* собирается неиспарившийся остаток – **мазут** (на долю которого приходится 50 % сырья), состоящий из фракций нефти, температура кипения которых при атмосферном давлении превышает температуру, поддерживаемую в атмосферной ректификационной колонне. Мазут используют либо как котельно-печное топливо, либо как сырьё для производства смазочных масел.

Для разделения мазута на фракции необходимо понизить давление во второй ректификационной колонне *4* (создать вакуум). Поэтому мазут после нагрева до 400…420 °С во второй трубчатой печи *2* подают в виде пара на дальнейшую перегонку (для получения из него смазочных масел) в колонну *4*, работающую под остаточным давлением 5,3… 8,0 кПа, т.е. под вакуумом. Вакуум необходим для предотвращения расщепления углеводородов под воздействием высоких температур.

Стекающая вниз по колонне жидкость продувается перегретым водяным паром для облегчения условий испарения легких компонентов и снижения температуры в нижней части колонны *4*. При перегонке мазута под вакуумом выкипают фракции, используемые для получения масел (масляные дистилляты). Причём ассортимент продуктов вакуумной перегонки мазута зависит от получаемого продукта – масел или топлив. Неиспарившаяся часть мазута – **гудрон** (или **полугудрон**), отбираемая из нижней части колонны *4*, применяется как сырьё для химических методов переработки нефти, производства битума и высоковязких масел.

В результате первичной переработки нефти на АВТ-установках можно получить: бензиновые фракции – 12…20 % (от объема переработанной нефти), дизельное топливо – 17…21 %, масляные дистилляты (легкие – около 8 %, средние – около 8 % и тяжелые – около 7 %).

Низкий выход светлых нефтепродуктов при прямой перегонке нефти и рост потребности в автотракторном топливе обуславливают применение вторичной переработки нефти, позволяющей существенной увеличить выход автомобильных бензинов и дизельных топлив, в частности, выход бензина может возрасти с 20 до 60 %.

1.3. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

Химические методы вторичной переработки нефти связаны с изменением структуры её углеводородов, происходящим вследствие термических или каталитических воздействий (деструкции) на исходную нефть: расщепление молекул тяжелых углеводородов на более лёгкие. Этот процесс получил название **крекинг-процесс**, от английского «crack» – расщепляться. В конечном итоге получаются продукты переработки нефти, обладающие новыми физическими и химическими свойствами и структурным строением.

Концепция использования расщепления углеводородов нефти посредством воздействия высоких температур принадлежит русскому инженеру В.Г. Шухову (1891 г.). Научное обоснование этой концепции дал русский химик А.А. Летний (1875 г.), описавший процесс разложения тяжёлых углеводородов на более лёгкие путём их нагревания.

К химическим (вторичным) методам относят:

– термодеструктивные процессы (висбрекинг и термокрекинг) – расщепление крупных молекул углеводородов на более мелкие молекулы под действием высоких температур без катализатора;

– каталитический крекинг газойлевых фракций и мазута (в присутствии катализатора);

– гидрокрекинг (всех видов сырья) – в присутствии катализатора под давлением водорода;

– каталитический риформинг – разновидность термического и каталитического крекингов (отличается от крекинга исходным сырьём: для риформинга используют тяжёлый бензин и лигроин прямой перегонки нефти);

– гидроочистка всех видов (от гетероорганических соединений, от ароматических углеводородов, от металлов);

– пиролиз лёгких фракций нефти для получения олефинов.

Начиная с 20-х гг. прошлого столетия, **термокрекинг** применялся для выработки бензинов из мазута и получения крекинга-остатка. Это наиболее простой (но невыгодный из-за низкого качества получаемых продуктов) вид химической переработки тяжёлых нефтяных фракций. В бензине, полученном таким путем, содержится существенное количество непредельных углеводородов, снижающих стабильность бензина. Выход светлых нефтепродуктов составляет около 45 %, крекинг-остатка – до 55 %.

В отличие от термического крекинга, который как самостоятельный процесс потерял своё основное значение и используется только как процесс облагораживания тяжёлого сырья или в комбинированных установках, **висбрекинг** – возродившийся процесс, позволяющий за счёт уменьшения выхода низкокачественного бензина увеличить выход дизельного дистиллята (150…350 °С). С помощью процесса висбрекинга получают существенное количество вакуумного газойля для каталитического крекинга.

Каталитический крекинг получил наиболее широкое практическое применение для получения из тяжёлых фракций высокооктанового стабильного бензина хорошего качества и газа для синтеза алкилбензина (компонента дизельного топлива). Процесс каталитического крекинга проводят при температурных режимах 425…520 °С и давлении 0,035…0,35 МПа в присутствии катализатора с высокоразвитой адсорбирующей поверхностью. Характерной особенностью процесса также является избирательная активность к различным типам углеводородов и высокая скорость протекания реакций (значительно большая, чем при термическом крекинге). Кроме того, здесь активно развиваются процессы изомеризации, обусловливающие особую ценность получаемых продуктов, и особенно бензина.

При каталитическом крекинге остатков, содержащих 40…50 % фракций выше 550 °С и с коксуемостью 5–6 %, можно увеличить выход бензиновых дистиллятов до 50…60 % (об.). Целевым продуктом рассматриваемого процесса является бензин высокой детонационной стойкости (октановое число от 87 до 91 по исследовательскому методу).

Основная причина невозможности увеличения выхода бензиновых дистиллятов при каталитическом и термическом крекингах связана с тем, что в получаемых конечных продуктах этих процессов наблюдается недостаток водорода, что приводит к повышенному содержанию в них непредельных углеводородов.

Процесс получения светлых нефтепродуктов из тяжёлого нефтяного сырья глубоким каталитическим превращением полициклических ароматических углеводородов в стабильные при высоком парциальном давлении водорода называется **гидрокрекингом**.

Это наиболее универсальный процесс получения любых светлых нефтепродуктов. Различают обычный (с рабочим давлением 10… 20 МПа) или лёгкий (с рабочим давлением 5…7 МПа) гидрокрекинг. Температура процесса изменяется в зависимости от сырья и варианта процесса: при дистиллятном сырье – 370...420 °С, а при остаточном – 400...450 °С.

Каталитический риформинг среди химических методов переработки нефти занимает второе место и составляет в России 9 % от объема первичной перегонки нефти (это основной способ производства автомобильных бензинов АИ-93 и АИ-98).

Основным сырьем каталитического риформинга бензинов являются бензиновые фракции с температурами кипения свыше 85 °С (лёгкая фракция с температурой начала кипения ниже 85 °С нежелательна, поскольку в ней мало углеводородов C_6 и она даёт большой выход газа) и до 180 °С (фракция с температурами выше 180 °С нежелательна, так как она дает большой выход кокса). Выход автомобильных бензинов, обладающих высокой детонационной стойкостью и химической стабильностью, составляет 77…83 %.

В состав продуктов, полученных при переработке нефти вышеуказанными методами, входят нежелательные соединения и компоненты: смолисто-асфальтеновые вещества, органические кислоты, сернистые соединения и другие примеси.

Поэтому после получения основных фракций (бензиновых, дизельных, масляных), произведенные продукты направляют на очистку – удаление из них органических кислот, серо- и азоторганических соединений, металлоорганических соединений, ароматических углеводородов и смол, н-парафиновых углеводородов.

Способы и глубина очистки зависят от того, из какого исходного сырья получен этот нефтепродукт, от количества нежелательных соединений и от того, где должен использоваться готовый товарный нефтепродукт.

Гидроочистка является одним из самых массовых каталитических методов очистки нефтяных топлив, как прямогонных, так и вторичного происхождения. Использование этого процесса позволяет увеличить выход бензина на 10 %, уменьшить примерно в два раза расход катализатора, снизить в сырье каталитического крекинга содержание ванадия и никеля на 50…70 %, значительно сократить загрязнение окружающей среды оксидами серы: снизить выбросы SO_2 и SO_3 примерно в 10 раз, утилизировать ценные компоненты нефти (серу, металлы).

Процесс гидроочистки применяют также для облагораживания компонентов смазочных масел и парафинов с целью снижения содержания серы. На современных нефтеперерабатывающих заводах прямая перегонка нефти, каталитический крекинг прямоточного вакуумного дистиллята и гидроочистка служат ведущими технологическими процессами, в результате которых получаются дизельные топлива требуемого качества.

При производстве прямогонных дизельных топлив на заводах, где перерабатываются малосернистые нефти, для удаления кислородсодержащих соединений кислого характера применяется щелочная очистка, а для расширения ресурсов зимних дизельных топлив используется депарафинизация (удаление н-парафиновых углеводородов с высокими температурами застывания).

2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ

Автомобильные бензины – это дистиллятные топлива, т.е. горючие легкоиспаряющиеся смеси ароматических, нафтеновых, парафиновых углеводородов и их производных с числом атомов углерода от 4 до 10 и средней молекулярной массой около 100, имеющие пределы кипения от 30 до 180 °С.

Бензины имеют резкий специфический запах. Без специальных добавок они бесцветны или имеют слабо-жёлтую окраску. Окраска обусловлена наличием в бензине смолистых веществ.

2.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К БЕНЗИНАМ

В полезную (механическую) работу превращается лишь до 42 % химической энергии топлива, поступающего в цилиндры бензинового двигателя. Остальная её часть в виде тепловой энергии расходуется на нагрев деталей двигателя, охлаждающей жидкости, на преодоление трения, привод вспомогательных механизмов двигателя, значительная доля уносится в виде теплоты с отработавшими газами, имеется неполное сгорание топлива и т.п.

Возможные нарушения регулировки приборов питания или несовершенство конструкции двигателя приводят к отклонению от нормального процесса сгорания топлива, что сопровождается значительным снижением мощности двигателя внутреннего сгорания и его ресурса.

Под **сгоранием** топливовоздушной смеси понимают периодический циклический процесс быстрых физико-химических превращений (предпламенные превращения, воспламенение, распространение пламени), обусловленных взаимодействием в камере сгорания углеводородов топлива с кислородом воздуха, сопровождающихся выделением существенного количества тепла и излучением света.

При **нормальном сгорании** воспламенение свежих частей топливовоздушной смеси и перемещение фронта пламени в камере сгорания являются следствием передачи тепла посредством теплопроводности и лучеиспускания.

Химические реакции при горении протекают в условиях быстро изменяющихся температур и концентраций горючего и окислителя: под влиянием одновременно протекающих физических процессов тепломассопереноса, осложненных многочисленными газодинамическими возмущениями, включая одновременно протекающие физические процессы испарения отдельных капель распыленного топлива и смешения его паров с воздухом, происходит изменение температуры и градиента концентраций.

Интенсивность протекания указанных физико-химических превращений обусловлена не только конструкцией двигателя, но и теми свойствами топлива, которые характеризуют особенности воспламенения и распространения фронта пламени, а также скорость горения.

Проведённые исследования влияния всего многообразия свойств топлив на мощностные и экономические показатели различных двигателей внутреннего сгорания показали, что эффективность сгорания топливовоздушной смеси в большей степени обусловлена физико-химическими свойствами самого топлива.

Прежде всего – это **воспламеняемость** и **горючесть** топлива, которые, в свою очередь, зависят от его углеводородного и фракционного состава наряду с наличием в нём присадок, регулирующих указанные стадии физико-химических превращений топлива.

Для получения требуемой мощности двигателя, обеспечения его безотказности и долговечности необходимо не только полное сгорание топливно-воздушной смеси, но и высокая теплота сгорания топлива. Для устранения перегрева и повышенного износа двигателя не должно быть нагароотложений.

Поскольку технико-экономические показатели двигателя непосредственно связаны с применяемым топливом, оно должно отвечать следующим основным эксплуатационным требованиям:

- иметь высокую теплоту сгорания с выделением максимального количества тепла;
- обладать хорошими смесеобразующими свойствами;
- не детонировать при эксплуатации;
- не образовывать нагара и смолистых отложений;
- не вызывать коррозии стальных деталей и обладать совместимостью с неметаллическими материалами;
- сохранять стабильность показателей качества при транспортировке и хранении;
- не оказывать негативного влияния на потребителей и на окружающую среду.

2.2. СВОЙСТВА БЕНЗИНОВ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ДВИГАТЕЛЕЙ

Многообразие свойств светлых нефтепродуктов требует их классификации по наиболее важным признакам. В соответствии с общей классификацией, предложенной профессором А.А. Гуреевым, всю совокупность свойств топлив, определяющих их качество, можно разделить на три группы: физико-химические, эксплуатационные и технические.

К первой группе относят свойства, характеризующие состав топлива и его состояние (элементный, фракционный и групповой углеводородный составы, давление паров, плотность, вязкость, поверхностное натяжение, теплоёмкость, теплопроводность, диэлектрическая проницаемость и др.).

Вторую группу объединяют свойства топлива, обеспечивающие надёжность и экономичность работы двигателей внутреннего сгорания (прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость и горючесть, склонность к образованию отложений, коррозионная агрессивность и совместимость с неметаллическими материалами, противоизносные и охлаждающие свойства). Эти свойства характеризуют полезный эффект от использования топлива по назначению и определяют область его применения.

Третью группу составляют свойства топлив, которые не связаны с их применением, а проявляются в процессе хранения и транспортирования. Эта группа разделяется на две подгруппы: свойства, характеризующие сохранность качества топлива в процессе его транспортирования и хранения (химическая и физическая стабильность, биологическая стойкость) и свойства, обеспечивающие безопасность транспортирования, хранения и использования топлив (токсичность, пожароопасность и склонность к электризации).

Химическая стабильность – способность топлива (углеводородов, неуглеводородных примесей и присадок) противостоять окисляющему воздействию кислорода воздуха, **физическая стабильность** характеризует склонность топлива к потерям от испарения, к расслаиванию, гигроскопичность, загрязнённость и т.д., **биологическая стойкость** – это защищённость топлива от воздействия плесени, грибков и бактерий. Под ***токсичностью*** подразумевается степень вредности топлива для потребителя и окружающей среды, влияние качества топлива на состав отработанных газов двигателя и т.п., **пожароопасность** объединяет пределы воспламеняемости смеси паров топлива с воздухом, температуры вспышки, самовоспламенения и т.д.

Оценка взаимного влияния отдельных свойств на общий уровень качества топлива – одна из наименее изученных областей химмотологии. Некоторые свойства находятся в противоречии между собой: улучшение одного из них может привести к ухудшению другого. Например, добавление низкокипящих компонентов в бензин улучшает его пусковые свойства, но увеличивает склонность бензина к образованию паровых пробок в топливопроводе двигателя.

Требуется устанавливать оптимальные соотношения между различными свойствами. В некоторых случаях трудно отделить хранение и транспортирование топлива от его применения, поэтому высказывается мнение, что к эксплуатационным свойствам можно отнести и свойства, проявляющиеся при хранении и транспортировании.

Остановимся более подробно на наиболее важных характеристиках топлива, сгруппировав их в своеобразные комплексы основных эксплуатационных свойств.

Важнейшим свойством топлива является его способность выделять при полном сгорании максимальное количество тепла. Это – энергетический потенциал топлива.

Выделяемое количество тепла зависит от свойств самого топлива и от состава топливно-воздушной смеси, а эффективность рабочего процесса в цилиндре двигателя определяется полнотой сгорания и скоростью этого процесса.

Полнота и скорость сгорания бензина зависят от соотношения количества бензина и воздуха, определяемого коэффициентом избытка воздуха. Это обусловлено следующим. Не любая смесь паров бензина с воздухом может воспламеняться и сгорать. Количество воздуха в горючей смеси, теоретически необходимое для полного сгорания 1 кг бензина, называют **стехиометрическим**. Для бензина оно составляет 14,8 кг.

Полного сгорания топлива с теоретически необходимым количеством воздуха можно достигнуть только при идеальном смесеобразовании, при котором каждая молекула подаваемого кислорода вступает в реакцию с каждой молекулой сжигаемого бензина. В действительности количество потребляемого воздуха отличается от стехиометрического. Отношение действительного количества воздуха к стехиометрическому называют **коэффициентом избытка воздуха**. Различают **нижний** и **верхний пределы воспламеняемости** топливовоздушных смесей.

Нижний предел определяется недостатком топлива в воздухе, т.е. таким состоянием смеси, при котором продолжение обеднения делает её невоспламеняемой. При этом коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1{,}35 – 1{,}4$ (т.е. $\alpha > 1$). За верхний предел воспламеняемости бензиновоздушной смеси принимают такое содержание топлива в воздухе, при котором дальнейшее обогащение смеси делает её невоспламеняемой. Обычно при этом величина $\alpha = 0{,}45…0{,}5$ (т.е. $\alpha < 1$).

Если величина $\alpha < 1$, то смесь называют **богатой**, если $\alpha > 1$, то **бедной**. Поэтому в случае уменьшения α происходит обогащение, а при увеличении α – обеднение смеси. Если $\alpha = 1$, то смесь называют **нормальной рабочей смесью** (она содержит теоретически необходимое количество воздуха).

На практике работа двигателя осуществляется на слегка обедненной топливовоздушной смеси ($\alpha = 1{,}05 – 1{,}15$). Это позволяет работать на наиболее экономичном режиме. Иногда требуется за малое время развить большую мощность двигателя (режимы форсированной работы). Это становится возможным при использовании переобогащенной топливовоздушной смеси ($\alpha = 0{,}9 – 0{,}95$). Однако при этом воздуха для полного сгорания топлива не хватает, из-за неполноты сгорания бензин расходуется весьма неэкономно, увеличиваются вредные выбросы в атмосферу.

Устойчивая работа двигателя внутреннего сгорания на различных режимах возможна при условии, если используемое топливо будет иметь более широкий диапазон воспламеняемости. При этом стремятся увеличить нижний предел воспламеняемости, поскольку от этого зависит возможность работы на обедненной горючей смеси (т.е. увеличив полноту сгорания бензина, добиваются снижения расхода топлива и токсичности отработавших газов двигателя).

Регулирование процесса горения топлива осуществляется с помощью модификаторов горения. Эти присадки предназначены для активизации процесса горения топлива, повышения экономичности двигателя.

Под **теплотой сгорания топлива** подразумевается количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании единицы массы топлива (кДж/кг). С увеличением количества тепла, выделяемого при полном сгорании бензина, уменьшается его расход, необходимый для выполнения некоторого объема работы.

Для углеводородов теплота сгорания обусловлена зависимостью от соотношения углерод–водород. С увеличением этого соотношения (т.е. с ростом плотности углеводорода) уменьшается теплота сгорания. Например, при увеличении C:H с 7 до 13 теплота сгорания топлива снижается примерно в 1,1 раза.

Различают высшую и низшую теплоту сгорания топлива.

За **высшую теплоту сгорания** $Q_в$ принимают всё тепло, выделяющееся при сгорании 1 кг топлива, включая тепло, которое выделяется при конденсации паров воды, образовавшейся при сгорании водорода топлива, и воды, содержащейся в самом топливе.

Низшая теплота сгорания $Q_н$ – это теплота сгорания, получаемая в практических условиях. Она не учитывает тепло, которое выделяется при конденсации паров воды из продуктов сгорания.

Оценивая теплоту сгорания топлива, обычно пользуются значениями низшей теплоты сгорания.

Величины $Q_в$ и $Q_н$ (кДж/кг) можно определить по элементному составу топлив, поскольку при полном сгорании каждого из горючих элементов выделяется вполне определенное количество теплоты.

Для этого используют эмпирические формулы Д.И. Менделеева:

$$Q_в = 339C + 1256H - 109\,(O - S),$$

$$Q_н = Q_в - 25(9H + W) \text{ или}$$

$$Q_{вн} = 339C + 1030H - 109\,(O - S) - 25{,}12W,$$

где C, H, O, S и W – процентное содержание в топливе углерода, водорода, кислорода, серы и воды.

Вычитаемое 25(9H + W) представляет собой количество теплоты (кДж/кг), которое затрачивается на превращение в пар влаги, выделяющейся при сгорании топлива, и уносится с продуктами сгорания в атмосферу.

Теплоту сгорания горючей смеси*,* поступающей в камеру сгорания двигателя, находят по формуле

$$Q_{гс} = Q_н/(1 + \alpha L_O),$$

где L_O – расчетное (стехиометрическое) количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива.

Однако эта формула справедлива лишь при $\alpha \geq 1$, поскольку при $\alpha < 1$ часть топлива не сгорает и его теплота сгорания не реализуется. Из этой формулы также следует, что чем выше теплота сгорания топлива, тем больше требуется воздуха для его сжигания (т.е. числитель и знаменатель изменяются пропорционально).

Теплота сгорания автомобильного бензина равна 43961 кДж/кг, горючей смеси – 2780 кДж/кг, стехиометрическое (расчётное) количество воздуха – 14,8 кг/кг.

Энергетические возможности углеводородных топлив практически одинаковы. Этим фактором обусловлена ограниченная возможность повышения параметров двигателя внутреннего сгорания за счёт расширения энергетических свойств углеводородных топлив.

Поэтому перспективным в будущем будет использование, например, водорода или внедрение добавок к органическим топливам в виде веществ с более высокой теплотой сгорания.

Одним из важнейших свойств топлива является **испаряемость**, которая обуславливает:

– скорость и полноту перехода бензина из жидкого в парообразное состояние (определяется химическим составом топлива);
– условия смесеобразования и состав смеси во впускной системе двигателя;
– склонность бензина к образованию паровых пробок в топливной системе;
– полноту сгорания бензина и степень разжижения моторного масла бензиновыми фракциями.

Испаряемость оценивается фракционным составом, давлением насыщенных паров и зависимостью соотношения пар–жидкость от температуры (склонность к образованию паровых пробок). Поэтому испаряемость бензина в определённой степени зависит от его молекулярной массы, которая функционально связана с плотностью и средней температурой разгонки топлива.

От **фракционного состава** топлива (характеризующего содержание в нем фракций, выкипающих в определенных температурных пределах) зависят надёжность быстрого запуска двигателя, длительность его прогрева, приёмистость, полнота сгорания и расход топлива, равномерное распределение горючей смеси по цилиндрам двигателя, образование отложений в камере сгорания и другие.

Разнообразием климатических условий обусловлены основные (часто противоречивые) требования к фракционному составу: нужно не только обеспечить запуск двигателя при низких температурах, но и предотвратить нарушения в работе двигателя, возникающие вследствие образования паровоздушных пробок при высоких температурах окружающего воздуха.

Поскольку бензины являются сложной смесью различных углеводородов, то они выкипают не при одной постоянной температуре, а в широком диапазоне температур от 30 до 205 °С. Поэтому испаряемость бензина оценивается не только по температурным пределам его выкипания, но и по температурам выкипания его отдельных частей (фракций).

Стандартом (ГОСТ 2084–77) нормированы следующие единичные показатели фракционного состава отечественных автомобильных бензинов: температуры начала перегонки, перегонки 10, 50 и 90 % (об.) и конца кипения; объём остатка в колбе и суммы потерь при разгонке и остатка в колбе. Рассмотрим влияние указанных характерных точек на основные эксплуатационные показатели двигателей внутреннего сгорания.

Температура начала перегонки ограничена в сторону уменьшения: она должна быть не ниже 35 °С (для летних марок бензинов А-76, АИ-91, АИ-93) или 30 °С (для летней марки бензина АИ-95). Этим условием ограничивают количество легкокипящих фракций в бензине, что гарантирует не только предотвращение образования паровоздушных пробок, но и сохранение пусковых свойств топлив. В летнее время понижение этой температуры неизбежно приводило бы к большим потерям от испарения бензина при его хранении и транспортировании, а также возникновения взрыво- и пожароопасной ситуации при эксплуатации таких бензинов.

Пусковые свойства топлива обусловлены низкокипящими фракциями – от начала кипения до выкипания 10 % объема бензина (первые 10 % объема дистиллята). Они определяют температуру окружающего воздуха, при которой ещё возможен запуск непрогретого двигателя.

Чем ниже температура окружающего воздуха, тем больше легких фракций требуется для запуска двигателя, причем снижение температуры выкипания этой фракции улучшает пуск двигателя. Известна эмпирическая формула, позволяющая связать минимальную температуру окружающего воздуха $T_{\min}$ (ниже которой пуск двигателя практически невозможен) с температурой выкипания (перегонки) 10 % бензина:

$$T_{\min} = 0{,}5\,T_{10\,\%} - 50{,}5.$$

Таким образом, лёгкие фракции нужны только на период пуска и прогрева двигателя, что важно при работе в холодное время, поскольку при пуске двигателя в этих условиях испаряемость топлива во впускной системе существенно ухудшается.

Если в составе топлива недостаточно низкокипящих фракций, то при пуске холодного двигателя часть бензина не успевает испариться и попадает в цилиндры в жидком состоянии. Поскольку используемая горючая смесь оказывается переобедненной, то она не может воспламениться от электрической искры. В результате запуск двигателя оказывается невозможным.

Рабочей фракцией называют фракции бензина, выкипающие от 10 до 90 % объема топлива. Стандартом рабочая фракция регламентирована температурой $T_{50\,\%}$ (выкипания 50 % объема топлива).

Эта температура характеризует скорость прогрева двигателя и его *приемистость* (способность быстро увеличивать частоту вращения коленчатого вала при резком открытии дроссельной заслонки).

Конечно, приемистость двигателя определяется не только фракционным составом топлива, но и конструктивными особенностями системы питания, однако считается, что оптимальный разгон двигателя соответствует такой испаряемости топлива, при которой получается горючая смесь из паров топлива и воздуха в соотношении 12:1.

В конце прогрева на режиме холостого хода должно происходить практически полное испарение топлива во впускном трубопроводе. Причём, чем легче фракционный состав и ниже температура перегонки $T_{50\,\%}$, тем быстрее прогревается двигатель.

При плохой испаряемости образуются более бедные горючие смеси, приводящие к росту времени, необходимого для разгона двигателя, работающего на таких топливах. Чем ниже $T_{50\,\%}$, тем однороднее углеводородный состав топлива, более круто поднимается кривая разгонки в своей средней части, бензин быстрее испаряется во впускном трубопроводе, наполнение цилиндров горючей смесью улучшается, в результате быстрее прогревается двигатель, его мощность возрастает и улучшается его приемистость.

Стандартное значение $T_{50\,\%}$ не превышает 115 °С для летних марок бензинов А-76, АИ-91, АИ-93 и не выше 120 °С для летней марки бензина АИ-95. Для зимних бензинов $T_{50\,\%}$ не выше 100…105 °С.

Бензины с таким значением $T_{50\,\%}$ после пуска и прогрева двигателя обеспечивают плавный его перевод с одного скоростного режима работы на другой. Экспериментально доказано, что качество топлива незначительно ухудшается при изменении температур перегонки $T_{10\,\%}$ и $T_{90\,\%}$ объема топлива, но резко снижается с повышением $T_{50\,\%}$. Дальнейшее уменьшение $T_{50\,\%}$ не приводит к существенному улучшению быстрого прогрева двигателя и его приёмистости.

Весьма нежелательна в бензине **концевая (или хвостовая) фракция** – это тяжёлые углеводороды бензина в интервале температур перегонки 90 % объёма топлива и конца кипения $T_{\text{кк}}$, характеризующие полноту испарения бензина в двигателе. Известно, что в двигателях сгорает только то топливо, которое находится в газообразном состоянии (жидкая фаза топлива не горит). Поэтому для полноты сгорания нужно, чтобы вся жидкая фаза топлива перешла в парообразную фазу, и произошло тщательное перемешивание паров топлива с воздухом с образованием горючей смеси. Однако испаряемость топлива существенно ухудшается с увеличением молекулярной массы его углеводородов, возрастанием их плотности и температуры кипения. Поскольку высококипящие углеводороды во впускной системе двигателя полностью не испаряется, то они в капельно-жидком состоянии поступают в камеру сгорания.

Здесь незначительная часть их испаряется и сгорает, а другая часть либо частично выбрасывается с выхлопными газами, либо стекает по стенкам цилиндра, смывая с них смазочную пленку.

Скорость сгорания такой смеси снижается (смесь догорает в процессе расширения), что приводит к снижению экономичности двигателя. При этом возникают условия для конденсации топлива на деталях цилиндропоршневой группы.

Попадая в картер двигателя, эти фракции бензина разжижают моторное масло и в тех местах, где смыто масло, наблюдается практически сухое трение, что приводит к повышенному износу деталей.

Стандартное значение $T_{90\,\%}$ не превышает 180 °С для летних марок автомобильных бензинов и 160 °С для зимних марок. Обычно температуру $T_{90\,\%}$ называют *точкой росы*, поскольку она характеризует склонность бензина к конденсации.

Применение топлива с высокой температурой **конца кипения** не только приводит к увеличению износа деталей ЦПГ двигателя, количества нагароотложений в камере сгорания (несгоревшая часть топлива участвует в образовании нагара на горячих деталях двигателя), но и к перерасходу топлива, снижению мощности двигателя. Поэтому температура конца кипения летнего бензина не должна превышать 195 °С (для марки А-76) и 205 °С (АИ-91, АИ-93, АИ-95), а зимнего – не выше 185 °С (А-76) и 195°С (АИ-91, АИ-93, АИ-95).

Сужение интервала температур от $T_{90\,\%}$ до $T_{\text{кк}}$ способствует уменьшению склонности бензина к конденсации, понижает темп изнашивания деталей двигателя.

На рисунке 2.1 показана типичная кривая фракционной разгонки автомобильного бензина.

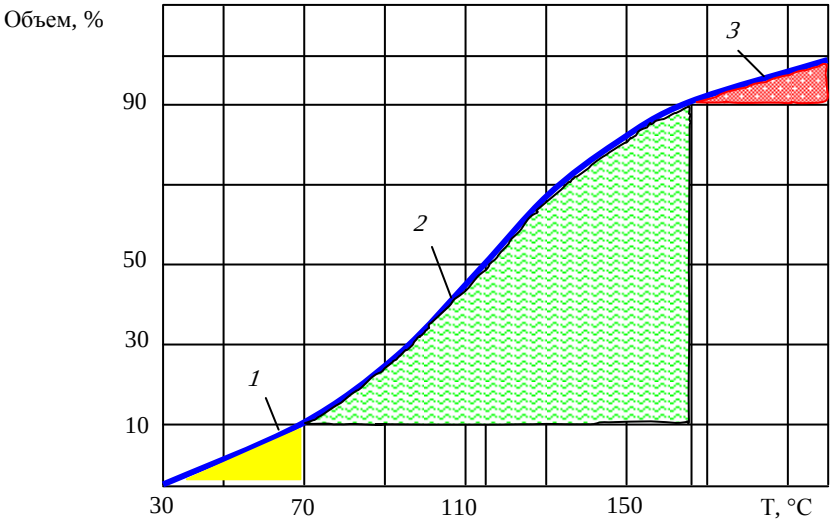


Рис. 2.1. Основные фракции автомобильного бензина:
1 – пусковая; *2* – рабочая; *3* – хвостовая (тяжелая)

Из сопоставления точек $T_{10\,\%}$, $T_{50\,\%}$, $T_{90\,\%}$ и $T_{кк}$ автомобильных бензинов (летних и 1 класса), соответствующих требованиям нормативно-технической документации:

	По ГОСТ 2084–77	По ТУ 38.001165–97	По ГОСТ Р 51105–97
$T_{10\,\%}$	70	70	75
$T_{50\,\%}$	115	120	120
$T_{90\,\%}$	180	190	190
$T_{кк}$	205	215	215

следует, что в ГОСТ Р 51105–97 требования к бензинам аналогичны требованиям, предъявляемым к экспортным бензинам (ТУ 38.001165–97). Это связано с повышением конкурентоспособности отечественных бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов.

На рисунке 2.2 показано влияние фракционного состава автомобильного бензина на его эксплуатационные свойства при различной температуре окружающей среды.

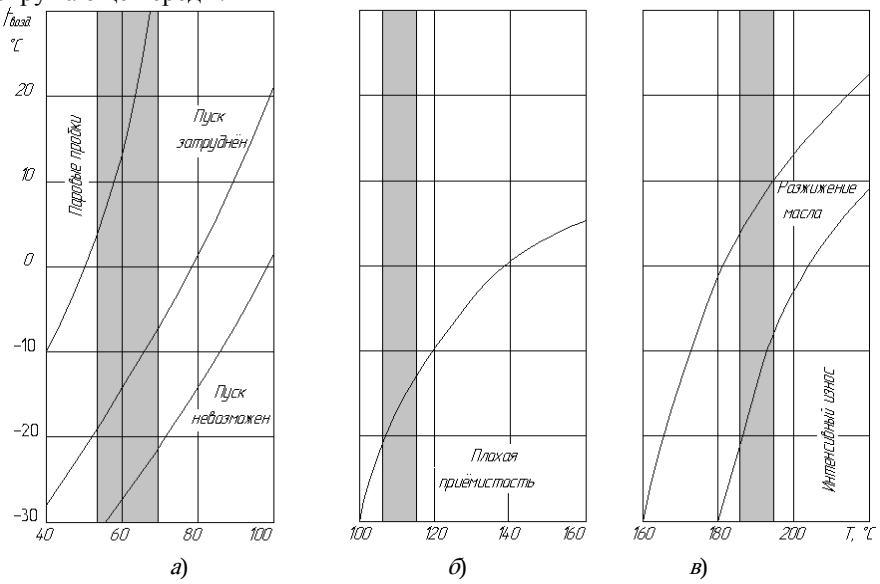


Рис. 2.2. Влияние фракционного состава на эксплутационные свойства автомобильных бензинов:
а – 10 %; *б* – 50 %; *в* – конец кипения

Тёмным цветом выделена зона, характеризующая значения температуры выкипания бензинов: левая граница этой зоны относится к зимним сортам бензинов, правая – к летним сортам.

Бензин должен обеспечивать запуск холодного двигателя при низких температурах окружающей среды и одновременно не вызывать образование паровых пробок в условиях летней эксплуатации двигателя.

Из рисунка 2.2, *а* следует, что при использовании зимних сортов бензина надёжный запуск двигателя возможен до температуры –15... –20 °С, при –30 °С запуск двигателя ещё возможен, а при +5 °С возможно образование паровых пробок. Использование летнего бензина полностью предотвращает возникновение паровых пробок, но уже при температуре –5 °С за-

пуск двигателя становится затруднённым, а при –20 °С – вообще невозможен. По остальным эксплуатационным свойствам зимние и летние сорта автомобильных бензинов примерно одинаковы.

Из рисунка 2.2, *б* следует, что фракционный состав как зимних, так и летних сортов бензина обеспечивает достаточно хорошую приемистость двигателя до температуры –20 °С, а из рисунка 2.2, *в* – что заметное разжижение масла бензином начинается при понижении температуры окружающей среды до 0 °С, а при дальнейшем понижении температуры возможен существенный рост интенсивности изнашивания деталей цилиндропоршневой группы двигателя.

Обеспечение бесперебойности подачи к приборам питания – это одно из важнейших свойств топлива. В жаркую погоду температура топлива в подкапотном пространстве автомобиля иногда поднимается выше температуры начала кипения бензина. При этом на линии всасывания в топливный насос (или в нем самом) из-за высокой температуры и пониженного давления бензина возможно образование паровоздушных пробок. Это обусловлено следующими причинами. При нагревании топлива легкокипящие углеводороды испаряются не только с открытой поверхности, но и в объёме топлива, в результате чего образуется довольно большое количество паров, объём которых в 150 – 200 раз больше объёма жидкого топлива (например, из 1 л бензина образуется около 200 л пара). Это приводит к росту объёма паровой фазы и снижение объёма жидкой.

В результате через систему питания двигателя проходит смесь, состоящая из жидкого бензина, его паров и небольшого количества воздуха, который выделяется при нагревании топлива. Это приводит не только к снижению подачи насосом массового количества бензина, обеднению горючей смеси, перебоям в работе двигателя в связи с ухудшением воспламенения смеси, но и к падению мощности и полной остановке двигателя.

При этом остановка двигателя имеет характер, аналогичный остановке двигателя, вызванного засорением топливопроводов механическими примесями. Поэтому это явление получило название «паровоздушной пробки», хотя двигатель остановлен не из-за перекрытия топливного тракта «пробкой», прекращающей подачу топлива.

На участке между топливным насосом и карбюратором давление бензина выше, чем в ранее рассмотренном случае. Это препятствует образованию пара и поэтому здесь опасность возникновения паровоздушных пробок уменьшается.

Проблема бесперебойности подачи топлива к приборам питания может быть решена конструктивным путем. Например, в автомобилях с электронным управлением бензин подается к форсункам специальным насосом с автономным приводом от электродвигателя, расположенным не в подкапотном пространстве, а у самого топливного бака. Такая конструкция не только обеспечивает подачу топлива в насос практически самотёком, а не под действием разряжения, создаваемого насосом, но и создаёт непрерывное движение потока топлива по замкнутой траектории от бака к двигателю и обратно под сравнительно высоким давлением (около 0,2 МПа), что существенно снижает опасность перегрева бензина в подкапотном пространстве. За счёт этого опасность возникновения паровоздушных пробок даже в самых неблагоприятных условиях практически исключается.

Однако во многих эксплуатирующихся в настоящее время автомобилях таких устройств не существует. Это накладывает определённые ограничения на некоторые показатели качества бензина, в частности на давление насыщенных паров топлива.

Давление насыщенных паров – это давление на стенки трубопровода паров топлива, находящихся в равновесии с жидкой фазой при данной температуре. От давления насыщенных паров, обуславливающих испаряемость бензиновых фракций, зависит возможность запуска двигателя в разное время года (рис. 2.3). Это давление не только характеризует склонность топлива к образованию паровоздушных пробок, но и даёт информацию о пусковых свойствах топлива и о возможных его потерях при транспортировании и хранении, поскольку косвенно показывает присутствие в топливе низкокипящих фракций бензина и их состав.

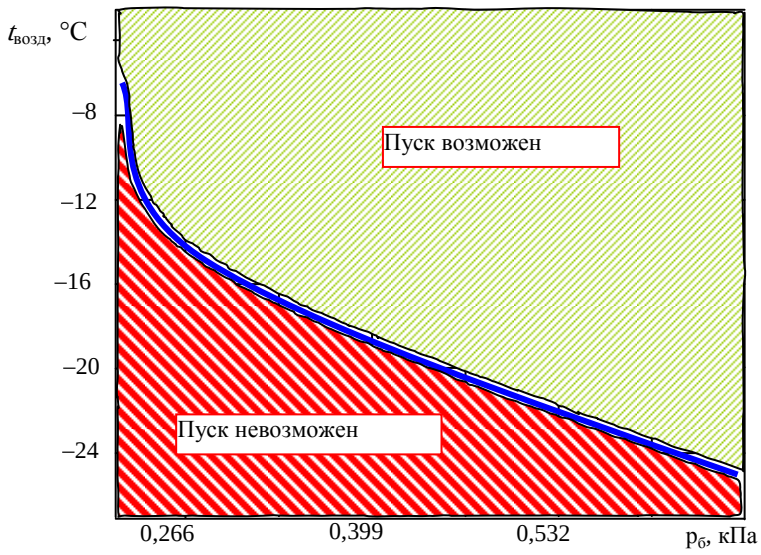


Рис. 2.3. Влияние давления насыщенных паров бензина $p_б$ на запуск двигателя в зависимости от температуры окружающей среды $t_{возд}$

С увеличением давления насыщенных паров бензина улучшаются его пусковые свойства: чем оно выше, тем больше и степень испарения бензина (т.е. меньше затрачивается теплоты на испарение бензина при образовании горючей смеси). Однако применение топлив с высоким давлением насыщенных паров недопустимо вследствие возможного образования паровоздушных пробок.

Поэтому стандартом для предотвращения образования паровоздушных пробок в топливной системе двигателя нормируется значение избыточного давления насыщенных паров для всех видов автомобильных бензинов (ГОСТ 2084–77): летних – не более 66,7 кПа, зимних – не более 66,7…93,3 кПа.

На формирование топливовоздушной смеси существенное значение оказывают физические свойства бензинов, в частности, их плотность и вязкость.

Бензины характеризуются невысокой **плотностью** (700…780 кг/м^3 при 15 °С) и **вязкостью** (0,5…0,65 мм^2/с при 20 °С), причем с изменением температуры меняются как вязкость, так и плотность автомобильных бензинов.

Чем выше плотность и ниже вязкость бензина, тем больше его пройдет через жиклеры в единицу времени, т.е. увеличится его расход.

При изменении температуры наружного воздуха от +40 до –40 °С расход бензина через жиклер уменьшается на 20…30 %.

Существенное изменение физических свойств автомобильных бензинов, происходящих в зависимости от варьирования температурных условий эксплуатации автомобилей, определили необходимость формирования сезонных норм расхода топлива на автомобильном транспорте.

Диапазон воспламеняемости топливовоздушной смеси можно расширить за счёт увеличения температуры и давления смеси. Температура и давление топливовоздушной смеси в конце такта сжатия зависит от **степени сжатия ε** (отношение полного объема цилиндра двигателя, когда поршень находится в нижней мертвой точки, к объему пространства сжатия, когда поршень находится в верхней мертвой точке).

Повышение степени сжатия является одним из наиболее перспективных путей существенного улучшения технико-экономических и эксплуатационных показателей автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Чем выше степень сжатия, тем экономичнее двигатель и эффективнее его работа. На рисунке 2.4 показано влияние степени сжатия ε на литровую мощность двигателя $N_л$ и расход топлива $Q_б$.

Однако в карбюраторном двигателе неограниченно повышать величину ε нельзя, поскольку при адиабатном сжатии при ε > 10 температура среды возрастает настолько, что топливно-воздушная смесь самовозгорается (самовзрывается), что недопустимо в реальных условиях эксплуатации двигателей. Обычно величина ε = 4…10, дальнейшее её возрастание не приводит к росту термического КПД двигателя, а лишь к увеличению стоимости его изготовления. Поэтому это направление предъявляет более жёсткие требования к основному показателю качества автомобильных бензинов – **детонационной стойкости**.

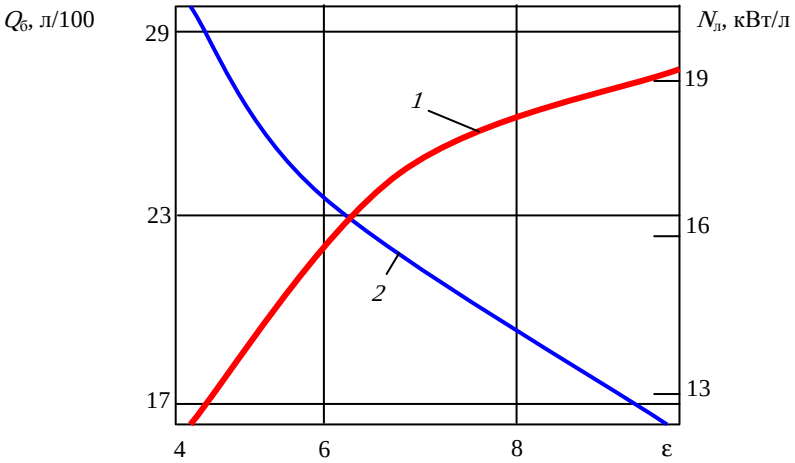


Рис. 2.4. Влияние степени сжатия на литровую мощность двигателя (*1*) и расход топлива (*2*)

Нормальное сгорание топливовоздушной смеси на всех режимах эксплуатации двигателя возможно только в том случае, если бензин обладает высокой детонационной стойкостью, т.е. способностью противостоять детонации.

Детонация (от греческого «детоно» – греметь) – это неконтролируемое самовоспламенение части топливовоздушной смеси, сопровождающееся горением взрывного характера, когда нормальное сгорание смеси под влиянием различных факторов трансформируется в детонационное, при котором скорость распространения фронта пламени возрастает с 25 – 35 (при нормальном сгорании) до 1500…2500 м/с (при аномальном сгорании).

Теплофизический механизм детонации сложен, в основном он заключается в нагреве части топливовоздушной смеси до температуры, превышающей температуру самовоспламенения до того, как до указанной температуры дошёл фронт пламени от очага воспламенения.

Неконтролируемое самовоспламенение, приобретая взрывной характер (температура и давление во фронте волны увеличиваются мгновенно), распространяется по несгоревшей части смеси в виде ударной волны со скоростью, превышающей скорость звука, а выделяющаяся при этом энергия вызывает дальнейшее ускорение образующейся волны.

Поскольку при детонационном сгорании выгорает не вся, а только успевшая в локальном объёме сформироваться для сгорания топливовоздушная смесь, то по одному и тому же локальному объёму неоднократно проходят ударные волны (как только части несгоревшей смеси успеют трансформироваться в готовую горючую смесь). При этом происходит столкновение этих ударных волн и многократное отражение их от стенок цилиндра.

При детонации

- ударные волны срывают пограничный слой газа со стенок камеры сгорания и цилиндра, интенсифицируя теплоотдачу к ним и приводя к перегреву двигателя;
- повышается скорость сгорания и нарастания давления;
- увеличивается температура газа и стенок камеры сгорания;

- появляются вибрации газа и корпуса двигателя в виде характерного металлического стука;
- снижается мощность двигателя вследствие непроизводительных дополнительных потерь тепла в систему охлаждения и неполноты сгорания бензина;
- увеличивается расход топлива;
- изменяется характер выхлопа – повышается дымность отработавших газов, так как при взрывном развитии быстропротекающего процесса часть бензина не успевает полностью сгореть.

Если детонация очень интенсивна и продолжается относительно долго, то происходит перегрев и оплавление поршней, начинаются локальные разрушения на металлических поверхностях (рис. 2.5), прогар прокладки головки блока цилиндров, разрушение поршневых колец, износ подшипников коленчатого вала.

В результате сдирания масляной плёнки с поверхности гильзы ударными волнами происходит увеличение износа цилиндров и поршневых колец. Несмотря на то, что лёгкая и непродолжительная детонация, как правило, таких повреждений не вызывает, она приводит к ухудшению топливной экономичности двигателя и к появлению характерного дыма в отработавших газах. Основной внешний признак детонации – резкий звонкий стук в двигателе (результат многократного отражения ударных волн от поверхностей цилиндров), который хорошо

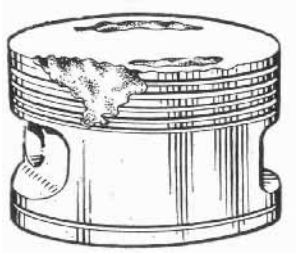


Рис. 2.5. Внешний вид поршня, разрушенного детонационным сгоранием топливовоздушной смеси

слышен с места водителя. Иногда водители полагают, что это стучат поршневые пальцы, но реальным источником этого звука является вибрация деталей двигателя от действия детонационной (ударной) волны.

На возможность появления детонации топлива в двигателе автомобиля влияют самые разнообразные факторы: от свойств автомобильных бензинов до конструктивных особенностей двигателя и его эксплуатации, в том числе и внешние (атмосферные) условия.

Решающим образом влияет на появление и интенсивность детонации *углеводородный состав бензина*.

Вероятность проявления детонации обуславливается и *составом горючей смеси*: обогащённые горючие смеси имеют наибольшую скорость горения при наибольших давлениях и температурах, обуславливающих высокие скорости развития предпламенных реакций в нагретой сжатой топливовоздушной смеси.

Основной фактор, определяющий возникновение детонации – *степень сжатия*: с её увеличением возрастают температура и давление в цилиндре двигателя. К другим факторам относятся конструктивные особенности двигателя. *Геометрия камеры сгорания* отражается на времени, в течение которого пламя от свечи зажигания может распространиться до наиболее отдалённых зон камеры сгорания, и на охлаждении этих зон.

На возникновение детонации особое влияние оказывает выпускной клапан, поскольку его температура может доходить до 800 °С.

С увеличением *частоты вращения* коленчатого вала сокращается время, отводимое на сгорание, возрастает завихрение топливовоздушной смеси в цилиндре и сокращается время химической подготовки части бензина, окисляющейся в последнюю очередь – всё это уменьшает возможность проявления детонации.

Одним из факторов, способствующих детонации, является *нагарообразование на поршне и головке цилиндра*: из-за низкой теплопроводности стенок, покрытых нагаром, температура газов в процессе сгорания повышается, отложившийся нагар уменьшает объём камеры сгорания, при этом возрастает степень сжатия. Аналогичное влияние оказывает и *отложение накипи* на стенках рубашки охлаждения.

Существенная роль *угла опережения зажигания* обусловлена влиянием момента зажигания на изменение температур и давлений процесса сгорания: увеличение угла опережения зажигания сдвигает точку максимального давления ближе к верхней мёртвой точке, что снижает задержку самовоспламенения последней части топливовоздушной смеси и способствует детонации. Также усиливает детонацию и повышение *температуры охлаждающей жидкости*.

Изменение *влажности воздуха и атмосферного давления* обуславливают соответствующее изменение давления и влажности смеси, поступающей в камеру сгорания: с ростом влажности воздуха падает давление сухого воздуха и растёт количество водяного пара в топливовоздушной смеси, что сопровождается снижением интенсивности детонации, повышение атмосферного давления способствует увеличению детонации.

На практике детонационная стойкость бензинов определяется сравнением с эталонными топливами, детонационная стойкость которых заранее известна. В качестве эталонных топлив применяют два индивидуальных углеводорода: за нуль шкалы условно принята детонационная стойкость нормального *н*-гептана (C_7H_{16}), обладающего весьма плохими антидетонационными свойствами; за 100 % шкалы условно принята детонационная стойкость изооктана (C_8H1_8), точнее 2,2,4-триметилпентана (он начинает детонировать в двигателях с очень высокой степенью сжатия – более 10). Посредством смешивания этих углеводородов в определённом соотношении, можно получить эталонное топливо с октановым числом от 0 до 100 ед. Мерой детонационной стойкости является *октановое число*, определяемое двумя методами – исследовательским и моторным на одноцилиндровых установках.

Моторный метод имитирует работу двигателя на форсированных режимах при достаточно больших и длительных нагрузках с повышенной тепловой напряжённостью: передвижение по плохим дорогам, перевозки тяжелых грузов, для междугородного движения и др.

Испытания по **исследовательскому методу** проводят в режиме работы легкового автотранспорта в условиях города: частые остановки, ограниченные нагрузки, низкая тепловая напряженность и др.

Октановым числом называют процентное содержание (по объему) изооктана в искусственно приготовленной смеси, состоящей из изооктана и *н*-гептана, по своей детонационной стойкости равноценной испытуемому бензину.

Октановое число, определённое по исследовательскому методу, на 7 – 10 ед. больше, чем по моторному.

Чем меньше эта разница для бензина одной марки, тем лучше его эксплуатационные свойства. С повышением октанового числа возрастает не только детонационная стойкость бензина, но и возможная степень сжатия двигателя, его мощность и экономичность.

Однако оценка детонационной стойкости бензинов в лабораторных условиях на одноцилиндровом двигателе установки УИТ-65 носит относительный характер, поскольку не всегда совпадает с фактической детонационной стойкостью бензинов в полноразмерных двигателях в условиях эксплуатации.

Требования карбюраторных двигателей к детонационной стойкости бензина обусловливаются, в первую очередь, степенью сжатия ε и диаметром цилиндра *d*:

$$\text{ОЧ} = 125{,}4 - \frac{413}{\varepsilon} + 0{,}183d\ ,$$

где ОЧ – октановое число бензина, требующееся для заданных ε и *d*.

Октановое число бензина может быть подсчитано по формуле (приближенно соответствует октановому числу, определённому исследовательским методом на установках ИТ9-6 и УИТ-65):

$$\text{ОЧ} = 120 - 2\frac{T_{\text{ср}} - 58}{5\rho};\quad T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{нк}} + T_{\text{кк}}}{2},$$

где $T_{\text{ср}}$ – средняя температура перегонки бензина; $T_{\text{нк}}$ – температура начала перегонки бензина; $T_{\text{кк}}$ – температура конца перегонки бензи- на, °С; ρ – плотность бензина при 20 °С, г/см^3.

Длительная работа двигателя с интенсивной детонацией недопустима, так как это может привести к повреждению прокладки головки блока цилиндров, прогоранию поршней и клапанов.

Однако незначительная детонация, которая сопровождается кратковременным, быстро исчезающим стуком в начале разгона автомобиля при полном нажатии на педаль дроссельной заслонки, считается нормальным явлением и не представляет серьёзной опасности для двигателя.

Применение автомобильных бензинов сопровождается отложениями в системе питания топлива, впускном трубопроводе и на стенках камеры сгорания, поэтому для обеспечения надёжности и долговечности автомобильных двигателей бензины должны обладать наименьшей **склонностью к образованию отложений**. Отложения нарушают нормальную эксплуатацию двигателя и могут привести к выходу его из строя и аварии. Состав отложений и скорость их накопления обуславливаются конструктивными особенностями и режимами эксплуатации двигателя.

Одним из главных факторов, определяющих склонность бензинов к нагарообразованию в двигателе, является углеводородный состав, и в первую очередь, содержание непредельных и ароматических углеводородов. При этом высококипящие ароматические углеводороды на нагарообразование оказывают большее влияние, чем низкокипящие. Таким образом, наряду со смолообразующими соединениями нагарообразование в двигателях вызывают ароматические углеводороды и соединения серы.

На практике процессы образования отложений естественно связаны с конструктивными особенностями двигателя, например, использование двигателя с непосредственным впрыском бензина привело к повышенному образованию отложений на впускных клапанах, где установлены форсунки.

Наиболее эффективным средством борьбы с формированием отложений во впускной системе двигателя является использование специальных моющих или многофункциональных присадок.

Коррозионная агрессивность бензинов характеризуется содержащимися в них неуглеводородными примесями: сернистыми и кислородными соединениями, водорастворимыми кислотами и щелочами.

Снижение качества нефтепродуктов при их загрязнении механическими примесями и водой возможно на всём пути его «движения» от нефтеперерабатывающего предприятия до бака автомобиля. Поэтому в последние годы широко применяется комплексная система мер (с применением специальных устройств) по предотвращению загрязнения топлива и по его очистке от загрязнений в оборудовании нефтеперерабатывающих заводов, перевалочных нефтебаз, АЗС и в топливных системах автомобилей. В ходе исследований проведена оценка влияния механических примесей в бензине на надежность работы автомобильных двигателей. Загрязняющие примеси в бензине при попадании в карбюратор вызывают засорение его каналов, изнашивание жиклеров. Это ухудшает работу топливной аппаратуры, в том числе и клапанов поплавкового механизма, экономайзера, клапана подачи топлива и других элементов. Кроме снижения показателей надежности из-за воздействия механических составляющих, увеличивается расход топлива и уровень выброса продуктов сгорания в атмосферу.

Вода в топливе способствует образованию шламов, которые в летний период приводят к засорению трубопроводов, фильтров двигателя, затрудняет запуск двигателя, а в зимнее время может привести к образованию кристаллов льда, из-за чего возможно прекращение подачи топлива в двигатель.

Исследованиями подтверждено, что в резервуарах нефтебаз и АЗС имеет место наличие в топливе **механических частиц** размером до 50 мкм, причем преобладают частицы размером 5...25 мкм, т.е. наиболее опасные для деталей топливной автоматики автомобильных двигателей. Наличие этих частиц в топливе может оказать отрицательное влияние на надёжность работы двигателей, а также на их мощностные, экономические и экологические показатели. С вводом в действие ГОСТ17216 в России начаты работы по формированию требований к промышленной чистоте нефтепродуктов.

2.3. АССОРТИМЕНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

Продукция нефтеперерабатывающих заводов вначале проходит тщательные испытания на соответствие требованиям нормативных документов, затем межведомственная комиссия, руководствуясь результатами исследований, принимает решение о допуске к производству и применению конкретной марки автомобильных бензинов. В дальнейшем аккредитованные центры при Госстандарте РФ выдают топливу сертификаты соответствия.

В номенклатуру продукции, подлежащей обязательной сертификации, автомобильные бензины включены с 1993 г. Нормативную базу для подтверждения соответствия при обязательной сертификации в системе ГОСТ Р составляют стандарты: ГОСТ 2084–77 «Бензины автомобильные. Технические условия» и ГОСТ Р 51105–97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия». Наряду с этим в России выпускалось много марок автомобильных бензинов по отдельным техническим условиям, обязательная сертификация которых не проводилась в связи с отсутствием нормативной базы. С 1 июля 2000 г. все бензины, выпускаемые по техническим условиям, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51313–99 «Бензины автомобильные. Общие технические требования», что проверяется при обязательной сертификации бензинов.

ГОСТ 2084–77 предусмотрен выпуск пяти марок автомобильных бензинов: А-72, А-76, АИ-91, АИ-93, АИ-95. Индекс «А» в марке указывает, что бензин предназначен для автомобильных двигателей. Индекс «И» показывает, что октановое число для данной марки бензина определено по исследовательскому методу. При отсутствии индекса «И» октановое число бензина определено по моторному методу. Цифры указывают величину октанового числа.

Все бензины, вырабатываемые по ГОСТ 2084–77, в зависимости от показателей испаряемости делят на летние и зимние. Зимние бензины предназначены для применения в северных и северо-восточных районах в течение всех сезонов и в остальных районах с 1 октября до 1 апреля. Летние – для применения во всех районах, кроме северных и северо-восточных в период с 1 апреля по 1 октября. В южных районах допускается применять летний бензин всесезонно.

Ввиду отсутствия техники, эксплуатируемой на бензине А-72, нефтеперерабатывающие заводы с 1996 г. прекратили выпуск этой марки бензина.

В сельском хозяйстве и в небольших городах России самой распространенной маркой бензина является А-76. В его компонентный состав входят продукты термического и каталитического крекинга, коксования и пиролиза, прямогонный бензин, а также антиокислительные и антидетонационные присадки.

Основой бензина АИ-93, вырабатываемого по ТУ 38.401-58-171–96, является бензин каталитического риформинга мягкого режима с добавлением толуола и алкилбензола, в нем допускается использование этиловой жидкости. Для повышения давления насыщенных паров бензина в него добавляют фракцию прямой перегонки с температурой кипения до 62 °С или бутан-бутиленовую фракцию.

Основой неэтилированного бензина АИ-93, вырабатываемого по ГОСТ 2084–77, является бензин каталитического риформинга жесткого режима с добавлением алкилбензола, изопентана, бутан-бутиленовой фракции и антидетонационных присадок.

Основная масса автомобильных бензинов для реализации в России вырабатывается по ГОСТ 2084–77 (А-76, АИ-91 или АИ-95) или ТУ 38.001165 (А-80, А-92 или А-96). Требования, устанавливаемые этими и другими документами, эволюционируют в соответствии с общемировой тенденцией изменения качества бензинов. В основном, эти изменения отражают выполнение экологических требований (снижение содержания свинца, серы, бензола, ароматических и олефиновых углеводородов) и требований автомобилестроителей по улучшению важнейших эксплуатационных свойств топлива (повышение октанового числа, оптимизация испаряемости бензинов по давлению насыщенных паров и фракционному составу). Отражением этой тенденции является исключение в ТУ 38.001165 всех марок этилированных бензинов и появление норматива по бензолу – не более 5 % объёма, снижение нормы по сере до «не более 0,05 мас. %», введение ограничивающего требования к давлению насыщенных паров «не ниже 35 кПа».

Параметры автомобильных бензинов, вырабатываемых по ГОСТ 2084–77, существенно отличаются от принятых международных норм, особенно в части экологических требований. В целях повышения конкурентоспособности российских бензинов и доведения их качества до уровня европейских стандартов разработан ГОСТ Р 51105–97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия», который введен в действие с 01.01.99 г. и практически полностью соответствует требованиям на европейские бензины, изложенные в стандарте EN 228 в редакции 2000 г. и соответствующие эколого-санитарным требованиям Евро-2.

После отмены ГОСТ 2084–77, которая произошла 1 июля 2003 г., ГОСТ Р 51105–97 стал обязательным. С введением этого ГОСТа повысились требования к качеству топлива, сократилась номенклатура выпускаемых бензинов и на территории России запрещен выпуск этилированных бензинов.

В соответствии с ГОСТ Р 51105–97 вырабатываются только неэтилированные бензины марок: **Нормаль-80, Регуляр-91, Регуляр-92, Премиум-95** и **Супер-98** (максимальное содержание свинца не более 0,01 г/дм^3). Для обеспечения нормальной эксплуатации автомобилей и эффективного использования бензинов введено 5 классов испаряемости для применения в различных климатических районах по ГОСТ 16350–80.

Условно принятый район I характеризуется теплым климатом с мягкой зимой. В России это побережье Чёрного моря, Северный Кавказ, Калмыкия и т.д. Район II характеризуется умеренно-холодным климатом (базовый расчет на Западную Сибирь). Район III характеризуется умеренным климатом (это центральные области страны). Район IV – с очень холодным климатом (Якутск, Оймякон и другие). Район V – с холодным климатом (например, Салехард). Разделение бензинов по классам в зависимости от климатических районов – очень существенный шаг в направлении повышения безотказности и долговечности работы автомобильного парка страны.

Исследования свидетельствуют о прямой связи между концентрацией бензола в бензине и его содержанием во всех видах выбросов несгоревших углеводородов: в отработавших газах, испарениях при заправке и из топливной системы. Каждый процент увеличения концентрации бензола в топливе дает повышение его содержания в отработавших газах на 0,7…0,8 %. Поэтому введен показатель «объемная доля бензола».

Качество выпускаемых бензинов в целом превышает требования ТУ 38.001165. Планируется постепенная замена марок бензинов А-76 и А-80 на марку Нормаль-80, бензинов марок А-92 и АИ-93 на марку Регуляр-92, а марок АИ-95 и АИ-98 соответственно на Премиум-95 и Супер-98. В таблице 2.1 представлены октановые числа бензинов по ГОСТ Р 51105–97.

С 01.08.99 г. введен в действие стандарт Ассоциации автомобильных инженеров РФ СТО ААИ 007-98 «Бензины автомобильные. Технические требования». Стандарт имеет статус рекомендательного и по основным показателям идентичен ГОСТ Р 51105–97. Стандарт ААИ содержит дополнительные требования к бензинам по образованию отложений на впускных клапанах, а также по влиянию бензинов на отло-

2.1. Октановые числа бензинов по ГОСТ Р 51105–97

Марка бензина	Октановое число	
	по моторному методу	по исследовательскому методу
Нормаль-80	76	80
Регуляр-91	82,5	91
Регуляр-92	83	92
Премиум-95	85	95
Супер-98	88	98

жения и износ деталей двигателей. Отличается новый стандарт и маркировкой бензинов: Нормаль-80, Регуляр-91, Регуляр-92, Супер-95 и Супер-плюс-98, что соответствует Европейской маркировке бензинов.

В России с 01.07.2000 г. был введён новый стандарт на автомобильные бензины (ГОСТ Р51313–99), который устанавливает минимальные требования к бензинам, обязательные для исполнения независимо от того, по каким документам они выпускаются. В качестве обязательных должны соблюдаться нормативы по октановым числам, бензолу «не более 5 % объёма», содержанию серы «не более 0,05…0,10 массовых %» для разных марок и т.п. С 1 июля 2000 г. все бензины, выпускаемые по техническим условиям, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51313–99, что проверяется при обязательной сертификации бензинов.

В Европе с 01.01.2000 г. вступили в действие нормы Евро-3. Это повлекло за собой ужесточение требований к автомобильному бензину по содержанию свинца 0,013…0,005 г/л, по содержанию серы 0,05…0,015 % и по содержанию бензола 5…1 %. Введены также ограничения по содержанию ароматических углеводородов (не более 42 % объёма) и по содержанию олефиновых углеводородов (не более 18 %). Нормы Евро-3 реализованы в России введением с 01.07.02 нового стандарта – ГОСТ Р 51866–2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия». В 2004–2005 гг. в Европе вводятся более жесткие нормы Евро-4, которыми снижается норматив по ароматическим углеводородам до 35 % и по содержанию серы до «не более 0,005 массовых %».

Налаживание отечественного производства бензинов европейского уровня предусматривает использование международных методов оценки их качества. Поэтому новый стандарт наряду с российскими государственными нормативами учитывает также и международные требования, регламентирующие методы испытаний бензинов – ISO, EN, ASTM. В дальнейшем предусмотрен поэтапный переход только на международные стандарты. Это потребует замены испытательного оборудования и приборов, а также переоснащения техникой, обеспечивающей требуемую точность и достоверность измерений [1].

3. ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Дизельные двигатели экономичнее двигателей с искровым зажиганием (удельный расход топлива ниже на 30…35 %), поскольку работают с более высокими степенями сжатия (ε = 14…20 вместо ε = 4…10 у карбюраторных двигателей).

В дизелях используют топливо, самовоспламеняющееся при повышении температуры от сжатия в камере сгорания. Поэтому в отличие от бензинов дизельное топливо должно иметь низкую температуру самовоспламенения, т.е. низкокипящие углеводороды для дизелей непригодны.

3.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ

Поскольку наибольшее распространение в АПК РФ получили быстроходные четырёхтактные дизельные двигатели (со средней скоростью поршня 10 м/с и частотой вращения коленчатого вала свыше 1000 мин$^{-1}$), то основное внимание будет уделено изучению эксплуатационных требований к топливу для них.

Для обеспечения надёжной эксплуатации быстроходных двигателей качество дизельного топлива должно отвечать определенным требованиям (табл. 3.1). Причём, чем больше частота вращения вала двигателя, тем выше требования к топливам. Это обусловлено особенностями процесса сгорания топлива: за весьма короткий промежуток времени (порядка 1,5…2,0 мс) оно должно не только успеть перемешаться с воздухом, испариться, окислиться, воспламениться, но и обеспечить своевременное и полное сгорание.

3.1. Основные требования к дизельному топливу

Требования	Определяющие свойства	Результат
Хорошая воспламеняемость и достаточно полное сгорание	Фракционный состав и цетановое число	Мягкая работа и легкий пуск двигателя, высокие мощностные и экономические показатели, допустимые дымность и токсичность отработавших

		газов

Продолжение табл. 3.1.

Требования	Определяющие свойства	Результат
Хорошее смесеобразование и распыл	Вязкость и плотность, содержание механических примесей и воды	Хорошая фильтруемость, нормальная подача топлива, дальнобойность факела и конус распыла
Бесперебойная работа топливного насоса высокого давления при отрицательных температурах окружающей среды	Низкотемпературные свойства	–
Безопасность при эксплуатации и хранении	Температура вспышки, стабильность	–
Минимальное нагарообразование, отложения, коррозия деталей и узлов двигателя	Химический состав и степени очистки – наличие сернистых соединений, металлов	Нормальное состояние клапанов, колец, поршней, форсунок

3.2. УСЛОВИЯ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА

Обычно выделяют *четыре фазы процесса сгорания топлива* в цилиндре дизеля: I – фаза задержки (запаздывания) самовоспламенения, II – фаза быстрого горения (интенсивного нарастания давления), III – фаза замедленного горения, IV – фаза догорания.

I фаза. После впрыскивания в камеру сгорания топливо воспламеняется не сразу, а через определенное время, характеризуемое так называемой **задержкой самовоспламенения**. В этой фазе топливо распыляется, нагревается, испаряется и перемешивается. **Температура самовоспламенения** дизельного топлива – это наименьшая температура, до которой должны быть нагреты частицы распылённого в воздухе топлива в конце такта сжатия, чтобы произошло их воспламенение без постороннего источника огня. Чем меньше рассматриваемая фаза, тем равномернее происходит процесс сгорания топлива. При своевременном воспламенении смесь сгорает быстро и плавно, обеспечивая максимальную мощность и необходимую экономичность двигателя, а запаздывание самовоспламенения обуславливает **жёсткую работу** двигателя (похожую на работу карбюраторного двигателя с детонацией): в последнем случае его детали подвергаются повышенным нагрузкам, быстрее изнашиваются и выходят из строя.

Продолжительность фазы задержки во многом зависит от размера (дисперсности) капель топлива, образовавшихся при его распылении: с уменьшением размера капель топливо быстрее нагревается и испаряется. Так капля топлива размером порядка 10 мкм за 0,0001 с нагревается в воздухе до 240 °С, а увеличение её размера до 20 мкм обуславливает её нагрев лишь до 175 °С.

За время первой фазы накапливается тепло, которого выделяется гораздо больше, чем отводится к стенкам камеры сгорания, повышается температура, возрастают скорости реакций, обуславливающие начало **II фазы** – фазы быстрого горения и резкого увеличения средней скорости нарастания давления $dp/d\varphi$. По величине $dp/d\varphi$ принято судить о характере работы двигателя: если эта величина не превышает 0,5…0,7 МПа на 1° поворота коленчатого вала, то двигатель работает мягко, а если превышает (0,8 МПа и более) – то жёстко.

Если в дизельном топливе имеется большое количество быстро окисляющихся углеводородов, то оно легко самовоспламеняется и двигатель работает мягко. Такие же углеводороды в бензине вызывают детонацию карбюраторных двигателей.

Чем продолжительнее предыдущая фаза задержки самовоспламенения, тем большее количество испарившегося топлива накапливается в камере сгорания. В этом случае во второй фазе выделение теплоты и нарастание давления происходят более интенсивно, что приводит к жёсткой работе двигателя.

III фаза – замедленное горение – начинается сразу после второй и продолжается до конца подачи топлива в камеру сгорания. В этой фазе выделяется до 25 % энергии топлива (но с меньшей интенсивностью, чем во второй фазе), снижаются температура и давление. При этом закончена цикловая подача топлива, а продукты сгорания топлива расширяются. Поскольку в этот период осуществляется рабочий ход поршня, то желательно, чтобы к концу третьей фазы сгорел весь цикловой заряд топлива, однако этого в дизелях обычно не происходит.

С момента окончания подачи топлива в камеру сгорания начинается **IV фаза** – фаза догорания, протекающего во время такта расширения при пониженном давлении. Увеличение продолжительности этой фазы обуславливает повышение температуры отработавших газов, дымность выпуска и снижение КПД двигателя.

Существенное влияние на сгорание топлива оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы. Так, увеличение угла опережения впрыскивания топлива отрицательно сказывается на периоде задержки самовоспламенения, поскольку топливо поступает в менее сжатую и не нагретую среду. При этом работа двигателя будет более жёсткой. Если впрыскивание

производить слишком рано, то за счёт воспламенения и преждевременного сгорания части топлива может произойти рост давления до прихода поршня в верхнюю мёртвую точку, обуславливающее потерю мощности из-за преодоления давления горючих газов и снижение КПД двигателя.

Конструктивные особенности двигателей по-разному сказываются на процессе сгорания топлива. Двигатели с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием (из-за наличия разогретых до высокой температуры стенок предкамеры и более благоприятных условий сгорания) менее чувствительны к фракционному составу топлива, чем двигатели с непосредственным впрыском, а наличие наддува у двигателя (обеспечивающего повышенный тепловой режим камеры сгорания) обуславливает нормальную работу на топливах утяжелённого фракционного состава.

3.3. СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, ИХ ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ ДВИГАТЕЛЕЙ

Процесс горения дизельного топлива определяется двумя основными параметрами – цетановым числом (определяющим мощностные и экономические показатели двигателя) и фракционным составом (определяющим полноту сгорания топлива, дымность и токсичность отработавших газов двигателя).

Цетановое число является условной единицей измерения самовоспламеняемости топлива.

Цетановое число дизельного топлива численно равно процентному (по объёму) содержанию цетана в искусственно приготовленной смеси, которая состоит из цетана и α-метилнафталина и по характеру сгорания (самовоспламенения) равноценна испытуемому топливу.

Цетан (*н*-гексадекан) $C_{16}H_{34}$ – парафиновый углеводород нормального строения (алканового ряда), имеющий очень малый период задержки самовоспламенения. Условно его цетановое число или самовоспламеняемость приняты за 100 ед. Ароматический углеводород α-метилнафталин $C_{10}H_7CH_3$, который очень трудно окисляется и воспламеняется, имеет очень большой период задержки воспламенения (условно его цетановое число или самовоспламеняемость приняты за 0 ед).

Экспериментально цетановое число определяется на стандартном двигателе методом совпадения вспышек при переводе с испытуемого топлива на эталонную смесь.

При отсутствии стандартизованных моторных установок цетановое число определяют расчётными методами.

Приведём ряд известных из литературы соотношений для определения цетанового числа (ЦЧ).

$$ЦЧ = T_а - 15{,}5,$$

$$ЦЧ = 0{,}85 \cdot П + 0{,}1 \cdot Н - 0{,}2 \cdot А,$$

где $T_а$ – температура анилиновой точки, т.е. температура взаимной растворимости равных объемов испытуемого топлива и анилина; П, Н, А – содержание в топливе соответственно парафиновых, нафтеновых и ароматических углеводородов, % мас.

В первой эмпирической формуле величина $T_а$ отражает в скрытой форме все тот же углеводородный состав.

В другие формулы введена плотность топлива ρ при 20 °С, например:

$$ЦЧ = 256{,}18 - 0{,}445 T_а - 10{,}44\sqrt{T_с} - \frac{2{,}605\rho}{2\sqrt[3]{T_с}},$$

где $T_с = T_{10\,\%} + 0{,}53\,T_{50\,\%} + 0{,}17\,T_{90\,\%}$.

Чем больше цетановое число, тем меньше период задержки самовоспламенения дизельного топлива, и, следовательно, более мягко работает двигатель. Варьируя групповым составом топлива, можно получить требуемое цетановое число, но на практике более предпочтительным считается повышение цетанового числа топлива за счёт введения соответствующих присадок.

Однако с повышением цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью (менее 0,5 МПа/°ПВК) ухудшается его экономичность в среднем на 0,2…0,3 %, а дымность отработавших газов на единицу цетанового числа повышается на 1,0 – 1,5 единицы Хартриджа. Здесь МПа/°ПВК – скорость нарастания давления в цилиндре двигателя на 1° поворота коленчатого вала.

Поэтому в соответствии с ГОСТ 305–82 дизельное топливо для быстроходных двигателей выпускается с цетановым числом 40…45 единиц. Использование топлива с низким цетановым числом (менее 40 единиц) приводит к увеличению периода задержки самовоспламенения и возникновению жёсткой работы, а применение топлива с цетановым числом выше 50 единиц нецелесообразно вследствие возрастания удельного расхода топлива из-за снижения полноты его сгорания. Летом можно применять топлива с цетановым числом, равным 40, а зимой для обеспечения холодного пуска двигателя – с цетановым числом не менее 45.

Для среднеоборотных и тихоходных дизелей цетановое число не нормируется, так как чем тяжелее фракции нефти, тем для них ниже температура самовоспламенения (для этих дизелей нет проблемы с воспламенением топлива).

Чем выше температура кипения топлива, тем выше цетановое число, и эта зависимость носит почти линейный характер; лишь для отдельных фракций цетановое число может снижаться, что объясняется их углеводородным составом.

Скорость смесеобразования и полнота испарения впрыснутого в цилиндр двигателя топлива обусловлены температурой, давлением, вихревым движением воздуха в камере сгорания, качеством распыливания и испаряемостью топлива. Испаряемость топлив характеризуется их **фракционным составом.**

С возрастанием потребности в дизельном топливе предложено использовать топлива с расширенным фракционным составом (с пониженными температурами начала кипения – до 80 и даже до 60 °С и повышенными температурами конца кипения – до 400 °С). Снижение температуры начала кипения дизельных топлив ниже 60 °С приводит к образованию в системе питания паровых пробок. Топлива широкого фракционного состава состоят из 30…40 % бензиновых фракций и 60…70 % стандартного дизельного топлива.

Топливо должно иметь некоторое количество лёгких фракций, облегчающих запуск двигателя, но слишком большое их количество приводит к резкому повышению давления и стукам двигателя, поскольку к моменту самовоспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя накапливается большое количество паров топлива и горение сопровождается чрезмерным повышением давления.

С другой стороны, сгорание топлива со слишком тяжелым фракционным составом происходит не в полной мере, сопровождается дымлением, увеличением расхода и усилением нагарообразования. Одной из основных причин повышения расхода топлива является более высокая вязкость топлива утяжеленного фракционного состава.

Фракционный состав стандартного летнего дизельного топлива характеризуется следующими параметрами: $T_{нк}$ = 180…200 °С; $T_{10\,\%}$ = 210…230 °С; $T_{50\,\%}$ = 270…280 °С; $T_{90\,\%}$ = 330…345 °С; $T_{96\,\%}$ – до 360 °С.

С повышением температур $T_{10\,\%}$ и $T_{90\,\%}$ возрастает удельный расход топлива и дымность отработавших газов. При испытаниях дизельного топлива утяжеленного фракционного состава с температурой конца кипения на 30 °С выше, чем у стандартного летнего топлива, отмечен повышенный расход топлива в среднем на 3 % и увеличение дымности отработавших газов в среднем на 10 %.

Испаряемость топлива оказывает значительное влияние на запуск двигателя: при пуске создаются наиболее неблагоприятные условия для смесеобразования и самовоспламенения топлива из-за недостаточно высокой температуры в конце такта сжатия. Поэтому большое количество теплоты передается холодным стенкам, а часть сжимаемого воздуха при небольших пусковых числах оборотов коленчатого вала прорывается в картер. Поскольку степень сжатия (соответственно и температура воздуха в конце сжатия) будут ниже по сравнению с прогретым двигателем, то топливо должно обладать такой испаряемостью, чтобы к моменту самовоспламенения образовалась смесь паров топлива с воздухом, соответствующая пределам воспламеняемости.

Использование топлива с лучшей испаряемостью улучшает пуск двигателя только до определённого предела облегчения фракционного состава, поскольку лёгкие фракции имеют не только плохую воспламеняемость, но и приводят к переобогащению смеси вблизи форсунки и обеднению в остальной части камеры сгорания.

Поэтому связать (как сделано для бензинов) пусковые свойства с температурой $T_{10\,\%}$ дизельного топлива не удается. Считают, что пусковые свойства зависят от $T_{50\,\%}$: если в топливе до 300 °С выкипает более 80 %, то пусковые свойства его ухудшаются. При этом время прокручивания двигателя при запуске его на топливе со средней температурой кипения порядка 200…225 °С почти в 9 раз меньше, чем на топливе со средней температурой кипения, равной 285 °С.

За рубежом для характеристики воспламеняемости, испаряемости и пусковых свойств дизельного топлива применяется понятие «дизельный индекс», определяемый расчётным путем или по номограмме. Значение дизельного индекса обуславливает пусковые характеристики топлива, особенно при низких температурах. Этот показатель нормируется и в отечественных технических условиях на дизельное топливо, поставляемое на экспорт.

Обычно дизельный индекс (ДИ) расчётным путём определяют с помощью формулы

$$ДИ = \frac{(1{,}8T_а + 32)(141{,}5 - 131{,}5\rho^{15})}{100\rho^{15}}114,$$

где ρ^{15} – известная плотность топлива при 15 °С.

Для быстроходных двигателей дизельный индекс находится в пределах 53…55, а для тихоходных – около 40. Для экспортных топлив дизельный индекс нормируется (не менее 53). С увеличением ДИ интенсифицируются процессы предварительного окисления топлива в камере сгорания, быстрее воспламеняется смесь и запускается двигатель. Влияние дизельного индекса на время запуска двигателя можно оценить из следующих данных: если при увеличении ДИ до 53 время запуска порядка 3 с, то с уменьшением ДИ до 38 время запуска увеличивается до 45…50 с.

Одно из важнейших требований к качеству топлива – **прокачиваемост**ь, определяемая вязкостью и температурой застывания топлива.

Вязкость и плотность в значительной мере определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле, поскольку от них зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель, дальность проникновения капель в камеру сгорания. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива, а с повышением указанных показателей увеличивается диаметр капель (рис. 3.1) и уменьшается полнота их сгорания, что приводит к увеличению удельного расхода топлива, росту дымности отработавших газов.

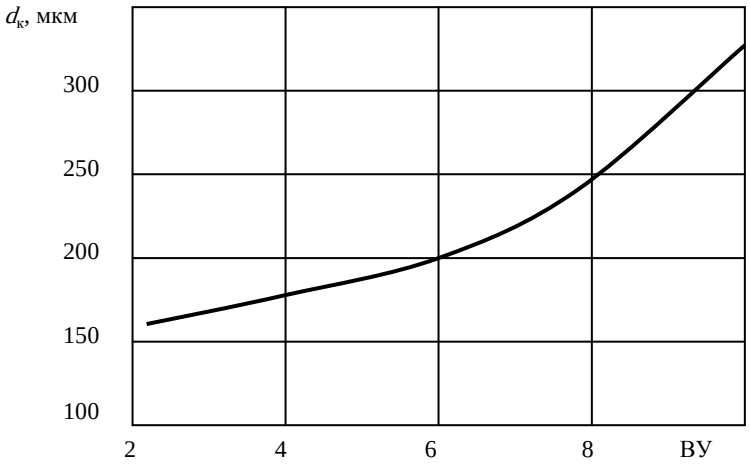


Рис. 3.1. Зависимость тонкости распыливания топлива (среднего диаметра капель $d_к$) от его условной вязкости ВУ

Плотность топлива в соответствии с ГОСТ 305–82 нормируется при 20°С: для летнего дизельного топлива – не более 860 кг/м^3, зимнее- го – не более 840 кг/м^3, арктического – не более 830 кг/м^3. Увеличение плотности свидетельствует о повышенном содержании тяжёлых фракций и примесей.

В зарубежных стандартах пределы плотности устанавливают в основном при 15 °С. Так, европейский стандарт EN-590 предусматривает следующие значения плотности: для летних топлив 820…860, для зимних топлив 800…840 (845) кг/м^3.

Вязкость дизельного топлива в стандарте нормируется диапазоном от минимальной до максимальной: 1,8…5,0 мм^2/с для зимних и 3,0… 6,0 мм^2/с для летних сортов. Вязкость топлива в большей степени влияет на работу топливоподающей аппаратуры, определяет внутреннее трение топливного потока и тем самым гидравлические потери энергии в топливоподающей системе, а также обуславливает утечки топлива через зазоры прецизионных деталей топливоподающей аппаратуры.

При пониженной вязкости

- увеличивается подтекание и просачивание топлива во всех зазорах и неплотностях, что приводит к изменению цикловой подачи и снижению давления впрыска, увеличивает расход топлива;
- ухудшаются смазывающие свойства топлива, интенсифицируется износ плунжерных пар;
- топливо подтекает в отверстия форсунок, увеличивая нагарообразование и дымность.

При повышенной вязкости

- затрудняется прохождение топлива через фильтры;
- ухудшается распыливание топлива (образуются крупные капли и короткая струя);
- ухудшается смесеобразование;
- топливо испаряется медленнее, сгорает не полностью, поэтому его расход увеличивается, наблюдается повышенное нагарообразование и дымление, отработавшие газы становятся черными, более токсичными, повышается расход топлива.
- закоксовываются сопла распылителей форсунок.

Противоизносные свойства дизельного топлива ухудшаются практически линейно с уменьшением его вязкости и увеличением содержания воды в нём. Изменение вязкости дизельных топлив в пределах норм стандартов может привести к ухудшению их противоизносных свойств в два раза, а увеличение содержания воды до 1 % ухудшает их в три раза.

Вязкость топлива увеличивается с понижением температуры. Чем выше значение вязкости при 20 °С, нормируемое техническими условиями (т.е. чем тяжелее фракционный состав топлива), тем сильнее вязкость топлива зависит от температуры. Летние сорта дизельного топлива становятся малоподвижными уже при –5 °С, зимние сохраняют подвижность до температуры –25…30 °С.

Низкотемпературные свойства дизельных топлив характеризуются температурами помутнения и застывания. **Температурой помутнения** называют температуру, при которой теряется фазовая однородность топлива из-за появления в нем кристаллов парафинов и льда. Кристаллы закупоривают поры фильтров тонкой очистки, нарушая подачу топлива к насосу высокого давления и к форсункам.

При **температуре застывания** топливо теряет подвижность, что практически означает невозможность его использования в двигателе и перекачивания из одного резервуара в другой.

При смешивании летних и зимних марок дизельных топлив ухудшаются их низкотемпературные свойства. Практика показывает, что смешанные топлива непригодны для работы при отрицательных температурах. Использовать топливо можно только при температуре окружающего воздуха выше точки помутнения.

Доказано, что чем лучше низкотемпературные свойства топлива, тем ниже его цетановое число. Самыми высокими температурами помутнения и застывания обладает топливо марки УФС (утяжеленного фракционного состава). Это топливо может быть использовано только в летний период.

Нефти, пригодной для производства зимних сортов топлива, сравнительно немного, их производство сложнее, поэтому и вырабатывается зимних сортов значительно меньше, чем летних. Улучшить низкотемпературные свойства топлив позволяет введение *депрессорных присадок*. Так, дизельное топливо марки ДЗ$_п$ изготавливается на основе летнего дизельного топлива с температурой помутнения –5 °С. Добавление депрессорной присадки позволяет снизить предельную температуру фильтруемости, температуру застывания, в результате чего топливо обеспечивает эксплуатацию техники при температуре воздуха до –15 °С.

Технические условия не допускают наличия в топливе **механических примесей** – посторонних веществ, находящихся в нём во взвешенном состоянии.

Твёрдые механические примеси (песок, пыль и т.п.) вызывают абразивный износ металла, выкрашивание кромок деталей. В результате нарушается нормальная подача топлива в цилиндры двигателя, что приводит к падению мощности. Увеличивается износ деталей топливоподающей аппаратуры, особенно прецизионных пар насосов, происходит забивание фильтров. В зависимости от загрязнённости топлива срок службы насоса высокого давления может уменьшаться в 5–6 раз.

Ресурс дизеля обусловлен на 80 % износом деталей. При этом износ, вызываемый абразивными загрязнениями, составляет в среднем 60 % общего износа деталей при эксплуатации автомобилей в средней климатической зоне страны при относительно небольшой запылённости воздуха и 80 % – в южной зоне с повышенной запыленностью воздуха. Интенсивность износа плунжерных пар топливных насосов в значительной степени зависит от общей концентрации загрязнений, находящихся в топливе.

Использование дизельного топлива с содержанием механических примесей приводит к местному износу плунжера до 30…35 мкм, гильзы до 15…17 мкм, нагнетательного клапана до 25…30 мкм. Изменение зазора в распылителях и плунжерных парах оказывает существенное влияние на показатели работы двигателя. Повышенное содержание загрязнений в дизельных топливах приводит к забиванию топливных фильтров, форсированному износу насосов-форсунок, потере герметичности и подтеканию топлива в цилиндры двигателя. Попадание загрязнений в распылители форсунок и засорение отверстий приводит не только к нарушению и прекращению работы, но нередко и к обрыву головки.

При попадании на тщательно обработанные поверхности нескольких частиц кремнезема или нагара могут образоваться риски и царапины глубиной до 0,005 мм, в результате чего нарушается их уплотнение.

Техническими условиями не допускается наличие в дизельном топливе **воды**, так как она способствует увеличению скорости коррозии, нарушению нормального процесса сгорания топлива, ухудшению его прокачиваемости и фильтруемости. Всё это значительно повышает износ двигателя.

Основную опасность представляет вода, которая присутствует в топливе в виде отдельной фазы. Исследования состава и коррозионной агрессивности водных отстоев показало, что одним из наиболее коррозионно-агрессивных компонентов

примесей, содержащихся в отстоях, являются ионы хлора, присутствующие в количествах вполне достаточных, чтобы вызвать коррозионное поражение топливных ёмкостей.

Сильное коррозионное воздействие на металлы оказывают **водорастворимые (минеральные) кислоты** и **щелочи**, поэтому их наличие в топливах не допускается.

Коррозионное действие **органических кислот** относительно слабое, но в присутствии воды оно значительно возрастает. В связи с этим в отсутствие воды технические условия нормируют содержание органических кислот величиной кислотности. *Кислотность* дизельных топлив, как и бензинов, выражается количеством гидроксида калия, которое необходимо для нейтрализации органических кислот, содержащихся в 100 мл топлива.

Значительное влияние на коррозионную агрессивность дизельных топлив оказывает наличие в них **серосодержащих соединений**.

Как и для бензинов, наличие активных неорганических сернистых соединений недопустимо, их удаляют в процессе очистки.

Органические сернистые соединения, содержащиеся в нефти, имеют температуру кипения выше 200 °С, поэтому содержание серы в дизельном топливе выше, чем в бензине. Эти соединения непосредственно с металлами не взаимодействуют, но при сгорании образуют агрессивные оксиды серы – SO_2 и SO_3.

При взаимодействии с водой эти оксиды образуют кислоты – сернистую и серную. Особенно чувствительны к сернокислотной коррозии быстроходные дизели, так как высокая температура и избыток кислорода в процессе горения способствует образованию более агрессивного оксида SO_3.

Экспериментально установлено, что общий износ деталей двигателя прямо пропорционален содержанию серы в топливе. При снижении количества серы с 0,5 до 0,2 % износ понижается на 20…25 %.

Повышенное содержание серы в топливе увеличивает нагарообразование, что ухудшает условия охлаждения деталей цилиндропоршневой группы; пригорание поршневых колец вызывает падение мощности двигателя. Кроме того, ускоряются процессы окисления и старения моторного масла.

3.4. АССОРТИМЕНТ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Основное количество топлив для быстроходных автомобильных и тракторных двигателей вырабатывается в соответствии с ГОСТ 305–82, который устанавливает три марки топлива:

- Л – летнее (рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше);
- З – зимнее (–20 °С и выше, а также –30 °С и выше);
- А – арктическое (–50 °С и выше).

По содержанию серы ГОСТ подразделяет топлива на два вида:

I – массовая доля серы не более 0,2 %;

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

Для использования в летний период по ТУ 38.001355–86 выпускается дизельное топливо утяжеленного фракционного состава (УФС). В его состав включаются прямогонные фракции с более высокой (на 20…30 °С) температурой кипения.

Для улучшения экологической обстановки в городах, карьерах и других местах с ограниченным воздухообменом согласно ТУ 38.1011348–90 выпускается летнее дизельное топливо ДЛЭЧ – экологически чистое.

Оно характеризуется пониженным содержанием серы (не более 0,05 и 0,1 % в топливе I и II вида соответственно). Низкое содержание серосодержащих углеводородов достигается дополнительными операциями – глубокой гидроочисткой или гидрированием.

В соответствии с ТУ 38.101889–81 для применения в зимних условиях вырабатываются дизельные топлива марки $ДЗ_п$ и $ДЗ_п$-15/-25, которые содержат депрессорную присадку, улучшающую низкотемпературные свойства топлив.

По ТУ 38.001162–85 производится экспортное дизельное топливо, для которого нормируются пониженное содержание серы (0,2 и 0,3 % для I и II вида топлив), а также такие показатели, как прозрачность при 10 °С и дизельный индекс, не определяемые по ГОСТ 305–82.

Московский нефтеперерабатывающий завод выпускает в соответствии с ТУ 38.401-58-170–96 дизельные топлива «Городские» ДЭК-Л, ДЭК-З, $ДЭК_п$-Л, $ДЭК_п$-З минус 15, $ДЭК_п$-З минус 25 с улучшенными экологическими характеристиками. Эти топлива отличает пониженное содержание серы (до 0,05 %), для них в технические условия введен показатель предельной температуры фильтруемости, предусмотрено использование депрессорных и противодымных присадок. Ужесточение требований к углеводородному составу этих топлив позволяет снизить выбросы СО на 30…40 %, углеводородов на 20…30 %.

Для использования в северных районах (в местах добычи газовых конденсатов) предназначены дизельные топлива газоконденсатные, производимые по ТУ 51-865–79.

Поскольку для быстроходных дизелей особое значение имеют такие показатели качества топлив, как низкотемпературные свойства, содержание серы и температура вспышки, то их величины присутствуют в обозначении товарных дизельных топлив. Так, в маркировку летнего дизельного топлива включают содержание серы и температуру вспышки (например, Л-0,5-40 или Л-0,2-61), а в маркировку зимнего введена температура застывания (например, З-0,5- минус 35 или З-0,2-минус 45). В маркировке арктического топлива используют только содержание серы (например, А-0,2 или А-0,4).

4. СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ, ХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ

4.1. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ОТ ИСПАРЕНИЯ

Рассмотрим процесс испарения топлива в воздушную среду. Максимальное заполнение резервуара светлыми нефтепродуктами не должно превышать 96 % его объема. Образующаяся при этом площадь свободной поверхности жидкости при определённых условиях становится своеобразным генератором испарения легкокипящих углеводородных фракций.

При заполнении резервуара первые же порции топлива начинают интенсивно испаряться в воздушное пространство и насыщают его углеводородными парами. Последующее заполнение резервуара сопровождается вытеснением этой образовавшейся паровоздушной смеси через дыхательный клапан в атмосферу. Такой процесс называется «*большими дыханиями*» резервуара.

При обычных условиях хранения топлива в наземном резервуаре свободный от жидкого топлива объём заполнен смесью воздуха с парами топлива. С повышением температуры окружающей среды (например, в ясный жаркий летний день) за счёт солнечной радиации нагреваются стенки резервуара и путём теплопередачи повышаются температура топлива и паровоздушной смеси, в результате чего объёмы их увеличиваются.

Температурное расширение паровоздушной смеси приводит к возрастанию давления в резервуаре, и, чтобы предотвратить его разрушение, открывается дыхательный клапан, и часть паровоздушной смеси уходит в атмосферу. В ночное время при охлаждении этого резервуара в паровоздушном пространстве образуется разрежение и через клапан в резервуар поступает воздух. Этот воздух снова насыщается новыми порциями паров топлива. Такой своеобразный насос – всасывание воздуха и вытеснение смеси – работает круглосуточно в каждом резервуаре, вызывая безвозвратные потери топлив от «*малых дыханий*» резервуара.

Интенсивность потерь от испарения при хранении светлых нефтепродуктов определяется как внешними, так и внутренними факторами. К первым относится давление и температура окружающей среды, ко вторым – фракционный состав топлив, определяющий давление их насыщенных паров.

Наиболее легколетучими являются низкокипящие компоненты нефтяного топлива, обладающие небольшой молекулярной массой (функционально связанной с плотностью и температурой разгонки топлив). Испаряемость топлива прямо пропорциональна подвижности его молекул. Подвижность молекул увеличивается с уменьшением как динамической вязкости, так и линейного размера молекул (например, более вязкое по сравнению с бензином дизельное топливо обладает значительно меньшей испаряемостью – 0,12 кг/т против 3,05 кг/т для бензина).

В результате испарения легколетучих компонентов плотность жидкости в приповерхностном слое увеличивается, и этот слой опускается ниже, а его место занимают более глубокие слои нефтепродукта, имеющие меньшую плотность и более высокое содержание низкомолекулярных компонентов.

Рассмотрим методы снижения потерь нефтепродуктов от испарения. Их можно разделить на семь групп.

Первая группа – сокращение объёма газового пространства резервуара.

При полной ликвидации газового пространства в резервуаре теоретически потери от испарения должны отсутствовать, но добиться этого невозможно из-за температурного расширения нефтепродуктов. Максимальное заполнение резервуара 95…97 % от их полной вместимости.

Уменьшение степени заполнения резервуара приводит к увеличению поверхности испарения и заполнению газового пространства парами нефтепродукта, что ведёт к повышенным потерям из-за «малых и больших дыханий» (табл. 4.1).

Вторая группа – хранение под избыточным давлением.

Для предотвращения потерь нефтепродуктов от «малых дыханий» и частично от «больших дыханий» резервуары должны быть герметично закрыты и оснащены дыхательными клапанами. Дыхательные клапаны, срабатывающие при избыточном давлении 0,25 кг/см^2 и вакууме

4.1. Потери бензина от испарения в зависимости от степени заполнения резервуара

Степень заполнения резервуара, %	Годовые потери от хранимого количества, %	
	средняя климатическая зона	южная климатическая зона
90	0,3	0,4
80	0,6	0,9
70	1,0	1,5
60	1,6	2,3
40	3,6	5,2
20	9,6	13,9

0,01 кг/см^2 позволяют уменьшить потери бензина в 3 раза по сравнению с «атмосферными». Установка дыхательного клапана, срабатывающего при избыточном давлении 0,3 кг/см^2 практически устраняет потери от «малых дыханий». Дальнейшее повышение избыточного давления усложняет конструкцию резервуара и его стоимость. На оптимальную величину избыточного давления сильно влияет оборачиваемость резервуара, физико-химические свойства нефтепродукта и метеорологические условия.

Еще один способ создания избыточного давления – хранение нефтепродуктов под слоем инертного газа.

Очевидно, что при таком способе хранения уменьшаются потери от испарения нефтепродуктов, так как присутствующий под небольшим избыточным давлением слой газа (например, азота) препятствует испарению летучих фракций топлив. При этом снижается пожароопасность нефтесклада.

Третья группа – уменьшение амплитуды колебания температуры газового пространства.

Если добиться изотермического хранения нефтепродуктов или значительно уменьшить колебания температуры газового пространства и поверхности нефтепродукта, то можно полностью устранить потери от «малых дыханий».

В летнее время суточные колебания температуры газового пространства резервуара достигают 30...40 %, а поверхность нефтепродукта изменяет температуру на 10...15 °С.

Наиболее простыми и дешевыми способами уменьшения суточных колебаний являются окраска резервуаров и сооружение защитных экранов, более сложными и дорогими – тепловая изоляция, орошение резервуаров и их подземное размещение.

Окраска резервуара применяется в любых условиях как способ борьбы с испарениями, так и для защиты резервуара от коррозии. Цвет окраски сильно влияет на нагрев стенок резервуара и соответственно на нагрев нефтепродукта, находящегося в резервуаре. Бензин, находящийся в одинаковых условиях в резервуарах, выкрашенных в разные цвета, имел следующие температуры: алюминиевая окраска – 11,5 °С; серая – 14,6 °С; сурик – 16,6 °С; зелёеная – 22 °С; чёрная – 30 °С, т.е. нефтепродукты, хранимые в резервуарах, окрашенных в светлые тона, имеющие лучшую отражательную способность, значительно меньше подвержены суточным колебаниям температуры (табл. 4.2).

Наибольшей лучеотражательной способностью обладает белая окраска. При хранении бензина в наземном горизонтальном резервуаре, окрашенном белой краской, потери уменьшаются в два раза по сравнению с алюминиевой, в которую обычно выкрашены резервуары на нефтескладах. Кроме того, белая краска сохраняется 3–4 года, а алюминиевая (АЛ-177) – 1,5 – 2 года.

4.2. Отражающая способность поверхностей резервуаров в зависимости от их окраски

Окраска	Коэффициент отражения	Окраска	Коэффициент отражения
Зеркальная	100,0	Алюминиевая	59,2
Белая	90,0	Светло-серая	57,0
Светло-кремовая	88,5	Серая	47,0
Светло-розовая	86,5	Алюминиевая (выветрившаяся)	35,5
Голубая	85,0		
Светло-зеленая	78,5	Неокрашенная	10,0
Алюминиевая (новая)	67,0	Чёрная	0

Кроме того, экспериментальные исследования показали, что для сокращения испарения нефтепродуктов эффективно применение и внутренней окраски резервуара. Нанесение противокоррозионных бензостойких покрытий ЭП-755, ХС-717, ХС-720, ФЛ-724 на внутреннюю поверхность снижает лучистый поток от неё к поверхности нефтепродукта вдвое, а потери от испарения примерно на 30 %.

Сооружение защитных экранов реализуется посадкой деревьев лиственных пород вблизи резервуаров, а так же помещение наземных резервуаров под навесы.

В южных районах применяют отражательную изоляцию резервуаров, состоящую из крыши – экрана и боковых стенок, установленных на расстоянии 0,1…0,5 м от поверхностей резервуара. Применение защитных экранов позволяет сократить потери нефтепродуктов в 2–3 раза.

Изолировать поверхности резервуаров можно материалами, обладающими низкой теплопроводностью, такими, как пеностекло, пенобетон, шлакостекловата, но при этом надо учитывать высокую стоимость самих укрывных материалов и то, что они сами нуждаются в защите от атмосферных осадков и ухудшают контроль за техническим состоянием поверхностей резервуара.

Орошение резервуаров водой применяется в южных районах для вертикальных резервуаров вместимостью более 75 м^3. Система оросителей равномерно распределяет воду по крыше и стенкам резервуара, стекает вниз, где охлаждается и вновь подаётся на орошение, или на крыше резервуара сооружается бассейн, заполняемый водой. Этот метод снижает потери нефтепродуктов примерно в 2 раза, однако он требует затрат на оборудование, работу насосов и мероприятия, связанные с воздействием воды на металл резервуара.

Подземное хранение нефтепродуктов наиболее эффективное средство борьбы с потерями от испарения. При нахождении резервуара на глубине 30…40 см от поверхности земли, суточные колебания температуры практически незаметны. В таких резервуарах среднегодовые потери ниже в 2–3 раза. Подземное хранение широко применяется на автозаправочных станциях и практически не применяется у сельхозпроизводителей, хотя фактические потери из подземных горизонтальных резервуаров РВС-25 в средней климатической зоне страны составляют в весенне-летний период 0,79 кг/м^3, а в осенне-зимний 0,49 кг/м^3. Потери от «обратных выдохов» составили всего 0,2 % от суммарных потерь.

Четвертая группа – улавливание паров нефтепродуктов, вытесняемых из ёмкости.

Для этого применяют газоуравнительные обвязки, представляющие собой отдельные трубопроводы или систему трубопроводов, соединяющих газовые пространства резервуаров и транспортных ёмкостей. Применение газгольдеров, включаемых в газоуравнительную обвязку резервуаров, позволяет снизить потери нефтепродукта на 90… 95 %. Паровоздушную смесь из газовой обвязки можно подавать в устройства для извлечения нефтепродукта.

Улавливание может осуществляться путём конденсации паров нефтепродукта за счёт охлаждения или абсорбции. В качестве абсорбента можно применять активированный уголь. Не допускается включать в газовую обвязку резервуары, хранящие неэтилированные и этилированные бензины, а также нефтепродукты, вызывающие изменение физико-химических свойств друг друга.

Пятая группа – использование газоразделительных мембран.

Большой интерес представляет использование мембран для снижения потерь нефтепродуктов при «больших и малых дыханиях». Процесс основан на селективной проницаемости компонентами газовой смеси мембранной перегородки, представляющей собой открытую равновесную систему, на границе которой поддерживаются различные составы газовой среды под действием сил давления. Установка перед дыхательным клапаном газоразделительной мембраны проницаемой для воздуха и малопроницаемой для паров нефтепродукта приведёт к тому, что при повышении давления в резервуаре через дыхательный клапан будет выбрасываться воздух и пары воды. Выброс паров нефтепродуктов в окружающую среду значительно сократится и будет определяться величиной коэффициента проницаемости материала мембраны по нефтепродукту.

Мембранные элементы просты по своей конструкции и выпускаются в достаточном ассортименте, кроме того, не представляет трудностей установка их как на вновь изготовляемые резервуары, так и на заполненные нефтепродуктом.

Данный метод позволяет свести потери нефтепродуктов от испарения до 80 % и значительно улучшить защиту окружающей среды от загрязнения нефтепродуктами.

Шестая группа – формирование плавающих покрытий, состоящих из подвижного слоя полых шариков.

Для формирования плавающего покрытия можно применять полые стеклянные микросферы, выделенные из золы – уноса ТЭЦ, работающей на каменном угле. Микросферы засыпают в количестве, обеспечивающем образование слоя толщиной 20 см на максимальной площади поверхности нефтепродукта, соответствующей заполнению резервуара до половины его диаметра.

Поскольку в состав микросфер входит окись железа, то они, обладая магнитными свойствами, прижимаются к стенкам стального резервуара, причём действие магнитных сил между стенкой и микросферами преодолевает силы поверхностного натяжения жидкости, обеспечивая непосредственный контакт стенки и слоя микросфер.

Насыпной слой является малопроницаемым для легкоиспаряющихся нефтепродуктов, кроме того, он служит теплоизоляцией поверхности нефтепродукта. Данный метод позволяет уменьшить потери нефтепродуктов до 30 %.

Седьмая группа – организационно-технические мероприятия.

Правильная организация эксплуатации резервуаров – одно из важнейших средств уменьшения потерь нефтепродуктов. Наиболее эффективными являются следующие меры.

1. Для уменьшения потерь от «малых дыханий» нефтепродукты необходимо хранить при максимальном заполнении резервуара, так как в этом случае достигается наименьший объем газового пространства.

2. Для сокращения потерь от «больших дыханий» необходимо максимально сократить внутрискладские перекачки нефтепродуктов из резервуара в резервуар.

3. Чем меньше промежуток времени между выкачкой и закачкой нефтепродукта в резервуар, тем меньше величина потерь от «больших дыханий». Это объясняется тем, что при выкачке нефтепродукта через дыхательный клапан в резервуар будет поступать наружный воздух и в малом интервале времени он не успеет насытиться парами нефтепродукта, следовательно, при закачке нефтепродукта в атмосферу будет уходить паровоздушная смесь малой концентрации.

4. Заполнять резервуары в летнее время следует по возможности в прохладное время суток (ночью или ранним утром), когда давление в газовом пространстве минимальное, а сливать днем при максимальном давлении в газовом пространстве. Если необходимо полностью опорожнить резервуар, топливо нужно перекачивать с максимальной скоростью, чтобы концентрация паров, оставшихся в резервуаре, была наименьшей.

Скорость заполнения резервуаров нефтепродуктом всегда должна быть максимально возможной.

5. Потери от «малых дыханий» прямо пропорциональны площади испарения, поэтому легкоиспаряющиеся нефтепродукты выгоднее хранить в резервуарах большого объёма.

6. Сливать нефтепродукты следует «под уровень» закрытой струей, чтобы уменьшить их вспенивание, перемешивание с воздухом и исключить электростатические разряды. При этом сливной наконечник должен опускаться до дна заполняемого резервуара.

7. Большое значение имеет техническое состояние резервуара и дыхательной аппаратуры. Дыхательный клапан, установленный на резервуаре, может быть источником потерь вследствие нарушения герметичности прилегания крышки и корпуса клапана, затвора клапана, соединения седла с корпусом. Регулярная проверка герметичности резервуара и исправности клапанов может предотвратить потери от вентиляции газового пространства резервуара.

Потери от газового сифона и выдувания возникают из-за негерметичности резервуаров, когда в них возникает циркуляция воздуха и паров бензина вследствие отсутствия прокладок, неплотного прилегания крышки замерного люка и т.п.

Если в резервуаре имеются неплотности сечением 1 см^2, то за один летний день из резервуара объёмом 50 м^3 теряется до 60 л бензина, за год более 3000 кг.

Любая разгерметизация резервуара должна по возможности проводиться рано утром при минимальной температуре нефтепродукта и отсутствии ветра.

9. Правильная организация системы учёта, предусматривающая применение современных средств контроля высокой точности, является обязательной составляющей борьбы с потерями нефтепродуктов.

4.2. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ЗАПРАВКЕ

Существующая технология доставки светлых нефтепродуктов сельхозпроизводителям, в основном, предусматривает использование автомобильных и прицепных цистерн, принадлежащих самим сельхозпроизводителям. Приём светлых нефтепродуктов на нефтескладе должен осуществляться только закрытым способом. Присоединение сливного рукава к резервуару с помощью шаровой быстроразъёмной муфты предотвращает вытекание остатков нефтепродукта из сливного рукава после его разъединения по окончании слива.

Размеры возможных потерь приведены в табл. 4.3.

4.3. Потери нефтепродуктов при транспортировке в автомобильных цистернах и сливах

Выполняемые операции	Причина потерь	Количество потерянного нефтепродукта	
		на одно техническое средство за один рейс, кг	% от перевозимого количества
Заполнение выше уровня	разбрызгивание	10...12	0,4...05
Заполнение ниже уровня	испарение	3...10	0,1...0,4
Неполное закрытие горловины	испарение	15...40	0,6...1,7
Неплотности во фланцевых и сальниковых соединениях	утечка	2...10	0,1...0,4
Налив нефтепродуктов открытой струей	испарение и разбрызгивание	8...12	0,2...0,3
Остаток в автомобильной цистерне	неполный слив	до 50	1,0...1,5
Остаток в рукавах	неполный слив	5...8	0,2...0,4
Неисправности средств перекачки	утечка	2...10	0,1...0,4

При заправке техники потери топлива происходят в основном из-за отсутствия специализированного заправочного оборудования или несоблюдения правил пользования им. При немеханизированной заправке теряется топлива в 12...20 раз больше, чем при механизированной [1].

4.3. Повышение качества топлив

Процессы испарения, окисления и осадкообразования тесно связаны между собой и могут привести к изменению фракционного, химического и фазового состава топлив. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению качества топлив в процессе хранения. Если отклонения показателей топлива от нормированных не очень велики, то качество топлив можно восстановить. Основными способами улучшения качества топлив являются:

- смешение их со свежими, имеющими запас качества;
- фильтрование;
- отстаивание;
- центрифугирование, сепарация.

Смешение топлив для повышения их качества. Смешением бензинов можно улучшить такие показатели, как фракционный состав, октановое число, содержание смол и кислотность. Смешением дизельных топлив можно снизить кислотность и т.д.

Утяжеление фракционного состава вследствие испарения легких фракций бензина при хранении сопровождается повышением температуры перегонки 10 % бензина. Для улучшения фракционного состава бензина по 10 %-ной точке его смешивают с бензином, имеющим запас качества по этому показателю.

Восстановление качества нефтепродуктов смешением широко применяют на нефтебазах, где исправляют нестандартные нефтепродукты добавлением к ним нефтепродуктов, имеющих запас качества. Например, во время последовательной перекачки нефтепродуктов происходит вынужденное смешение. В этом случае приходится решать две основные задачи: какое максимальное количество одного нефтепродукта можно подмешать к другому без потери его кондиции и какой нефтепродукт и в каком количестве нужно добавить к образовавшейся нестандартной смеси, чтобы исправить её качество.

При решении этих задач необходимо учитывать следующие обстоятельства.

1. Хотя предельные значения физико-химических показателей качества устанавливаются техническими условиями или стандартами по каждой марке нефтепродукта, но это ещё не означает, что любой нефтепродукт, качество которого формально соответствует стандарту, можно использовать по прямому назначению.

Дело в том, что предельные значения показателей устанавливают на основании эксплуатационных моторных испытаний промышленных образцов нефтепродуктов, изготовленных из строго определённых компонентов по установленной технологии. Иногда нефтепродукт, полностью удовлетворяющий требованиям стандарта, но полученный из других компонентов по другой технологии, не выдерживает моторных испытаний. Поэтому для исправления нестандартных нефтепродуктов желательно добавлять однородные нефтепродукты (лучше всего той же марки), имеющие запас качества.

2. Каждый конкретный образец нефтепродукта имеет определенные физико-химические свойства, которые меняются не только в зависимости от марки, но и от сырья, технологии и партии изготовления, срока хранения и других параметров. Нефтепродукт может иметь большой или малый запас качества или вовсе не иметь его и находиться на пределе кондиции.

Поэтому при смешении нефтепродуктов разных марок, например, автомобильного бензина и дизельного топлива, не может быть заранее установленного постоянного соотношения, при котором сохраняется кондиция одного из смешиваемых нефтепродуктов. Это соотношение будет меняться в зависимости от запаса качества конкретно взятых образцов. Поэтому зависимости физико-химических свойств нефтепродуктов от концентрации их примесей в процессе смешения находят экспериментально на базе данных химанализа смешиваемых образцов.

3. Так как запас качества одного нефтепродукта по разным показателям различен, то контроль за смешением необходимо вести по тому показателю, который имеет наименьший запас качества.

4. Каждый физико-химический показатель изменяется при смешении нефтепродуктов по строго определённым закономерностям. При этом всегда следует иметь в виду, что эти закономерности справедливы в том случае, когда какое-либо свойство обоих компонентов определено по одной и той же методике в одинаковых условиях.

Например, если к автомобильному бензину будет добавлено небольшое количество керосина и требуется проверить, будет ли полученная смесь соответствовать бензину по содержанию фактических смол, то перед смешением нужно определить фактические смолы в керосине при температуре, установленной стандартом для бензинов.

5. Исправленные нефтепродукты должны обладать высокой физической и химической стабильностью или иметь необходимый запас качества.

6. Рассчитывать ожидаемые физико-химические показатели смеси бензинов по приведенным ниже формулам следует с учётом зависимости от их потерь легких фракций в процессе самого смешения (достигающих иногда 0,5…1 %), характер которой для каждого показателя различен. Он зависит от фракционного и химического состава бензинов. Заранее предсказать его для большинства показателей затруднительно.

7. Состав смесей, найденный расчётным путем по приведённым ниже формулам, является ориентировочным. Прежде чем приступить к смешению в реальных эксплуатационных условиях, он должен быть экспериментально проведен в лаборатории.

После окончания смешения проводят отбор проб и полный химанализ смеси согласно действующим техническим условиям или стандартам.

Многие физико-химические свойства нефтепродуктов при смешении подчиняются закону прямой пропорциональности, т.е. являются аддитивными. К ним относятся: плотность, коэффициент преломления света, содержание общей и меркаптановой серы, ароматических углеводородов, механических примесей и воды, цетановое число, зольность, коксуемость, кислотность, теплота сгорания, йодное число и др.

Физико-химические показатели смеси $X_{см}$ двух нефтепродуктов А и Б рассчитывают согласно формуле:

$$X_{СМ} = (C_А X_А + C_Б X_Б) / (C_А + C_Б) = (C_А X_А + C_Б X_Б) / 100,$$

где $X_А$, $X_{см}$, $X_Б$ – значения показателей физико-химического состава, соответственно нефтепродукта А, смеси и нефтепродукта Б; $C_А$, $C_Б$ – средние концентрации нефтепродуктов соответственно А и Б в смеси.

Если нужно подсчитать максимально возможное количество добавляемого нефтепродукта, например $C_А$, то применяют следующие формулы:

$$C_А = (100X_{см} - C_Б X_Б) / X_А,$$
$$C_А = (X_{см} - X_Б) / 100\ (X_А - X_{см}),$$

где $C_А$ – процент компонента А по отношению к компоненту Б.

Отстаивание и фильтрация топлив для восстановления их качества. Огромный резерв сбережения материальных ресурсов сельских товаропроизводителей – продление срока службы автотракторной техники. Статистика показывает, что более половины всех неисправностей, возникающих в двигателях внутреннего сгорания, приходится на систему питания. Основная причина этого – высокая обводненность и загрязненность топлива.

Как известно, в топливоподающей аппаратуре дизелей имеются прецизионные детали (зазор в плунжерной паре топливного насоса 1,5…2,0 мкм), и это предопределяет очень высокие требования к чистоте дизельного топлива. Механических примесей и воды в дизельном топливе быть не должно. Однако моторные топлива (бензин и дизельное топливо), как правило, содержат механические и коллоидные примеси, а также включения воды. Это вызывает целый ряд отрицательных последствий:

– износ двигателя (системы питания, карбюратора, топливного насоса, инжектора, клапанов, цилиндропоршневой группы);

– отказы двигателя из-за забивания карбюратора, инжектора, форсунок, а также из-за замерзания водяных пробок в холодное время года;

– неполное сгорание топлива и как следствие – повышенную токсичность выхлопных газов.

Ресурс двигателей внутреннего сгорания в первую очередь определяется износом пар трения. При этом износ деталей, вызываемых абразивными загрязнениями, равен в среднем 60…80 % общего износа деталей при эксплуатации автотракторной техники в разных климатических зонах.

Исследованиями установлено, что использование дизельного топлива с содержанием механических примесей приводит к местному износу плунжерных пар до 30...35 мкм, гильз до 15...17 мкм, нагнетательного клапана до 25...30 мкм, а изменение зазора в распылителях и плунжерных парах оказывает существенное влияние на показатели работы двигателя.

Кроме этого выявлено, что загрязненность дизельного топлива способствует образованию нагара на поршнях дизеля, что в свою очередь вызывает повышенный расход топлива.

В целом применение некондиционных топлив снижает мощность двигателя на 10...15 %, увеличивает расход топлива на 15...20 %, а также приводит к резкому росту (примерно на 50 %) выбросов вредных веществ в отработанных газах. При этом затраты на ремонт и техническое обслуживание возрастают на 40...60 %.

Наличие механических примесей в топливе требованиями ГОСТ и ТУ не допускается. Но в процессе хранения, транспортировки и заправки в топливо попадают пыль, песок, частички ржавчины. Твёрдые частички механических примесей увеличивают износ деталей двигателя, несмотря на наличие системы фильтрации и могут вызвать нарушения подачи топлива.

Твёрдые механические примеси при хранении образуются в результате протекания взаимозависимых процессов коррозии и окисления. В дизельных топливах могут присутствовать шламы (органический нерастворимый осадок в смеси с ржавчиной и грязью). Состав шламов дизельных топлив в процентах по весу – 50…55 % вода, до 40 % – топливо, 8…12 % ржавчина и грязь, 2…5 % органический нерастворимый осадок.

Чтобы снизить загрязнённость и обводнённость топлива, его очищают путём длительного отстаивания в хранилищах, а также фильтруют на раздаточных колонках и непосредственно в системах подачи топлива автомобилей, тракторов и других машин. В системах питания ДВС предусмотрена многоступенчатая очистка: предварительная – в топливном баке, грубая – в фильтрах грубой очистки и окончательная – в фильтрах тонкой очистки.

В Центральном научно-исследовательском институте топливной аппаратуры разработана усовершенствованная система хранения и раздачи топлива на нефтескладах, в которой резервуары для дизельного топлива устанавливают наклонно, под

углом 2°30'; слив топлива может быть произведён только в приёмный резервуар, а подача – только из раздаточного резервуара; наличие в приёмном и раздаточном резервуарах плавающих топливоприемников и соединение топливораздаточной колонки только с раздаточным резервуаром обеспечивают двойное отстаивание топлива; превышение нижнего уровня установки приёмного резервуара по отношению к нижнему уровню раздаточного обеспечивает минимальные остатки топлива в системе. Построенные по этой схеме топливохранилища (рис. 4.1) подтвердили её эффективность.

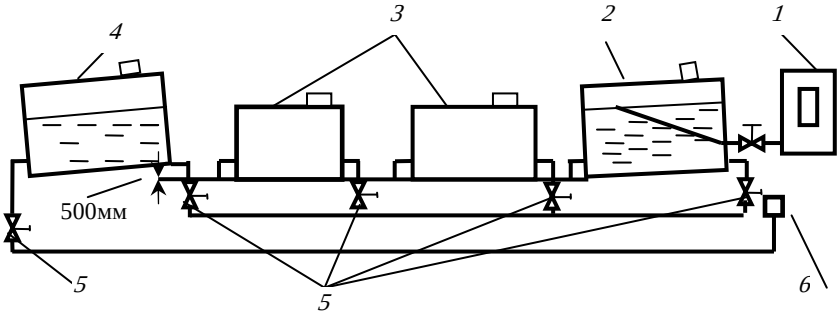


Рис. 4.1. Схема усовершенствованной системы хранения и раздачи дизельного топлива:
1 – приём топлива из цистерны; *2* – приёмный резервуар; *3* – отстойные резервуары; *4* – раздаточный резервуар; *5* – сливные краны; *6* – раздаточный узел

Очистка топлива в баке системы питания ДВС осуществляется уже в момент его заправки – при помощи сетчатого фильтра заливной горловины, размер ячеек которого составляет около 0,5 мм. Для защиты внутренней полости от пыли при его «дыхании» в крышках заливных горловин помещают различные фильтрующие набивки. Целям очистки могут служить, кроме того, разделительные перегородки в баках с зоной отстоя со сливным краником. Отстаивается топливо также в специальных фильтрах-отстойниках и частично в корпусах фильтров грубой и тонкой очистки.

Конструкция топливного бака для обеспечения предварительной очистки в нём топлива от воды и механических примесей должна включать:

– отстойник-водосборник в днище бака;

– средства обеспечения свободного водостока в отстойник (уклоны днища, направляющие желоба и пластины);

– разделительные перегородки, снижающие интенсивность перемешивания топлива в баке. Перегородки могут быть сплошными, разделяющими полость бака на изолированные секции, сообщающиеся между собой через отстойник-сепаратор, или не сплошными с отверстиями.

Размещение отверстий в перегородке и их площадь должны обеспечивать равномерное заполнение отсеков бака топливом при заправке и не препятствовать свободному водостоку к отстойнику. В каждой перегородке выполняется одно нижнее (донное) отверстие, образованное днищем бака и нижним торцом перегородки, и одно верхнее (дренажное). Основные конструктивные параметры баков со специальными зонами для отстоя топлива приведены в ОСТ 23.1.83–88.

Для очистки нефтепродуктов можно применять очистители, отделяющие частицы либо за счёт силового поля (центробежные, магнитные, электростатические), либо за счёт механического задерживания загрязняющих частиц (пористые, щелевые, проволочные), либо комбинированные (гидродинамические).

Выбор очистителя и схемы очистки определяется областью применения, исходной загрязнённостью очищаемой жидкости и допустимой загрязнённостью очищенной жидкости, природой загрязняющих частиц, распределением их по крупности, родом очищаемой жидкости, её вязкостью и, наконец, прогнозируемыми последствиями некачественной очистки.

Различают три принципиальных схемы очистки жидкостей при эксплуатации:

- последовательная, когда через очиститель проходит вся жидкость, поступающая затем из очистителя непосредственно в защищаемый узел или агрегат (полнопоточная очистка);
- параллельная, когда очищается часть жидкости, а остальная часть поступает, минуя очиститель (неполнопоточная очистка);
- очистка жидкости вне системы – автономная.

Оптимальные эксплуатационные характеристики систем очистки можно получить, если расположить очиститель автономно, подавать жидкость в него насосом постоянной подачи. Наиболее целесообразно иметь отдельную систему очистки с независимым приводом. Преимуществом такого решения является: возможность очистки жидкости до требуемого уровня до включения очищаемых агрегатов, очистка при попадании в резервуар загрязненной жидкости при заправке, дозаправке и смене жидкости; возможность замены фильтроэлементов без нарушения целостности очищаемых агрегатов, без их остановки; возможность установки очистителя в любом месте, удобном для технического обслуживания.

В соответствии с ГОСТ 14066–68 установлен следующий ряд значений номинальной тонкости фильтрации, мкм: 5; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200 и 250. Очистка дизельного топлива с помощью фильтров позволяет полностью исключить загрязняющие частицы (механические примеси) размером до 10…15 мкм. Топливные фильтры грубой очистки предназначены для удаления загрязнений с гранулометрическим составом до 80…100 мкм, а тонкой очистки – загрязнений размером 1…20 мкм.

Центрифугирование – процесс разделения неоднородных смесей на составные части под действием центробежной силы (например, отделение топлива от воды, масла от воды, топлива от масла и т.д.)

Сепарация – процесс отделения твердых частиц от жидкости (например, очистка от механических примесей). С помощью центрифуг нельзя удалить растворимые смолы и продукты окисления, поэтому для очистки нефтепродуктов целесообразно применять совместно сепараторы и фильтры.

Таким образом, технологии восстановления свойств светлых нефтепродуктов основаны на трёх взаимосвязанных процессах. Первый – глубокая механическая очистка топлива. Второй – комплексная физико-химическая обработка. И третий этап – это улучшение свойств топлива путём введения многофункциональной присадки.

5. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. СОСТАВ И ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАСЕЛ

Моторные и трансмиссионные масла, гидравлические жидкости в технических средствах сельского хозяйства занимают доминирующее положение среди смазочных материалов по используемым объёмам и экономическим затратам. Поэтому организация контроля качества смазочных материалов в сельском хозяйстве в большем объёме должна быть направлена на анализ работоспособности этих продуктов. Рассмотрим, какие основные моторные, трансмиссионные и гидравлические масла используются в настоящее время в сельскохозяйственной технике и ожидаются в ближайшем будущем и какие их свойства необходимо в первую очередь контролировать при эксплуатации техники.

В сельскохозяйственных технических средствах превалируют дизельные двигатели внутреннего сгорания, в то же время бензиновые двигатели, установленные на автотранспортных средствах, находящихся в меньшем количестве, требуют к себе большего внимания вследствие их круглогодичной эксплуатации. Тенденция в разработке новых моторных масел – обеспечить универсальность их применения – пока не решила проблему снижения номенклатуры выпускаемых промышленностью и используемых в технике моторных масел. В перспективе, когда основной парк моторов перейдет на высокофорсированные двигатели, возможно значительное снижение марочного состава используемых при эксплуатации техники масел. Однако экономические аспекты эксплуатации техники определяют и другую тенденцию – разработку нефтеперерабатывающими предприятиями конкурирующих моторных масел, изготовленных из более дешевых базовых масел и присадок, но обеспечивающих необходимый предельный уровень качества эксплуатации техники. В этой связи возрастает роль средств и способов контроля качества используемых нефтепродуктов на всех этапах их эксплуатации: при приобретении, хранении, использовании по назначению, утилизации.

Отечественные моторные масла, применяемые в сельскохозяйственной технике, выпускаются по государственным стандартам и техническим условиям (ТУ) предприятий. Причём доля нефтепродуктов, выпускаемых по ТУ, значительно возросла. Это связано с тем, что многие производители не могут получить сертификат на гостированное масло вследствие метрологической необеспеченности отдельных стандартов на методы испытаний масел. Существующая система стандартизации допускает возможность использования в установленном порядке зарубежных методов испытаний нефтепродуктов. Внедрение в практику оценки качества нефтепродуктов международно-признанных методов испытаний поможет преодолеть барьер взаимного недоверия к сертификатам на отечественную продукцию. Но одновременно с этим у производителей возникает желание выпускать продукцию по техническим условиям вместо государственных стандартов, поскольку предусмотренные в ТУ зарубежные методы испытаний нефтепродуктов практически все метрологически обеспечены.

Отечественная промышленность способна полностью обеспечить запросы сельского хозяйства в смазочных материалах. Наличие в отдельных хозяйствах импортной сельскохозяйственной техники в рыночных условиях не приводит к дефициту смазочных материалов, необходимых для её эксплуатации, так как российский рынок открыт и для зарубежных смазочных материалов. В то же время номенклатура российской продукции значительно расширилась за счёт стремления каждого производителя продать на рынке именно свой товар, хотя он принципиально не отличается от аналогичного товара других производителей.

В настоящее время большая часть масел поступает в расфасованном виде, и владелец техники по упаковке может определить марку масла. При приобретении масел в больших количествах выдаются паспорт качества и накладные на реализованный товар, где указывается марка масла. При необходимости его марку можно определить по нескольким показателям, используя экспресс-анализ или стандартные методы определения физико-химических характеристик масел. Обязательными в этом случае являются анализы по определению значений кинематической вязкости при 100 °С, зольности и щелочного числа.

Масла характеризуют по многим показателям, одни из которых нормируются, другие являются справочными.

Вязкость – одна из важнейших характеристик масел, поэтому её усреднённые значения взяты за основу классификации масел и приводятся на торговой этикетке. Она во многом обеспечивает требуемые пределы трения в механизмах, эффективность охлаждения и уплотнения отдельных узлов, влияет на экстремальные условия эксплуатации механизмов (облегчая или затрудняя запуск). Вязкостные свойства оцениваются такими показателями, как **динамическая вязкость, кинематическая вязкость и индекс вязкости.** Вязкость есть физическое свойство жидкости, характеризующее её сопротивляемость скольжению или сдвигу. Практически вязкость определяют опытным путем с помощью вискозиметров: динамическую вязкость на ротационных вискозиметрах, а кинематическую – на вискозиметрах истечения. В зависимости от условий работы масел их вязкость нормируют при разной температуре. Так, кинематическая вязкость для моторных и трансмиссионных масел нормируется при 100 °С, а гидравлических – при 50 °С в мм /с^2. Динамическая вязкость определяется для отрицательных температур, нормируется в Па·с. Вязкость нефтепродуктов с увеличением температуры снижается, для разных продуктов снижение идет с различной интенсивностью. Это свойство оценивает индекс вязкости – безразмерная относительная величина. Этот индекс может быть рассчитан по формулам или определен по таблицам после измерения кинематической вязкости при 40 и 100°С. Индекс вязкости минеральных масел без вязкостных присадок составляет 85…100. Синтетические базовые компоненты имеют индекс вязкости 120…150, что даёт возможность получать на их основе всесезонные масла с широким темпе-

ратурным диапазоном работоспособности. От вязкости и вязкостно-температурной характеристики зависят противоизносные свойства масел [2].

Следующими нормируемыми показателями свойств масел являются **температура застывания и температура вспышки.** Температура застывания относится к низкотемпературным характеристикам и показывает условия, при которых масло теряет подвижность. В большинстве случаев застывание масел определяется образованием в объёме охлаждаемого масла кристаллов парафиновых углеводородов. Требуемая нормативной документацией температура застывания достигается депарафинизацией базовых компонентов или введением в состав депрессорных присадок (полиметакрилаты, алкилнафталины и др.).

Температура вспышки, определяемая в открытом или закрытом тиглях, является качественной оценкой масла на наличие в нём фракций дистиллятных топлив (легких углеводородов) и в некоторых случаях – лёгких продуктов термического и термоокислительного разложения масла.

Щелочное и кислотное числа характеризуют кислотно-основные свойства масел. Щелочное число определяет запас нейтрализующих свойств, кислотное – является показателем степени окисления масла. В целом щелочное число характеризует комплекс свойств масла: моюще-диспергирующие, антиокислительные, противоизносные и антикоррозионные. Поэтому высокое щелочное число – «полезная характеристика», в нормативной документации она измеряется количеством КОН в мг, эквивалентным количеству соляной кислоты, израсходованной на нейтрализацию всех основных (щелочных) соединений, содержащихся в 1 г масла, причём этот показатель должен быть не менее установленного.

Кислотное число измеряется в количестве мг КОН, необходимых для нейтрализации кислот, содержащихся в 1 г масла. Этот показатель не всегда может быть использован для оценки степени окисления масел, так как он ещё определяется и кислотностью некоторых присадок: дитиофосфатных, оксилсалицилатных и др. Поэтому для моторных масел он не нормируется.

В стандартах на некоторые масла нормируют эксплуатационный показатель – **коррозионность**. Его оценивают по потере массы металлических пластин (чаще из свинца) в граммах на квадратный метр при смывании их маслом, нагретым до заданной температуры в течение определенного времени (зависит от используемого метода).

Моющие свойства моторных масел определяют на модельной установке ПЗВ. Оценка проводится в баллах по чистоте поршня одноцилиндрового двигателя установки. Чистый поршень – 0 баллов, если вся боковая поверхность поршня покрыта черными лаковыми отложени- ями – 6 баллов. Масла без присадок дают на установке ПЗВ 3,5–4 балла. В современных форсированных бензиновых и дизельных двигателях удовлетворительно работают масла, у которых балл моющих свойств по ПЗВ не превышает 0,5 – 1.

Стойкость к окислению масел в стандартах и технических условиях характеризуется (косвенно) **индукционным периодом осадкообразования** (ИПО) в часах в приборе ДИ-3 и **термоокислительной стабильностью** (в мин) по методу Папок при 250 °С.

Смазывающую способность масел оценивают испытаниями на различных машинах трения. В зависимости от их конструктивных особенностей, используемых методик испытаний оценочными показателями могут быть: значения коэффициента трения, диаметр пятна износа, нагрузка, при которой разрушаются граничные пленки масла и др. При испытаниях на четырёхшариковой машине трения (ЧШМ) показателями являются:

- индекс задира (Н), вычисленный по результатам измерения износа шариков от начальной нагрузки до нагрузки сваривания;
- нагрузка сваривания (Н) – это наименьшая нагрузка, при которой произошла автоматическая остановка машины трения при сваривании шариков или достижении установленного момента трения;
- показатель износа при нагрузке 392 Н (в миллиметрах диаметра пятен износа шариков) за 1 ч работы машины.

Непосредственную связь смазывающих свойств, определяемых на ЧШМ, с фактическими противоизносными свойствами масел установить можно не всегда. Необходимо проводить и агрегатные испытания масел (в двигателях, трансмиссии и др.).

По **массовой доле активных элементов**: кальция, бария, цинка, фосфора можно оценивать наличие различного рода присадок в свежем масле.

Наличие **механических примесей** в маслах не допускается. Однако абразив (пыль) накапливается в маслах при транспортировании, перекачивании, хранении. По стандарту массовая доля механических примесей должна быть не выше 0,015 %.

Вода в маслах может присутствовать как в растворённом виде, так и в виде компонента механической смеси. Содержание воды в растворенном состоянии очень незначительно и составляет обычно тысячные доли процента. Присутствие воды в масле вызывает осадкообразование присадок, усиливает коррозию масла, приводит к его вспениванию и снижению смазывающих свойств. Поэтому массовая доля воды в масле не должна превышать 0,03 % (следы), а в некоторых маслах по ГОСТ совсем не допускается ее присутствие.

Другой нормированный показатель – **степень чистоты,** измеряемый в миллиграммах осадков, образуемых на мембранных фильтрах из 100 г масла, характеризует дисперсный состав компонентов в маслах.

Зольность характеризует содержание в маслах различных минеральных солей и неорганических механических примесей. В свежих маслах содержание минеральных солей и механических примесей незначительно. Добавка к маслам моющих присадок увеличивает зольность. Для оценки содержания металлоорганических присадок используется показатель – **зольность сульфатная** (в %).

Интенсивность окраски масла зависит от присутствия в нем темных смолистых веществ и от дисперсности системы. По цвету лишь приближенно можно судить о степени очистки масла. Заключение о цвете масла делают сравнивая испытуемое масло с рядом эталонных светофильтров. Оценка проводится условным показателем – **единица цвета ЦНТ.** В ГОСТ этот показатель нормируется «не более» единиц цвета ЦНТ. Если цвет масла более 8 ед. ЦНТ, то его записывают «Цвет более 8,0 ед. ЦНТ» или разбавляют масло растворителем. Определенный в этом случае цвет записывают с учетом разбавления, например, «Цвет 7,0 ед. ЦНТ, разбавление 15:85».

Уровень эксплуатационных свойств моторных масел определяют на основании результатов моторных испытаний в одноцилиндровых установках или полноразмерных двигателях. При испытаниях оценивают моющие свойства, склонность к

образованию низкотемпературных отложений, антиокислительные и антикоррозионные свойства по отношению и эталонным маслам и т.д.

5.2. АССОРТИМЕНТ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ. МОТОРНЫЕ МАСЛА

Современное сельское хозяйство использует практически весь комплекс смазочных материалов, разработанных для эксплуатации техники: моторные, трансмиссионные, гидравлические, энергетические и индустриальные масла, пластичные смазки и консервационные смазочные материалы. Наибольший объём занимают моторные масла. Это масла, предназначенные для смазывания двигателей внутреннего сгорания (ДВС). ДВС – один из самых сложных объектов смазывания. Многообразие конструкций и условий эксплуатации двигателей не позволяет пока разработать единое моторное масло. Товарный ассортимент моторных масел содержит десятки марок. Они подразделяются на масла для бензиновых двигателей, дизелей и универсальные моторные, способные работать в определённых типах дизелей и бензиновых двигателей. По температурным условиям работы моторные масла подразделяются на летние, зимние и всесезонные.

Моторное масло обязательно содержит присадки, количество которых может составлять от нескольких процентов до 25…30 % готового масла. Присадки – это компоненты, придающие базовой основе масла необходимые новые свойства. В производстве моторных масел используют базовые масла трёх типов: *минеральные* (нефтяные), *синтетические* и *частично синтетические*. Производство базовых основ и товарных масел в России размещено на 12 крупных заводах [3]. Ими вырабатывается порядка 3 млн. т масел в год. Импорт масел составляет 80…90 тыс. т в год.

Выбор базового масла при производстве товарного масла зависит не только от требуемых функциональных показателей, но и определяется экономическими факторами производства и потребления. Для сельского хозяйства России наиболее массовыми пока остаются моторные масла, основой которых являются нефтяные масла. По химическому составу они представляют собой смесь углеводородов (изопарафиновых, нафтенопарафиновых, нафтеноароматических, ароматических), содержащих в составе молекул 20…60 атомов углерода с различной цикличностью. Состав и структура входящих углеводородов определяются как природой перерабатываемого сырья, так и технологией его переработки. По способу производства базовые масла делят на *дистиллятные* (вырабатываются из вакуумных дистиллятов), *остаточные* (вырабатываются из остатков перегонки нефти – гудронов) и *компаундированные* (смесь дистиллятных и остаточных). Различают масла очищенные и неочищенные. Наиболее распространены масла селективной очистки (экстракцией растворителем).

Для моторных масел, предназначенных для эксплуатации в экстремальных условиях, в качестве основы используют более дорогие синтетические базовые масла. Они разделяются на углеводородные (полиальфолефины и алкилбензолы) и неуглеводородные (эфиры двухосновных кислот, сложные эфиры многоатомных спиртов). Моторные масла на синтетической основе почти по всем эксплуатационным свойствам превосходят минеральные масла, поэтому находят применение во всех областях, где применяют нефтяные масла. Их использование сдерживается высокой стоимостью и худшей совместимостью с эластомерами (материалами прокладок, шлангов и т.п.).

Классификация моторных масел. Согласно ГОСТ 17479.1–85 моторные масла подразделяются на классы по вязкости и группы по назначению и уровням эксплуатационных свойств. Стандартом предусмотрено обозначение моторных масел, сообщающее потребителю основную информацию об их свойствах и области применения. Стандартная марка включает в себя следующие знаки: букву М (моторное), цифру или дробь, указывающую класс или классы вязкости (последнее для всесезонных масел), одну или две из первых шести букв русского алфавита, обозначающих уровень эксплуатационных свойств и область применения данного масла. Универсальные масла обозначают буквой без индекса или двумя разными буквами с разными индексами. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 – дизельным маслам. Используют и дополнительные индексы: рк – рабоче-консервационные масла, з – масла с загущающей присадкой.

Примеры маркировки: **М-10$Г_2$(к)** – моторное масло класса вязкости 10 (при 100 °С), предназначенное для высокофорсированных дизелей без наддува или с умеренным наддувом. Дополнительный индекс (к) уточняет область применения (автомобиль КамАЗ). **М-6_3/10В** – моторное масло всесезонное, содержит загущающую присадку, универсальное для среднефорсированных дизелей и бензиновых двигателей (группы В). Классы вязкости: 6 при –18 °С (вязкость не более 10 400 мм^2/с) и 10 при при 100^{0}С (вязкость в пределах 9,3…11,5 мм^2/с).

Классы вязкости моторных масел, установленные ГОСТ 17479.1–85, представлены в табл. 5.1, а группы по назначению и эксплуатационным свойствам – в табл. 5.2.

В более ранней нормативной документации и в многочисленных инструкциях по эксплуатации техники дополнительные характеристики условий применения и особенностей свойств масел вводятся в стандартные обозначения без скобок (М-10$Г_2$к, М-10ДМ и т.п.). Кроме моторных масел, выпускаемых по ГОСТ, некоторые предприятия производят их по техническим условиям или иным нормативным документам. Их торговая марка может использовать обозначения как отечественной, так и зарубежной классификации, вводя свои фирменные отличительные знаки. В настоящее время российский потребитель имеет возможность приобретать масла как отечественного производства, так и импортные. Поэтому возникает необходимость оценивать взаимозаменяемость смазочных продуктов.

Общепринятой в международном масштабе стала классификация *по вязкости* SAE J300. SAE – это аббревиатура Общества автомобильных инженеров США. Вязкость масла по этой системе выражается в условных единицах – степенях вязкости SAE. Численные значения степеней являются условными символами комплекса вязкостных свойств (табл. 5.3).

5.1. Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость (мм^2/с) при температуре	
	100 °С	–18 °С (не более)
3_3	$\geq 3{,}8$	1250
4_3	$\geq 4{,}1$	2600
5_3	$\geq 5{,}6$	6000
6_3	$\geq 5{,}6$	10400

6	Св. 5,6 до 7,0 (вкл.)	–
8	—//— 7,0 до 9,3 —//—	–
10	—//— 9,3 до 11,5 —//—	–
12	—//— 11,5 до 12,5 —//—	–
14	—//— 12,5 до 14,5 —//—	–
16	—//— 14,5 до 16,3 —//—	–
20	—//— 16,3 до 21,9 —//—	–
24	—//— 21,9 до 26,1 —//—	–
3_3/8	—//— 7,0 до 9,3 —//—	1250
4_3/6	5,6 до 7,0	2600
4_3/8	7,0 до 9,3	2600
4_3/10	9,3 до 11,5	2600
5_3/10	9,5 до 11,5	6000
5_3/12	11,5 до 12,5	6000
5_3/14	12,5 до 14,5	6000
6_3/10	9,3 до 11,5	10400
6_3/14	12,5 до 14,5	10400
6_3/16	14,5 до 16,3	10400

SAE устанавливает стандартные ряды вязкости:

- зимний ряд: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;
- летний ряд: SAE 20, 30, 40, 50, 60.

Зимние масла характеризуются двумя значениями максимальной низкотемпературной вязкости и нижним пределом кинематической вязкости при 100 °С. Чем меньше цифра перед буквой «W» (Winter – зима), тем меньше вязкость масла при низких температурах и легче пуск холодного двигателя.

Летний ряд масел характеризуется пределами кинематической вязкости при 100 °С, а также минимальной динамической вязкостью при 150 °С и градиенте скорости сдвига 10^6 $с^{-1}$.

Всесезонные масла имеют сдвоенное обозначение, например, SAE 10W-40. Чем больше последнее число, тем больше вязкость при высокой температуре и надёжнее смазывание двигателя в жаркий период.

5.2. Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Неформированные бензиновые двигатели и дизели
Б	$Б_1$	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	$Б_2$	Малофорсированные дизели
В	$В_1$	Среднеформированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	$В_2$	Среднеформированные двигатели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	$Г_1$	Высокоформированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	$Г_2$	Высокоформированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	$Д_1$	Высокоформированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы $Г_1$
	$Д_2$	Высокоформированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противокоррозионными свойствами, малой сложности и способствующие образованию всех видов отложений
Е	$Е_1$	Высокоформированные бензиновые двигатели и

	$Е_2$	дизели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжелых, чем для масел групп $Д_1$ и $Д_2$. Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

5.3. Степени вязкости SAE для моторных масел (SAE J300 DEC-99)

Класс (степень вязкости)	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачивание[1]	Прокачиваемость[2]	Вязкость[3] при 100 °С, мм²/с		Вязкость[4] при 150 °С и скорости сдвига 10^6 $с^{-1}$, мПа· с, min
	Максимальная вязкость, мПа· с		min	max	
OW	6200 при –35 °С	60000 при –40 °С	3,8		
5W	6600 при –30 °С	60000 при –35 °С	3,8		
10W	7000 при –25 °С	60000 при –30 °С	4,1		
15W	7000 при –20 °С	60000 при –25 °С	5,6		
20W	9500 при –15 °С	60000 при –20 °С	5,6		
25W	13000 при –10 °С	60000 при –15 °С	9,3		
20			5,6	<9,3	2,6
30			9,3	<12,5	2,9
40			12,5	<16,3	2,9[5]
40			12,5	<16,3	3,7[6]
50			16,3	<21,9	3,7
60			21,9	<26,1	3,7

Примечания:
[1] При запуске холодного двигателя вязкость измеряется на вискозиметре CCS.
[2] В отсутствии напряжения сдвига измеряется на вискозиметре MRV.
[3] Измеряется на капиллярном вискозиметре.
[4] Измеряется на коническом имитаторе подшипника.
[5] Для классов SAE OW-40, 5W-40 и 10W-40.
[6] Для классов SAE 40, 15W-40, 20W-40 и 25W-40.

Серия всесезонных масел: SAE 0W-20, 0W-30, 0W-40, 0W-50, 0W-60, 5W-20, 5W-30, 5W-40, 5W-50, 5W-60, 10W-30, 10W-40, 10W-50, 10W-60, 15W-30, 15W-40, 15W-50, 15W-60, 20W-30, 20W-40, 20W-50, 20W-60.

Наиболее известная международная классификация моторных масел по *уровню эксплуатационных свойств* и области применения – классификация Американского института нефти – API.

API подразделяет моторные масла на две категории: «S» (Service) – масла для бензиновых двигателей и «C» (Commercial) – масла для дизелей. Универсальные масла, применяемые в бензиновых двигателях и дизелях, обозначают классами обеих категорий. В каждой категории буквами латинского алфавита указываются уровни эксплуатационных свойств, например, SF, SH, CC, CD или SF/CC, CG/CD, CF-4/SH для универсальных масел. Чем дальше вторая буква от начала алфавита, тем выше качество масла. По мере обновления парка техники с двигателями внутреннего сгорания устаревшие классы масел отменялись за ненадобностью. Современная классификация API содержит два класса масел категории «S» – SJ и SL, остальные отменены. Отменена часть классов и для дизельных двигателей, остались классы CF, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4, CI-4.

Ориентировочное соответствие классов вязкости и групп по назначению и эксплуатационным свойствам отечественных и зарубежных масел дано в табл. 5.4 [2].

5.4. Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТ 17479.1 – 85 и классификациям SAE и API

Класс вязкости		Группа масла	
по ГОСТ 17479.1–85	по SAE	по ГОСТ 17479.1–85	по API
3_3	5W	А	SB
4_3	10W	Б	SC/CA
5_3	15W	Б1	SC
6_3	20W	Б2	CA
6	20	В	SD/CB
8	20	В1	SD
10	30	В2	CB
12	30	Г	SE/CC
14	40	Г1	SE
16	40	Г2	CC
20	50	Д1	SF
24	60	Д2	CD
3_3/8	5W-20	Е1	SG
4_3/6	10W-20	Е2	CF-4
4_3/8	10W-20	–	SH

4_3/10	10W-30	–	SJ
5_3/10	15W-30	–	SL
5_3/12	15W-30	–	CG-4
5_3/14	15W-40	–	CH-4
6_3/10	20W-30		CI-4
6_3/14	20W-40		
6_3/16	20W-40		

Моторные масла, относящиеся к одному и тому же классу по уровню эксплуатационных свойств и области применения, но производимые разными заводами, фирмами могут существенно различаться по составу базовых масел, типам используемых присадок и иметь специфические свойства. Удовлетворяя предъявляемые требования к своему классу, они могут иметь запас качества. Поэтому при выборе аналога по области применения и уровню эксплуатационных свойств необходимо принимать во внимание все специальные требования к моторному маслу со стороны изготовителя техники, рекомендации которого могут быть связаны с материалами системы смазки, используемыми топливами и др.

Классификацию моторных масел для европейских двигателей разработал Комитет изготовителей автомобилей общего рынка CCMC (в настоящее время заменен на ACEA). Как и в API, данная классификация разработана отдельно для бензиновых и дизельных двигателей, и её отдельные классы масел по свойствам сопоставимы с американской и российской классификациями.

Трансмиссионные масла

Трансмиссионные масла предназначены для применения в узлах трения агрегатов трансмиссий различной подвижной техники, а также в редукторах промышленного и сельскохозяйственного оборудования. Они представляют собой базовые масла, легированные различными функциональными присадками. В качестве базовых компонентов используют минеральные и синтетические масла.

Трансмиссионные масла работают в режимах высоких скоростей скольжения, давлений и широком диапазоне температур – от –60° до +150 °С. К ним предъявляются специфические требования по предохранению поверхностей трения от износа, заедания, снижению потерь энергии на трение, уменьшению шума и ударных нагрузок. Для обеспечения надежной и длительной работы агрегатов трансмиссий смазочные масла должны иметь комплекс свойств, отличных от свойств моторных масел. Разнообразие техники привело к выпуску различных трансмиссионных масел, что вызывает необходимость разработки и классификации этого вида масел.

Классификация трансмиссионных масел. Отечественная классификация подразделяет трансмиссионные масла на классы по вязкости и группы по эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.2–85). В зависимости от уровня вязкости при 100°С трансмиссионные масла разделяют на четыре класса (табл. 5.5).

5.5. Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм^2/с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, °С, не выше
9	6,00…10,99	–35
12	11,0…13,99	–26
18	14,00…24,99	–18
34	25,00…41,00	–

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения трансмиссионные масла разделены на 5 групп (табл. 5.6).

По ГОСТ 17479.2–85 масла маркируют по уровню напряженности работы трансмиссии и классу вязкости. Например, ТМ-5-18 – это трансмиссионное масло (ТМ) 5-й группы по эксплуатационным свойствам и класса вязкости 18. До введения данного ГОСТ маркировка масел в нормативно-технической документации была другой (табл. 5.7).

Трансмиссионные масла для устаревших видов техники (без присадок) производят в ограниченных количествах. На некоторых нефтеперерабатывающих заводах продолжают выпуск вязкого остатка от прямой перегонки нефти нафтенового основания. Продукт реализуют под старым торговым названием нигрол (зимней и летней эксплуатации). Сократились и объемы производства ранее широко используемых масел ТАп – 15В, ТЭп – 15 и др. В то же время на нефтяном рынке страны появились различные зарубежные трансмиссионные масла.

5.6. Группы трансмиссионных масел

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжени-

		ях 900…1600 МПа и температуре масла (в объёме) до 90 °С
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 1200 МПа и температуре масла (в объёме) до 130 °С

Продолжение табл. 5.6

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла (в объёме) до 150 °С
4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла (в объёме) до 150 °С
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях более 3000 МПа и температуре масла (в объёме) до 150 °С

Аналогично моторным маслам распространение получили две международные системы классификации трансмиссионных масел: SAE – по вязкости и API – по эксплуатационным свойствам. Согласно классификации SAE автотракторные трансмиссионные масла делятся по вязкости на 6 классов (75W, 80W, 85W, 90, 140, 250), индекс W обозначает зимний период эксплуатации. Если в обозначении указаны 2 класса вязкости через дефис, то это означает, что масло является всесезонным. По классификации API масла разделяют по типу и степени нагруженности зубчатых передач на 7 групп (GL-1, GL-2, GL-3, GL-4, GL-5, GL-6, MT-1) [2].

Приблизительное соответствие отечественных и зарубежных масел можно оценить по табл. 5.8.

5.7. Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ17479.2–85 и принятых в другой нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ 17479.2–85	Другие обозначения масла
ТМ – 1 – 18	ТС – 14,5, АК – 15
ТМ – 2 – 9	ТСп – 10 ЭФО
ТМ – 2 – 18	ТЭп – 15
ТМ – 2 – 34	ТС
ТМ – 3 – 9	ТСэп – 8, ТСп – 10
ТМ – 3 – 18	ТСП – 15К, ТАП – 15В
ТМ – 4 – 9	$ТС_3$ – 9гип
ТМ – 4 – 18	ТСп – 14гип,
ТМ – 4 – 34	ТСгип
ТМ – 5 – 12_3 (рк)	ТМ 5 – 12 рк
ТМ – 5 – 18	ТАД – 17и

5.8. Соответствие классов вязкости и групп трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2–85 классификациям SAE1306 С и API

Класс вязкости		Группа	
ГОСТ 17479.2–85	SAE I 306 C	ГОСТ 17479.2–85	по API
9	75W	ТМ – 1	GL – 1

12	80W/85W	TM – 2	GL – 2
18	90	TM – 3	GL – 3
34	140	TM – 4	GL – 4
		TM – 5	GL – 5

Многие российские нефтеперерабатывающие предприятия, помимо масел по ГОСТ или общеотраслевым техническим условиям, выпускают трансмиссионные масла под своей торговой маркой по собственным техническим условиям. Для этого они в установленном порядке оформляют допуск к производству и применению. Товарная продукция, кроме товарной марки, обозначается с учётом ГОСТ, SAE и API.

Гидравлические масла и специальные жидкости

Объём выпускаемых в России гидравлических масел соизмерим с трансмиссионными [3]. В сельскохозяйственной технике используется много узлов и агрегатов с гидравлическим приводом. Основная функция рабочих жидкостей для гидравлических систем – передача механической энергии от её источника к месту использования с изменением значения или направления приложенной силы. Для работы в современных гидравлических системах рабочие жидкости (гидравлические масла) должны обладать определёнными характеристиками, обеспечивающими оптимальный уровень вязкости, отличаться термической и химической стабильностью, защищать детали гидропривода от коррозии, быть совместимыми с материалами гидросистем и др. Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых масел, получаемых из нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. Физико-химические и эксплуатационные свойства гидравлических масел улучшают введением в них функциональных присадок – антиокислительных, антикоррозионных, противозадирных, противопенных и др.

Принятая в мире классификация минеральных гидравлических масел основана на их вязкости и наличии присадок, обеспечивающих необходимый уровень эксплуатационных свойств. В соответствии с ГОСТ 17479.3–85 обозначение отечественных гидравлических масел состоит из групп знаков, первая из которых обозначается буквами «МГ» (минеральное гидравлическое), вторая – цифрами и характеризует класс кинематической вязкости, третья – буквами и указывает на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

Гидравлические масла по вязкости при 40 °С делятся на 10 классов, а в зависимости от эксплуатационных свойств и состава их делят на группы А, Б и В. Гидравлические масла в рамках международной стандартизации классифицированы стандартами ИСО 3448 также по вязкости и эксплуатационным свойствам.

Группа А (группа HH по ISO) – нефтяные масла без присадок, применяемые в малонагруженных гидросистемах с шестеренными или поршневыми насосами, работающими при давлении до 150 МПа и максимальной температуре масла (в объёме) до 80 °С.

Группа Б (группа HL по ISO) – масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками. Предназначены для средненапряженных гидросистем с различными насосами, работающими при давлении до 25 МПа и температуре масла (в объёме) свыше 80 °С.

Группа В (группа HM по ISO) – хорошо очищенные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками. Предназначены для гидросистем, работающих при давлении свыше 25 МПа и температуре масла (в объёме) свыше 90 °С.

В масла всех указанных групп могут быть введены загущающие и антипенные присадки. Загущенные вязкостными полимерными присадками гидравлические масла соответствуют группе HV по ISO.

По вязкостным свойствам гидравлические масла условно делятся на следующие: маловязкие – классы вязкости с 5 по 15; средневязкие – классы вязкости 22 и 32; вязкие – классы вязкости с 46 по 150.

В табл. 5.9 приведены обозначения товарных гидравлических масел.

5.9. Обозначения товарных гидравлических масел

Обозначение масла по ГОСТ 17479.3–85	Товарная марка
МГ – 5 – Б	МГЕ – 4А, ЛЗ – МГ – 2
МГ – 7 – Б	МГ – 7Б, РМ
МГ – 10 – Б	МГ – 10Б, РМЦ
МГ – 15 – Б	АМГ – 10
МГ – 15 – В	МГЕ – 10А, ВМГЗ
МГ – 22 – А	АУ
МГ – 22 – Б	АУП
МГ – 32 – А	«ЭЖ»
МГ – 32 – В	«А», МГТ
МГ – 46 – В	МГЕ – 46В
МГ – 68 – В	МГ – 8А (М-8А)
МГ – 100 – Б	ГЖД – 14с

В сельскохозяйственной технике в больших объёмах применяются гидравлические масла АУ (веретенное), МГЕ – 10А (ВМГЗ) и МГ – 8А. Ранее масло такого состава выпускалось под маркой моторного масла М – 8А для бензиновых двигателей.

В таблице 5.10 представлены основные смазочные материалы, используемые при эксплуатации тракторов, комбайнов, самоходных машин и автомобилей.

Особой группой гидравлических масел являются **тормозные** и **амортизаторные жидкости**. Современные тормозные жидкости представляют собой смеси различных эфиров с низкомолекулярными полимерами с добавлениями антикоррозионных и антиокислительных присадок.

Тормозная жидкость «Нева» применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей автомобилей (выпуска до 1985 г.). Срок службы не более одного года.

Тормозная жидкость «Томь» разработана взамен жидкости «Нева». Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева» и совместима с ней в любых соотношениях. Применяется во всех гидроприводах тормозов и сцеплений, за исключением автомобилей ВАЗ.

5.10. Смазочные материалы, используемые при эксплуатации тракторов, комбайнов, самоходных машин и автомобилей

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
Тракторы колесные						
Т-25, Т-30 и модификации	М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		И-20А, И-3ОА, М-10В$_2$, М-8В$_2$, М-8А	
Т-40, Т-40А и модификации	М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$ М-4$_3$/8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-8В$_2$, М-8В$_1$, М-8А, М-10В$_2$	
ЮМЗ-6 и модификации	М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-10Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15 при Т < – 30 °С, ТСп-10		М-10В$_2$	М-8В$_2$, М-8А
МТЗ-80, МТЗ-82	М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	М-10В$_2$		М-10В$_2$	М-8В$_2$, М-8А
МТЗ-100, МТЗ-102	М-10Г$_2$	М-8Г$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-10В$_2$	М-8А, М-8В$_2$
					МГ-8А	
Т-150К и модификации	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$	М-8Г$_2$к М-8Г$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$
			ТАп-15В, ТЭп-15		МГ-8А	
«Кировец» К-700А, К-701 и модификации	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$	М – 8Г$_2$к М-8Г$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$
			ТАп-15В, ТЭп-15		МГ-8А, МГЕ-46В	
ЛТЗ-155	М-10 ДМ М-10Г$_2$	М-8ДМ М-8Г$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$

Продолжение табл. 5.10

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
Тракторы гусеничные						
Т-70С	М-10Г$_2$ М-10В$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-10В$_2$	М-8В$_2$ М-8А
					МГ-8А	
ДТ-75М, Т-4А и модификации	М-10В$_2$ М-10Г$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15 При T < – 30°С ТСп-10		М-10В$_2$	М-8В$_2$ М-8А
					МГ-8А	
Т-150	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$	М-8Г$_2$к М-8Г$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$	М-10В$_2$	М-8В$_2$
			ТАп-15В, ТЭп-15		МГ-8А	
Т-130 М и модификации Т-180	М-10В$_2$ М-10Г$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-10В$_2$	М-8В$_2$
Т-175 С «Волгарь»	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$ М-10 ДМ	М-8Г$_2$к М-8Г$_2$ М-8ДМ	АУ, И-12, ТАп-15В, ТЭп-15 при T < – 20°С ТСп-10		МГЕ-46В, М-8В$_2$ М-8А	
Т-330, Т-500	М-10Г$_2$к М-10 ДМ	М-8ДМ	МГТ, масло «А», ТАп-15В, ТСп-10		МГТ, масло «А», М-8В$_2$, М-10В$_2$	
Трелевочные ЛХТ-100, ТЛТ-100, ТДТ-55А	М-10В$_2$ М-10Г$_2$	М-8Г$_2$ М-8В$_2$	ТАп-15 при T < – 30 °С ТСп-10		М-10В$_2$	М-8В$_2$

Продолжение табл. 5.10

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
Комбайны и самоходные сельскохозяйственные машины						
Зерноуборочные: СК-5 «Нива», СК-6 «Колос» и модификации, «Сибиряк» и модификации	М-10$Г_2$к М-10$Г_2$	М-8$Г_2$	ТАп-15В, ТЭп-15		М-10$В_2$, М-8$В_2$	
«Енисей -1200Р»	М-10$Г_2$к М-10$Г_2$	М-8$Г_2$	ТАп-15В, ТЭп-15 ПриТ<-18°С М-8$В_2$, М-8А		М-10$В_2$ М-8$В_2$	
СК-10 «Ротор», «Дон- 1200», «Дон -1500»	М-10$Г_2$к М-10$Г_2$	М-8$Г_2$	Гидростатическая трансмиссия: МГЕ-46В, масло «А»		М-10$В_2$,М-8$В_2$	
Свеклоуборочные: КС-6	М-10$Г_2$ М-10$В_2$ М-12Ву	М-8$Г_2$ М-8$В_2$	Тап-15В, ТЭп-15-ЭФО		М-10$В_2$, М-12Ву, М – 8А	
КС-6Б	М-10$Г_2$к М-10$Г_2$	М-8$Г_2$к М-8$Г_2$	ТАп-15В, ТЭп-15 Для гидропривода: МГЕ-46В или масло «А»		М-10$В_2$, М – 8$В_2$, М-8В, М-8А	
Кормоуборочный КСК-100	М-10$Г_2$	М-8$Г_2$	Тап-15В ТСп-15К		М-10$В_2$	М-8$В_2$
Для уборки винограда КВУ-1 «Дон»	М-10$Г_2$, М-8$В_2$		М-10$В_2$, М-8$В_2$		М-10$В_2$, М-8$В_2$	

Продолжение табл. 5.10

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
Косилка-плющилка КПС-5Б	М-10$В_2$	М-8$В_2$	Гидростатическая трансмиссия: МГЕ-46В, масло «А»		М-10$В_2$	М-8$В_2$
Свеклопогрузчик-очиститель СПС-4,2А и модификации	М-10$Г_2$, М-10$В_2$		ТАп-15В, ТЭп-15		М-10$В_2$, М-8$В_2$	
Для уборки клещевины ККС-6, ККС-8	М-10$Г_2$к, М-10$Г_2$		ТАп-15В, ТЭп-15		М-10$В_2$, М-8$В_2$, М-8А	
Томатоуборочные КТУС-200, СКТ-2	М-10$Г_2$ М-10$В_2$		ТАп-15В, ТЭп-15 Гидравлическая трансмиссия: масло «А», МГЕ-46В		М-8А, М-8$В_2$ Редуктор насосной станции: И-3ОА,И-20А	
Автомобили						
УАЗ-452Д, -469	М-8$В_1$, М-6_3/10В (всесезонно) При Т < – 5°С М – 8$Г_2$к		ТАп-15В При T < – 30 °С ТСп-10		–	–
ГАЗ-52, -53, -66 и модификации	М-8$В_1$,М-6_3/10В (всесезонно) При Т < – 30°С М-4_3/6$В_1$		ТАп-15В (до –25 °С) ТСп-15К (до –30 °С) ТСп-10 (до –45 °С) ТСп-14гип (всесезонно)		Для рулевого механизма АУ	

Продолжение табл. 5.10

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
ЗИЛ-130, -131 и модификации	М-8В$_1$,М-6$_3$/10В при T < – 30 °С М-4$_3$/8В,		Тап-15В, ТСп-15К ТСп-14гип при T < –30 °С ТСп-10		–	–
Урал-375	М-8В$_1$,М-6$_3$/10В при T < – 30 °С М-4$_3$/6В$_1$		Тап-15В (до –25 °С) ТСп-15К (до –30 °С) при T < –30 °С – ТСп-10		Для рулевого механизма АУ	
ЗИЛ- 133 (ГЯ, ВЯ) и модификации	М-10Г$_2$к, М-8Г$_2$к, М-6$_3$/10В (всесезонно)		ТАп-15В, ТСп-15К ТСп-14гип (всесезонно)		Для рулевого механизма М-8В$_1$ АУ	
КамАЗ с колесными формулами 6×4 и 6×6 всех модификаций для умеренного климата	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$ (до + 5°С)	М-8Г$_2$к М-8Г$_2$ (> + 5°С)	ТСп-15К, (до –30 °С) ТСп-15К с 10…15 % дизельного топлива А (до –45 °С)		И-20А	И-12А
	М-6$_3$/10В					
Урал-4320, Урал-4420	М-10Г$_2$к М-10Г$_2$	М-8Г$_2$к М-8Г$_2$	ТСп-15К (до –30 °С) При T < –30°С ТСп-10		Для рулевого механизма – АУ	
	М-6$_3$/10В					

Продолжение табл. 5.10

Марка машины	Масла					
	моторные		трансмиссионные		для гидросистем	
	летом	зимой	летом	зимой	летом	зимой
МАЗ-5325, -5551, -5337, -5433, -5434	М-10В$_2$	М-8В$_2$	ТСп-15К (до –30 °С) ТАп-15В (до –30 °С) ТСп-10 (до –45 °С)		АУ, МГ-30, И-20А, И-ЗОА, И-12А	
	М-6$_3$/10В					
КрАЗ-255, -256, -257, -258	М-10В$_2$	М-8В$_2$	ТСп-15К (до –25 °С) ТАп-15В (до –25 °С) при T < –25 °С ТСп-10		Для рулевого механизма – АУ	
	М-6$_3$/10В					
ГАЗ-24, -24-10, -3102 и модификации	–	М-5$_3$/10Г	ТАД-17И, ТАП-15В, ТСгип		–	–
	М-6$_3$/12Г					
ВАЗ всех модификаций, «Москвич» (АЗЛК)	–	М-5$_3$/10Г	ТАД-17И		–	–
	М-6$_3$/12Г					
«Москвич» (ПО «Ижмаш»)	–	М-5з/10Г$_1$	ТАД-17И, ТАП -15В, ТСгип		–	–
	М-6$_3$/12Г					

Тормозная жидкость БСК – смесь равных частей касторового масла и бутанола. За счёт органического красителя окрашена в оранжево-красный цвет. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений старых моделей автомобилей, за исключением автомобилей ВАЗ.

Для автомобилей, эксплуатируемых в зимнее время в районах Крайнего Севера, практикуется разбавление жидкостей «Нева» и «Томь» 20 % (массовая доля) этилового спирта. Такая смесь работоспособна до – 60 °С [2].

Синтетическая тормозная жидкость Спектрол Турбостоп полностью совместима с эластомерами и металлами, применяемыми в тормозных системах отечественных автомобилей. Допустимо смешивание с синтетическими тормозными жидкостями, соответствующими спецификациям ДОТ-4,3 (типов «Нева», «Роса», «Томь»). Применяется для систем торможения и муфт сцепления грузовых и легковых автомобилей.

Амортизаторные жидкости представляют собой маловязкую нефтяную основу, содержащую, как правило, вязкостную, депрессорную, антиокислительную, противоизносную, диспергирующую и антипенную присадки. Выпускают несколько марок амортизаторных жидкостей: АЖ-12Т, ГРЖ-12 и МГП-12 (под торговой маркой «Славол-Ж»).

Пластичные смазки

Основное назначение смазок – уменьшение износа поверхностей трения для продления срока службы деталей машин и механизмов. Смазки препятствуют проникновению к поверхностям трения агрессивных жидкостей, газов и паров, а также

абразивных частиц (пыли, грязи и др.). Почти все смазки выполняют защитные функции, предотвращая коррозию металлических поверхностей.

Смазки существенно сокращают энергетические затраты на трение, что позволяет снизить потери мощности машин и механизмов.

Для консервации применяют 14 % производимых смазок, для герметизации – 2 %, остальные используются в качестве антифрикционных смазочных материалов для уменьшения трения и износа деталей.

В простейшем случае смазки состоят из жидкой основы и твёрдого загустителя, где, как правило, присутствуют функциональные добавки. В качестве жидкой (дисперсионной) среды смазок в основном (примерно 95 %) применяют нефтяные масла. Ассортимент применяемых нефтяных масел довольно широк – индустриальные, моторные, цилиндровые, отработанные и регенерированные. В последние годы отмечается значительное увеличение использования синтетических дисперсионных сред, базовых основ синтетических масел. Содержание твёрдого загустителя (дисперсной фазы) в пластичных смазках достигает 30 %, и он определяет наряду со специальными добавками основные эксплуатационные характеристики смазки.

В настоящее время в качестве дисперсионной фазы смазок в большинстве случаев используются мыла – литиевые, натриевые, кальциевые, алюминиевые, бариевые и другие соли высокомолекулярных жирных кислот. Отдельные виды смазок получают путём загущения нефтяных масел твердыми углеводородами (парафинами, петролатумами и др.). Из смазок на неорганических загустителях наибольшее распространение в России получили силикагелевые. Производятся также смазки на основе бентонитов (специальных глин). К смазкам на органических загустителях относятся сажевые, уреатные, пигментные, полимерные.

Одним из эффективных путей улучшения качества смазок является введение в них присадок и наполнителей. Обычно применяются те же присадки, что и в производстве масел: антиокислительные, противозадирные, противоизносные и ингибиторы коррозии. Наполнители – это высокодисперсные, не растворимые в маслах вещества, не образующие в смазках коллоидной системы, но улучшающие их эксплуатационные свойства. Наиболее часто применяют наполнители с низким коэффициентом трения: графит, тальк, слюду, полимеры, оксиды и комплексные соединения металлов, металлические порошки и пудры. Введение наполнителей в смазки преследует разнообразные цели: улучшение смазочной и защитной способности, герметизирующих и электрических свойств и др.

Классификация смазок. Смазки классифицируют по консистенции, составу и областям применения:

- по консистенции – полужидкие, пластичные и твердые;
- по составу – мыльные, неорганические, органические и углеводородные;
- по области применения – антифрикционные, консервационные, уплотнительные, канатные.

В странах СНГ производятся смазки более 200 наименований, часть из них используется в сельскохозяйственной технике: солидол С, литол 24, графитная, 1-13, ЦИАТИМ-221, ЦИАТИМ-203, 2101, ВНИИНП, пушечная (ПВК), ВТВ-1 и др. До введения ГОСТ 23258-78 наименование смазок устанавливали произвольно. В результате одни смазки получали словесное название (солидол, консталин и др.), Другие – номер или цифровой индекс (№ 8, 1-13 и др.), третьи – обозначение учреждения, где они разработаны (ЦИАТИМ, ВНИИНП и др.) и т.д.

ГОСТ 23258–78, пересмотренный в 1983 г., упорядочивает присвоение наименований смазок и вводит их обозначения.

Антифрикционные смазки делятся на подгруппы, обозначаемые индексами: С – общего назначения для обычной температуры (до 70 °С) – солидолы; О – для повышенной температуры (до 110 °С); М – многоцелевые, работоспособные от –30 °С до 130 °С в условиях повышенной влажности; Ж – термостойкие (150 °С и выше); Н – морозостойкие (ниже –40 °С); И – противозадирные и противоизносные (подшипники качения при контактных напряжениях выше 2 500 МПа, скольжения – выше 150 МПа; П – приборные; Д – приработочные; Х – химически стойкие.

Кроме назначения и области применения в классификационном обозначении смазок указывают тип загустителя, рекомендуемый температурный диапазон применения, дисперсионную среду и консистенцию (густоту). Загуститель обозначают первыми двумя буквами названия металла, входящего в состав мыла: Ка – кальциевое, На – натриевое, Ли – литиевое, Ли-Ка – смешанное литиево-кальциевое.

Рекомендуемый температурный диапазон применения указывается дробью: в числителе и знаменателе соответственно минимальная (без знака минус) и максимальная температуры применения, уменьшенные в 10 раз.

Тип основы масла и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами: У – синтетические углеводороды; К – кремний-органические жидкости; Г – добавка графита; Д – дисульфида молибдена.

Пример обозначения литиевой смазки Литол-24:

М Ли 4/13-3 – многоцелевая, антифрикционная, работоспособна в условиях повышенной влажности (М), загущена литиевыми мылами (Ли), работоспособна в условиях от –40 до 130 °С (4/13). Отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле, условная густота 3.

5.3. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УЗЛАХ И АГРЕГАТАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Работающее масло непрерывно изменяется под воздействием высокой температуры, окисляющей среды, внешних загрязнений, катализаторов (продуктов износа металлических поверхностей) и других факторов. Совокупность процессов, сопровождающихся изменением состава и свойств работающего масла в неблагоприятном направлении, называют старением масла [4].

В процессе старения состав масла усложняется из-за накопления в нём загрязнений, поступающих извне, а также продуктов окисления термического или термохимического разложения углеводородов и присадок. Эти продукты вступают в физические и химические взаимодействия между собой и с загрязнениями, поступающими извне. Не представляется возможным детально изучить и проследить всё многообразие и многостадийные превращения всех составных частей исходного масла. Поэтому обычно всю совокупность процессов старения дизельных масел, работающих в смазочных системах дизелей, условно делят на несколько основных интегрально оцениваемых процессов. К ним относятся [5]:

- окисление;

- испарение;
- термическое или термоокислительное разложение углеводородов, составляющих основу масла;
- загрязнение продуктами сгорания топлива и масла, пылью, продуктами износа;
- расход присадок или истощение их действия вследствие нейтрализации неорганических кислот, термического разложения, уноса из работающего масла в отложения на масляных фильтрах, химических реакций взаимодействия с продуктами окисления масла и топлива и т.п.;
- обводнение масла в результате конденсации воды и газов, прорывающихся в картер, или нарушения герметичности системы охлаждения;
- разжижение масла топливом из-за неисправностей топливного насоса высокого давления, форсунок, нарушения герметичности системы подвода топлива или длительной работы на режиме холостого хода.

Окисление углеводородов основы масла – это многостадийный цепной процесс. Современные дизельные масла, получаемые на основе глубоко очищенных базовых компонентов и содержащие эффективные антиокислительные присадки, характеризуются достаточно высокой стойкостью к окислению. Но полностью исключить окисление масел в дизелях не представляется возможным.

Конечными продуктами в цепи реакций становятся нерастворимые в масле высокомолекулярные соединения, образующиеся в результате полимеризации и конденсации промежуточных продуктов окисления, а также структурных изменений углеводородов. Одновременно в работающем масле всегда присутствуют продукты, образующиеся на промежуточных стадиях окисления, а также продукты частичного окисления топлива, склонные к взаимодействию между собой с образованием растворимых, частично растворимых при достаточно высокой температуре и не растворимых в масле высокомолекулярных веществ.

В результате окисления существенно изменяются физико-хими ческие свойства масла. Его вязкость и коррозионная активность увеличиваются, часть щелочных присадок расходуется на нейтрализацию образовавшихся кислот, антиокислительные присадки расходуются на разложение гидроперекисей и перевод радикалов в стабильное состояние [6].

Обычно до тех пор, пока в работающем масле сохраняется неразложившаяся антиокислительная присадка, скорость окисления углеводородов масла остаётся сравнительно небольшой. Когда же действие антиокислителя прекращается, процесс окисления масла ускоряется во много раз.

Поскольку во многих дизельных маслах роль антиокислительной и антикоррозионной присадок играет одна и та же многофункциональная присадка, например, дитиофосфат цинка или бария, интенсивность окисления и накопления коррозионно-активных продуктов в масле возрастает одновременно с увеличением скорости коррозии антифрикционных сплавов на основе меди и свинца из-за истощения действия присадки, выполняющей обе функции.

Помимо окисления на состав и свойства масла, в частности, на рост его вязкости, влияют испарение, термоокислительное и термическое разложение углеводородов.

Испарение наиболее легких фракций базового масла даже при работе двигателей на режимах высоких нагрузок и температур охлаждающей жидкости и масла влияет на рост вязкости работающего масла во много раз меньше, чем накопление в нём нерастворимых продуктов окисления. Влияние на рост вязкости растворимых продуктов высокотемпературного окисления также довольно мало.

Термоокислительное разложение углеводородов интенсивно протекает при доступе воздуха и высокой температуре в зоне верхнего компрессионного кольца и на стенке цилиндра вблизи верхней мертвой точки. Распад молекул приводит к образованию летучих веществ, сгорающих в камере сгорания или уносимых с отработавшими газами, а также более тяжелых веществ, имеющих ненасыщенные связи и обладающие высокой реакционной способностью. Они вместе с маслом возвращаются в картер и вовлекаются в цепь окислительных реакций [6].

Термическое разложение масла без доступа воздуха или при сильно ограниченном его поступлении имеет место в закрытых полостях масляного охлаждения поршней. Этот процесс существенно влияет на старение масла при соприкосновении его с очень сильно нагретыми металлическими поверхностями (днищем поршня изнутри) и недостаточно быстром отводе его из горячей зоны. Желательно ограничение температуры охлаждаемых маслом поверхностей до 220…250 °С и обеспечение такой прокачки масла, при которой оно не нагревается выше 110…120 °С.

Помимо накапливающихся в масле продуктов его окисления и взаимодействия их с присадками важными источниками загрязнения работающего в дизеле масла являются **продукты неполного сгорания** органической части топлива, **неорганические остатки** (зола) после сгорания топлива и масла, содержащаяся в воздухе **пыль** и **продукты износа** трущихся деталей.

При любом способе организации процессов смесеобразования и сгорания в дизелях имеет место образование некоторого количества твёрдых продуктов неполного сгорания топлива в виде частичек сажи размером 0,03…0,05 мкм, склонных к агрегации и образованию более крупных частиц размером до 1 мкм. Количество сажистых частиц, попадающих из рабочего объёма цилиндра в масляную пленку на его стенках и далее в картерное масло, зависит от способов смесеобразования, размеров цилиндра и режима работы дизеля, а также от качества применяемого топлива. В дизелях с разделённой камерой сгорания и малым диаметром цилиндра скорость загрязнения масла сажей больше, чем в дизелях с неразделённой камерой сгорания. Работа на режимах, близких к пределу дымления, а также на переменных скоростных и в нагрузочных режимах способствует усилению загрязнения масла сажей.

В суммарном нерастворимом осадке, выделяемом из работавших дизельных масел центрифугированием на лабораторных центрифугах (ГОСТ 20684–75), неорганические продукты сгорания топлива и масла составляют небольшую часть. То же относится к пыли, попадающей в двигатель с засасываемым воздухом и продуктам износа трущихся деталей. В исправных двигателях содержание в масле указанных неорганических загрязнителей составляет от десятых до сотых долей процента, т.е. на один-два порядка меньше содержания неорганических продуктов срабатывания зольных присадок. Однако пыль, продукты износа и зольные остатки от сгорания топлива и масла являются не только абразивными загрязнениями, они каталитически ускоряют окисление масла. По этой причине содержание упомянутых примесей в работающем масле необходимо всемерно снижать соответствующей его фильтрацией. Содержание неорганических примесей металлов, кремния должно

находиться под систематическим контролем для определения пригодности масла к дальнейшей работе, а также для диагностики дизелей.

Расходование присадок при выполнении ими своих функций – важный фактор старения дизельных масел. В процессе срабатывания присадок масло утрачивает те свойства, которые ему приданы этими присадками [10–11].

Влияние истощения действия антиокислительной присадки на скорость старения масла рассмотрено ранее. Снижение эффективности действия детергентов-диспергентов, уменьшение нейтрализующей способности (щелочного числа) до критического значения для данных условий работы сопровождаются многократным ускорением образования отложений на деталях дизелей, элементах масляных фильтров, резким ускорением изнашивания деталей цилиндропоршневой группы и других узлов. Эти негативные явления, сокращающие ресурс и эксплуатационную надёжность дизелей, связаны в первую очередь с накоплением в масле нейтрализуемых сильных кислот, оксикислот – продуктов окисления масла, определяющих лако- и нагарообразование, а также с несоответствием содержания активных детергентов-диспергентов уровню загрязненности масла и коагуляцией нерастворимых загрязнений. Экспериментально доказано, что в дизеле, работающем на масле со сработавшейся нейтрализующей присадкой, износ, нарушение подвижности поршневых колец и нагарообразование на поршнях возрастают пропорционально концентрации в масле сильных кислот и времени работы дизеля на масле, подлежавшем замене.

Срабатываемость щелочных детергентов изучена достаточно хорошо. При работе дизеля на постоянном режиме скорость истощения щелочности масла пропорциональна расходу топлива и содержанию в нём серы. Коэффициент пропорциональности существенно зависит от ряда конструктивных и режимных факторов. Все факторы, способствующие конденсации кислот из продуктов сгорания и контакту конденсата с масляной пленкой на деталях цилиндропоршневой группы, ускоряют срабатываемость щелочных присадок. В наибольшей мере на этом процессе негативно сказывается работа дизелей на малых нагрузках и при низкой температуре охлаждающей жидкости. С повышением температуры пленки масла на стенке цилиндра и в зоне поршневых колец доля щелочных присадок, расходуемых на нейтрализацию кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива, заметно снижается, но возрастает расход щелочных присадок на нейтрализацию кислот, образующихся в результате высокотемпературного окисления масла.

При работе форсированного дизеля на топливе, содержащем менее 0,2 % серы, на нейтрализацию продуктов окисления масла может расходоваться больше щелочности, чем на нейтрализацию серной и сернистой кислот. Зависимости относительной скорости уменьшения щелочности масла от содержания серы в топливе эквивалентны по расходу щелочности масла прочим источникам кислот, нейтрализуемых щелочными детергентами. В высокофорсированных дизелях и газовых двигателях щелочные присадки расходуются на нейтрализацию азотной кислоты с образованием нитратов металлов в довольно большом количестве. Это связано с образованием из воздуха оксидов азота в процессе сгорания топлива и снижением температуры газов в процессе расширения.

Унос активных детергентов, адсорбированных на загрязняющих примесях, в отложения на средствах очистки масла следует рассматривать как один из путей их нормального расходования. Довольно широко распространено ошибочное представление о вредности использования центрифуг для очистки дизельных масел с присадками, основанное на том, что в составе отложений на таких средствах очистки масла содержится много различных веществ, в состав которых входят металлы присадок. В действительности это свидетельствует о чрезвычайно полезной работе центробежных маслоочистителей по удалению из масла продуктов срабатывания присадок и предотвращению накопления этих продуктов в масле. Таким способом очистки уменьшаются рост зольности масла и каталитическое воздействие солей и оксидов металлов присадок на окисление масла. В отложениях на средствах очистки большая часть металлов присадок присутствует в виде оксидов, сульфатов, нитратов и сульфитов, но некоторое количество активных присадок попадает в состав отложений вместе с частицами загрязнений, на которых присадки адсорбировались. Это полезный процесс, так как благодаря ему загрязнения выводятся из масла, а не образуют отложения на деталях или в смазочной системе двигателя. Несмотря на некоторый унос щелочных присадок в отложения, накапливающиеся в центрифуге, щелочность работающего в дизеле масла при наличии центробежной очистки убывает медленнее, так как уменьшаются скорость окисления масла и расход на нейтрализацию продуктов окисления. Последнее связано с уменьшением содержания в работающем масле загрязнений – катализаторов [14].

Обводнение масла при эксплуатации технически исправных дизелей происходит вследствие конденсации паров воды из газов, прорывающихся в картер, или отпотевания стенок баков или циркуляционных цистерн из-за изменений температуры. Содержание воды в работающем масле обычно не превышает 0,03 %. Но даже такое небольшое количество воды неблагоприятно сказывается на скорости старения масла. Снижение содержания воды в масле, достигаемое повышением его температуры в картере от 60 до 85 °С, существенно уменьшает скорость накопления в масле нерастворимых продуктов и окисления масла [12].

До сих пор были рассмотрены процессы старения дизельных масел, не осложнённые неисправностями систем или агрегатов дизелей. Неисправности дизелей очень часто приводят к необдуманной смене масла или существенно уменьшают наработку его между сменами. Наиболее часто на практике встречаются обводнение масла, его разжижение топливом и чрезмерное загрязнение нерастворимыми примесями извне, обусловленное нарушением нормального процесса сгорания или очистки поступающего в двигатель воздуха.

Последствия сильного обводнения масла могут быть очень тяжелыми. Скорость изнашивания деталей цилиндропоршневой группы и коррозии подшипников многократно возрастает, содержащиеся в масле загрязнения коагулируют и образуют на элементах масляных фильтров характерные глянцевые волнистые отложения, прекращающие очистку масла.

Последствия значительного обводнения дизельных масел в большой мере могут быть предотвращены. Так, например, для судовых дизелей, где вероятность обводнения масел очень велика, созданы влагостойкие и малоэмульгирующиеся с водой масла, которые могут быть освобождены от воды сепарацией или отстоем с подогревом без значительной потери активных присадок. В отечественном ассортименте унифицированных судовых дизельных масел к числу влагостойких относятся масла марок $Г_2$ЦС и ДЦЛ (ГОСТ 12337–84).

Значительно опаснее обводнения масла его **загрязнение антифризом**. При протечке в картер смеси воды с этиленгликолем происходит чрезвычайно быстрый рост вязкости масла. Кроме того, в картере, маслопроводах и масляных фильтрах осаждаются студенистые отложения, нарушающие подачу и очистку масла.

Разжижение масла дизельным топливом из-за неисправностей топливной системы серьёзно осложняет старение масла и часто грозит аварией двигателя. Снижение вязкости масла, вызванное попаданием в него топлива, может нарушить гидродинамический режим смазки подшипников коленчатого вала, привести к их перегреву и задиру с большим местным нагревом масла. Такой отказ подшипников в случае разжижения масла топливом довольно часто сопровождается поломкой коленчатого вала или даже взрывом в картере. При содержании 3…4 % дизельного топлива в масле наблюдается повышение скорости изнашивания поршневых колец на 25…30 %.

Все неполадки дизелей, приводящие к повышению дымности отработавших газов, влекут за собой ускорение **загрязнения масла сажей**. Скорость загрязнения обычно пропорциональна содержанию в газах сажистых частиц (дымности выхлопа). Однако, как и в случае обводнения, способность масел противостоять неблагоприятному внешнему воздействию, связанному с неисправностями дизелей, существенно зависит от состава композиций присадок.

Однако даже самые стойкие к старению дизельные масла в конечном счете достигают предельного состояния по одному или одновременно по нескольким показателям, после чего возникает необходимость полной замены масла в картере.

Обобщая закономерность процесса старения дизельных масел, отмечают и его специфичность для каждого конкретного сочетания: тип и конструкция дизеля–условия эксплуатации–марка масла. Нельзя указать какие-либо конкретные численные значения показателей предельного состояния дизельных масел, имеющие универсальное значение.

Для смазывания коробок передач, дифференциалов, механизмов рулевого управления тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей применяют, как правило, трансмиссионные масла. Условия работы этих масел и соответственно процессы их старения несколько отличаются от процессов, происходящих в моторных маслах.

С одной стороны, **трансмиссионные масла** не подвергаются столь мощному термическому разложению как в двигателе, с другой, – в червячных и конических передачах машин тяжелый режим работы приводит к росту температуры в местах контактов зубьев до 300 °С, а в некоторых аварийных ситуациях температура достигает 400…500°С.

При эксплуатации узлов и агрегатов трансмиссии тракторов, особенно на форсированных режимах (с достаточно большим сроком службы узлов) температура масла в объёме может превышать 100 °С. В таких условиях присадки начинают интенсивно разрушаться, процессы окислительной полимеризации ускоряются, резко увеличивается кислотное число масла, наступает период аварийного коррозионно-механического изнашивания.

Высокие цены на трансмиссионные масла, «завуалированный» (некоторое время) износ деталей и т.д. иногда служат основанием для использования в узлах трансмиссии отработанных моторных масел. Если подобного рода действия и могут иметь место, то только после глубокой очистки отработанного масла. Даже очищенное отработанное моторное масло не в полной мере удовлетворяет необходимым требованиям главным образом из-за несоответствующих вязкостно-температурных характеристик, а также из-за высокого содержания в них смолистых веществ, способствующих повышенному износу деталей.

Условия, в которых работают **масла (рабочие жидкости) для гидравлических систем**, как правило, характеризуются большим диапазоном колебания температуры окружающей среды, контактированием с различными металлами (в том числе цветными) и резиной, передачей больших усилий и воздействий высоких удельных нагрузок, запылённостью окружающего воздуха [13].

Для предотвращения интенсивных процессов старения гидравлических масел к ним предъявляются следующие требования: жидкость должна обладать высокими противокоррозионными и противоизносными свойствами, противостоять окислению цветных металлов и их сплавов, не вызывать набухания и разрушения резиновых уплотнений, хорошо прокачиваться, не замерзать при низких и не сильно разжижаться при высоких температурах, не должна окисляться и содержать механических примесей и воды.

В общем комплексе показателей «старения» гидравлических масел особая и важнейшая роль отводится их окислению и загрязнению механическими примесями и водой. Окисление приводит к повышению вязкости масла и накоплению в нём продуктов окисления, которые образуют осадки и лаковые отложения на поверхностях деталей гидрораспределителя, гидроцилиндров и других агрегатов, что затрудняет их работу и приводит к выходу их строя.

Вследствие сравнительно малых зазоров в золотниковых парах распределителей наличие загрязнений в масле может привести к их интенсивному износу и даже полному заклиниванию. Установлено, что износ деталей шестеренных насосов увеличивается в 2–3 раза, если содержание механических примесей в масле увеличивается на 15… 20 % по сравнению с максимально допустимым значением 0,015 %.

Даже незначительное количество воды (0,05…0,1 %), попадающей в гидросистему с маслом при заправке или в процессе эксплуатации, значительно ускоряет интенсивность его окисления и гидролиза. Продукты гидролиза вызывают электрохимическую коррозию металлов. Вода способствует образованию шламов, которые забивают фильтры, нарушая работу гидросистемы.

Попытки необоснованного увеличения сроков смены смазочных масел не могут привести к положительным результатам. Длительную работоспособность можно придать маслу только с помощью присадок и организации мероприятий по периодическому контролю качества работающего масла для замены его по фактическому состоянию [14].

5.4. ДОБАВКИ И ПРИСАДКИ К РАБОТАЮЩИМ МАСЛАМ

В технической литературе и ГОСТ нет строгих определений в использовании терминов «добавка» или «присадка» к смазочному маслу. Обычно органические маслорастворимые продукты называют присадками. Они составляют самую распространенную группу. Твёрдые нерастворимые вещества, как правило, неорганического происхождения называют антифрикционными добавками. Но этим же термином «добавка» называют, например, компоненты, вносимые в масла для улучшения их моющих свойств, которые хорошо растворимы в маслах, а их называют моющие добавки (а не присадки). Полимеросодержащие и некоторые другие композиции, например на основе серпентина, часто именуют модификаторами. Поэтому в настоящем разделе под общим термином «добавка» будет пониматься соединение или комплекс соединений, вносимых в масла на стадии их эксплуатации (в работающее масло).

В настоящее время добавки к работающим маслам используются по следующим вариантам:

– для улучшения характеристик масла, например, моющих свойств, вязкости (зимой уменьшить, летом увеличить), антифрикционных свойств;

– для устранения каких-то недостатков, связанных с состоянием агрегата, например повышенный угар масла, чрезмерное «дымление» или неумеренная шумность при работе;

– для продления ресурса уже отработанного масла или попытки восстановить его свойства;

– как профилактическое средство против износа смазываемых деталей;

– как ремонтно-восстановительное средство изношенных деталей.

В основном современные добавки предназначены для работы с моторными и трансмиссионными маслами. Наиболее изучено (и имеет массовое производство) применение антифрикционных добавок на основе молибдена и его соединений.

В частности дисульфид молибдена MoS_2 имеет уникальную структуру среди слоистых смазочных материалов. Установлено, что высокие смазочные свойства MoS_2 объясняются не только его физическими свойствами, но и химическими реакциями между MoS_2 и металлом подложки. Реакции между MoS_2 и Fe приводят к образованию сульфидов железа при температуре 700 °С (зона трения в цилиндрах двигателей), а при более высоких температурах образуется соединение $MoFeS_3$. Как сульфатация железа, так и образование $MoFeS_3$ способствует повышению износостойкости плёнки. Явление избирательного переноса заключается в том, что такая плёнка образуется только на поверхности пар трения и возможна только при определённом сочетании химического состава смазочных материалов и технологии обработки сопряженных деталей.

Образующаяся молибденсодержащая пленка обладает очень высокими антифрикционными свойствами. На практике применяют два способа получения плёнки: создание искусственных соединений молибдена, которые полностью растворяются в моторном масел (таким образом изготавливают отечественные препараты «Экономин», «Фриктол», «Молиприз») и применение природного соединения дисульфида молибдена (лидером в использовании дисульфида молибдена является компания Дау–Кронинг, продукцией этой компании пользуются ведущие фирмы-производители масел и смазок, наиболее известны ее добавки М–55 и Molykote).

Особое место среди добавок в моторное масло занимают препараты на основе алмазной пыли с размерами частиц, составляющими доли микрона. Такие добавки считаются обкаточными, их применение допускается не более одного раза до капитального ремонта двигателя. В состав таких добавок кроме алмазной пыли входит также графит или синтетический углерод. Принцип действия добавок на основе алмазной пыли состоит в том, что частицы алмазной пыли (0,03…0,08 мкм) не оказывают абразивного действия, а внедряются в микронеровности наиболее напряженных участков поверхностей трения, которые в связи с этим упрочняются, естественный износ замедляется. Немалую роль в этом процессе играют чешуйки графита, содержащиеся в добавке – они служат своего рода противозадирным элементом. Существенным достоинством этих добавок является их химическая нейтральность и высокая температурная стойкость (тысячи градусов). Другие добавки при таких температурах либо сгорают, образуя продукты, способствующие абразивному износу, либо теряют свои свойства, или разлагаются на вещества, отрицательно влияющие на свойства смазочных материалов. Из отечественных препаратов данного типа наиболее известна добавка «Деста».

Наиболее распространёнными добавками для моторных масел являются добавки на основе полимеров, в частности на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Это обусловлено уникальным сочетанием его свойств: высокая пластичность, химическая и термическая стойкости, высокие антифрикционные возможности, особенно при высоких удельных нагрузках. Различают так называемые наполненные и ненаполненные фторопласты. Наполненные фторопласты – это композиционные материалы с наполнителями из различных мягких металлов (свинца, олова, серебра, меди), сплавов (бронзы, латуни), соединений (оксид свинца, дисульфид молибдена). Это металлополимеры. В качестве наполнителей используют и другие вещества, например, графит и керамику. Класс препаратов на основе политетрафторэтилена далеко не однороден. Условия применения добавок к маслу на основе ПТФЭ ограничивается их температурной стабильностью, они сохраняют свои свойства только при температурах от –20 до +200 °С, что недостаточно для современных высоконагруженных двигателей. К возможным отрицательным последствиям применения добавок на основе тефлона следует отнести также возможность закупорки каналов системы смазки отслоившимися пленками. Из известных отечественных препаратов данного типа наиболее распространены: «Форум» (фторорганический углеродистый материал), «Аспект–модификатор» и Форсан. Зарубежные препараты: Engine Treatment Weth Dupont Teflon – добавка на основе тефлона производства американской компании, Protect–100 – также американская, на основе тефлона STP–XEP_2 и другие. Фирмы-про изводители утверждают, что добавки являются высокоэффективным средством для предохранения всех частей двигателя от износа. О недостатках и ограничениях в применении препаратов сведений нет.

В последние годы широко рекламируется применение добавок, принцип действия которых не раскрывается, в частности американских: Duralube и Energy Release. Duralube в переводе с английского – долговременная смазка. Она создана на нефтяной основе, не содержит вредных компонентов – свинца, молибдена и других. В состав Duralube входят поверхностно-активные вещества, содержащие ионы металлов. На поверхности трения металлы восстанавливаются из ионов до свободного состояния. Данное средство предлагают называть кондиционером металлов. Сообщается, что препарат содержит положительно заряженные ионы, которые внедряясь в поверхность металла, создают слой с «уникальными физическими свойствами».

Добавка Energy Release в переводе с английского – освободитель энергии. Препарат представляет собой коллоидный раствор ионов железа, которые в условиях высоких температур и давления взаимодействуют с поверхностным слоем металла, заполняя «вакансии» его кристаллической решетки. В результате уменьшаются микрошероховатности поверхности трения.

Из отечественных аналогов известна добавка ФЕНОМ. По данным разработчиков механизм действия российского ФЕНОМа состоит в следующем. В зоне трения сопряжённых металлических поверхностей за счет высоких температур и давления происходит деструкция смазочного материала с выделением атомарного водорода, что интенсифицирует процесс изнашивания металла. Активные радикалы ФЕНОМ нейтрализуют водород и «утилизируют» продукты деструкции смазочных материалов, превращая их в фазы углерода в алмазоподобном состоянии, а также формируют сервовитный (защитный) слой из атомарно чистого железа. Таким образом, в зоне трения на поверхностном слое металла ФЕНОМ формирует слоистую структуру, состоящую из атомарного чистого железа и фаз углерода в алмазоподобном состоянии. В результате трущиеся поверхности взаимодействуют через мягкий и тонкий сервовитный слой, и сопряжённые детали испытывают только упругие

деформации. Это приводит к снижению интенсивности изнашивания. По заявлениям разработчиков ФЕНОМ может быть использован во всех областях, где присутствуют пары трения, совместим со всеми видами ГСМ, подавляет эффект водородного изнашивания металла в зоне трения, замедляет процесс старения смазочных материалов, не горюч и не токсичен.

В целом, в настоящее время всё разнообразие предлагаемых «рынком» составов, предназначенных непосредственно для изменения триботехнических свойств поверхностей деталей двигателей, других агрегатов и узлов машин можно условно разделить на следующие классы:

Модификаторы трения (тефлон, дисульфид молибдена и др.), содержат в своем составе мелкодисперсные частицы и формируют на поверхности трения деталей защитные пленки, обладающие легким сдвигом в плоскости скольжения, что снижает трение, но практически не защищает от изнашивания трущиеся пары.

Кондиционеры металла, воздействующие непосредственно на металл трущихся поверхностей деталей, создают защитный (сервовитный) слой, снижающий трение и износ и защищающий от задиров. Кондиционеры металла типа ER и ФЕНОМ и др., не восстанавливают изношенные поверхности пар трения, а формируют на поверхностях самовосстанавливающуюся железную плёнку из чистого железа, толщиной около 250 Å.

Эти препараты не изменяют физико-химические показатели моторных и трансмиссионных масел и используют их в качестве носителя для доступа к узлу трения. Кондиционеры металла обеспечивают стойкий противоизносный эффект даже при масляном голодании в случае утечки масла.

Для автомобилистов они представляют наибольший интерес, так как позволяют решить две не взаимосвязанные между собой задачи: одновременно понизить трение и износ, т.е. за счет снижения потерь на трение поднять эксплуатационные характеристики автомобиля (снизить расход топлива, улучшить разгонную динамику и др.), а посредством уменьшения износа существенно увеличить его ресурс.

Реметаллизанты – ремонтно-восстановительные составы, наращивающие вместо изношенного металла пар трения машин композиции типа «медь–свинец–серебро» и т.д., к этому же классу относятся ремонтно-восстановительные составы (РВС), представляющие собой многокомпонентные мелкодисперсные системы природных минералов, способных образовывать с поверхностным слоем металла в местах трения металлокерамический защитный слой (МКЗС) с уникальными свойствами. Препараты этого класса имеют определенную «специализацию» – восстанавливать размеры изношенных поверхностей деталей в режиме штатной эксплуатации, а используются в основном для обработки двигателей с высокой степенью износа, что представляет определённый интерес при использовании препаратов применительно к ремонту сельскохозяйственной техники. Физический износ деталей компенсируется образованием на поверхностях трения пленок тяжелых металлов или металлокерамики. Наиболее известны составы «Римет», «Хадо», «Lubzifilm», «Motor Doctor» и другие. Некоторые характеристики добавок приведены в табл. 5.11.

РВС-технологии – это принципиально новые технологии восстановления изношенных сопряжений деталей узлов и механизмов машин. Они обеспечивают восстановление сопряжений в режиме штатной эксплуатации, без остановки и разборки. РВС-технологии позволяют не только восстанавливать изношенные сопряжения, но и увеличивать износостойкость поверхностей деталей и их ресурс, обеспечивать экономию ГСМ и энергоресурсов.

5.11. Характеристики добавок к смазочным материалам

Показатели	Модификаторы трения «STP Diesel oil treatment»	Кондиционеры металла	Реметаллизанты, РВС			
		«FENOM»	RVS-гель	«Ресурс»	«РиМЕТ-Т»	«Хадо»
Изготовитель	Фирма STP, США	Лаборатория триботехнологии, г. Москва	RVS Technolody, г. Москва	НПК «ВМПАВТО», г. С.-Петербург	НПП «ВМП» г. Екатеринбург	ООО «Хадо» г. Харьков
Назначение	Сбалансированный комплекс добавок к дизельному маслу	Снижает интенсивность изнашивания трущихся поверхностей, повышает ресурс узлов и механизмов двигателей и трансмиссий	Для восстановления подшипников	Для защиты от износа и восстановления ДВС	Для защиты от износа и восстановления трансмиссий	Для восстановления, ремонта и зашиты от износа узлов трансмиссии
Содержание упаковки	300 мл	125 мл	–	50 г	50 мл	9 мл
Концентрация в масле	до 5 %	30…40 мл на 1 л (3…4 %)	1 : 20 (5 %)	1 уп. на 5–6 л (1 %)	1 б. на 1 л (5 %)	1 т. на 1… 2 л (~ 1 %)
Воздействие	Улучшает эксплуатационные качества масла и увеличивает ресурс двигателя	Формирует слоистую структуру из атомарно чистого железа и фаз углерода в алмазоподобном состоянии	Формирует МКЗС	Формирует на поверхности пористую металлическую структуру	Наращивает на поверхности пленку тяжелых металлов	Формирует металлокерамическое покрытие
Состав	Антифрикционные, очищающие, повышающие вязкость, антикоррозионные препараты, нейтрализаторы кислот и другие компоненты	Синтетические углеводородные компоненты, антиоксиданты	Мелкодисперсная многокомпонентная смесь минералов, добавки катализаторов	Ультрадисперсная композиция из сплава меди, олова, серебра и других металлов	Мелкодисперсная смесь металлов в тефлоновой оболочке (Cu, Aq, Sn)	Мелкодисперсная смесь минералов с добавками катализаторов

Продукт (РВС) – это мелкодисперсная, многокомпонентная смесь минералов, добавок, катализаторов.

Основным сырьем для его изготовления являются геомодификаторы: шунгит, серпентинит и нефрит. Размер частиц 1…10 мкм. РВС в смазках не растворяется, в химические реакции с ними не вступает, вязкость не меняет. Геомодификаторы (РВС) показывают наилучшие результаты в элементах трансмиссии. Обладая высокими смазочными, водо- и грязеотталкивающими свойствами, РВС существенно снижают износ и температуру в зоне трения, в том числе в открытых узлах, таких,

как цепная передача, шарниры карданных валов и др. По химическому и фазовому составу они чаще всего представляют собой смесь классического магнезиально-железистого силиката (серпентин $Mq_6(Si_4O_{10})(OH)_8$), являющегося формой целого ряда минеральных руд класса оливинов, конечными фазами которого являются форстерит Mq_2SiO_4 и фаялит Fe_2SiO_4, а также в незначительных количествах кремнезёма SiO_2 и доломита $CaMq(CO_3)_2$. При работе обработанного узла активные компоненты металлокерамики вступают во взаимодействие с контактируемыми участками деталей и формируют на этих участках металлокерамический слой, который частично восстанавливает дефекты поверхностей трения и обладает высокими антифрикционными и противоизносными свойствами.

Для донесения РВС до поверхности трения может быть использован любой жидкий носитель (масло, керосин, спирт, вода и прочие). Попадая на поверхность трения и контакта работающих механизмов, частицы РВС модифицируются сами и модифицируют поверхности в несколько этапов:

– домол частиц РВС выступами микрорельефов сопряжённых деталей;
– очистка микрорельефа пятен контакта сопряжённых деталей;
– плотная нагартовка домолотых частиц РВС в углублениях микрорельефа контактирующих поверхностей;
– образование МКЗС (прохождение реакции замещения с образованием новых кристаллов, составляющих МКЗС).

Полученный МКЗС не имеет резкой границы между собой и металлом, с которым он образовался. По своей природе он не чужероден металлу. Частицы РВС адсорбируют атомарный водород, предотвращая водородное растрескивание. МКЗС имеет одинаковый со сталью, с которой он образовался, коэффициент линейного термического расширения. Коэффициент трения деталей, покрытых МКЗС, аномально низок, 0,003…0,007. МКЗС – диэлектрик и огнеупор. Температура его разрушения – 1500…1600 °С. Стоек к коррозии. Может возобновляться по мере его изнашивания, проводя дополнительные РВС-обработки.

В Санкт-Петербурге создана ресурсо- и энергосберегающая технология – Синтезатор Металлов Форсан™. Этот продукт не является присадкой, совместим с любыми смазочными материалами, позволяет полностью предотвратить контакт «металл–металл», синтезируя в местах контакта защитный слой, обладающий свойствами металлокерамики, восстанавливает и упрочняет поверхность, останавливает износ трущихся пар, обладает долговечным эффектом. Форсан™ – это сложная минеральная композиция, вводится между трущимися поверхностями при помощи носителя (масла, фреона, антифриза и т.д.). Синтез металлокерамического защитного слоя происходит за счёт наличия в Форсане™ особо чистой фуллеренной композиции, которая очищает поверхность трения и формирует на ней МКЗС.

Аналог российского препарата – украинский «Хадо». Это мелкодисперсная, многокомпонентная смесь минералов с добавками катализаторов, совместима с любыми видами смазок и использует их в качестве носителя, не является присадкой.

Помимо добавок, влияющих на трибологические свойства системы смазки, имеются специальные добавки, которые предназначены улучшать моющие свойства масел, восстанавливать свойства стандартного пакета присадок масла, например реаниматоры вязкости и термической стойкости моторного масла. Моющие добавки изготавливаются двух типов:

– для регулярного использования перед каждой заменой масла. Такие средства содержат компоненты, не только удаляющие шлак и осадки, но и нейтрализующие кислоты и уменьшающие износ;

– составы ударного действия для сильно загрязнённых масляных систем.

Наибольшим удобством в применении обладают добавки-промыв ки, получившие название «пятиминуток». После заливки препарата в масло промывка длится от 5 до 20 мин.

В последнее время наблюдается комплексный подход к созданию добавок. В их состав входят, как правило, моющие, антифрикционные, повышающие вязкость, антикоррозионные соединения, а также детергенты (предотвращающие отложения) и дисперсанты (поддерживающие продукты сгорания во взвешенном состоянии). Для разных типов масел и смазочных систем разработаны и разные виды добавок. Новым в этом направлении считается разработка добавок с использованием принципов нанотехнологии, т.е. вещества (добавки) содержат в своём составе активные функциональные наноматериалы, наночастицы или формируют на поверхности трения защитные наноструктурные слои, предотвращающие износ деталей.

5.5. ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

Сокращение запасов нефти, рост затрат на её добычу и переработку а также нарастающий ущерб от загрязнения окружающей среды ставят задачи всемерного сокращения потерь нефтепродуктов. Рациональное использование вторичных ресурсов на основе смазочных масел, как наиболее ценных продуктов нефтепереработки, является одним из важнейших резервов такой экономии, не требующих больших капитальных затрат.

Учитывая, что сельское хозяйство потребляет до 50 % расходуемых в стране смазочных материалов, а также постоянно возрастающую напряжённость в снабжении ими сельскохозяйственных предприятий и отсутствие средств на приобретение достаточных объемов масел, возникает настоятельная необходимость поиска путей рационального использования смазочных материалов. В комплексе мероприятий по экономии смазочных материалов важное место занимают продление срока их службы, вовлечение в повторное использование отработанных масел, прошедших очистку на местах потребления с применением простых технологических процессов, а также регенерация масел. Известно, что из 1000 т нефти можно получить до 100 т смазочных материалов, в то время как из 1000 т отработанного масла – 600...800 т регенерированных продуктов. Однако в настоящее время свыше 25 % наиболее ценного отработанного моторного масла используют в качестве котельно-печного топлива, а объём регенерации не превышает нескольких процентов от сбора. Из-за низкого качества сбора масел, чрезмерной концентрации мощностей маслорегенерационных заводов не удается в полной мере использовать этот крупный резерв экономии невозобновляемых ресурсов. В мировой практике наряду с регенерацией собранного масла широко применяется периодическое восстановление его на местах потребления, что позволяет продлить срок его службы. Такой подход оправдан уже из-за того, что появляется реальная экономия свежих масел, ликвидируется обезличка при сборе и сохраняются все важнейшие эксплуатационные компоненты, необходимые для дальнейшего эффективного использования масел. Опыт работы пунктов сбора и восстановления отработанных масел на сельскохозяйственных предприятиях, ремонтных производствах и машиностроительных заводах показал высокую эффективность повторного применения восстановленных масел.

Расход свежих масел может быть снижен на 25...30 % при значительной экономии затрат и средств на приобретение смазочных материалов.

Способы очистки отработанных масел от загрязнений

Способы очистки смазочных масел от загрязнений делятся на химические, физические и физико-химические [7].

К химическим способам очистки относятся кислотная и щелочная очистки, восстановление масел гидридами металлов. Применение этих методов позволяет удалить из масел асфальто-смолистые, кислые, некоторые гетероорганические соединения, а также воду.

Кислотная очистка – это обработка масла концентрированной серной кислотой. Сущность метода заключается в том, что серная кислота по-разному взаимодействует с углеводородами и примесями, находящимися в очищенном продукте. Наиболее энергично она реагирует с непредельными углеводородами. При нормальной температуре серная кислота не вступает в соединения с алкановыми и циклановыми углеводородами, но при повышенной – взаимодействует и с ними, частично растворяет ароматические углеводороды или образует с ними сульфосоединения. Масла при очистке нагревают до 40...50 °С для уменьшения вязкости и улучшения перемешивания с серной кислотой. Эффективность кислотной очистки определяется количеством и концентрацией кислоты, временем контактирования кислоты с маслом, температурой и режимом процесса. Используется 96 %-ная серная кислота, расход составляет 3...5 % от массы очищаемого продукта, время перемешивания 25...30 мин.

Щелочная очистка заключается в обработке масла гидроокисью натрия (едкий натр), карбонатом натрия (кальцинированная сода) и тринатрийфосфатом. Щёлочь взаимодействует с органическими, нафтеновыми, ди- и оксикарбоновыми и другими кислотами, в результате чего образуются водорастворимые натриевые соли (мыла), которые вместе с водным раствором щёлочи удаляются после отстаивания.

Восстановление масел гидридами металлов заключается в обработке отработанных масел соединениями кальция, алюминия, лития. При этом из масел удаляется не только вода, но и карбоновые кислоты. Однако реагенты довольно дороги, кроме того, масло требует очистки от твердых продуктов реакции, а выделяющиеся в результате реакции газообразные вещества приходится нейтрализовать.

Физико-химические методы основаны, главным образом, на использовании коагулянтов, адсорбентов и ионообменных смол.

Коагуляция заключается в укрупнении и выпадении в осадок асфальто-смолистых веществ, находящихся в масле в мелкодисперсном состоянии, близком к коллоидному. В качестве коагулянтов используют неорганические и органические электролиты, поверхностно-активные вещества, не являющиеся электролитами, коллоидные растворы поверхностно-активных веществ и гидрофильные высокомолекулярные соединения.

Адсорбция основана на способности веществ, применяемых в качестве адсорбентов, удерживать загрязняющие соединения на наружной поверхности гранул и внутренней поверхности капилляров, пронизывающих гранулы. В качестве адсорбентов применяют как природные вещества (отбеливающие глины), так и синтетические (силикагель, окись алюминия, синтетические цеолиты).

Ионообменная очистка основана на способности ионообменных смол (ионитов) удерживать те загрязнения, которые в растворенном состоянии диссоциируют на ионы. Иониты представляют собой твёрдые гигроскопические гели, нерастворимые в воде и углеводородах. Процесс ионообмена можно осуществлять в статических и динамических условиях. В статических условиях масло, содержащее загрязнения в виде раствора электролита, перемешивают с ионитом, активные группы ионита переходят в стабильную солевую форму, не склонную к гидролизу при промывке. Во втором случае ионообмен происходит в полости, заполненной ионитом, при пропускании через него загрязненного масла.

Физические способы очистки не затрагивают химической основы очищаемых масел. При этом удаляются механические примеси (пыль, песок, частицы металла), а также горючее, вода, смолистые асфальтообразные и коксообразные вещества.

Наиболее распространёнными физическими способами очистки отработанных масел являются фильтрация и очистка в силовых полях.

Промывка отработанного масла водой для удаления из него кислых продуктов (водорастворимых низкомолекулярных кислот, а также солей органических кислот, растворимых в воде) заключается в пропускании через слой масла воды, которая увлекает и уносит с собой загрязняющие примеси. Этот метод получил широкое распространение для промывки турбинных масел. Эффективность удаления из масла продуктов окисления и углистых примесей в решающей степени определяется качеством смешения воды с маслом.

Отгонка предназначена для удаления из масла влаги, остатков горючего. Влагу выпаривают при атмосферном давлении или в вакууме, а также удаляют при продувании масел горячим воздухом или инертным газом. Во избежание вспенивания и окисления масло нагревают до 80...90 °С при частичном вакууме (240 ГПа). Отгон горючего основан на разности температур кипения горючего и масла. При нагревании отработанного масла в первую очередь из него испаряется топливо, так как температура кипения его значительно ниже температуры кипения масла.

Гравитационная очистка является одним из наиболее простых физических способов очистки нефтяных масел. Она осуществляется в результате выпадения из масла взвешенных твердых частиц загрязнений и микрокапель воды под действием силы тяжести. Такой процесс получил название отстаивания (седиментации). В общем случае скорость осаждения частиц зависит от высоты столба масла, размера частиц, отношения плотностей и вязкости осаждаемых частиц и масла. Увеличение температуры масла повышает скорость осаждения частиц, однако верхним пределом повышения температуры является 90 °С. При большой температуре масло вскипает. Скорость осаждения частиц подчиняется закону Стокса. Так, железная частица радиусом 10 мкм при температуре масла 80 °С осаждается со скоростью 55 м/ч. Процесс осаждения более мелких частиц может продолжаться несколько десятков часов. Ещё медленнее идет процесс осаждения алюминиевых частиц.

Процесс очистки масел от механических примесей протекает с гораздо большим эффектом в *поле центробежных сил*. Как в отстойниках, так и в центрифугах жидкость очищается только от тех частиц, плотность которых больше плотности жидкости. Скорость осаждения частиц в центрифугах, имеющих частоту вращения ротора 5000... 8000 мин$^{-1}$, в 1000...2000 раз больше скорости осаждения твёрдых частиц в гравитационном поле отстойников.

Для создания центробежного поля могут быть использованы два способа – вращательное движение потока масла в неподвижном аппарате или подача масла во вращающийся аппарат. В первом случае применяют гидроциклоны, во втором – центрифуги. По организации потока жидкости центробежные очистители делятся на центрифуги с ротором обычным однокамерным, многокамерным, со спиральной камерой, с пакетом конических тарелок.

Для удаления из нефтяных масел твёрдых ферромагнитных частиц можно проводить *очистку в магнитном поле*, создаваемом постоянными или электрическими магнитами. Помимо ферромагнитных частиц магнитные фильтры улавливают также сцепленные с ними немагнитные частицы. Этому способствует эффект электризации немагнитных частиц. Магнитные очистители улавливают мелкие ферромагнитные частицы размером до 0,4 мкм, которые практически не задерживаются другими средствами очистки.

Вибрационная очистка масел основана на явлении коагуляции твёрдых частиц в поле колебаний с дальнейшим удалением их из жидкости. Применяются два способа возбуждения ультразвуковых колебаний в масле – гидродинамический и механический. В первом случае колебания создаются гидродинамическими излучателями, во втором – магнитострикционными или пьезоэлектрическими преобразователями, соединенными с колебательными элементами. Упругие колебания применяют в ряде случаев для разрушения молекул смол, загрязняющих масла и другие кислородосодержащие соединения. Имеются также данные, что под действием ультразвуковых колебаний в некоторых условиях происходит не коагуляция, а диспергирование частиц загрязнений. Широкого применения на практике данный способ не нашёл.

Для очистки отработанных масел может применяться *электростатическая очистка*, использующая силы электрического притяжения. Загрязняющие частицы, перемещаясь вместе с жидкостью, всё время трутся о нее и под действием этого трения получают отрицательный или положительный электрический заряд. Попадая в электрическое поле, эти частицы перемещаются, притягиваясь к разноименно заряженным электродам.

Фильтрация заключается в отделении взвешенных в масле твёрдых частиц при прохождении двухфазной системы (масло с диспергированными или эмульгированными в нем загрязнениями) через пористый фильтрующий материал. Благодаря технической простоте, возможности широкой вариации и высокой надёжности фильтрация как способ очистки нефтепродуктов является наиболее распространённой. Средства фильтрации различных типов широко применяются на всех стадиях очистки (заправка, системы смазки и топливоподачи, гидроприводы и т.д.).

Описанные способы эффективны при очистке или регенерации отработанных масел на крупных маслорегенераторных станциях или заводах. Однако при этом возникают значительные трудности со сбором и транспортировкой сырья. В ряде случаев (в частности, в сельскохозяйственном производстве) из-за высокой рассредоточенности техники и сравнительно небольших объёмов отработанных масел в структурных подразделениях сбор и транспортировка сырья на крупные станции очистки оказываются трудноосуществимыми. При этом всегда проявляются следствия обезличивания – качество сырья крайне низкое, получить хороший продукт не удается.

Масло, слитое из двигателя с соблюдением необходимых мер против дополнительного загрязнения, как правило, имеет значительный запас действующих присадок и бракуется в основном из-за сильной загрязнённости продуктами старения масла и износа деталей машин, почвенной пыли, разжижения топливом, иногда оно содержит и воду. Удалив воду и основную массу загрязнений, ускоряющих износ деталей, но сохранив при этом активную часть присадок, очищенное масло можно использовать в менее нагруженных узлах и агрегатах сельскохозяйственной техники. В связи с этим простые, доступные широкому потребителю способы очистки отработанных моторных масел могут принести большой экономический эффект.

Технологии и технические средства для восстановления (регенерации) отработанных масел

Масла с высокой степенью загрязнения и окисления подвергают регенерации на специальных установках. Большинство регенерируемых масел составляют моторные масла. Регенерация отработанных масел включает в себя физическую и химическую обработки, в результате которых из масла практически полностью удаляются суспендированные и растворённые инородные вещества, продукты старения и продукты, чувствительные к старению, а также присадки, сохранившиеся в масле. За рубежом регенерацию отработанных масел проводили на многочисленных мелких и средних предприятиях мощностью 5...20 тыс. т в год, которые обычно располагались вблизи центров по сбору отработанных масел. В последнее время число таких предприятий сократилось, наблюдается тенденция создания более крупных – мощностью 40...150 тыс. т в год.

Средний выход регенерируемого масла из отработанного, содержащего 10 % твердых загрязняющих примесей и воду, 2...4 % разбавленного топлива, составляет 70...85 % в зависимости от применяемого способа регенерации. Трудности возникают из-за неоднородного сырья и химической структуры регенерируемых масел.

В большинстве случаев в отработанных маслах содержатся присадки, которые необходимо удалять, так как они разлагаются при температуре перегонки. На установках с прямым нагревом без регулирования температуры могут протекать реакции крекинга, что вызывает необходимость дополнительной очистки дистиллятов и тяжелых остатков. Очистка включает в себя шесть ступеней (табл. 5.12). Вторичные рафинаты (регенерированные масла) используют без дополнительной обработки в качестве базовых масел для приготовления товарных композиций [17].

5.12. Этапы очистки отработанных масел

Ступень	Назначение	Процесс
1	Глубокое удаление воды и механических примесей	Осаждение
2	Удаление низкокипящих фракций и остаточной воды	Атмосферная перегонка примерно при 250 °С
3	Удаление продуктов окисления и присадок	Сернокислая очистка с последующей нейтрализацией известью
4	Удаление кислого гудрона	Слив, фильтрование
5	Разделение на один или два маловязких или средневязких дистиллята и остаток	Вакуумная перегонка (8…10 кПа)

6	Отбеливание и стабилизация фракций	Очистка отбеливающей глиной

Тяжелые газойли и остатки, получаемые при перегонке, используют в качестве топлива для собственных нужд предприятия и производства пара. Кислый гудрон нейтрализуют известью, перемешивают с отработанным маслом и сжигают в специальных печах. Там, где это невозможно из-за выбросов диоксида серы, кислый гудрон может использоваться в качестве сырья для производства сульфатов. Фирма «Meinken» (ФРГ) разработала технологию, при которой кислый гудрон перемешивают с отбеливающей глиной и используют в качестве топлива для производства цемента без отрицательных последствий для качества цемента и окружающей среды. В настоящее время этот процесс применяется более чем на 40 установках в Европе, Африке, США и на Ближнем Востоке.

Процесс, разработанный голландской фирмой «Kinetics Technology Jnt» в сотрудничестве с «Culf Science and Techn», может применяться для обработки широкого ассортимента отработанных масел. В схеме этого процесса отсутствует ступень кислотной очистки. Следовательно, присадки, как инородные вещества, должны подвергаться удалению дистилляцией (и оставаться в остатке) или конверсии в пригодные продукты посредством гидрирования. Присадки не должны влиять на каталитическую активность катализатора гидроочистки, поэтому, например, смазочно-охлаждающие жидкости, содержащие галогеноуглеводороды, нельзя обрабатывать с помощью этого процесса. Выход целевого продукта составляет 80...85 %.

Загрязнения и воду из отработанных масел удаляют осаждением. Остатки воды и компоненты бензина отгоняют в атмосферной колонне, а газойлевую фракцию выделяют на отдельной ступени. На последующей ступени смазочные мазла испаряют вакуумной перегонкой и фракционируют путем фракционной конденсации. Загрязнения, присадки и часть продуктов окисления удаляют в виде осадка. Дистилляты подвергают гидроочистке, отгонке легких фракций и используют в качестве базовых масел для создания целевых продуктов.

Фирмой «Филипс Петролеум» (США) разработан процесс регенерации отработанных моторных масел «PROP», отличающийся простотой и компактностью. Использование на стадии предварительной очистки сульфатов и фосфатов алюминия с последующей доочисткой позволяет почти полностью удалить из масла металлы присадок и снизить зольность до уровня содержания их в свежих маслах.

В последнее время за рубежом всё большее внимание уделяется новым физическим методам регенерации отработанных масел мембранной ультра- и микрофильтрацией. Это, главным образом, связано с технологической простотой, высокой эффективностью, малой материало- и энергоемкостью мембранных процессов. Методы мембранной фильтрации позволяют эффективно выделить из огромных объёмов отработанных масел все содержащиеся там загрязнения.

Японская фирма «Каваками» разработала автоматическую установку для ультратонкой очистки масла. Она подключается к масляной системе и очищает масла с тонкостью 0,02...0,1 мкм при помощи мембранных фильтрующих материалов. Особенностью установки является возможность изменения потока очищаемого масла, что позволяет промывать фильтрующий элемент, тем самым увеличивая срок его службы. Промывка элемента осуществляется в течение 60...90 с интервалом 1...2 ч. Пропускная способность одного фильтроэлемента 10...15 л/ч.

Технологические схемы применяемых в СНГ установок для регенерации отработанных масел выбираются в зависимости от количества, характера и природы содержащихся в масле загрязнений и примесей, а также физико-химических свойств регенерируемого масла.

Так, для регенерации отработанных обезвоженных индустриальных масел применяется установка РИМ-62 производительностью 45 кг/ч. Она состоит из контактного аппарата с мешалкой и подогревателем, насоса, фильтр-пресса.

Саратовским научно-исследовательским технологическим институтом разработаны малогабаритные центробежные установки СОГ-903, СОГ-904А и УМЦ-901А с гидроочистителем ПЦН-907А или ПЦН-Э08А. Рабочий орган гидроочистителя – насос-центрифуга с тонкослойной спиральной вставкой для центрифугирования загрязнений и напорным диском для перекачки жидкости. Установки обеспечивают очистку от механических загрязнений размером 1...5 мкм. Грязеёмкость ротора 300 г.

При регенерации трансформаторных масел применяют фильтр-сепаратор типа СТ-200, который задерживает практически всю свободную воду и частицы загрязнений размером более 15 мкм, снижая при этом их содержание до 0,02...0,03 %.

ГОСНИТИ разработан комплект оборудования для очистки гидравлических и трансмиссионных масел. Конструктивно комплект оборудования представляет собой две передвижные установки УГОМ и УМЦ-901А.

Установка УГОМ предназначена для нагревания и предварительной (грубой) очистки масел, УМЦ-301А – окончательной (тонкой) очистки.

На базе очистителя молока ОМ-1 в ВИИТиН разработана установка для очистки отработанных масел УОМ-1. Загрязненное масло нагревается в баке, по трубопроводу через кран самотеком поступает в очиститель и далее на выдачу.

Результаты физико-химического анализа масла, очищенного на установке УОМ-1, показывают, что содержание механических примесей уменьшается в 2–3 раза и более, при этом достигаются 15–16 классы чистоты.

Однако в настоящее время обеспечение 15–16 классов чистоты повторно используемого моторного масла не позволяет эксплуатировать его в менее нагруженных узлах и агрегатах сложной сельскохозяйственной техники.

В таблице 5.13 приведены сравнительные показатели средств очистки масел, применяемых в сельском хозяйстве.

Учитывая преобладающее применение более грубой очистки нефтепродуктов, дальнейшее повышение эффективности способов очистки представляет собой важную научно-практическую задачу, успешное решение которой имеет большое народнохозяйственное значение и может дать значительный экономический эффект за счёт снижения затрат на сменяемые узлы и детали машин, а также эксплуатационных затрат на процесс очистки. Решение этой задачи возможно путём применения новых, перспективных методов очистки с использованием доступных средств и способов регенерации в условиях сельскохозяйственного предприятия [7].

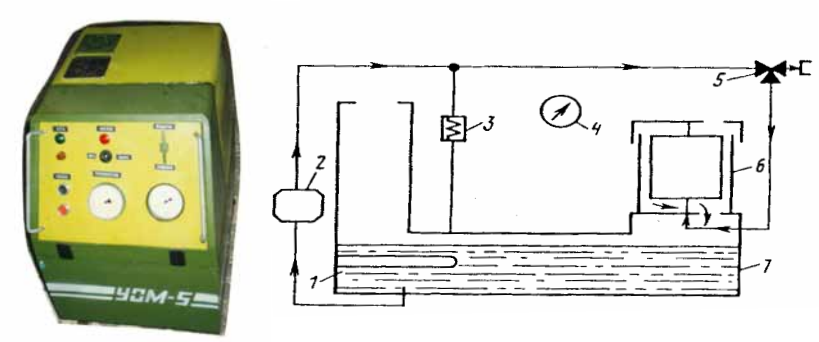
Ниже представлены некоторые разработки Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ВИИТиН, г. Тамбов), направленные на решение указанных задач и нашедших широкое применение в АПК и других отраслях.

Малогабаритная установка для очистки смазочных масел

Как отмечалось ранее, в смазочных маслах после удаления из них загрязнений восстанавливаются основные эксплуатационные свойства, и они могут повторно использоваться по прямому назначению или в менее нагруженных узлах машин.

До настоящего времени решение этой несложной даже для небольших сельскохозяйственных предприятий задачи сдерживается рядом факторов: в первую очередь, отсутствием простого и эффективного оборудования для очистки масла от загрязнений и воды в хозяйствах с парком тракторов от 5 до 20 единиц. Такими хозяйствами, как правило, являются либо фермерские, либо бригады, отдалённые от центральной усадьбы, либо небольшие сельскохозяйственные товарищества.

В ВИИТиН разработана малогабаритная установка для очистки работающих и отработанных смазочных масел от механических примесей, воды и частично продуктов окисления масла (рис. 5.1). Установка оснащена гидрореактивной масляной центрифугой *6*, которая устанавливается на ёмкости *7*. Загрязнённое масло заливается в бак установки и нагревается с помощью ТЭНа *1* до рабочей температуры. После нагрева масло насосом *2* направляют в центрифугу, где происходит осаждение загрязнений. Установка оснащена предохранительным клапаном *3*



а) *б*)

Рис. 5.1. Малогабаритная установка УОМ-5 для очистки масел:
а – общий вид; *б* – гидравлическая схема

3, датчиком давления *4* и краном *5*. Так как разделяющий фактор центрифуги установки значительно выше, чем у тракторных центробежных очистителей, осаждение загрязнений на стенку ротора происходит более интенсивно и тонкость очистки гораздо выше.

Вода, содержащаяся в масле, удаляется в виде паровоздушной смеси из зоны гидрореактивного привода ротора за счёт рационально спроектированной вентиляции масляного бака и внутренней полости корпуса центрифуги. Для достижения более высокой степени очистки – удаления практически всех асфальтосмолистых соединений, находящихся в загрязненном масле – предусмотрена работа установки с использованием разделяющего агента – карбамида.

Основные физико-химические показатели качества очистки масел представлены в табл. 5.14.

5.14. Показатели качества очистки масел на установке УОМ-5

Показатели	Масло		
	отработанное моторное (исходное)	очищенное	М-10Г$_2$
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм^2/с Содержание, %: механических примесей нерастворимого осадка воды Щелочное число, мг КОН/г Температура вспышки, °С Цвет в ед. ЦНТ, балл	7,9 0,8 1,1 0,3 2,9 180 9	8,3 0,01 0,1 отс. 2,7 185 6	11±0,5 0,015 – следы 6 200 5

Техническая характеристика установки УОМ-5

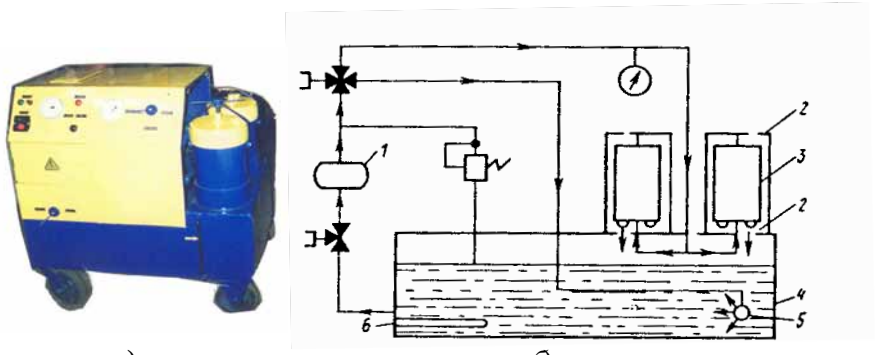
Тип …….....	передвижной
Производительность, л/ч ……	20…40
Тонкость очистки, мкм ……	1…3
Рабочая температура масла, °С ……	95±5
Время нагрева масла до рабочей температуры, мин ……	20
Вместимость бака, л ……	40
Потребляемая мощность, кВт ……	3
Габаритные размеры, мм ……..	600×500×600
Масса, кг ……	70
Число обслуживающего персонала ……	1

Установка отличается простотой конструкции, ее целесообразно использовать в хозяйствах с небольшим объемом сбора масел.

Установка для очистки отработанных масел УОМ-3М

Исследованиями и испытаниями установлено, что в сильнозагрязнённых моторных, компрессорных, гидравлических и трансмиссионных маслах (после удаления из них загрязнений) восстанавливаются их основные эксплуатационные свойства, и они могут использоваться по своему прямому назначению.

В институте ВИИТиН разработана установка УОМ-3М для очистки отработанных масел (рис. 5.2). В качестве рабочего органа установка оснащена реактивными масляными центрифугами *3*. Загрязненное масло закачивают насосом *1* в бак *4* установки и подогревают с помощью электронагревателя *6* до рабочей температуры. После прогрева и перемешивания устройством *5* масло насосом направляют под давлением 0,7...0,9 МПа в центрифуги *2*, где происходит осаждение загрязнений,



а) *б*)

Рис. 5.2. Установка для очистки отработанных масел УОМ-3М:
а – общий вид; *б* – гидравлическая схема

масло же, выходя из сопел центрифуг, сливается обратно в бак *4* установки. Так как разделяющий фактор центрифуг установки значительно выше, чем у тракторных очистителей, осаждение на стенки роторов происходит более интенсивно, а тонкость очистки достигает 5...10 мкм по абразивным частицам.

Вода, содержащаяся в масле, удаляется в виде паровоздушной смеси из зоны гидрореактивного привода роторов за счёт рационально организованной вентиляции масляного бака и внутренних полостей корпусов центрифуг.

Конструкция установки позволяет удалять из отработанных моторных масел асфальто-смолистые загрязнения, сосредоточенные в частицах размером 1...3 мкм. Разработанный ВИИТиН способ очистки моторных масел с их осветлением на установке УОМ-3М предусматривает применение разделяющего агента (минерального удобрения), доступного для любого сельскохозяйственного предприятия.

Сущность нового способа очистки заключается в возможности применения разделяющего агента коагулирующе-адсорбционного типа. При этом удается избежать «жёстких» воздействий на активную часть присадки, а процесс укрупнения мельчайших загрязнений происходит без разрыва химических связей [30].

Сравнительные физико-химические показатели очистки масла на установке УОМ-3М обычным центрифугированием и центрифугированием с использованием разделяющего агента (РА) представлены в табл. 5.15.

5.15. Показатели качества очистки масел на установке УОМ-3М

Показатели	Масло			
	загрязненное	очищенное		свежее (товарное) М-10Г$_2$
		обычным центрифугированием	с использованием РА	
Содержание, %:				
– механических примесей	0,6	0,1	0,01	0,015
– нерастворимого осадка	0,8	0,5	0,04	–
– воды	0,3	отс.	отс.	следы
Вязкость кинематическая, мм^2/с	7,5	7,7 2,4	7,8 2,2	11 6 200
Щелочное число, мг КОН/г	2,5	182	184	5
Температура вспышки, °С	180	8	5	
Цвет масла, балл	9			

Как видно из таблицы, такие показатели, как содержание механических примесей, нерастворимых осадков, воды и цвет масла доведены практически до уровня свежего масла.

Технические характеристики установки УОМ-3М

Производительность на маслах, л/ч:	
моторных ……	60…70
компрессорных ……..	70…90
трансформаторных ……	80…90
индустриальных ……	90…100
Номинальная тонкость очистки, мкм …….	1…3
Грязеёмкость центрифуг, кг ……	8

Вместимость бака для масла, л ……...	100
Масса, кг ……	250
Число обслуживающего персонала ……	1

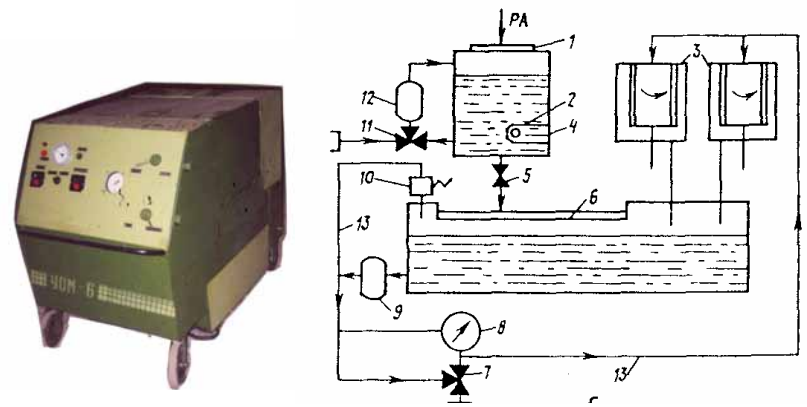
Установка для очистки отработанных масел УОМ-6

Проведённые длительные производственные испытания установки УОМ-3М и отзывы потребителей масел предопределили необходимость разработки установки с более высокой производительностью очистки.

Для осуществления поставленной задачи было принято решение совместить операции нагрева и очистки масла, что дало возможность повысить производительность установки без значительного увеличения её материало- и энергоёмкости.

Принципиальная гидравлическая схема установки УОМ-6 и её внешний вид представлены на рис. 5.3.

Рис. 5.3. Установка для очистки отработанных массе



а) *б*)

УОМ-6:

а – общий вид; *б* – гидравлическая схема

Установка содержит следующие составные элементы: фильтр *1*, бак-реактор *4*, электронагреватели (ТЭНы) *2*, центробежные очистители *3*, бак основной *6*, шестеренный насос *12* для закачки масла в термобак и перемешивания его на первой стадии очистки, шестеренный насос *9* привода в действие очистителей, предохранительный клапан *10*, манометр *8*, краны *5*, *7*, *11*, трубопроводы *13*.

Технологический процесс очистки масла с осветлением происходит следующим образом: загрязнённое отработавшее масло закачивают насосом в термобак-реактор и подогревают до температуры 90±5 °С; после нагрева в масло вводится разделяющий агент и смесь перемешивают с помощью шестерённого насоса; подготовленное для очистки масло сливают в основной бак через фильтрующую вставку для сбора крупных частиц загрязнений; затем масло очищают с помощью центрифуг и перекачивают в баки-накопители для хранения или выдают потребителю.

Производственные испытания в целом подтвердили заложенные при проектировании показатели.

Технические характеристики установки УОМ-6

Производительность, л/ч ……..	80...100
Номинальная тонкость очистки, мкм …….	1...3
Содержание механических примесей в очищенном масле, %	0,02
Класс чистоты очищенного масла по ГОСТ 17216–71 ……..	13... 14
Вместимость, л:	
термобака ……..	100
бака для очистки ……..	100
Габаритные размеры, мм …….	1400×850×1100
Масса, кг ……	3000
Число обслуживающего персонала ……	1

Результаты анализа физико-химических показателей очищенного и исходного отработанного масла представлены в табл. 5.16.

5.16. Показатели качества очистки масел на установке УОМ-6

Показатели	Масло	
	исходное отработанное	восстановленное
Содержание, %:		
механических примесей	0,8	0,018
нерастворимого осадка	1,2	0,15
воды	0,8	нет

Продолжение табл. 5.16

Показатели	Масло	
	исходное отрабо-	восстановленное

	танное	
Вязкость кинематическая, сСт	8,8	8,4
Температура вспышки, °С	170	175
Щелочность, мг КОН/г	3,5	3,0
Кислотность, мг КОН/г	0,41	0,25
Цвет масла, балл	более 9	5…6

Установка для удаления топливных фракций из смазочных масел

Наличие топлива в масле резко ухудшает его противоизносные свойства, интенсифицируется процесс образования нагара и лака на деталях двигателя.

Причинами разжижения масла топливом являются, как правило, неисправности топливной системы. Анализ состояния качества отработанных моторных масел показал, что масла, собираемые в хозяйствах, имеют температуру вспышки 120...160 °С. Предельное значение температуры вспышки для отработанных масел составляет 170...180 °С.

Исходя из результатов теоретических и экспериментальных исследований по восстановлению эксплуатационных свойств работающих и отработанных масел в ВИИТиН разработана установка для удаления топливных фракций из смазочных масел.

Принципиальная схема установки и её общий вид представлены на рис. 5.4.

Установка состоит из ёмкости для исходного масла *6*, вакуумированной ёмкости *3*, установленной на подвижной платформе *12*, тонкопленочного испарителя *4*, вакуумного *8* и шестеренного *14* насосов, конденсатосборника *7*, вакуумметра *1*, датчика температуры *10*, пульта управления *9*, предохранительного клапана *2*, кранов *5*, *13*, *11*.

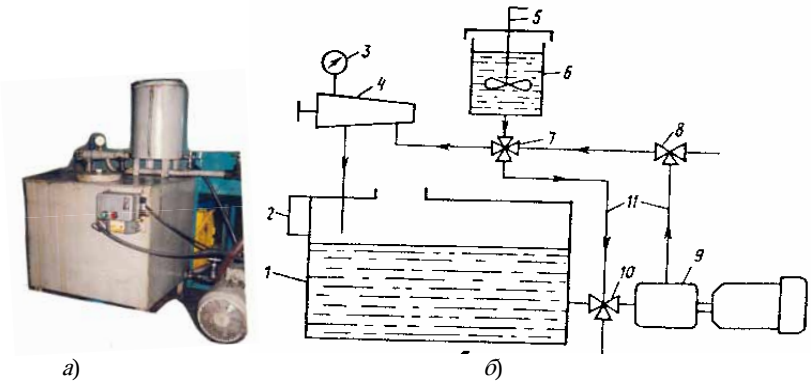
Установка работает следующим образом. Очищенное от загрязнений масло закачивается в ёмкость *6*. Включается нагрев испарительного элемента. Контроль температуры на поверхности испарителя осуществляется датчиком *10*, находящимся на пульте управления *9*. После прогрева испарителя до 250...300 °С в работу включается вакуумный насос *8*, который создает разрежение в ёмкости *3*. Масло, поступая из ёмкости *6* на испаритель, растекается по его поверхности тонкой пленкой. Легкие топливные фракции вскипают и откачиваются вакуумным насосом *8* в конденсатосборник, где частично оседают, а частично удаляются тем же насосом в атмосферу. При высоком процентном содержании топлива в восстанавливаемом масле после первого прохода частично очищенное масло из ёмкости *3* перекачивается насосом *14* в ёмкость *6*, и процесс очистки повторяется. Очищенное масло насосом *8* при переключенном кране *5* подается в ёмкости для хранения. Производительность установки 40…50 л/ч, масса – 300 кг.

Рис. 5.4. Установка для удаления топливных фракций:
а – общий вид; *б* – гидравлическая схема

Установка для обогащения масла присадками

Установка для приготовления обогащённой смеси предназначена для равномерного внесения и «втирания» раствора высококонцентрированной смеси масла с присадками (маточный раствор) в сырьё.

Состоит (рис. 5.5) из ёмкости *1* для сырья (масла), ёмкости *6* для приготовления маточного раствора, мешалки *5*, насоса НШ-32 с электродвигателем *9*, диспергатора-стабилизатора *4* с установленным в корпусе манометром *3*, кранами *7*, *8*, *10*, маслопроводов *11*, пульта управления *2*.



а) *б*)

Рис. 5.5. Установка для обогащения масла присадками:
а – общий вид; *б* – гидравлическая схема

Техническая характеристика установки для приготовления обогащенной смеси

Тип …….....	стационарный
Производительность, л/ч …….....	100
Вместимость ёмкости, л:	
для сырья …….....	100
приготовления маточного раствора …….	10
Потребляемая мощность, кВт …….....	1,5
Температура масла и смеси, °С ……...	70…80
Габаритные размеры, мм …….....	600×700×1500
Масса, кг ……..	80
Число обслуживающего персонала ……	1

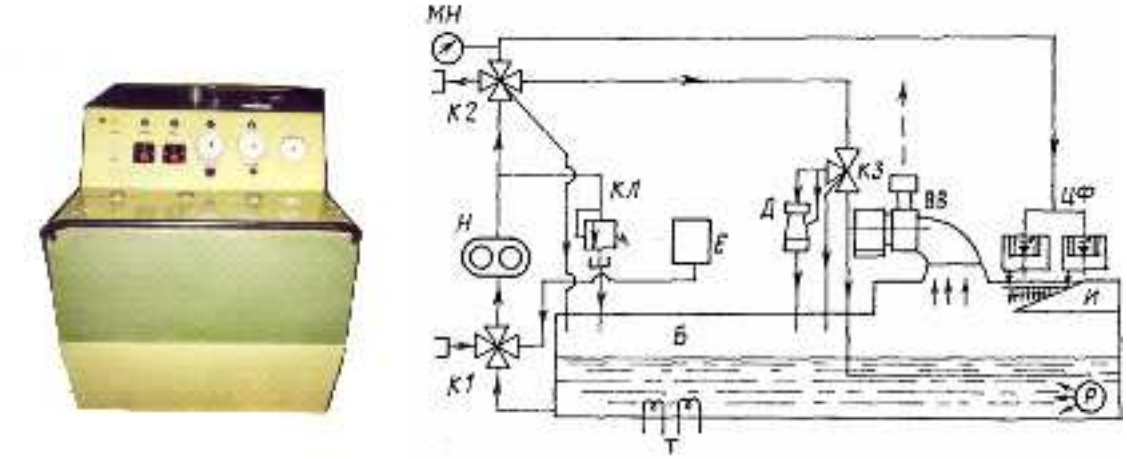
Многофункциональная установка «Восстмас» для восстановления эксплуатационных свойств отработанных масел

В последние годы организации, занимающиеся вопросами восстановления масел, в связи с новыми экономическими условиями предъявляют всё более жёсткие требования к их качеству с одновременным уменьшением металло- и энергоёмкости оборудования.

Решая задачи совершенствования методов и средств восстановления эксплуатационных свойств отработанных масел, ВИИТиН разработал многофункциональную установку «Восстмас», которая состоит из следующих составных частей (рис. 5.6): очистительных центрифуг (ЦФ), бака (Б), шестерённого насоса с электроприводом (Н), нагревательных элементов (Т), системы маслопроводов с запорной арматурой (КЛ) и контрольно-измерительной аппаратурой (МН), индукционно-нагревательного блока (И), устройства подготовки и внесения разделяющего агента и обогащающих присадок (Е), блока удаления топливных фракций и паров воды (ВВ), диспергатора-стабилизатора (Д).

Установка смонтирована на колесах для перемещения её внутри помещения. Бак вместимостью 100 л изготовлен в виде прямоугольной емкости со встроенным устройством для перемешивания. Внутри бака находятся два ТЭНа мощностью по 2 кВт каждый. В баке имеется заливная горловина с фильтрующей сеткой, сбоку бака имеется окно для очистки загрязнений при техническом обслуживании установки.

На панели управления находятся кнопочный пост для включения в работу центрифуг, системы вентиляции и диспергатора-стабилизатора, предохранитель, манометрические термометры, тумблеры включения насосов и ТЭНов, краны переключения.



а) *б*)

Рис. 5.6. Многофункциональная установка «Восстмас»:
а – общий вид; *б* – принципиальная пневмогидравлическая схема

Установка работает следующим образом.

Отработанное моторное масло насосом установки закачивается в бак. Включением ТЭНов масло нагревается до 95±5 °С. Подготовка смеси разделяющего агента проводится в следующей последовательности: в ёмкость для перемешивания заливается 0,5 л воды, затем ту да же вносится 500 г карбамида, который подогревается нагретым маслом и перемешивается. Подготовленный раствор разделяющего агента в процессе перемешивания масла вносится в основную массу с помощью насоса или специального устройства и кранов. После внесения разделяющего агента и его перемешивания с маслом переключается кран и начинается очистка масла в центробежном поле.

Удалив основные загрязнения в течение 25...30 мин очистки, включают в работу индукционный нагреватель, удаляющий топливные фракции и тем самым повышающий температуру вспышки очищаемого масла. Температура поверхности нагрева на испарителе превышает 250 °С, что позволяет удалять из масла газойлевые фракции.

Применение индукционного нагревателя, расположенного в баке под центрифугами (слив масла из центрифуг происходит на поверхности индукционных нагревательных пластин), позволяет за 25...30 мин работы поднять температуру вспышки и вязкость (удаляя топливо) до уровня свежего масла.

Следующая операция по восстановлению эксплуатационных свойств масел заключается в насыщении масла присадками для его полной регенерации.

В ёмкость для приготовления разделяющего агента вносятся 1 % присадки ДФ-11 и 3 % присадки С-150. После 0,5 ч очистки открывается кран диспергатора, и в очищаемое масло вносятся присадки для его обогащения. Далее в процессе перемешивания идет выработка присадок в очищаемое масло.

5.17. Показатели восстановления масел на установке «Восстмас»

Показатели	Масло	
	исходное	восстановленное
Вязкость (кинематическая), мм^2/с	7,2	9,5
Содержание нерастворимого осадка, %	1,0	0,08
Число, мг КОН/г:		
щелочное	3,5	5,5

кислотное	0,8	0,1
Содержание воды, %	0,3	отс.
Температура вспышки, ^{0}С	170	200
Цвет масла, балл	9	5

В таблице 5.17. представлены физико-химические показатели восстановленного на установке «Восстмас» масла. По своим физико-химическим показателям восстановленное масло практически не отличается от свежего моторного масла М-10$Г_2$к.

6. КОНСЕРВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЗАЩИТА ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

Особенностью эксплуатации сельскохозяйственной техники является сезонность её использования при значительной продолжительности нерабочего периода. Преждевременное изнашивание сельскохозяйственных машин при их хранении вызывают следующие факторы окружающей среды: физические (перепады температур, ветер, солнечная радиация и др.); химические (атмосферные осадки, смеси удобрений и ядохимикатов, продукты переработки, загрязнения воздуха сернистым и углекислым газами); биологические (микроорганизмы окружающей среды, использующие металлы как питательную среду или выделяющие продукты, которые разрушают металл); организационные (несвоевременная регулировка деталей и доставка машин к местам хранения, просрочка с проведением работ по техническому обслуживанию (ТО), ремонту и консервации).

Детали, подвергшиеся коррозии, при работе изнашиваются в 1,5 – 2 раза быстрее, что значительно снижает степень готовности и надёжность работы техники. В связи с этим защита от коррозии сельскохозяйственной техники в межсезонный период является необходимым условием сохранения её ресурса и работоспособности.

Комплекс физических, химических и биологических факторов, влияющих на поверхность металла, образует коррозионную среду. *Коррозия – разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой.* Это чрезвычайно распространенное явление, попытки полного устранения которого невозможны, по крайней мере, с двух точек зрения: термодинамической (окисление металлов и сплавов сопровождается уменьшением свободной энергии системы и переходом в более устойчивое состояние, что можно лишь кинетически замедлить посредством проведения определённой системы мероприятий, но нельзя предотвратить полностью); экономической (чем больше снижение уровня коррозионного поражения, тем выше необходимые для этого затраты, следовательно, существует оптимальный уровень снижения коррозионных потерь, определяющий в условиях использования конкретных методов противокоррозионной защиты наибольший экономический эффект).

Коррозия многообразна в своем проявлении и приводит к различным видам разрушений. Поэтому классификацию коррозионных процессов проводят по различным признакам: по механизму процесса, по условиям протекания коррозии, по характеру коррозионного разрушения.

По механизму процесса различают два типа коррозии: химическую и электрохимическую. Химический и электрохимический механизмы часто реализуются параллельно.

Химический механизм имеет место тогда, когда окисление металла и восстановление компонента окружающей среды (окислителя) происходит в одном акте, а путь электронов не превышает размеры молекул. Примерами химической коррозии может служить разрушение металлов при взаимодействии с сухими газами при отсутствии конденсации влаги. Химическая коррозия металлов протекает в растворах неэлектролитов, в чистых неводных растворителях.

Электрохимический механизм реализуется на металлической поверхности под тонкими пленками электролитов, протекает с разделением общего процесса на две независимые, но сопряженные стадии: анодную и катодную, которые разделены пространственно.

Для успешной борьбы с коррозией необходимо знать причину её возникновения. В таблице 6.1 приведены наиболее характерные виды коррозионных разрушений деталей сельскохозяйственных машин и причины, их вызывающие.

Наиболее распространенным видом коррозии металлических поверхностей сельскохозяйственных машин является *атмосферная коррозия.* Необходимое условие её протекания – контакт металла с водой и кислородом. При атмосферной коррозии металлов коррозионный процесс протекает под плёнкой электролита, очень слабо препятствующей доступу кислорода к поверхности. К тому же толщина плёнок влаги непостоянна, плёнки высыхают и появляются вновь, причём подобный процесс в течение суток происходит неоднократно. Наличие очень тонких плёнок может привести к недостатку воды, затрудняющему коррозионный процесс. Плёнки насыщаются продуктами коррозии, которые в подобных условиях часто начинают интенсивно тормозить коррозионные процессы.

Разнообразие видов коррозии и условий, в которых она протекает, обуславливают существование различных способов защиты от коррозии. Они могут действовать в трёх направлениях: на защищаемую конструкцию, среду и на металл. Воздействие на конструкцию осуществляется непосредственно на заводе-изготовителе путём рационального проектирования изделий, которое предусматривает правильный выбор материала и способов сопряжения конструкции деталей, наличие дренажных отверстий, рациональную компоновку отдельных элементов, возможность проветривания закрытых полостей, нанесения и возобновления различных покрытий в процессе эксплуатации и при ремонте. Воздействием на среду стремятся снизить её коррозионную агрессивность. Например, можно удалить влагу из замкнутых объёмов путём

6.1. Виды коррозионных разрушений

Вид коррозии	Определение коррозионного процесса	Характер разрушения	Машина, узел, деталь
Атмосферная	Протекает в	Сплошная кор-	Рамы, обшивка,

	атмосфере влажного воздуха или при наличии пленки влаги при нормальной температуре	розия или в виде пятен, язв, точек на поверхности деталей	детали машин, не имеющие или с поврежденным защитным покрытием
Электрокоррозия	Вызывается действием электрических токов от внешнего источника или рассеянных (блуждающих) токов	Сплошная коррозия в местах, через которые протекают токи	Металлические ободы колес, рабочие органы машин, соприкасающихся с грунтом
Контактная	Разрушение в местах контакта деталей, изготовленных из разных металлов в присутствии электролита	Неравномерное разрушение металла в местах контакта деталей	Сопряжение многих металлических деталей в сельскохозяйственных машинах
Коррозия в газовой среде	Возникает в результате воздействия окислителей при высоких температурах газовой среды	Сплошная коррозия незащищенных поверхностей деталей	Сушилки зерна, агрегаты АВМ, двигатели внутреннего сгорания

продувки. На металл можно воздействовать способами электрохимической защиты; коррозионностойкого легирования (на заводах-изготовителях); термообработки; изоляции лакокрасочными, полимерными, металлическими, неметаллическими неорганическими, консистентными покрытиями, жидкими смазками; использованием ингибиторов коррозии.

Защиту сельскохозяйственной техники от коррозии проводят при постановке на хранение в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 7751 и эксплуатационной документации на машину конкретной марки. Машины ставят на хранение: межсменное – перерыв в использовании машин до 10 дней, кратковременное – от 10 дней до двух месяцев и длительное – более двух месяцев. Машины на межсменное и кратковременное хранение ставят непосредственно после окончания работ, а на длительное хранение – не позднее 10 дней с момента окончания работ.

6.1. ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Среди разнообразных методов защиты металлов от коррозии консервация конструкций и машин с помощью ингибиторов коррозии занимает особое место. Отличительными чертами этого метода является простота и дешевизна. В ряде случаев применение ингибиторов коррозии позволяет снизить стоимость консервационных материалов в 8... 10 раз, а трудовые затраты на консервацию в 50...60 раз.

Ингибиторы коррозии (*ИК*) *– это вещества, которые при введении в незначительном количестве в коррозионную среду значительно снижают скорость коррозии.*

В зависимости от вида коррозии широко распространена следующая классификация ингибиторов коррозии: ингибиторы атмосферной коррозии, ингибиторы для нейтральных и водно-солевых сред, ингибиторы для двухфазных систем углерод–вода, ингибиторы кислотной коррозии. Эта классификация весьма условна, так как один и тот же ингибитор коррозии можно отнести сразу к нескольким типам.

Различают также контактные ингибиторы, которые заранее наносятся на поверхность металла, и летучие, которые способны испаряться (давление паров их составляет $10^2 \ldots 10^3$мм рт.ст.) и самостоятельно попадать на поверхность металла, включая такие труднодоступные места, как щели и зазоры. При несложной конфигурации деталей предпочтение отдают контактным ингибиторам.

Ингибиторы могут быть *водорастворимыми, водомаслорастворимыми, маслорастворимыми.* Все они являются поверхностно-активными веществами (*ПАВ*). Для противокоррозионной защиты сельскохозяйственных машин наиболее широко используют маслорастворимые ингибиторы атмосферной коррозии.

По механизму действия замедлители коррозии подразделяют на ингибиторы анодного, катодного и смешанного типа.

Анодные ингибиторы смещают потенциал коррозии в положительную сторону, а иногда переводят металл в устойчивое пассивное состояние. К таким замедлителям относятся, например, нитрованные масла.

Катодные ингибиторы уменьшают контактную разность потенциалов. К ним относятся амины, амиды, имиды, имидазолы, сукцинимиды, алкилсалицилаты, цианиды, гетероциклические соединения. Большая часть таких ингибиторов хорошо защищает чёрные металлы, но стимулирует коррозию цветных

Наилучший защитный эффект даёт применение комбинированных ингибиторов, содержащих компоненты анодного, катодного и экранирующего действия.

Ингибиторы могут избирательно тормозить электрохимическую или химическую коррозию либо оба процесса одновременно. В первом случае наряду с блокированием поверхности они изменяют строение двойного электрического слоя на

межфазной границе металл–жидкость и потенциал электрода, что, в свою очередь, приводит к изменению скорости коррозии. Ингибиторы не обязательно замедляют анодную и катодную реакции. Часто они тормозят один процесс и стимулируют другой, однако, интегральный защитный эффект может быть значительнее, чем в случае смешанных замедлителей.

Поверхность корродирующего металла обычно энергетически неоднородна. Химическое растворение, как правило, протекает на наиболее активных центрах. В этом случае защитное действие ингибиторов в значительной мере связано с вытеснением с последних молекул воды и других коррозионно-агрессивных агентов. Таким образом, необходимым, хотя и недостаточным требованием, предъявляемым к ингибиторам, является их высокая адсорбционная способность, тесно связанная с высокой поверхностной активностью. Поэтому ингибиторы коррозии металлов – это анионо-, катионоактивные или молекулярные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Часто используют синергетические композиции различных ПАВ.

Существует несколько способов применения ингибиторов для защиты изделий от атмосферной коррозии: нанесение их на поверхность металла или изделия из водных растворов или органических растворителей; нанесение на поверхность металла полимерной плёнки, содержащей ингибиторы коррозии; сублимация из воздуха, насыщенного парами ингибитора; упаковка изделия в ингибированную бумагу; внесение в замкнутое пространство пористого носителя с ингибитором. Наиболее распространенными для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники на хранении являются два первых способа.

6.2. СРЕДСТВА ВРЕМЕННОЙ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В целом номенклатуру средств временной противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники можно представить, по крайней мере, пятью классами:

- бензино-битумные составы;
- пластичные смазки;
- жидкие защитные смазки;
- плёнкообразующие составы;
- защитные водно-восковые дисперсии;
- маслорастворимые и летучие ингибиторы коррозии.

Средства временной противокоррозионной защиты сельскохозяйственных машин подразделяются по своему назначению на обеспечивающие защиту: наружных поверхностей машин; внутренних поверхностей двигателей, трансмиссий, коробок передач; открытых передач и механизмов машин.

На рис. 6.1 показаны наиболее важные представители консервационных материалов нескольких поколений.

Рис. 6.1. Средства временной противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники

Некоторые из них выпускаются до сих пор (ПВК, Мовиль, Кормин, М-1), часть снята с производства (Ингибит-С, ЗВВД, консервационные масла типа НГ), причем причины прекращения выпуска многих из материалов, особенно в перестроечный период, не всегда были связаны с недостаточной их эффективностью и заменой на более совершенные. Многие производители консервационных составов, а это в основном крупные нефтеперерабатывающие предприятия, перестали их выпускать, так как по прибыльности эти составы не могут конкурировать с выпуском топлив и рабочих масел. Особо ощутимы потери производства Ингибит-С. Этот состав создавали целенаправленно для защиты атмосферной коррозии сельскохозяйственной техники при хранении машин на открытых площадках.

6.3. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Характеристика ряда консервационных материалов нескольких поколений, включая последние, представлена далее в табл. 6.2.

6.2. Характеристика консервационных материалов

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
	Бензино-битумные составы	
1. ББС	Продолжительность защитного действия на открытых площадках до 6 мес. Низкие водовытесняющие свойства, высокая огнеопасность. Наносят распылением (рас- ход – 0,15 кг/м^2), кистью	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин (отвалы, лемехи плугов, лапы культиваторов, диски сеялок, лущильников)
	Пластичные смазки	
	Неингибированные	
2. Солидолы С (ГОСТ 4366-76)	Нетехнологичны. Выше 65…75 °С распадаются, расплавление недопустимо. Наносят намазыванием. Расход – 0,5 кг/м^2. Продолжительность защитного действия на открытых площадках до 3 мес, в закрытых помещениях – до 1 года	Защита поверхностей трения, открытых передач и механизмов сельскохозяйственной техники при хранении на открытых площадках
3. Солидолы Ж (ГОСТ 1033-79)		

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
4. Литол-24 (ГОСТ 21150–75)	Водостоек (даже в кипящей воде). Можно применять в интервале температур от – 40 до 130 °С. Удовлетворительно защищает металлоизделия от коррозии до 1 года. Наносят намазыванием. Расход – 0,5 кг/м^2	Защита поверхностей трения, открытых передач и механизмов сельскохозяйственной техники при хранении на открытых площадках
	Ингибированные	
5. Пушечная смазка (ГОСТ 19537–83)	Работает при температурах –50…+60 °С. Нерастворима в воде, стабильна при хранении, наносят при нагреве до 90…110 °С. Совместима с моторными, индустриальными маслами. Защищает от коррозии до 1,5 лет на открытых площадках. Расход – 0, 6 кг/м^2	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин
	Жидкие защитные смазки	
6. НГ-203 А (ГОСТ 12328–77)	Защищает от коррозии углеродистую сталь, чугун, алюминий до 9 мес. Наносят распылением (расход – 0,15 кг/м^2), кистью	Защита наружных поверхностей сложной конфигурации (боковины комбайнов, узлы передач, шарнирные соединения, цепи и т.п.) при хранении, исключающем прямое попадание атмосферных осадков.
7. НГ-204 (ГОСТ 9.014–78)	Защищает от коррозии углеродистую сталь. Срок защитного действия до 1,5 лет. Наносят распылением (расход – 0,15 кг/м^2), кистью	

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
8. Консервационное масло К-17 (ГОСТ 10877–76)	Защищает от коррозии углеродистую сталь. кинематическая вязкость 15…22 мм^2/с при 100 °С. Поглощает влагу, сохраняя защитные свойства. Наносят распылением (расход – 0,2 кг/м^2), кистью. Срок защитного действия – до 10 мес	Для противокоррозионной защиты рабочих органов машин при хранении в помещении и под навесом, для внутренней консервации двигателей, топливных насосов.
9. Консервационное масло Кормин (ТУ 38.101.1159–89)	Обладает хорошими загущающими, смачивающими свойствами, эффектом последействия. На 100 % защищает поверхности из углеродистой стали в неотапливаемых помещениях в течение 12 мес, 6 мес – на открытых площадках. Требует разогрева до 95…100 °С. Наносят распылением (расход –0,5 кг/м^2), кистью	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин, в том числе работавших в агрессивных средах минеральных удобрений

10. Консервационное масло Маякор (ТУ 38.401.803–90)	Обладает хорошими загущающими, смачивающими свойствами, эффектом последействия. На 100 % защищает углеродистую сталь в неотапливаемых помещениях в течение 12 мес, 6 мес – на открытых площадках. Не требует разогрева. Наносят распылением (расход – 0,4 кг/м^2), кистью	

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
11. Консервационное масло Мобиин-4 «Регазол» (ТУ 0257-33992933-003–97)	Обладает хорошими загущающими, смачивающими свойствами. На 100 % защищает поверхности из углеродистой стали в неотапливаемых помещениях в течение 12 мес, 3 мес – на открытых площадках. Не требует разогрева. Наносят распылением (расход – 0,5 кг/м^2), кистью	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин, в том числе работавших в агрессивных средах минеральных удобрений
Пленкообразующие нефтяные составы		
12. Ингибит С (ТУ 38401457–83)	По защитной эффективности плёнка состава толщиной 0,05…0,08 мм не уступает зарубежным аналогам. Срок защитного действия при открытом хранении техники – до 12 мес. Наносят состав распылением (расход – 0,25 кг/м^2), кистью	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин на открытых площадках
13. НГ-216Б (ТУ 38 101427–76)	Устойчив к действию атмосферных осадков, условная вязкость 100…300 с ВЗ-4 при 20 °С. Срок защитного действия при открытом хранении техники – до 12 мес. Наносят состав распылением, (расход – 0,15 кг/м^2), кистью	

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
14. Кобинор	Устойчив к действию атмосферных осадков. Срок защитного действия при открытом хранении техники – до 12 мес. Наносят состав распылением (расход – 0,15 кг/м^2), окунанием, кистью	Консервация наружных неокрашенных металлических поверхностей на открытых площадках
15. Мовиль (ТУ 0257-004-33992933–97)	Обладает пониженной вязкостью (условная вязкость – 15...50 с ВЗ-4 при 20 °С), высокими водовытесняющими, поропроникающими и защитными свойствами, удовлетворительной защитной эффективностью в агрессивных средах, низкой устойчивостью к атмосферным осадкам и солнечной радиации, легко удаляется углеводородными растворителями (бензин, сольвент). Наносят распылением (рас- ход – 0,15 кг/м^2), кистью. Защитное действие до 6 мес	Внутренняя защита труднодоступных металлических поверхностей и запасных частей
Защитные водно-восковые дисперсии		
15. ЗВВД-13 (ТУ 38101716–78)	Условная вязкость 14…15 с ВЗ-4 при 20 °С. Наносят окунанием, кистью, распылением покрытие в три слоя (расход – 0,3 кг/м^2). Дисперсия полностью высыхает в течение 2…3 ч с образованием бесцветной пленки толщиной 30…40 мкм. Срок защитного действия на открытой площадке до 9 мес	Защита от коррозии металлических поверхностей и предохранение от светового старения резинотекстильных и лакокрасочных изделий при хранении техники под навесом

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
16. ИВВС (ТУ 38-401-65–81)	Обладает высокой защитной способностью в агрессивных средах. Морозостоек. Срок защитного действия на открытых площадках до 12 мес. Допускает хранение и транспортировку при отрицательной температуре. После хранения расконсервация не требуется. Наносят	Защита от коррозии металлических поверхностей и предохранение от светового старения резинотекстильных и лакокрасочных изделий при хранении

	распылением (расход материала – 0,25 кг/м^2), кистью	техники под навесом
17. Герон, Герон-Б (ТУ 02-55-001-1147 752 32–02)	Образуют сплошные эластичные покрытия с хорошей адгезией, влагостойкие, нетоксичные, пожаровзрывобезопасные. Наносятся традиционными методами (расход – 0,25 кг/м^2), не ухудшают декоративные свойства защищаемой лакокрасочной поверхности. Срок защитного действия – до 12 мес на открытых площадках	Защита от коррозии наружных поверхностей дорогостоящей импортной сельскохозяйственной техники на открытых площадках
Маслорастворимые ингибиторы коррозии		
18. М-1 (ТУ 6-02-1132–88)	Совместим с моторными, индустриальными, трансмиссионными маслами. Применяется в виде 0,5…3 % добавки к минеральным маслам. Наносится окунанием, кистью, распылением (рас- ход – 0,1 кг/м^2). Эффективно защищает от коррозии технику при хранении на открытой площадке и под навесом – до 12 мес	Консервация наружных неокрашенных металлических поверхностей на открытых площадках и под навесом

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
19. АКОР-1 (ГОСТ 15171–78)	Хорошо совмещается с моторными, трансмиссионными маслами, дизельным топливом. Применяют в качестве 5…10 % ингибирующей добавки к маслам для внутренней консервации и 20…30 % для наружной консервации. Расход – 0,3 кг/м^2. Требует подогрева до 50…60 С. Срок защитного действия – до 12 мес в условиях, исключающих прямое попадание атмосферных осадков	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин, в том числе работавших в минеральных удобрениях, внутренняя консервация двигателей, трансмиссий, зубчатых редукторов
20. АКОР-1Б (Мобиин-3) (ТУ 33992933-003–97)	Улучшенный вариант присадки АКОР-1. При концентрации 20 % в индустриальном масле обеспечивает противокоррозионную защиту техники до 12 мес на открытых площадках. Расход – 0,3 кг/м^2	
21. Сламин (ТУ 38401799–90)	Применяют в виде добавки в моторные и трансмиссионные масла (10…20 %) и в дизельное топливо (0,1…10 %). Расход 0,2 кг/м^2. Обладает бактерицидным действием. Срок защиты – 12 мес	Внутренняя консервация деталей сельхозмашин
Отходы химических производств		
22. Эмульгин (ТУ 6-02-750–8)	Совместим с моторными и трансмиссионными маслами. Применяют в качестве ингибирующей и загущающей добавки к маслам (10…15 %) для наружной консервации Расход – 0,05 кг/м^2. Состав готовят смешиванием компонентов при 80…90 °С. Срок защиты – до 12 мес	Защита наружных поверхностей узлов и механизмов сельскохозяйственных машин при любых условиях хранения

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
23. ТВК-1 (ТУ 301-02-142–91)	Совместим с моторными маслами при 80 °С. Используют в качестве добавки до 10 % к отработанным моторным маслам (расход 0,05 кг/м^2). Защищает от коррозии технику при хранении на открытой площадке и под навесом – до 12 мес	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин
24. КО-СЖК (ОСТ 38.01182–80)	Совместим с моторными, трансмиссионными, индустриальными маслами при нагреве до 70…80 °С. Применяют в качестве 20…25 %-ной добавки к маслам для наружной консервации (расход – 0,2 кг/м^2). Защищает от коррозии технику при хранении на открытой площадке и под навесом – до 12 мес	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин
25. Микробный технический жир (ТУ 590304525–81)	Хорошо загущает минеральные масла. Используют в виде 3…7 %-ной добавки к отработанному маслу. Расход – 0,1 кг/м^2. Срок защиты под навесом – до 12 мес, на открытой площадке – до 6 мес	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин
26. ММО (масло моторное отработанное)	Кинематическая вязкость 12 мм^2/с при 100 °С. Защитные свойства возрастают с ростом срока эксплуатации масла. Смывается атмосферными осадками. Наносят окунанием, кистью, распылением (расход – 0,2…0,3 кг/м^2). Срок защиты на открытых площадках – 3 мес	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин

Продолжение табл. 6.2

Наименование и марка продукта	Свойства	Назначение
27. ПООМ (отход после очистки ММО карбамидом)	Высоковязкое вещество (кинематическая вязкость > 200 мм^2/с при 100 °С). Образует пленку толщиной ≥ 100 мкм. Разбавляется отработанным маслом (до 30 %) при 70…100 °С. Наносят кистью, распылением (расход – 0,6 кг/м^2). Допускается наносить по влажной поверхности без ухудшения защитных свойств. Срок защитного действия на открытых площадках 10…12 мес	Защита наружных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин, в том числе работавших в агрессивных средах минеральных удобрений

Бензинобитумные составы (*ББС*) сравнительно широко применяют для наружной консервации сельскохозяйственной техники в течение многих лет.

Для их приготовления можно использовать нефтяной строительный битум марок БН-4 и БН-5 (ГОСТ 6617–76) при соотношении битума и бензина 1: 1, 1: 2, 1: 3 и 1: 4. Мелко раздробленный битум заливают бензином, выдерживают в течение нескольких суток и тщательно перемешивают. Перед использованием составы фильтруют через металлическую сетку или несколько слоёв марли. При консервации на 1 м^2 площади расходуется 0,035 кг битума и 0,105 кг бензина (в соотношении 1: 3).

Битумными составами защищают от коррозии наружные поверхности рабочих органов машин (отвалы, лемехи плугов, лапы культиваторов, диски сеялок, лущильников и т.п.). Продолжительность защитного действия бензинобитумных составов на открытых площадках не более 6 мес.

Защитная эффективность в большой степени зависит от состояния поверхности. При испытании шлифованной или очищенной от продуктов коррозии поверхности стали Ст.3, защищённой ББС с соотношением битума к бензину 1:2, выяснилось, что первые 6 месяцев скорость коррозии мала, защитное действие колеблется в пределах 97...98,7 %. Увеличение концентрации бензина в ББС уменьшает их эффективность.

Если же исходную поверхность стали предварительно окислить (в течение 2 недель на открытой площадке без последующего снятия продуктов коррозии), то скорость коррозии возрастает в 8...10 раз, что связано с высокой вязкостью и слабой поропроникающей способностью ББС. Оставшаяся ржавчина, а также проникающая через консервант влага и атмосферный кислород вызывают рост коррозионного поражения стали, причём наибольший в первые 2 месяца. Скорость коррозии существенно зависит от содержания растворителя в исходном ББС.

ББС, несмотря на сравнительно низкую стоимость и высокую доступность и в настоящее время, характеризуются существенными недостатками: низкими водовытесняющими свойствами; высокой огнеопасностью; неудовлетворительной технологичностью консервации.

Пластичные смазки делятся на защитные консервационные и антифрикционные смазки. По своей природе пластичные смазки – структурированные тиксотропные дисперсии. Дисперсионной (твердой) фазой является загуститель (парафин, церезин, соли жирных кислот), дисперсионной (жидкой) средой – масло. Частицы загустителя за счет межмолекулярного взаимодействия образуют в смазке пространственный каркас, способный удерживать жидкую фазу.

К защитным смазкам предъявляют следующие требования:

– высокая адгезия к поверхности металла, которая зависит от энергии взаимодействия металла с маслом. Работа адгезии представляет собой работу отрыва адсорбционного мономолекулярного слоя от металла;

– высокая когезия консерванта, которая определяется энергией связи между различными частицами смазки и характеризует её способность удерживаться на смазанной поверхности всем нанесённым слоем. Работа когезии определяет минимальную энергию разрыва столба консерванта с образованием двух новых поверхностей раздела;

– низкая коррозионная агрессивность самого консерванта по отношению к защищаемой металлической поверхности;

– фазовая стабильность консерванта во времени. Нестабильность характеризуется изменениями в структуре смазки, которые могут привести к выделению жидкой фазы – солюбилизированной воды. В последнем случае коррозия будет протекать под слоем «одного раствора агрессивного электролита (за счёт поглощения из воздуха плёнкой воды растворимых газов SO_2, SOз, CO_2, хлоридов щелочных металлов, которые при взаимодействии с водой дают кислоты, значительно понижающие pH плёнки влаги);

– химическая стабильность консерванта во времени, например, за счёт подавления взаимодействия с кислородом воздуха, агрессивными газами и т.п.;

– микробиологическая стабильность и способность противодействовать микробиологической коррозии;

– низкая гигроскопичность, достаточная эластичность защитной плёнки, низкая испаряемость, способность противостоять высыханию;

– высокая термо- и морозостойкость в интервале температур от –40 до +40 °С. Используется широкая номенклатура пластичных углеводородных смазок, которые можно разделить на две большие групп- пы – неингибированные и ингибированные.

Неингибированные пластичные смазки. Это название не означает, что в составе таких композиций отсутствуют поверхностно-активные вещества, затормаживающие ионизацию металла и восстановление соответствующего окислителя. Такие поверхностно-активные вещества находятся в пластичных смазках и при отсутствии специально вводимых замедлителей коррозии. Поверхностно-активные вещества различного назначения вводятся в товарные или остаточные масла, образуются в процессе окисления углеводородов. Но их концентрация незначительна и эффективность невелика, слаба водовытесняю-

щая способность. Поэтому такие смазки служат для чисто механической защиты: препятствуют проникновению коррозионно-агрессивных агентов (O_2, H_2O, H_2S) к поверхности металла.

Принято считать, что защита неингибированными консервационными материалами и другими загущенными композициями обеспечивается масляной основой смазки, которая должна обладать высокой смазывающей способностью и давать непрерывную сплошную плёнку. Подобная механическая защита, не связанная с непосредственным изменением скоростей реакции на поверхности металла, в процессе коррозии не является достаточно эффективной. Поэтому толщина защитного слоя таких консервантов достигает нескольких миллиметров, а соответственно расход материала составляет ≈ 0,5…1 кг/м^2.

К неингибированным пластичным смазкам относятся технические вазелины, солидолы, графитные смазки, ЦИАТИМ-205, Литол-24 и др.

Ингибированные пластичные смазки весьма целесообразно использовать для консервации сельскохозяйственной техники. Для повышения защитной эффективности в пластичные смазки вводят маслорастворимые ингибиторы коррозии, окисленные петролатум и церезин, продукты, полученные на их основе; нитрованные масла; специально синтезированные ингибиторы коррозии – амины, амиды, эфиры, производные синтетических жирных кислот, алкенилянтарной кислоты, сульфонаты и т.д. Эти добавки, практически не изменяя вязкостных характеристик консистентных смазок, повышают их гидрофобность, снижают влагопроницаемость и многократно замедляют процессы ионизации металла или восстановления окислителя. Самой распространённой в настоящее время ингибированной пластичной смазкой, является пушечная (ПВК).

Жидкие защитные смазки характеризуется меньшей вязкостью, чем пластичные. Они более технологичны в процессах консервации и расконсервации при равной защитной эффективности. Наиболее распространённые жидкие защитные смазки – консервационные масла серии НГ (НГ-203, НГ-204, НГ-204У), и К (К-15, К-17Д-19) в настоящее время серийно уже не выпускаются.

Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (*ПИНС*) приводят к повышению эффективности и технологичности консервации.

Состав масляных пленок, образованных консистентными и жидкими защитными смазками, должен оставаться во времени максимально постоянным, давление насыщенного пара – незначительным, а состав пара, возможно, более близким к составу смазки. За счёт этого до предела уменьшаются испаряемость и изменение состава консерванта при длительном использовании.

В случае плёнкообразующих композиций давление насыщенного пара велико и его состав почти идентичен с составом растворителя. В определённой мере полученная таким образом плёнка приближается по своим свойствам к плёнкам, образуемым бензино-битумными составами, хотя имеются принципиальные различия.

Подобные композиции содержат плёнкообразующие вещества – воски, битумы, полимерные загустители, мыла синтетических жирных кислот. С изменением природы и состава композиций образуются плёнки различного состояния – твёрдые, полутвёрдые, близкие по структуре к мыльным, силикагелевым, мыльно-углеводородным и т.п.

В состав плёнкообразующих композиций входит летучий растворитель, назначение которого – создать маловязкий жидкий раствор, технологичный с точки зрения консервации и обладающий высокой поропроникающей способностью. После нанесения состава на поверхность растворитель быстро испаряется и формируется защитная плёнка нужной консистенции и состава.

В композиции вводят значительные количества контактных водо-, маслорастворимых и летучих ингибиторов коррозии. Таким образом, возникающие после испарения растворителя защитные плёнки подавляют коррозию металлов не только механически за счёт затруднения подачи коррозионно-агрессивных агентов, но и электрохимически, затормаживая скорость электродных реакций или химического взаимодействия.

Частичное растворение ингибиторов в воде ослабляет коррозионные процессы в водной фазе, образование которой возможно за счёт проникновения влаги и кислорода через защитную плёнку. Наличие летучих ингибиторов придаёт покрытиям способность тормозить коррозию в газовой фазе.

Загустители наряду с растворителями придают консервантам нужные вязкостные свойства. В качестве загустителей используют парафины, церезины, воски, а также полимеризационные и поликонденсационные загустители.

В соответствии с ГОСТ 9028–74 плёнкообразующие композиции делятся на три группы: смываемые – плёнки которых можно удалить нефтяными растворителями; снимаемые – плёнки которых характеризуются низкой адгезией к металлу; неснимаемые – плёнки которых обладают большой адгезией к металлической поверхности. Композиции всех трёх групп получили название ингибированных тонкоплёночных покрытий (ГОСТ 9103–78).

Для длительной наружной консервации сельскохозяйственной техники, технологического оборудования подходят такие смываемые, но, к сожалению, не выпускаемые в настоящее время серийно консерванты, как НГ-216А, МОПЛ-3, Ингибит-С и др. В своём составе они имеют: битум, каучук и воск с наполнителями (бентонит, силикагель, сажа, асбест, микрокальцит) и пигментами (оксиды металлов).

В композициях НГ-216Б, НГ-222Б большее содержание растворителя. Эти материалы отличаются высокой защитной эффективностью в агрессивных средах в условиях попадания прямых атмосферных осадков и солнечной радиации; удовлетворительной проникающей и водовытесняющей способностью.

Составы МОПЛ-2 и Мовиль используют для защиты труднодоступных металлических поверхностей и запасных частей. Эта группа характеризуется высокими водовытесняющими, поропроникающими и защитными свойствами, удовлетворительной защитной эффективностью в агрессивных средах и низкой устойчивостью к атмосферным осадкам и солнечной радиации.

Состав НГМ-МЛ отличается пониженной тиксотропностью, высокой пропитывающей и водовытесняющей способностью, а плёнка удовлетворительной защитной эффективностью в агрессивных средах и в газовой фазе, но низкой устойчивостью к воздействию атмосферных осадков и солнечной радиации. Наносят его под давлением.

Защитные водно-восковые дисперсии предназначены для консервации сельскохозяйственной техники, хранящейся в нерабочий период в основном в условиях закрытых неотапливаемых помещений. Характеризуются удовлетворительной проникающей и водовытесняющей способностью и защитной эффективностью в агрессивных средах. Многие из этих материалов обладают низкой устойчивостью к атмосферным осадкам, солнечной радиации. К этой группе относятся: защитная

водно-восковая дисперсия ЗВВД-13, ингибированный водно-восковой состав ИВВС, новые материалы Герон, Герон-Б. Одними из перспективных консервантов служат композиции на основе моторных масел, в том числе отработанных, с ингибиторами коррозии и противокоррозионными присадками.

Маслорастворимые ингибиторы коррозии представляют для сельского хозяйства наибольший интерес, так как в сочетании их со свежими и отработанными маслами можно получить рабоче-консервационные составы, используемые для внутренней и наружной консервации.

Таким образом, в определённой мере решается проблема обеспеченности недостающими консервационными материалами.

Разработано большое количество маслорастворимых ингибиторов коррозии и противокоррозионных присадок, при введении которых в моторные масла создаются консервационные и рабоче-консерва ционные составы, снижающие скорость коррозии металлов в сотни раз. Эффективными ингибирующими свойствами характеризуются, например, нитрованные масла, полученные нитрованием нефтепродуктов азотной кислотой. В их состав входят нитропарафины, нитро-ароматические соединения, алкилнитриты, нитроспирты, оксинитросоединения. На их основе получены такие ингибиторы коррозии, как АКОР-1, АКОР-1Б (Мобиин-3).

Ингибирующие добавки к маслам получают на основе всевозможных аминов (М-1,Эмульгин, МСДА-1, МСДА-2), синтетических жирных кислот (КП, МСДА-1, МСДА-2, КО-СЖК, Микробный технический жир), гидразексов и гидразидов (Гидразекс-79, Гидразекс-89) имидазолов, амидов и других соединений.

Традиционно в целях наружной консервации сельхозмашин используют *отработанные моторные масла* (*ММО*).

Использование ММО в качестве компонента консервационных противокоррозионных материалов является одним из возможных решений проблемы максимальной экономии и рационального использования нефтепродуктов. В качестве присадок к нему, помимо указанных выше маслорастворимых ингибиторов коррозии, можно использовать пушечную смазку ПВК, М-1, микробный жир, Техновит, КО-СЖК, ТВК-1, Эмульгин и др. Последние три присадки в сочетании с отработанными маслами позволили получить защитные композиции, наиболее эффективно противостоящие коррозии в условиях временного хранения техники на открытых площадках.

Основной вклад в ингибирующий эффект ММО вносят асфальто-смолистые соединения, прежде всего нейтральные смолы. В наиболее концентрированном виде они находятся в отходах после процесса очистки отработанных масел (ПООМ), которые также можно использовать для консервации сельскохозяйственной техники.

6.4. НОРМЫ РАСХОДА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Расчёт потребности в консервационных материалах производится на основе *норм их расхода* – максимально допустимого количества материала, необходимого для защиты от коррозии единицы сельскохозяйственной техники. *Норматив расхода* – это максимально допустимое количество консервационного материала для получения 1 м^2 поверхности изделия.

При определении норм и нормативов расхода консервационных материалов учитывают следующие нормообразующие элементы:

– чистый (полезный) расход, т.е. количество материала, необходимое для получения на поверхности металла покрытия заданной толщины.

Количество консервационного материала, нанесённого на 1 м^2 поверхности можно вычислить по формуле:

$$P = \frac{hd}{S},$$

где P – расход материала г/м^2; S – площадь консервируемой поверхности, м^2; h – толщина плёнки, мкм; d – плотность консервационного материала, г/см^3;

– технологические потери, обусловленные процессом нанесения материала и зависящие от способа нанесения, размеров и конфигурации металлоизделия (например, потери консервационного материала при распылении и последующем стекании с поверхности). Их учитывают, определяя опытным путем или используя нормативы потерь, которые можно найти в литературе;

– организационные потери, которые не должны превышать более 1 % расхода, можно также установить опытным путём или по статистическим данным.

При нормировании расхода консервационных материалов учитывают возможность использования отходов.

Норму расхода консервационного материала на изделие рассчитывают по формуле:

$$N = SnN_{\text{р}},$$

где S – площадь окрашиваемой поверхности, м^2; n – количество слоёв консервационного материала; $N_{\text{р}}$ – норматив расхода материала, г/м^2.

В таблице 6.3 приведены в качестве примера нормы расхода консервационной композиции, состоящей из 70 % ПООМ и 30 % ММО, при постановке на хранение сельскохозяйственной техники. Нормативы расхода компонентов при нанесении кистью: ММО – 30 г/м^2; ПООМ – 140 г/м^2. Если композицию наносят пневмораспылением, то норматив увеличивают в 1,2 раза.

6.3. Нормы расхода консервационной композиции

Наименование машин	Марка	Расход компонентов на 1 машину, кг	
		30 % ММО + 70 % ПООМ	
		ММО	ПООМ
Тракторные прицепы и полуприцепы	1-ПТУ-1,5	0,2	0,5
	ПТТ-2	0,3	0,7
Сеялки	Виктория	0,2	0,5
	УС-1 «Олеся»	0,4	0,9
	ССТ-12А	0,2	0,5

	СЗУ-3,6	0,4	0,9
Подборщик-копнитель	ПК-1,6 А	0,3	0,7
Пресс-подборщик	ПС-1,6	0,3	0,7
Волокуша	ВНШ-3,0	0,2	0,5
Насосная станция	СПН-50/80	0,1	0,2
Дождевальные машины и агрегаты	Фрегат	0,2	0,5
	ДДА-100М	0,2	0,5
	ДДН-70	0,2	0,5
	ДДН-100	0,1	0,2
Комбайны (зерноуборочные, силосоуборочные, кормоуборочные, картофелеуборочные)	СК-5	0,5	1,1
	Дон-1500	0,7	1,6
	Дон-750	0,6	1,4
	КСС-2,6	0,4	1,9
	КСК-100	0,2	0,5
	Енисей-720	0,4	0,9
	ПМ-420	0,1	0,2
	ПМ-400	0,3	0,7
Корнеуборочные машины	КС-6 / РКС-6	0,4	0,9
Ботвоуборочные машины	БМ-6А	0,4	0,9
Свеклопогрузчик-очиститель	СПС-4,2	0,4	0,9
Картофелесажалка	СМ-4Б-2	0.2	0,5
Машина для внесения удобрений	1РМГ-4	0,3	0,7
Плуги	ПТК-9-35	0,3	0,7
	ПЛН-5-35	0,2	0,5
	ПЛН-5-55	0,4	0,9
	ПГУ-5-45	0,3	0,7
	ПГУ-7-45	0,4	0,9
	ПЧ-4,5	0,5	1,1

Продолжение табл. 6.3

Наименование машин	Марка	Расход компонентов на 1 машину, кг	
		30 % ММО + 70 % ПООМ	
		ММО	ПООМ
Борона	ЗОР-07	0,1	0,2
Лущильники	ППЛ-10-25	0,2	0,5
	ЛДГ-10А	1,3	3,2
	ЛДГ-15А	2,0	5,0
	ЛДГ-20	2,6	6,0
Лущильник-культиватор	АЛК-10	1,5	3,5
Рассадопосадочная машина	СКН-6А	0,3	0,7
Косилки	КС-2,1	0,1	0,2
Жатки зерновые, захватом, м	6; 5; 4,1	0,6; 0,7; 0,6	1,4; 1,6; 1,4

6.5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ КОНСЕРВАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Оборудование для антикоррозионной обработки автотранспортных средств. Автосервис имеет наработанные предложения по оснащению оборудованием постов по антикоррозионной обработке автотранспортных средств. Для выполнения небольших объёмов работ предлагается достаточно простая система, в которую входит всего несколько элементов: пистолет с нижним резервуаром для распыления материалов (рис. 6.2), пневмосеть и компрессор. После заправки резервуара пистолет подключается к пневмосети и распыление производится посредством подачи сжатого воздуха от компрессора под рабочим давлением 0,6…0,8 МПа. С помощью одного комплекта можно достаточно качественно провести обработку как днища, так и скрытых полостей кузова. Импортные распылители для антикоррозионных постов приведены в табл. 6.4. Некоторые неудобства связаны с тем, что пистолет требует постоянной доливки антикора в резервуар. Этой проблемы можно избежать, используя для работы антикоры, выпускаемые многими фирмами в стандартных одноразовых евробаллонах (навинчиваются на штуцер распылителя вместо штатного резервуара); использованные баллоны заменяются новыми.

Рис. 6.2. Пистолет-распылитель с нижним резервуаром

6.4. Ручные распылители с нижним резервуаром

Наименование показателя	SATA HRS	HW	SATA HKD	MECCANICHE ANISPA 4
Производство	Германия	Германия	Германия	Италия
Требования к компрессору, л/мин	500	500	500…600	500…600
Номинальное давление, МПа	0,5	0,35	0,5	0,5
Объем резервуара, л	1,0	1,0	1,0	1,0
Стоимость, у.е.	197	80	400	280

Высокую производительность распыления обеспечивают профессиональные комплексы ASSALUB 102164 (1: 3) на базе насосов с пневмоприводом. Такой насос вместе с приёмной трубой располагается прямо на бочке, в которой находится антикор. Насос, имеющий пневматический привод, захватывает материал из бочки и подаёт его к пневматическому распылителю GRACO.

Мобильный комплекс на базе насосов ASSALUB 102164 (1: 3) для пневматического распыления и ASSALUB 1021180 (1: 26) для безвоздушного распыления монтируется на сменных бочках вместимостью по 20 л, устанавливаемых на ручной двухколёсной тележке. Обработка скрытых полостей производится воздушным методом, днища – безвоздушным. Тележка оснащена электрической конфоркой для подогрева бочки с вязкой мастикой, которой защищается днище и колесные арки.

Приведённая экспертная оценка свидетельствует о высоком ценовом уровне мобильных комплексов импортного производства. Вследствие этого их применение для консервации сельхозмашин экономически не оправдано. Успешным может быть использование импортных пистолетов с нижним резервуаром или создание технологических приспособлений для соответствующего переоборудования отечественных пневматических распылителей.

Технические средства для консервации сельхозмашин. Для проведения противокоррозионной защиты сельскохозяйственных машин в реальных условиях хранения создан комплекс мобильных технических средств консервации, представленных в табл. 6.5.

6.5. Комплекс технических средств для приготовления и нанесения консервационных составов

Наименование	Назначение	Применение
Очистительно-приготовительная установка ОПУ-50	Осветление масел моторных отработанных; приготовление консервационных композиций и битумных составов	На участках консервации техники при ремонтных мастерских и пунктах техобслуживания (ПТО)
Навесная установка для подготовки техники к хранению УПХН-50	Нанесение жидких побелочных и консервационных материалов; подъём машин при установке на опоры	На открытых площадках хранения техники
Передвижная установка для обработки машин нагреты-	Приготовление консервационных композиций;	На участках консервации и площадках хранения техники

ми консервационными материалами ПРК-3	нанесение загущенных композиций с подогревом	при ПТО
Мобильный энергопривод консервационного оборудования МЭП-02	Производство сжатого воздуха и электроэнергии для работы технических средств консервации	На открытых площадках хранения техники, в полевых условиях

Продолжение табл. 6.5

Наименование	Назначение	Применение
	Ручные распылители	
Компактный аппарат для нанесения жидких консервационных материалов ПРК-4	Нанесение жидких побелочных и консервационных материалов	На участках консервации машин при ПТО, открытых площадках хранения, в помещениях и под навесами
Консервационное устройство для нанесения загущенных композиций ПРК-5-28	Нагрев и нанесение загущенных консервационных композиций	На открытых площадках хранения техники

Очистительно-приготовительная установка ОПУ-50 состоит из резервуара для теплоносителя, внутри которого имеется бак для компонентов (рис. 6.3).

На крышке бака закреплены листовая мешалка и мерный щуп. Из бака выведены два патрубка с кранами d_y = 25 мм. Нижний патрубок находится на уровне дна, а верхний – поднят от дна на высоту 1/7 глубины бака. Установка оснащена автоматизированной системой нагрева теплоносителя и компонентов, включающей ТЭН мощностью 3,15 кВт, датчик температуры и пускозащитную аппаратуру. Температура теплоносителя поддерживается автоматически в интервале, заданном посредством термометра ТКП-150. Нагрев компонентов в баке осуществляется путём теплопередачи от нагретого теплоносителя, а смешива- ние – вручную с помощью листовой мешалки. В качестве теплоносителя пригодны индустриальные или моторные масла.

Установку размещают в ремонтной мастерской сельхозпредприятия и подключают к электросети. Бак *3* на 40…50 л заполняют отработанным маслом, слитым из двигателей ремонтируемой техники. Масло нагревают до 130…135 °С при температуре теплоносителя 140…160 °С. В нагретое масло при перемешивании листовой мешалкой *4* вводят карбамид в количестве ~0,5 кг. Затем ТЭН отключают, масло в баке отстаивается 1…2 дня при температуре 20…25 °С, при этом частицы загрязнений осаждаются на дно ниже крана *5*. Очищенный от загрязнений верхний слой масла объёмом 35…42 л сливают через кран *5* в ёмкость.

После этого включают ТЭН и нагревают теплоноситель до 100 °С для размягчения осадка. Сливают его через кран *8* в накопительную ёмкость. Затраты электроэнергии на полный цикл очистки масла составляют 10…12 кВт·ч. Таким способом в течение весенне-летнего се-

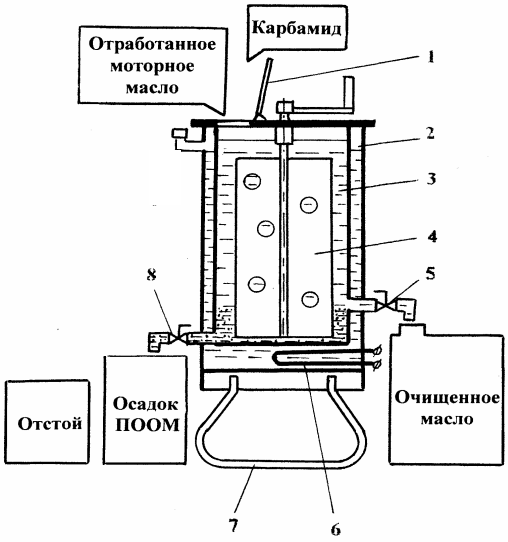
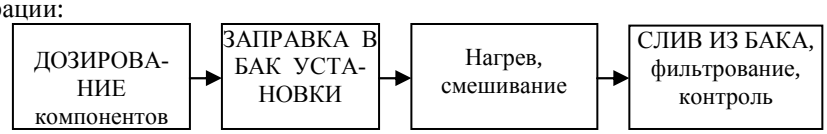


Рис. 6.3. Установка ОПУ-50:
1 – загрузочный люк; *2* – резервуар для теплоносителя; *3* – бак; *4* – мешалка; *5* – кран для очищенного масла; *6* – ТЭН; *7* – опора; *8* – кран для осадка

зона производят очистку отработанного масла и накапливают осадок для проведения консервационных работ.

Технологический процесс приготовления на установке ОПУ-50 консервационных композиций включает следующие операции:



При этом в бак установки загружают 30…35 л осадка и заливают 15…20 л ММО. Компоненты греют 1,5 ч при температуре теплоносителя 100…110 °С и периодически перемешивают. Затраты электроэнергии на приготовление консервационной композиции составляют – 4… 5 кВт·ч.

Для приготовления консервационных композиций на основе отработанных масел выгодно использовать доступные и недорогие отходы нефтехимических производств, в том числе присадки эмульгин (ОАО «Азот», г. Березники Пермской обл.), техновит и ТВК-1 (АО «Амдор», г. Санкт-Петербург), кубовые остатки синтетических жирных кислот КО-СЖК (ООО «Лукойл-Волгоградпереработка»), пушечную смазку ПВК (Оренбургский ОАО «Нефтемаслозавод»).

Все указанные присадки при нагреве до 80…100 °С и перемешивании с отработанными маслами образуют стабильные жидкости, которые после охлаждения густеют и с течением времени не расслаиваются. Концентрации присадок в приготавливаемых композициях различны:

Компоненты:	Эмульгин	КО-СЖК	Техновит	ТВК-1	ПВК
Концентрация в композиции с отработанным маслом, %	10…15	20…25	20…25	7…10	7…10

Благодаря нагреву через теплоноситель на установке ОПУ-50 готовятся битумные составы на керосине, дизтопливе и уайт-спирите. Этими составами заправляют ёмкости навесной установки УПХН-50 и компактного аппарата ПРК-4.

Навесная установка для подготовки техники к хранению УПХН-50 (рис. 6.4) включает гидроподъемник, два резервуара для консервационных материалов, ресивер, шланги для подачи консервационного материала и сжатого воздуха к распылителю и раму с замком для автоматической сцепки СА-1.

Пневморедуктор соединён с ресивером установки, который посредством воздушного шланга подключают к ресиверу трактора. Гидроподъёмник шлангами высокого давления подключают к гидравлической системе трактора. Установка комплектуется наконечником для подкачки шин и насадкой к распылителю для обработки труднодоступных узлов сельскохозяйственных машин. К насадке придаются сопло диаметром 2,5 мм и заглушка.

При подготовке к работе установку навешивают на автосцепку трактора и подключают к его пневматической и гидравлической системам. В один резервуар установки заливают битумный состав, в дру- гой – светозащитный (мело-казеиновый или смесь олифы с алюминиевой пудрой). Консерванты на поверхности машин наносят поочередно, подав их из резервуаров к распылителю под давлением сжатого воздуха. При необходимости нанесения светозащитного состава вместо битумного (и наоборот) производят закрытую продувку и очистку распылителя и шланга подачи от остатков предыдущего материала. Для этого на насадке вместо сопла крепят заглушку, затем посредством воздушного крана сообщают полость резервуара с атмосферой и включают распылитель. Консервант вытесняется сжатым воздухом из распылителя и

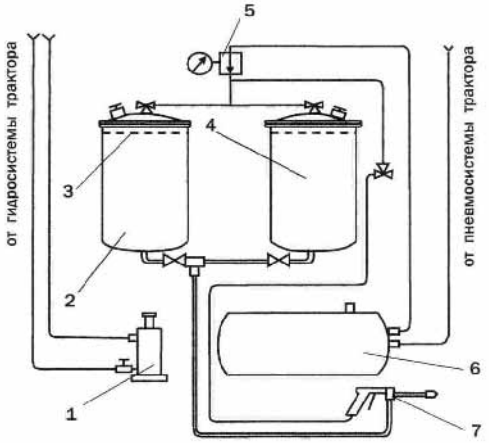


Рис. 6.4. Навесная установка УПХН-50:
1 – гидроподъёмник; *2* – резервуар для светозащитного состава; *3* – фильтрующая сетка; *4* – резервуар для консерванта; *5* – пневморедуктор; *6* – ресивер; *7* – распылитель с насадкой

шланга обратно в резервуар. Его брызги оседают на фильтрующей сетке резервуара и не загрязняют окружающую среду.

Установка УПХН-50 поставлена на серийное производство в АО «Кирсановский механический завод». Эксплуатационно-технологи ческие показатели консервации сельхозмашин приведены в табл. 6.6.

Производительность нанесения консервантов с использованием установки возрастает в 3 – 5 раз в сравнении с консервацией вручную, улучшается качество защитного покрытия (сплошность, равномерность, защитные свойства). Длительность вспомогательных операций составляет 7,3…8,7 % времени смены, часовой расход топлива – 1,7…2,1 кг/ч. Установка надеж-

но выполняет технологический процесс, затраты времени на устранение технологических и технических неисправностей незначительны, коэффициент технической готовности составляет 0,99. Техническая характеристика УПХН-50 представлена в табл. 6.7.

Передвижная установка для обработки машин нагретыми консервационными материалами ПРК-3Г (рис. 6.5) содержит обогреваемый бак *2* с мешалкой, шланги *7* и *10* подачи сжатого воздуха и композиции, распылитель *8*, пневморедуктор *4* с манометром (*P*) и понижающий трансформатор *5* (220/29В).

6.6. Эксплуатационно-технологические показатели установки УПХН-50

Наименование показателя	Значение показателя по маркам машин				
	ПЛН-8-40	КПС-4	КСМ-4	СЗП-3,6	Дон-1500
Количество машин, законсервированных за 1 ч, шт.:					
основного времени	13,9	7,2	3,8	2,5	1,2
сменного времени	7,8	4,6	2,6	1,8	0,9
Удельный расход топлива, кг/шт.	0,27	0,4	0,7	0,98	1,91
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:					
технологического обслуживания	0,89	0,89	0,89	0,91	0,9
использования сменного времени	0,57	0,64	0,7	0,72	0,74
Основные показатели процесса:					
расход консерванта, кг/шт.	0,5	0,81	1,22	1,62	3,09
производительность нанесения покрытия за 1 ч сменного времени, $м^2$/ч	32,4	31,2	26,4	24,6	23,4

6.7. Техническая характеристика навесной установки УПХН-50

Вместимость, л:	
резервуаров	2×25
ресивера	20
Давление воздуха, МПа:	
в ресивере	0,65
на распыление	0,3…0,4
Длина шлангов, м	по 10
Грузоподъёмность гидроподъемника, кН	50
Ход его штока, мм	190
Габариты установки, мм	1080×825×1180
Масса, кг	175

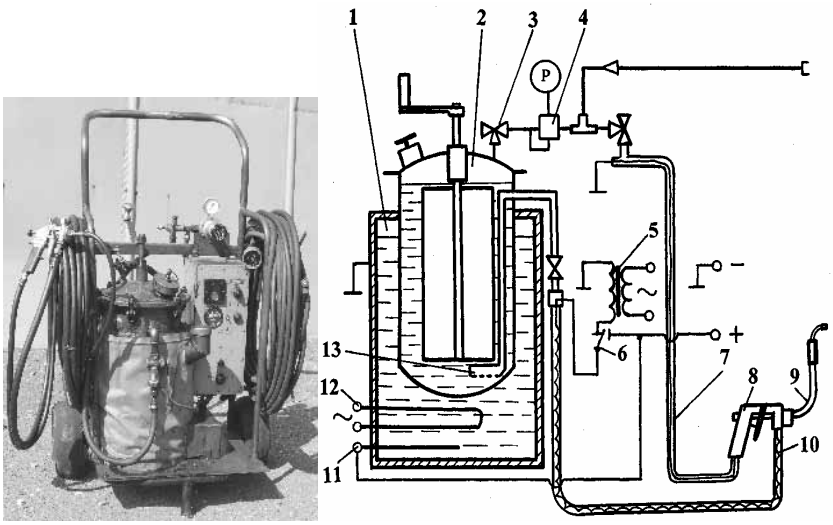


Рис. 6.5. Установка для обработки машин нагретыми консервационными материалами ПРК-3Г:
1 – масляная рубашка; *2* – бак; *3* – кран; *4* – пневморедуктор; *5* – трансформатор; *6* – переключатель; *7*, *10* – шланги; *8* – распылитель; *9* – гибкая насадка; *11* – подогреватель; *12* – ТЭН; *13* – фильтр

Бак *2* оснащен патрубком с фильтром *13*, масляной рубашкой *1*, в которой размещены два подогревателя *11* (на 30 В) и ТЭН *12* (на 220 В). Внутри шланга *12* подачи композиции пропущена спираль, один конец которой через металлический корпус

распылителя *8* и провод в шланге *7* соединён с массой установки. Другой конец присоединён к переключателю *6*, соединяющему спираль с трансформатором или с генератором. Распылитель *8* снабжен гибкой насадкой *9*.

Для работы установки на участке консервации (на стационаре) необходимы электрифицированный компрессор и электросеть для питания ТЭНа *12* и спирали в шланге *10* подачи композиции. При работе на площадках хранения требуются передвижной компрессор и генератор напряжением 28…30 В для питания подогревателя *11* и спирали в шланге *10*.

Длительность приготовления 20 л консервационной композиции составляет 1,25 ч при нагреве компонентов до 90 °С и теплоносителя – до 142 °С, энергоёмкость процесса приготовления – 0,125 кВт·ч/л. Применение подогревателя замедляет в три раза интенсивность охлаждения нагретой композиции при консервации техники на открытой площадке. Нагревательная спираль обеспечивает подогрев композиции в шланге на 35 °С и снижение температурного порога работоспособности установки с 15 до 0 °С при производительности нанесения покрытия – до 110 м^2/ч.

6.8. Техническая характеристика передвижной установки ПРК-3Г

Вместимость, л:	
бака	20
масляной рубашки	15
Требования к компрессору, л/мин	500
Требования к электросети, В	380/220
генератору, В (Вт)	28 (1000)
Мощность, кВт:	
ТЭНа	2
подогревателя	0,35
электроспирали	0,25
Длина шлангов, м	10…15
Габариты установки, мм	550×800×1200
Масса, кг	90

Ручные распылители консервационных материалов применяют при консервации машин в хозяйствах с небольшим парком техники. Основными элементами ручных распылителей ПРК-4 и ПРК-5-28 отечественного производства являются пистолет-распылитель, насадка, воздушный шланг и съёмные полиэтиленовые баллоны из-под газированных напитков, которые стойки к действию масел и бензина, выдерживают внутреннее давление сжатого воздуха 0,75 МПа и нагрев до 75 °С.

Распылители должны соответствовать эксплуатационным условиям подготовки сельхозмашин к хранению, обеспечивая нанесение покрытия на труднодоступные поверхности (диски сошников сеялок, цепи элеваторов и транспортёров), а также поверхности сложной конфигурации (штоки гидроцилиндров, звездочки цепных передач, шнеки). Это может быть достигнуто за счёт оснащения распылителя гибкой насадкой с соплом и подачи к нему консервационного материала под давлением. Воздух и консервационный материал, поступающие в насадку, смешиваются внутри неё и в виде аэрозоля через сопло истекают наружу. Как правило, степень дробления материала при внутреннем смешении меньше, чем в случае применения распылителей с головками внешнего смешения. Однако при этом потери композиции на туманообразование ниже, так как факел аэрозоля состоит из грубодисперсных частиц.

Компактный аппарат для нанесения жидких материалов ПРК-4 (рис. 6.6) содержит пистолет-распылитель *2*, распределитель *11*, гибкую насадку *1*, тройник с воздушным шлангом *3* и сменный полиэтиленовый баллон *8*.

В состав распределителя включён регулятор *5* давления воздуха, подаваемого в баллон, посредством которого корректируют расход материала. Дисперсность факела распыла корректируют вращением винта *4* на тройнике, изменяя подачу воздуха на распыление.

Небольшая длина трубки *9* подачи материала позволяет снизить гидравлическое сопротивление движению материала на распыление в 10…12 раз, что способствует нанесению ингибированных композиций с пониженным содержанием органических растворителей. Для работы аппарата требуется небольшой объём сжатого воздуха, который может быть подан как от компрессорной установки, так и от пневмосистемы колесного трактора (МТЗ, ЛТЗ, ЮМЗ).

Компактный аппарат удобен в эксплуатации, так как оператор одной рукой держит его на уровне пояса и включает в работу, а другой рукой направляет насадку на консервируемые поверхности сельхозмашин. Благодаря несложной конструкции, приспособленности к работе в стесненных условиях с минимальным технологическим обеспечением компактный аппарат ПРК-4 применим в кооперативных и фермерских хозяйствах при консервации единичных машин и техники, хранящейся в закрытых помещениях и под навесом.

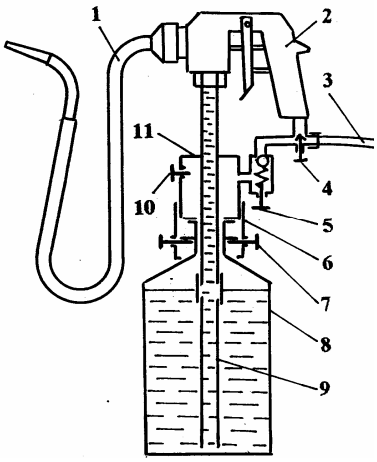


Рис. 6.6. Компактный аппарат ПРК-4:
1 – насадка; *2* – пистолет-распылитель; *3* – шланг; *4* – винт; *5* – регулятор давления; *6* – обойма; *7* – зажим; *8* – баллон; *9* – трубка; *10* – пробка; *11* – распределитель

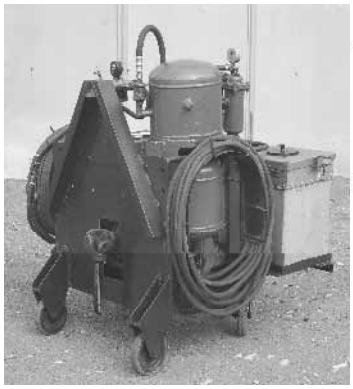
Консервационное устройство для нанесения загущенных композиций ПРК-5-28 оснащено электрическим подогревателем, работающим от электроэнергии тракторного генератора. По конструктивному исполнению (рис. 6.7) устройство ПРК-5-28 представляет собой модификацию аппарата ПРК-4. Его подогреватель содержит два резистора, один из которых нагревает композицию в баллоне, другой – в шланге гибкой насадки. Гибкую насадку для нанесения консервационных материалов в труднодоступных местах устанавливают на распылителе взамен его головки. На ней крепят сменные сопла с отверстиями – ∅2,3; ∅3,0; ∅3,5 мм. Консервационные материалы низкой вязкости – до 50 с ВЗ-4 (ЗВВД-13, ИВВС, ЗИВС) распыливают воздухом пониженного давления (0,2…0,25 МПа) соплом с отверстием ∅2,3 мм, а загущенные композиции вязкостью до 180 с – соплом ∅3,0…3,5 мм при давлении 0,4 МПа.

Мобильный энергопривод консервационного оборудования МЭП-02 (рис. 6.8) выполнен навесным с приводом от ВОМ трактора. Энергопривод имеет раму, конический редуктор с карданным валом, компрессор У-43102, ресивер, генератор Г 1000 В с пускозащитной аппаратурой, электрокабель, термованну, два воздушных шланга. Пневмосистема энергопривода обеспечивает оперативное снабжение потребителей сжатым воздухом от ресивера (повышенного давления) или от пневморедуктора (пониженного давления). В комплект энергопривода включены насадка для подкачки шин, обогреваемый обдувочный шланг, компактный аппарат ПРК-4 и консервационное устройство ПРК-5-28.

Рис. 6.7. Консервационное устройство ПРК-5-28

6.9. Техническая характеристика ручных распылителей ПРК-4 и ПРК-5-28

Модель распылителя	ПРК-4	ПРК-5-28
Технологическое обеспечение	от пневмосети трактора	от компрессора и генератора (30 В)
Вместимость бачка, л	1,4	
Давление воздуха, МПа	0,3…0,5	
Производительность нанесения покрытия, м^2/ч	110	130
Длина насадки, мм	1020	1100
Диаметр сопла, мм	2,3	2,3…3,5
Потребляемая мощность, Вт	–	105
Длина шланга, м	10	
Диаметр шланга, мм	12	
Масса распылителя (со шлангом), кг	5,9	6,5



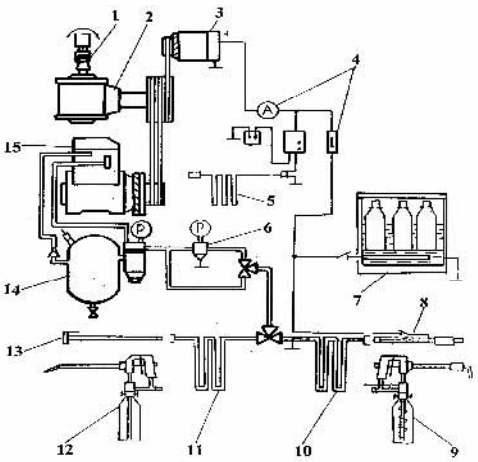


Рис. 6.8. Мобильный энергопривод МЭП-02:
1 – карданный вал; *2* – редуктор; *3* – генератор; *4* – пускозащитная аппаратура; *5* – электрокабель; *6* – пневморедуктор; *7* – термованна; *8* – обдувочный шланг;
9 – устройство ПРК-5-28; *10* и *11* – воздушные шланги; *12* – аппарат ПРК-4;
13 – насадка для подкачки шин; *14* – ресивер; *15* – компрессор

Посредством мобильного энергопривода механическая энергия от ВОМ трактора преобразуется в энергию сжатого воздуха (компрессором) и в электроэнергию (генератором), которые затем используются при реализации технологических операций консервации сельскохозяйственной техники. Вязкие консервационные композиции, расфасованные в полиэтиленовые баллоны, перед нанесением подогревают в термованне *7* до 30…40 °С. На площадках хранения выполняют работы по обдувке и сушке поверхностей, нанесению защитных покрытий, подкачке шин.

При работе на пониженных оборотах ВОМ производительности компрессора (15 м^3/ч) достаточно для нанесения консервационных покрытий одним компактным аппаратом ПРК-4. При номинальных оборотах ВОМ компрессор обеспечивает сжатым воздухом оба ручных распылителя – ПРК-4 и ПРК-5-28, а рабочий процесс консервации осуществлялся двумя механизаторами. При этом производительность нанесения покрытия увеличивается на 75 %, а расход топлива всего на 14 %.

Благодаря применению автотракторного генератора обеспечена электробезопасность рабочего процесса консервации без заземляющего устройства. Гибкие связи энергопривода с технологическим оборудованием в виде шлангов и проводов позволяют снизить его массивность и габариты, улучшить доступность к объектам консервации, повысить оперативность управления технологическими режимами.

7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ЗАПРАВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

7.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗЕРВУАРАХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В сельскохозяйственном производстве на нефтескладах и нефтебазах топливо-смазочные материалы в основном хранятся в специальных резервуарах [23].

Резервуар – это ёмкость для хранения нефтепродуктов. Он является одним из основных сооружений нефтебаз и нефтескладов, нефтеперерабатывающих заводов и заправочных станций.

Резервуары эксплуатируются в соответствии с правилами технической эксплуатации металлических резервуаров и инструкцией по их ремонту. Каждый резервуар должен соответствовать типовому проекту, иметь технический паспорт и соответствующее оснащение (комплект оборудования), а также порядковый номер, чётко написанный на корпусе согласно технологической карте и схеме резервуарного парка (номер заглубленного резервуара должен быть указан на специально установленной табличке).

Нефтепродукты каждого сорта или марки хранятся в отдельных, предназначенных для них исправных резервуарах, исключающих попадание в них атмосферных осадков и пыли. По ГОСТ 1510–84 металлические резервуары должны иметь внутреннее маслобензостойкое и паростойкое защитное покрытие, удовлетворяющее требованиям электростатической искробезопасности. Металлические резервуары для автомобильных бензинов и дизельных топлив должны подвергаться периодической зачистке: не менее одного раза в два года. При длительном хранении нефтепродуктов допускается зачистка металлических резервуаров после их опорожнения, кроме того, резервуары зачищают при смене сорта нефтепродукта, освобождении от пирофных отложений, высоковязких осадков с наличием загрязнений, ржавчины и воды, ремонте согласно графику, а также при проведении полной комплексной дефектоскопии. При смене сорта нефтепродукта чистота резервуара и готовность его к заполнению должны соответствовать требованиям ГОСТ 1510–84 для обеспечения сохранности качества топливно-смазочных материалов.

Упакованные нефтепродукты следует хранить (в зависимости от климатических условий) в зданиях или на площадках под навесами, а нефтепродукты с температурой вспышки выше 45 °С – на открытых площадках.

Вновь изготовляемая металлическая тара должна иметь внутреннее маслобензостойкое и паростойкое защитное покрытие, обеспечивающее электростатическую искробезопасность. После налива нефтепродуктов тара должна быть снаружи чистой и сухой, за исключением тары, покрытой консервационными смазками.

Допускается хранение горючих нефтепродуктов в таре в одноэтажных подземных сооружениях.

Хранение нефтепродуктов в таре на открытых площадках обусловливает выполнение следующих требований:

число штабелей тары с нефтепродуктами – не более шести;

габаритные размеры штабеля – 25×15×5,5 м;

расстояние между штабелями на площадке 5 м, между штабелями соседних площадок 1,5 м.

Хранение бочек с нефтепродуктами на складах допускается только пробками вверх. Неисправные бочки и без пробок на хранение приниматься не должны.

Техническая характеристика отечественных стальных бочек, используемых для перевозки и хранения нефтепродуктов, представлена в табл. 7.1.

Наибольшее распространение для хранения нефтепродуктов в АПК получили горизонтальные стальные резервуары. Техническая характеристика резервуаров, находящихся в эксплуатации на складах нефтехозяйств сельскохозяйственных товаропроизводителей, приведена в табл. 7.2.

Недостатком этих резервуаров является отсутствие внутреннего антикоррозионного покрытия, хотя согласно ГОСТ 1510–84 такое покрытие необходимо.

Техническая характеристика резервуаров этой же серии большей вместимости приведена в табл. 7.3. В отличие от транспортных резервуаров Р-5О...Р-100 имеют не комбинированные, а простые грузовые скобы, которые служат для установки порожних резервуаров и их крепления при перевозке к местам установки.

7.1. Техническая характеристика стальных бочек

Показатели	По ГОСТ 6247–79	По ГОСТ 13950–76
Вместимость, л	100; 200; 275	10; 100; 200
Рабочее давление, кПа	50	30...50
Допустимый вакуум, кПа	25	–
Масса, кг	26; 50; 58	7...9,5; 12...16,5; 26...37

7.2. Техническая характеристика горизонтальных стальных резервуаров

Проект	Вместимость, м^3		Диаметр, мм	Длина, мм	Поверхность, м^2	Толщина листа, мм
	номинальная	полная				
Для наземной установки с плоским днищем						
704-1-43	5	5,4	1846	2030	17,14	3
704-1-44	10	11,3	2200	3014	28,30	4
704-1-45	25	26,1	2870	4073	49,52	4
704-1-46	50	51,4	2870	8023	85,08	4
704-1-47	75	74,0	3250-	8983	108,07	4
Для подземной установки с плоским днищем						
704-1-43	5	5,4	1848	2032	17,14	4
704-1-44	10	10,6	2200	3014	27,80	4
704-1-45	25	26,0	2870	4258	49,38	4
704-1-46	50	51,2	2870	8023	84,85	4
704-1-47	75	73,7	3250	8983	107,57	4

7.3. Техническая характеристика горизонтальных резервуаров для хранения нефтепродуктов

Показатели	Р-50	Р-60	Р-75	Р-100
Вместимость, м^3:	54,18	63,72	76,61	101,33
полная	50	60	75	100
номинальная				
Размеры, мм:	9610	9760	11100	12764
длина	2770	2770	3250	3250
диаметр				
ширина по грузовым скосам	2836	2836	–	–
Масса, кг	3350	4243	4630	5325

Для хранения нефтепродуктов широко используются стальные сварные горизонтальные резервуары, основные типы которых в зависимости от вместимости приведены в табл. 7.4, 7.5, а основные их внутренние размеры на рис. 7.1.

7.4. Типы резервуаров по ГОСТ 17032–71

Тип	Номинальная вместимость, м^3	Область применения
Р-5	5	Для хранения нефтепродуктов
Р-10	10	
Р-25	25	
Р-50	50	
Р-75	75	
Р-100	100	
Для обычных типов горючего		
Р-4	4	Для хранения и транспорти-рования нефтепродуктов
Р-8	8	Для хранения нефтепродуктов
.Р-20	20	
Р-60	60	
Для специальных видов горючего		
Р-4С	4	Для хранения и транспорти рования нефтепродуктов
Р-8С	8	Для хранения нефтепродуктов
Р-20С	20	
Р-60С	60	

7.5. Техническая характеристика резервуаров

Номинальная вмести-мость, м^3	Проект	Наружный диаметр, мм	Длина, мм	Толщина металла, мм	Высота, мм	Масса, кг
Вертикальные						
5	704-1-107	1846	2036	3	2018	446
10	704-1-108	2220	3100	4	3100	980
25	704-Г-109	2760	4278	4	2518	1886
50	704-1-110	2870	8480	4	3218	3369
Горизонтальные						
5	РВО-5	1788				473
10	РВО-10	2233				840
15	РВО-15	2818				1886
25	РВО-25	3186			1750	

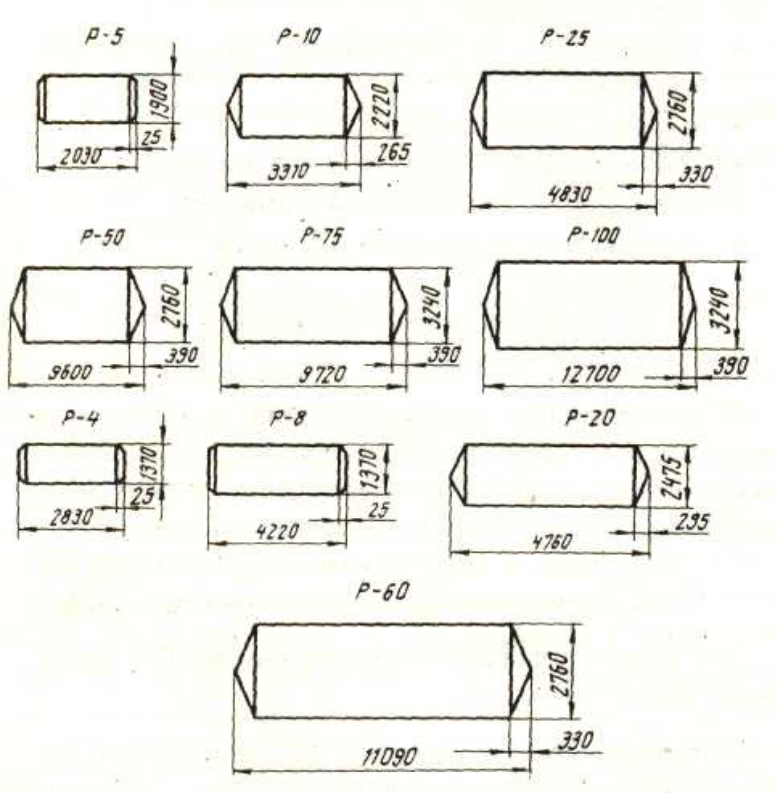


Рис. 7.1. Основные внутренние размеры резервуаров

В эксплуатации также находятся горизонтальные стальные резервуары старых годов выпуска типа РГС вместимостью 5; 9,5; 10; 10,5; 11; 13,5; 24; 25; и 26,5 м, которые установлены в основном стационарно на нефтескладах и заправочных пунктах в наземном и заглубленном вариантах.

Основные сравнительные характеристики стальных цилиндрических резервуаров вместимостью до 100 м^3 производства Германии приведены в табл. 7.6.

По виду хранимого нефтепродукта резервуары делят на две группы: для светлых нефтепродуктов, для темных нефтепродуктов и масел, по виду конструкционных материалов на металлические и неметаллические, по форме на цилиндрические, сферические и прямоугольные.

7.6. Стальные резервуары производства Германии

Номинальная вместимость, м^3	Диаметр, мм	Длина, мм	Толщина листа, мм
30	2000	10120	6
30	2500	6860	7
40	2500	8800	7
50	2500	10800	7
60	2500	12300	7
80	2900	12750	9
100	2900	15950	9

По расположению днища относительно уровня прилегающей поверхности резервуары подразделяются:

- на наземные (днище расположено на поверхности грунта или выше его);
- полуподземные (частично заглубленные в грунт, причем наивысший уровень нефтепродукта в них может возвышаться над поверхностью земли не более чем на 2 м);
- подземные (наивысший уровень нефтепродукта находится не менее чем на 0,2 м ниже планировочной отметки территории резервуарного парка, а максимально допустимое заглубление, т.е. расстояние от поверхности земли до верха обечайки, 1,2 м).

По способу изготовления стальные резервуары делят на: клепаные, сварные и специальной конструкции.

Наиболее распространены сварные резервуары, поскольку они экономичнее и прочнее клепаных.

Вертикальные стальные резервуары подразделяют по внутреннему давлению: без давления (с понтоном, плавающей крышей и т.п.), низкого давления (до 200 мм вод. ст. и вакуум до 25 мм вод. ст.) и повышенного (до 7000 мм вод. ст. и вакуум от 25 до 100 мм вод. ст.).

Кроме этого, в зависимости от конструкции их делят на резервуары:

- стандартные (с коническим днищем и плоской крышей);
- с коническим днищем;
- с конической бесстропильной крышей;
- со сферическими крышей и днищем;
- с радиальными крышей и днищем;

- казематные;
- с наружной бетонной оболочкой;
- с несущей оболочкой.

Горизонтальные цилиндрические резервуары в зависимости от конструкции делят на резервуары: с плоским днищем (обычно вместимостью до 8 $м^3$, а более 8 $м^3$ разрешается изготовлять только по требованию заказчика), с коническим (вместимостью более 8$м^3$) и сферическим (устаревшая конструкция).

Эти резервуары рассчитаны на внутреннее давление до 4000 мм вод. ст.

Сфероидальные резервуары по конструкции делят на каплевидные, многокупольные и со сферическим днищем.

Резервуары специальной конструкции бывают с плавающими крышами, с дышащими и разборные.

Наибольшее распространение на нефтебазах получили стальные вертикальные сварные резервуары вместимостью 100...50 000 $м^3$, а на нефтескладах и заправочных станциях – горизонтальные и вертикальные вместимостью 5...100 $м^3$. За рубежом распространены резервуары вместимостью 40...120 тыс. $м^3$ с плавающей крышей.

Неметаллические резервуары подразделяются на резервуары: со сборными стенами покрытия и монолитным основанием, со сборным покрытием и монолитными стенкой и основанием, полностью монолитные.

7.2. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Транспортировка нефтепродуктов в основном осуществляется с помощью автомобильных цистерн на шасси автомобилей, полуприцепов и прицепов. Они представляют собой специализированные автотранспортные средства, которые оснащаются собственно цистерной и различным технологическим оборудованием для приёма, транспортировки, хранения и выдачи нефтепродуктов.

Различные типы автомобильных цистерн классифицируют по следующим признакам:

– по типу базового шасси (автомобиль, полуприцеп, прицеп) – автомобили-цистерны, полуприцепы-цистерны и прицепы-цистерны;

– по виду транспортируемого нефтепродукта – для топлив (бензин, дизельное топливо, газотурбинное топливо, керосин, лигроин), масел (моторное, трансмиссионное, индустриальное, турбинное, компрессорное, электроизоляционное, приборное), мазутов и битумов;

– по назначению – транспортные и транспортно-заправочные;

– по проходимости базового шасси – обычной проходимости и повышенной;

– по типу несущего элемента базового шасси – рамные и безрамные несущие;

– по месту расположения кабины (пульта управления) – с передним, средним или задним расположением;

– по вместимости цистерны – малой (до 2 т), средней (от 2 до 5 т), большой (от 5 до 15 т) и особо большой (более 15 т).

Для автомобильных цистерн в качестве базовых шасси применяют практически все выпускаемые промышленностью грузовые автомобили. Разделение автомобильных цистерн на три вида транспортируемого нефтепродукта обусловлено как его плотностью (залив более плотного нефтепродукта требует уменьшения его объёма), так и недопустимостью даже незначительного смешивания различных видов нефтепродуктов. При этом если использование автомобильных цистерн из-под топлив для транспортировки масел возможно, то обратный вариант (из-под масел для топлив) требует промывки и зачистки цистерны. В случае транспортировки мазутов цистерны не допускают в дальнейшем для заливки топлив и масел даже после промывки и зачистки.

Одним из важнейших показателей, определяющих область применения автомобильных цистерн, является их проходимость. Поэтому для условий сельской местности необходимо использовать базовые шасси повышенной проходимости (невзирая на то, что при этом уменьшается вместимость устанавливаемой цистерны), которые позволяют в любых дорожных условиях и по бездорожью подъехать к работающей автотракторной технике и заправить её нефтепродуктами.

Благодаря высокой прочности цистерн цилиндрической формы некоторые полуприцепы и прицепы изготавливаются несущими (безрамными). За счёт этого при той же осевой нагрузке становится возможным уменьшить собственную массу и повысить вместимость цистерны наряду с упрощением её конструкции.

Принятое разделение автомобильных цистерн по вместимости обусловлено классификацией грузовых автомобилей по грузоподъёмности. При этом автомобили-цистерны обозначают буквенным индексом завода-изготовителя с цифровым индексом, в котором первые две цифры 16, 26, 36, 46, 56, 66 и 76 обозначают полную массу автомобиля, а вторые две – модель (иногда пятая цифра соответствует номеру модификации). Для прицепов-цистерн и полуприцепов-цистерн после буквенного индекса завода-изготовителя через тире пишутся четыре цифры: первые две (86 или 96) обозначают прицеп-цистерну (86) или полуприцеп цистерну (96), а две следующие – полную массу прицепного состава (третья и четвертая).

Иногда встречается условное обозначение, которое применялось ранее. Его основные признаки: тип базового шасси (А – автомобиль, П – прицеп, ПП – полуприцеп); тип цистерны (Ц – транспортная, ТЗ – топливозаправочная); номинальная вместимость ($м^3$), марка базового шасси.

Примеры условных обозначений:

АЦ-4-130 – автомобиль-цистерна транспортная вместимостью 4 $м^3$ на шасси автомобиля ЗИЛ-130;

ПЦ-5,6-817 – прицеп-цистерна транспортная вместимостью 5,6 $м^3$ на шасси прицепа ГКБ-817;

ППЦ-16,3 – полуприцеп-цистерна транспортная вместимостью 16,3 $м^3$.

Общий типаж автомобильных цистерн базируется на типаже грузовых автомобилей, автомобильных прицепов, полуприцепов и автопоездов, которым предусмотрен выпуск шасси автомобилей, прицепов и полуприцепов для изготовления специализированного подвижного состава.

Обычно компоновка оборудования цистерн (на шасси автомобилей, полуприцепов и прицепов) обусловлена перечнем выполняемых технологических операций и соответствующим конструктивным оформлением (т.е. транспортная или заправочная цистерна).

Автомобильные цистерны, предназначенные для приема, транспортировки и выдачи нефтепродуктов, называются транспортными. В состав их технологического оборудования входят цистерна, насос, приемные и раздаточные рукава (в упрощенном варианте насосы отсутствуют).

Автомобильные цистерны, которые помимо вышеуказанных функций выполняют также заправку мобильной сельскохозяйственной энергетики, относятся к заправочным средствам. Технологическое оборудование заправочных автомобильных цистерн включает в себя соответствующие фильтры, счетчики, раздаточные рукава, раздаточные краны и другое оборудование (в зависимости от конструкции данной автомобильной цистерны).

Органы и средства управления технологическим оборудованием находятся в специальных кабинах управления, которые в зависимости от типа привода, места установки насоса, основного и дополнительного двигателя его привода, а также типа запорной арматуры и системы управления (механический, гидравлический или пневматический привод) могут располагаться впереди, сбоку или сзади цистерны.

Далее представлены некоторые маслотопливозаправочные агрегаты, выпускаемые современной отечественной промышленностью.

Топливомаслозаправщики

Автомаслозаправщики (АМЗ), автотопливомаслозаправщики (АТМЗ) предназначены для транспортировки, временного хранения и дозированной выдачи светлых нефтепродуктов и различных масел.Выполняемые функции:

- транспортировка топлива,
- дозированная выдача топлива через узел выдачи топлива.

Узел выдачи топлива:

- насос (центробежный или шестеренчатый),
- счетчик,
- раздаточный рукав,
- пистолет.

АМЗ, АТМЗ выпускаются на базе следующих шасси автомобилей (табл. 7.7).

Таблица 7.7

МОДЕЛЬ	БАЗОВОЕ ШАССИ	Объём цистерны, $м^3$	КРАТКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
АМЗ-4635-10-02	ГАЗ 3307	4,4	Термоизолированная, 1 отсек, 1 насос НМШ, 1 раздаточный кран, 1 счетчик
АТМЗ-4635-10-01	ГАЗ 3307	4	3 ОТСЕКА. ПЕРВЫЙ ОТСЕК – 3 $М^3$ ПОД ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, С НАСОСОМ, СЧЁТЧИКОМ, КРАНОМ. ДВЕ СЕКЦИИ ПОД МАСЛО ПО 0,5 $М^3$, БЕЗ НАСОСА, САМОСЛИВ
АТМЗ-4635-10-01	ГАЗ 3307	4	4 ОТСЕКА. ПЕРВЫЙ ОТСЕК – ПОД ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, С НАСОСОМ СВН-80, СЧЁТЧИКОМ, ПИСТОЛЕТОМ. ТРИ ОТСЕКА ПОД МАСЛО, С НАСОСАМИ НМШ (ПОД ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, МАСЛО ТРАНСМИСИОННОЕ, ВЕРЕТЁННОЕ). СЧЁТЧИКИ, ПИСТОЛЕТЫ)
АМЗ-565501-10-02	ЗИЛ-433362	5,5	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 1 ОТСЕК, 1 НАСОС НМШ, 1 РАЗДАТОЧНЫЙ КРАН, 1 СЧЁТЧИК

Продолжение табл. 7.7

МОДЕЛЬ	БАЗОВОЕ ШАССИ	Объем цистерны, $м^3$	КРАТКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
АТМЗ-565501-10-01	ЗИЛ-433362	5,5	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 3 ОТСЕКА (ДВА ОТСЕКА ПОД МАСЛО), 3 НАСОСА, 3 РАЗДАТОЧНЫХ КРАНА, 3 СЧЁТЧИКА
АТМЗ-565501-10-01	ЗИЛ-433362	5,5	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 3 ОТСЕКА, 3 НАСОСА, (2 ШТ. – СВН-80, 1 ШТ. – Ш-40-4-19.5), 3 РАЗД. КРАНА, 3 СЧЁТЧИКА
АТМЗ-565501-10-01	ЗИЛ-433362	6	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 2 ОТСЕКА, 2 НАСОСА (СВН-80 И НМШ-8), 2 РАЗДАТОЧНЫХ КРАНА, 2 СЧЁТЧИКА
АМЗ-56553-10-12	КАМАЗ-43118-1917-02	8	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 3 ОТСЕКА, 3 НАСОСА, 3 РАЗДАТОЧНЫХ КРАНА, 3 СЧЁТЧИКА
АТМЗ 56553-11-10	КАМАЗ-43118-1917-02	8	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 3 ОТСЕКА, 3 НАСОСА (2 ШТ. – НАСОС СВН-80, 1 ШТ. – НАСОС НМШ), 3 СЧЁТЧИКА, 3 РАЗДАТОЧНЫХ ПИСТОЛЕТА
АТМЗ-56553-10-11	КАМАЗ-43118-1917-02	11	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 3 ОТСЕКА, 3 НАСОСА (2 ШТ. – НАСОС СВН-80, 1 ШТ. – НАСОС НМШ), 3 СЧЁТЧИКА, 3 РАЗДАТОЧНЫХ ПИСТОЛЕТА
АМЗ-56554-10-12	КАМАЗ-53228-1963-02	14	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 1 ОТСЕК, 1 НАСОС НМШ, 1 РАЗДАТОЧНЫЙ КРАН, 1 СЧЁТЧИК
АТМЗ-56554-10-11	КАМАЗ-53228-1963-02	14	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 2 ОТСЕКА, 1 НАСОС НМШ, 1 РАЗДАТОЧНЫЙ КРАН, 1 СЧЁТЧИК

МОДЕЛЬ	БАЗОВОЕ ШАССИ	Объём цистерны, $м^3$	КРАТКАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
АМЗ-56554-10-02	КАМАЗ-53229-1963-02	15	ТЕРМОИЗОЛИРОВАННАЯ, 1 ОТСЕК, 1 НАСОС НМШ, 1 РАЗДАТОЧНЫЙ КРАН, 1 СЧЁТЧИК
АТМЗ-56554-10-01	КАМАЗ-53229-1963-02	16	Термоизолированная, 2 отсека, 1 насос НМШ, 1 раздаточный кран, 1 счётчик

Полуприцеп-цистерна ППЦ 96271-01

Полуприцеп-цистерна (рис. 7.2) предназначена для транспортировки и кратковременного хранения нефтепродуктов, смолы и технологических неагрессивных жидкостей плотностью не более 1,15 т/$м^3$ и рассчитана на эксплуатацию в тех же дорожно-климатических условиях, что и базовые полуприцеп и тягач.

Рис. 7.2

Варианты исполнения полуприцепа-цистерны:

1) термоизолированная;
2) жаровые трубы с подогревом от горелок;
3) жаровые трубы с подогревом от стационарного источника пара;
4) изготовление цистерны из нержавеющей стали;
5) возможно оборудовать полуприцеп-цистерну различными типами насосного оборудования.

Технические характеристики

Базовое шасси полуприцепа ……	МТМ-933033, трехосное, односкатное, рессорно-балансирная подвеска
Базовый тягач ……	МАЗ-543205, -543240, КАМАЗ-5460. МАЗ-64229, -642208, КАМАЗ-5460, -6460
Номинальная вместимость цистерны, л ……	20 000
Форма поперечного сечения цистерны ……..	чемодан
Исполнение полуприцеп-цистерны ……	Рамная конструкция
Количество отсеков в цистерне ……...	2
Напорно-всасывающие рукава ДУ80 с ТК на конце, шт. ……	2
Габаритные размеры транспортного средства мм, не более (д×ш×в) ……...	11550×2500×3100
Масса снаряженная, кг, не более ……	12 000
Масса полная, кг, не более ……...	35 000
Нагрузка на седельное устройство тягача, кг ……	11 000
Нагрузка на заднюю тележку ППЦ, кг ……...	24 000

Полуприцеп-цистерна ППЦ 9638-10-01

Полуприцеп-цистерна предназначена для транспортировки и кратковременного хранения нефти и нефтепродуктов плотностью не более 1000 кг / $м^3$ (рис. 7.3).

Рис. 7.3

Технические характеристики

Подвеска ……	двухосная, двускатная, рессорно-балансирная
Базовый тягач ……	КАМАЗ-54115
Номинальная вместимость цистерны, л …….	18 500
Форма поперечного сечения цистерны ……..	овал
Исполнение полуприцеп-цистерны ……	Безрамная конструкция с несущим резервуаром
Варианты изготовления ……...	Термоизолированная или термоизолированная с системой подогрева от стационарного источника пара
Кол-во отсеков в цистерне ……...	1
Габаритные размеры транспортного средства мм, не более ……..	9385×2500×2950
Масса снаряженная, кг, не более …….	7500
Масса полная, кг, не более ……...	26 000
Нагрузка на седельное устройство тягача, кг ……	11 150
Нагрузка на заднюю тележку ППЦ, кг ……...	14 850

Передвижные АЗС

Передвижная автозаправочная станция (ПАЗС) предназначена для транспортирования и автоматического учета выданного топлива плотностью не более 860 кг/м и рассчитана на эксплуатацию в тех же дорожно-климатических условиях, что и базовые прицеп и тягач (рис. 7.4).

ПАЗС не соответствует пожарным нормам «НПП-111-98» и не может использоваться в черте населенного пункта или города.

Выполняемые функции:

- транспортировка топлива;
- дозированная выдача топлива через узел выдачи топлива.

Узел выдачи топлива:

- одна или две (максимум три) топливораздаточные колонки (ТРК) марки НАРА-27М1С;
- производительность 50 л/мин.

Имеется возможность поставки ПАЗС на базе следующих шасси автомобилей, прицепов и полуприцепов:

Шасси	Объём цистерны, $м^3$
Автомобиль ЗИЛ-433362 …….....	6,5
Автомобиль КАМАЗ-43114 …….....	7,8
Автомобиль КАМАЗ-53215 в различных модификациях	10,7
Автомобиль УРАЛ-4320-1951-40 …….	11,8
Автомобиль МАЗ-5336 в различных модификациях ….	11,0
Автомобиль МАЗ-5337 …….....	11,0
Автомобиль МАЗ-630305 в различных модификациях	11,0
Автомобиль МАЗ-630305 в различных модификациях	15,8
Автомобиль МАЗ-630308-040 …….	15,8
Прицеп СЗАП-8357 ……	8,5
Прицеп МАЗ-8926 ……..	8,5
Прицеп СЗАП-8357 ……	10,7
Прицеп МАЗ-83781 ……	15,0
Полуприцеп МАЗ-93892 ……...	30,0
Полуприцеп САТ-110 ……	30,0

Полуприцеп МТМ-933033 …… 30,0

Рис. 7.4

Автотопливозаправщик АТЗ 5608-020-02

Автотопливозаправщик предназначен для транспортировки, кратковременного хранения и заправки автотехники светлыми нефтепродуктами и рассчитан на эксплуатацию в тех же дорожно-климатических условиях, что и базовое шасси (рис. 7.5).

Рис. 7.5

Технические характеристики

Базовое шасси …….	КАМАЗ-43253
Колесная формула ……..	4×2
Тип двигателя …….	740.31-240 (Евро-2), 240 л.с.
Номинальная вместимость цистерны, л ……...	8 600
Форма поперечного сечения цистерны ……	чемодан
Кол-во отсеков в цистерне …….	1 или 2
Тип насоса ……...	СЦЛ-00А (или СВН-80)
Макс. производительность насоса, л/мин ……	360 (или 500)
Привод насоса …….	от коробки отбора мощности
Максимальная глубина самовсасывания, м …….	4,5
Напорно-всасывающие рукава ДУ80 с ТК на конце, шт. ……	2
Узел выдачи топлива в составе …….	Счетчик ППО-40-0,6СУ, раздаточный рукав РТК-20 (длина 4,5 м), топливный фильтр
Тонкость фильтрации топлива, мкм …….	20
Пропускная способность узла выдачи топлива, л/мин ……..	Не более 80
Дозировка выдачи ……..	Ручная
Габаритные размеры транспортного средства мм, не более ……	7800×2260×3130
Масса снаряженная ……	7600
Масса полная ……..	15200

7.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВ И МАСЕЛ

На сегодняшний день существует огромное разнообразие средств заправки нефтепродуктов. Это разнообразные топливо и маслозаправочные колонки, однако, при их выборе необходимо прежде всего учитывать технические характеристики, необходимость и достаточность того или иного средства в зависимости от парка машин сельхозпредприятия, финансовые возможности, доступность эксплуатации и обслуживания.

Далее представлены некоторые современные и перспективные для условий сельского товаропроизводителя топливо-маслозаправочные колонки и устройства.

Маслоколонка 367М5Д с дистанционным управлением с погружной насосной установкой мод. С235Д. Предназначена для заправки маслом агрегатов автомобилей или в тару потребителя с одновременным измерением количества выданного масла. Колонка снабжена дистанционным управлением (рис. 7.6).

Рис. 7.6

Технические характеристики:

Тип ……	стационарная, с дистанционным управлением, с электроприводом
Производительность, л/мин. ……..	$10\pm^{4}_{2}$
Класс точности …….	0,5
Счётчик масла ……..	поршневой, четырехцилиндровый с золотниковым распределителем
Указатель разового учета ……	двухстрелочный
Верхний предел измерения, л …….	10
Цена деления, л ……	0,01
Указатель суммарного учета ……..	роликовый
Верхний предел измерения, л …….	999,9
Цена деления, л ……	0,01
Возврат стрелок ……...	ручной
Минимальная доза выдачи, л …….	0,5
Дискретность дозирования пульта дистанционного управления, л …...	0,1
Насосная установка …….	напольная, с шестеренным насосом, мод. С236Д.02.000 или погружная, с шестеренным насосом, мод. С235Д.2.00.000
Высота всасывания насоса, м	
напольная ……..	не более 2 м.
погружная ……..	1,16 м или 1,76 м.
Привод насоса ……..	эл/двигатель P = 1,1 кВт, 1500 об/мин.
Длина раздаточного рукава, мм ….	4000
Пульт дистанц. управления ……	электронный, «Доза-У.21»
Габаритные размеры, мм:	
колонки ……..	340×340×1200
насосной установки:	
напольной ……...	510×360×390
погружной ……..	450×340×1560
шкаф аппаратный …….	380×150×440
Масса, кг:	
колонки …….	32
насосной установки:	
напольной ……..	30
погружной …….	60
шкаф аппаратный …….	10

Рис. 7.7

МРК М111 (Маслораздаточная колонка) с ОУ ЭЦТ 1/16 ЖКИ (новый корпус 28-16). Маслораздаточная колонка «Нара МРК» (рис. 7.7) является стационарным устройством с электроприводом и дистанционным управлением и предназначена для измерения объёма автомобильных масел вязкостью 6,0…300 мм^2/с (от 6,0 до 300 сСт) при их выдаче в баки транспортных средств и в тару потребителей.

Нара МРК выпускается в двух модификациях:

– Нара МРК 111 – односторонняя индикация;
– Нара МРК 211 – двухсторонняя индикация;

Для управления колонкой могут использоваться пульты Сапсан, Доза, Импульс и Агат. Колонка изготавливается в исполнении У категории 1 по ГОСТ 15150–69 для работы при температурах окружающего воздуха от +50…–20 °С и относительной влажности 30…100 %. Температура выдаваемых масел должна быть +6…+50 °С. Колонка выполнена во взрывобезопасном исполнении.

Технические характеристики

Наибольший расход масла, л/мин ……..	14
Наименьшая доза выдачи масла, л …… по заказу потребителя, л …….	0,5 1,0
Номинальная тонкость фильтрования, мкм, не более …….. по заказу потребителя, мкм ……	250 60
Пределы допускаемой относительной погрешности, %: при температуре окружающей среды –20…+50 °С …….. при температуре выдаваемого масла +6…+50 °С …….	±0,5 ±0,5
Верхний предел показаний указателей учета:	
объёма выданного масла, л, не менее …….	
стоимости выданного масла, р, не менее установленной …. цены одного литра масла, р. ……	999,99 9 999,99 99,99
Верхний предел показаний указателя суммарного учета выданного объёма масла, л, не менее ……	999 999
Дискретность отображения показаний на указателях разового учета:	
объёма выданного масла, л ……..	
стоимости выданного объёма масла, р. ……..	
установки цены одного литра масла, р. …….	0,01 0,01 0,01
Дискретность отображения показаний на указателе суммарного учета, л, не более …….	1
Условный проход всасывающего трубопровода, мм не менее	50
Длина раздаточного рукава, м, не более ……	4
Габаритные размеры, мм, не более: Нара МРК 111 …… Нара МРК 211: измерительно -информационно-заправочный блок …… насосный блок …….	750×460×2400 750×460×2400 560×490×540
Масса, кг, не более Нара МРК 111 …… Нара МРК 211: измерительно-информационно-заправочный блок ……. насосный блок …….	160 80 80

ТРК «Ливенка-11101БМ» (бликерная индикация, корпус из обычной стали) (1 вид топлива, 1 топливораздаточный кран). Топливораздаточная колонка имеет современный дизайн, выпускается с индивидуальной цветовой гаммой съёмных панелей, которые могут изготавливаться из обычной или нержавеющей стали под конкретного заказчика (рис. 7.8).

Внутренняя система управления топливораздаточной колонкой. Все исполнения топливораздаточной колонки серии «Ливенка» оснащены встроенным управляющим контроллером, который имеет физическую связь с внутренними блоками (индикаторов, датчиков: кнопок, объемомеров, температуры; катушек: клапанов, электродвигателей) и с внешними управляющими устройствами (контроллер «Весна-ТЭЦ-2-ЗК», аппаратно-программный комплекс «АЗС-Промприбор») через интерфейс «токовая петля» по протоколу обмена «Ливны».

Рис. 7.8. Топливораздаточная колонка 11101БМ

Контроллер также выполняет следующие функции:

– выдача информации о номере поста (марке отпускаемого топлива), цене, заданном и выданном количестве топлива и о его стоимости;
– фискализация и хранение юстировочных коэффициентов по каждому измерительному каналу;
– управление и контроль за состоянием электродвигателей в топливораздаточных колонках с всасывающей гидравликой;
– управление клапанами и насосами.

Технические характеристики

Тип корпуса ……	одностоечный
Кол-во видов топлива ……	1
Кол-во раздат. кранов ……	1
Номин. расход, л/мин ……	50
Габаритные размеры, мм, не более …….....	2114×500×665
Масса, кг, не более …….	175
Тип цифрового табло …….	с блинкерными индикаторами
Материал корпуса топливораздаточных колонок ……..	обычная сталь
Способ подачи топлива …….	встроенный шестерный насос БШМ-50
Номинальный расход, л/мин …….	50 и/или 100
Пределы расхода ……	±10 %
Цена импульса, л ……	0,01
Погрешность измерения, % ……..	±0,25
Температура топлива и окружающей среды, °С …….	–40...+50
Относительная влажность воздуха, % …….	30...100

Условный проход подводящего трубопровода, мм ……	40,0
Длина раздаточного рукава, м ……..	4
Длина проводящего трубопровода, м, не более для бензина ……... для дизтоплива ……	18 30
Тонкость фильтрации, мкм на фильтре грубой очистки ……. на фильтре тонкой очистки …….	60 20
Напряжение питающей сети колонок и ПДУ «Весна-ТЭЦ», В ……..	220+10 %…–15 %
Напряжение питающей сети привода насоса, В …….	380+10 %...–15 %
Масса топливораздаточных колонок ……...	см. выше

Мобильные топливозаправочные колонки Benza-13. Электронасосный блок устанавливается на ёмкости: модель снабжена электронасосом, ручным либо автоматическим раздаточным краном, 4-х метровым раздаточным шлангом, механическим счётчиком расхода, телескопической трубой или всасывающим шлангом (рис. 7.9).

Рис. 7.9. Мобильная топливозаправочная колонка Benza-13

Технические характеристики

Модель ……	Benza 13-220-25P (Benza 13)
Напряжение, В ……...	220
Ток, А ……..	
Цикл работы, мин …….	продолжительный
Литр/мин ……	25
Масса ……..	19
Размер, мм ……..	550/360/170

Мобильные топливозаправочные колонки Benza-14. Электронасосный блок устанавливается на стене либо на бензовозе: все модели снабжены электронасосом, ручным либо автоматическим раздаточным краном, 4-х метровым раздаточным шлангом, механическим счётчиком расхода (рис. 7.10).

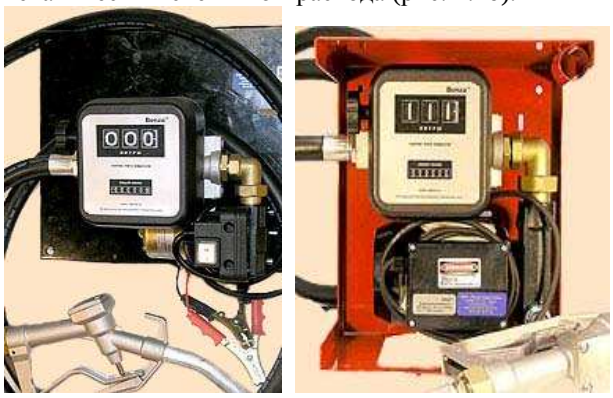


Рис. 7.10. Мобильная топливозаправочная колонка Benza-14 с двумя типами раздаточных кранов

Модель	Тип топлива	Напряжение, В	Ток, А	Цикл работы, мин	л/мин	Масса	Размер, мм
Benza 24-12-40P (Benza 24)	Дизельное топ-	12	20	30	40	11,6	400/400/300
Benza 24-12-57P (Benza 24)		12	35	30	57	17	400/400/300
Benza 24-24-40P (Benza 24)		24	15	30	40	11,6	400/400/300

Benza 24-24-60P (Benza 24)		24	25	30	60	17	400/400/300
Benza 24-220-59P (Benza 24)		220	2,5	продол-	59	17,5	400/400/300
Benza 24-220-75P (Benza 24)		220	4,5	житель-	75	18	400/400/300
Benza 24-220-93P (Benza 24)		220	4,8	ный	93	20	400/400/300

Топливный модуль CUBE 70/33 M (PIUSI). Cube 70/33 M – это компактный, легкий модуль (рис. 7.11), который позволяет осуществлять заправку при потоке до 70 л/мин при условии полной безопасности оператора. Удобен для заправки сельскохозяйственной и строительной техники, катеров и моторных лодок. Могут также устанавливаться в контейнерных

АЗС для заправки собственного транспорта дизельным топливом. Оснащен легким в использовании, высококачествен-

Рис. 7.11. Топливный модуль CUBE 70/33 M

ным счётчиком, который можно калибровать на месте. Его окрашенный корпус устойчив к внешнему воздействию, и крышка корпуса из нержавеющей стали оснащена держателем крана с рычагом включения и автоматического отключения насоса.

Cube 70 – многофункциональный топливный заправочный модуль и может быть установлен на пьедестал (пьедестал – опция, заказывается отдельно) и закреплен на основании. Пьедестал можно использовать для размещения всасывающей трубы и электрических кабелей топливного модуля.

Технические характеристики

Производительность ……	до 70 л/мин
Возможность предварительного задания отпускаемой дозы топлива	
Точность измерения объёма отпускаемого топлива …….	±1 %
Уровень шума ниже ……..	70 децибел
Вес 25 кг, габариты в упаковке: ……	400×400×460
Вес пьедестала 18 кг, габариты в упаковке: ……..	1020×260×340

Шиберный насос заправочного модуля Panther 72 оснащен байпасным (перепускным) клапаном.

Электродвигатель однофазный, 230 В, 50 Гц, мощность 0,55 кВт, 2800 об/мин, оснащён защитой от перегрева.

Автоматический раздаточный кран с поворотным соединением и 4-х метровым шлангом.

Фильтр на входе насоса для очистки топлива.

Встроенный держатель крана, снабженный рычагом пуска насоса.

Металлический корпус из листовой стали, защищён от коррозии и окрашен, готов к установке.

Дополнительная поддерживающая база или пьедестал для закрепления топливного модуля на земле.

«Нара–42–5», «Нара–42–16». Двухпостовая топливораздаточная колонка АЗТ2.833.195.00 «Нара–42» (рис. 7.12) предназначена для измерения объёма топлива вязкостью 0,55…40 мм^2/с (0,55…40 сСт) при его выдаче в топливные баки транспортных средств.

Рис. 7.12. Двухпостовая топливораздаточная колонка АЗТ2.833.195.00 «Нара–42»

Технические характеристики:

Номинальный расход через один кран, л/мин ……	50^{+10}_{-5}
Минимальная доза выдачи, л ……	2
Номинальная тонкость фильтрования, мкм ……	20
По заказу потребителя могут устанавливаться фильтры с номинальной тонкостью фильтрования, мкм ……	60
Длина раздаточного рукава, не менее, м ……	4,0
Двигатель привода насоса:	
мощность, квт …….	0,55
напряжение, В ……	380
частота вращения синхронная, мин$^{-1}$ ……	1500
Габаритные размеры, мм, не более ……..	930×460×2400
Масса, кг, не более …….	250
Пределы допускаемой основной погрешности колонки при температуре окружающей среды и топлива, С ……..	20±5°
относительной влажности ……	30…80 %
атмосферном давлении 83993…107 758, Па, 630…800 мм.рт.ст., % ……...	±0,25
Пределы допускаемой относительной погрешности колонки при условиях, отличных от выше указанных, и в эксплуатации в пределах температур окружающей среды и топлива +50…–40 °С, % ……..	±0,5

Примечание: пределы допускаемой погрешности при измерении минимальной дозы должны быть удвоены.

Топливораздаточные колонки 8998.772 (2 вида топлив, 2 крана, 90 л/мин). Проверенные топливораздаточные колонки ADAST 899 (рис. 7.13) с атрактивной эстетикой оснащены качественной гидравликой и электронным счетчиком. ТРК определены для выдачи жидких нефтяных продуктов – автомобильных бензинов, моторной нефти и авиационного керосина с высокой точностью измерения.

Рис. 7.13. Топливораздаточные колонки 8998.777 (в двух исполнениях)

Основные характеристики топливораздаточных колонок 8998.777:

- точность измерения ±0,2 % с гарантированной стабильностью;
- мощность выдачи до 130 л/мин;
- совершенная антикоррозионная защита;
- высокий комфорт обслуживания;
- эффективная система активного отсасывания бензиновых паров;
- электронная калибровка расходомеров;
- новая атрактивная техническая эстетика;
- присоединение к управляющей системе автозаправочной станции с помощью интерфейса RS 485 (ISO 8482);
- возможность присоединения с помощью коммуникационного интерфейса IFSF –LON-FTT-10 или TCP/IP-Ethernet;
- возможность оснащения заправочным автоматом ADAST ADAMAT;
- возможность оснащения локальным электронным выбором объема или стоимости.

Топливораздаточные колонки 2401. ТРК работают в режиме «полного шланга». Рамы стабильной конструкции из стальных профилей со съёмными навесными панелями, окрашенными горячим способом. Верхняя часть выполнена в цвете нержавеющей стали (рис. 7.14).

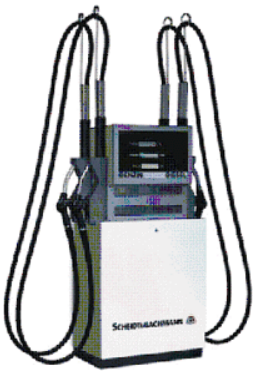
Все заправочные колонки снабжены пружинной мачтой. Контроллер T20/21, измеритель объёма со встроенным датчиком импульсов, а также периферийные устройства, соединённые между собой через CAN-bus.

Возможна установка системы отсоса газов из заправочной ёмкости.

Управляемое через CAN-bus табло является 5-значным (возможно 6-значное) для суммы и количества, 4-значным (возможно 5-значное) для цены и может быть модифицировано по требованию клиента в соответствии с валютной единицей страны.

ТРК этой серии отпускают дизельное и карбюраторное топливо через 1 или 2 заправочных пункта с производительностью 40 л/мин или 130 л/мин.

Рис. 7.14. Топливораздаточная колонка 2401



Поставляемые топливораздаточные колонки ТРК

Модель	2401	2402E	2402	2404	2405/130	2405/50 – 130	2405/50 +130
Количество продуктов	1	2	2	2	1	1	1
Количество раздаточных шлангов	1	2	3	4	1	2	2
Количество поршневых счётчиков	1	2	2	4	1	1	2
Количество табло с каждой стороны	1	2	2	1	1	1	1
Производительность л/мин.	40	40	40	40	130	50/130	50/130
Возможность одновременной выдачи	–	+	+	+	–	–	+

Установка маслоразделительная с дистанционным управлением и электронным указателем 2КЭД «Ливенка 41101 СММ» (УМ-ДЭ). Колонки предназначены для некоммерческого отпуска светлых нефтепродуктов и масел в тару потребителя (рис. 7.15). Колонки состоят из: каркаса, фильтра, электронасоса шестеренного типа с перепускным клапаном, счётчика жидкости, клапана (в зависимости от исполнения), механического или электронного отсчетного устройства, пульта дистанционного управления (в зависимости от исполнения) раздаточного крана и рукава. Колонки подразделяются на исполнения:

– по типу выдаваемого топлива: бензин, керосин, дизтопливо, масло;

– по способу управления: механические, механические с дистанционным управлением, электронные.

Колонки этого модельного ряда отличаются простотой своей конструкции и, как следствие этого, низкой стоимостью. В составе колонок используются давно и хорошо зарекомендовавшие себя в плане надёжности узлы серийно выпускаемых топливораздаточных колонок «Ливенка». Это в первую очередь электромагнитный клапан двойного действия (поршневого типа), шестеренный электронасос БШМ с двойным торцовым уплотнением, счётчик жидкости ППО-25 и ПЖ2-25, контроллер управления КУП.

По заказу потребителя колонки могут комплектоваться поддонами для монтажа и сбора проливов топлива.

Рис. 7.15

Технические характеристики установки

Наименование параметра	Светлые нефтепродукты	Масла
Номинальный расход, л/мин	50±5 %; 100±10 %	10±5 %
Класс точности	0,25; 0,5	0,5
Тонкость фильтрования, мкм	60; 20	60
Мощность привода встроенного электронасоса, кВт	0,55; 1,1	0,55
Напряжение привода электронасоса, В	380	
Масса, кг, не более	50	

Установка маслоразделительная с дистанционным управлением и стрелочным указателем, без пульта 1КЭД «Ливенка 41101 МдММ» (УМ-ДС) (рис. 7.16). Колонки предназначены для некоммерческого отпуска светлых нефтепродуктов и масел в тару потребителя. Колонки состоят из: каркаса, фильтра, электронасоса шестерённого типа с перепускным клапаном, счётчика жидкости, клапана (в зависимости от исполнения), механического или электронного отсчетного устройства, пульта дистанционного управления (в зависимости от исполнения) раздаточного крана и рукава. Колонки подразделяются на исполнения:

– по типу выдаваемого топлива: бензин, керосин, дизтопливо, масло;

– по способу управления: механические, механические с дистанционным управлением, электронные.

Рис. 7.16

Колонки этого модельного ряда отличаются простотой своей конструкции и, как следствие этого, низкой стоимостью. В составе колонок используются давно и хорошо зарекомендовавшие себя в плане надёжности узлы серийно выпускаемых топливораздаточных колонок «Ливенка». Это, в первую очередь, электромагнитный клапан двойного действия (поршневого типа), шестеренный электронасос БШМ с двойным торцовым уплотнением, счетчик жидкости ППО-25 и ПЖ2-25, контроллер управления КУП.

7.4. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ НЕФТЕСКЛАД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Экологически чистый нефтесклад сельскохозяйственного назначения должен обладать всеми технологиями и всем оборудованием, о которых шла речь выше.

Топливо на нефтескладах должно храниться в исправных, укомплектованных необходимым оборудованием резервуарах, техническое состояние которых напрямую влияет на величину потерь от испарения легких фракций и скорости окислительных процессов.

Проведенная институтом ГНУ ВИИТиН работа позволила предложить технологию хранения нефтепродуктов на нефтескладах сельскохозяйственных товаропроизводителей, включающую в себя мероприятия по сохранению качественных показателей ТСМ.

1. Доставка нефтепродуктов на нефтесклады хозяйства осуществляется специализированными цистернами, оборудованными техническими средствами для предотвращения испарений, аварийных разливов, а также перекачки и учета перевозимого объема ГСМ.

2. Слив нефтепродукта в резервуар осуществляется под слой находящегося в нём топлива через приемораздаточные стояки, приёмные патрубки которых оборудованы быстроразъемными муфтами,.

3. На всём протяжении эксплуатации резервуар должен быть герметичен. Для уплотнения крышки смотрового люка, мест соединения сливных и наливных патрубков используются прокладки из масло-бензостойкой резины марки «Б».

4. Сокращение потерь от «больших и малых дыханий» достигается за счет применения дыхательных клапанов мембранного типа.

5. Снижение скорости окислительных и коррозионных процессов достигается за счёт применения полифункциональных присадок, количество которых определяется из расчета 20 мг/л (0,002 % масс.).

6. Резервуары должны быть окрашены в светлый цвет, пронумерованы. На каждый резервуар должны иметься калибровочные таблицы и паспорта с указанием сроков проведения технического обслуживания и ремонтов.

7. Слив отстоя производят не реже 1 раза в полгода, очистка резервуаров от нефтешламов, образующихся в процессе хранения нефтепродукта, осуществляется не реже 1 раза в 2 года.

8. Выдача нефтепродуктов в баки осуществляется через топливораздаточные колонки, соответствующие ГОСТ 9018, раздаточные краны снабжаются устройствами, предотвращающими перелив бака и разлива топлива на землю.

9. Для улучшения и восстановления качества ТСМ рекомендуются следующие методы:

– физико-химический (адсорбционный, введение присадок);

– физический (отстаивание, фильтрование, центрифугирование, обработка в электрическом, магнитном или ультразвуковом поле);

– гидродинамический (пропускание через специальный клапан под давлением с последующим его редуцированием до атмосферного – для разрушения коагулированных асфальто-смолистых веществ).

10. Система очистки топливосмазочных материалов должна отвечать следующим требованиям:

– обеспечивать полноту и тонкость очистки, отвечающие техническим характеристикам дизелей и систем машин (топливной, смазочной, гидравлической);

– быть надёжной и удобной в эксплуатации;

– эффективно удалять из ТСМ механические примеси и воду;

– срок работы элементов очистительной системы должен быть достаточно большим;

– обладать простотой конструкции и легкостью в эксплуатации, иметь относительно низкую стоимость.

Нефтесклады необходимо проектировать для конкретных условий предприятия. Данное утверждение относится к типоразмерному ряду и общей вместимости резервуарного парка, выбираемых в зависимости от годового объёма потребления нефтепродуктов, удалённости хозяйства от нефтебаз и т.д.

Таким образом, оборудование нефтесклада должно быть типовым, а его количество и типоразмерный ряд должны подбираться индивидуально из условия эффективного использования и наименьших затрат на обслуживание. На рис. 7.17 представлен один из вариантов размещения оборудования на нефтескладе, отвечающем современным требованиям.

Использование составляющих блоков оборудования нефтесклада позволяет производить приём, хранение и выдачу нефтепродуктов в баки машин с сохранением их качественных показателей.

Резервуары заглубленного типа, снабженные дыхательными клапанами, позволят хранить нефтепродукты под избыточным давлением,

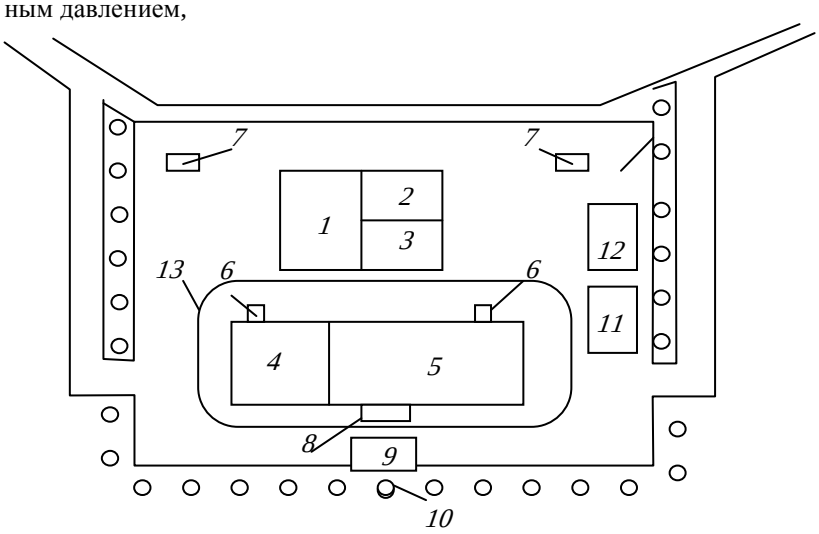


Рис. 7.17. Схема «экологически чистого» нефтесклада:
1 – операторская; *2*– хранилище расфасованных нефтепродуктов; *3* – лаборатория; *4*, *5* – резервуары заглубленного типа; *6* – насосно-измерительный блок ТРК; *7* – топливораздаточная колонка; *8* – приёмораздаточный стояк; *9* – площадка для автоцистерн; *10* – молниезащита; *11* – колодец сбора отстоя; *12* – очистные сооружения; *13* – обваловка; *14* – пожарные щиты; *15* – зелёные насаждения

что снижает потери лёгких фракций топлива. Применение приемораздаточных стояков позволяет производить заполнение резервуаров с сохранением их герметичности. При этом слив осуществляется под слой находящегося в нём нефтепродукта.

Применение ТРК с системой улавливания и возврата паров нефтепродукта, предотвращения переполнения баков и разлива топлива, позволяет максимально снизить потери при заправке машин. Многорукавные колонки с самостоятельными гидравлическими системами сокращают площадь, необходимую для их установки и время заправки машинотракторного парка. Выделенная в отдельный блок насосно-измерительная система удобна в эксплуатации, так как позволяет устанавливать насосно-измерительные блоки в непосредственной близости от резервуаров, что сокращает гидравлические потери и потребляемую мощность электродвигателей, а также создает благоприятные условия для обслуживания и ремонта.

На рисунке 7.18 изображена схема движения нефтепродуктов на нефтескладе.

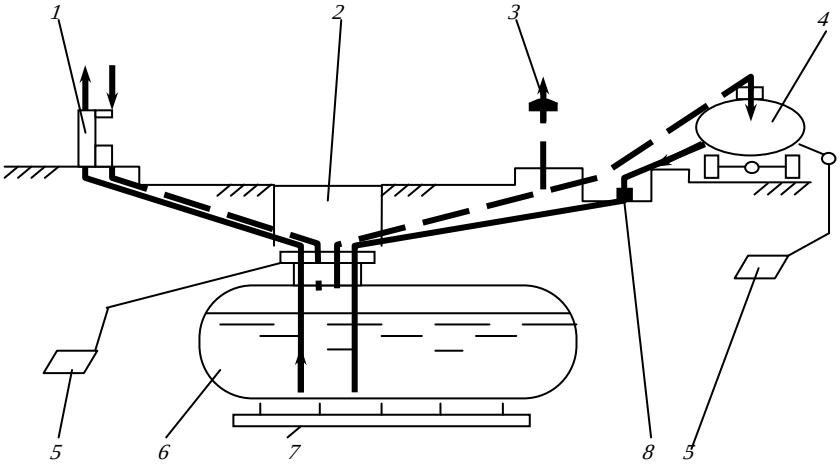


Рис. 7.18. Технологическая схема оборудования «экологически чистого» нефтесклада:
1 – ТРК с системой улавливания паров топлива; *2* – технологический люк обслуживания резервуара; *3* – клапан дыхательный; *4* – автоцистерна; *5* – контур заземления; *6* – резервуар; *7* – фундамент резервуара; *8* – приемораздаточный стояк

Слив из автоцистерны в резервуар происходит через приёмораздаточный стояк, под слой нефтепродукта. При этом вытесняемые пары возвращаются в автоцистерну и транспортируются на нефтебазу, где осуществляется их конденсация. Выдача топлива в баки машин осуществляется топливораздаточной колонкой, снабжённой системой улавливания паров и возврата их в резервуар. Последний снабжается дыхательным клапаном, что позволяет хранить нефтепродукты под избыточным давлением. Заглубление резервуара позволяет снизить потери топлива от «малых дыханий».

Применение такой технологической схемы позволяет свести к минимуму выбросы паров нефтепродукта в атмосферу.

На нефтескладе предусмотрены локальные очистные сооружения, применение которых позволит исключить сброс загрязнённых сточных вод. Локальные очистные сооружения должны обеспечивать очистку поверхностных сточных вод при проливах нефтепродуктов, аварийных ситуациях, общей загрязнённости территории нефтесклада. Основным показателем работы очистных сооружений является качество очистки. Промышленные и сточные воды перед сбросом с территории нефтесклада должны быть очищены в соответствии с существующими нормативными требованиями до концентрации в них нефтепродуктов 0,05 мг/л. Концентрация взвешенных веществ не должна превышать 10,5 мг/л. Блок-схема очистных сооружений представлена на рис. 7.19.

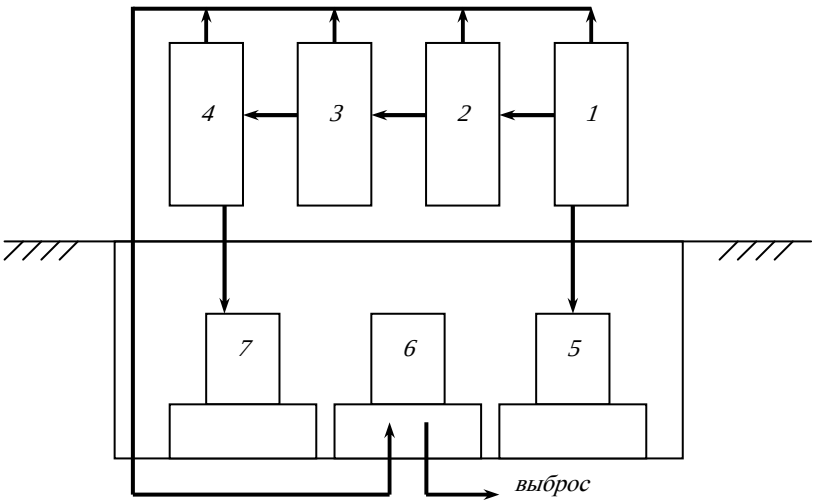


Рис. 7.19. Блок-схема очистных сооружений: *1* – коалесцирующий фильтр; *2* – флотатор; *3* – механический фильтр; *4* – сорбционная колонна; *5* – ливнеприёмник; *6* – шламосборник; *7* – отстойник очищенной воды

Экологически чистый нефтесклад позволяет решать не только вопросы снижения загрязнения окружающей среды и экономного использования нефтепродуктов, но и в целом повышения работоспособности тракторов и автомобилей, снижения затрат на ремонт техники в силу обеспечения высокого качества хранящихся и используемых топлив и масел.

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Правила проведения контроля качества (сертификации) нефтепродуктов, введённые в действие с 1999 г., устанавливают, что организации нефтепродуктообеспечения (нефтебазы), получающие нефтепродукты, сертифицируют их по схемам сертификации.

Схемы сертификации предусматривают проведение испытаний образцов смазочных материалов, взятых у продавца или изготовителя продукции.

За качеством производимой и реализуемой продукции в нашей стране строго наблюдает Межведомственная комиссия по допуску к производству и применению топлив, масел, смазок и специальных жидкостей. Вместе с тем качество реализуемых и используемых топлив и смазочных масел остаётся достаточно низким. Например, исследованиями, проведенными Минсельхозом России в нефтесбытовых организациях и хозяйствах АПК, определено, что качество нефтепродуктов весьма далеко от идеала.

Причин данной ситуации несколько. В первую очередь – коммерциализация предприятий, реализующих топливо и смазочные масла, низкий уровень организации хранения, отсутствие базы и средств контроля качества приобретаемых топлив и масел и т.д.

Перед сельхозпроизводителем стоит вопрос, каким образом исключить значительные затраты средств на приобретение и использование недоброкачественных нефтепродуктов, влекущих выход из строя сельскохозяйственной техники.

Рассмотрим несколько схем приобретения и использования нефтепродуктов, значительно снижающих риск аварийного износа машин по причине недоброкачественности топлив и смазочных масел.

Основными нефтепродуктоснабжающими органами являются областные и районные нефтебазы. Они отпускают нефтепродукты хозяйствам в предоставленный ими транспорт (автоцистерны) или в бочки. При этом нефтепродуктоснабжающая организация обязана представить покупателю (хозяйству) сертификат качества. Все областные и некоторые районные нефтебазы имеют возможность провести контроль, а результаты физико-химического анализа топлива или масла приложить дополнительно к сертификату качества. В этом случае значительно снижается риск приобретения недоброкачественного продукта.

Рыночные отношения, демократические преобразования в сфере экономики, производства и торговли явились отправной точкой для образования многочисленных предприятий, занимающихся «сервисным» снабжением сельхозпроизводителей нефтепродуктами. Ряд фирм и предприятий занимается доставкой нефтепродуктов «центровозами» непосредственно в хозяйства. В этих случаях практически всегда у продавца имеется сертификат качества на нефтепродукты. Но, как показывает анализ, в 30 % случаев масло или топливо не соответствует показателям ГОСТ и ТУ. Пока отсутствуют органы, регламентирующие и эффективно контролирующие такого рода предпринимательскую деятельность, необходимо быть очень осторожными при приобретении ТСМ с «центровозов».

До осуществления слива необходимо отобрать пробу нефтепродукта объёмом 0,5 л и отправить её в ближайшую районную или областную лабораторию для анализа основных физико-химических показателей. Если хозяйство оснащено экспресс-лабораторным оборудованием, то возможно проведение анализа на месте. В случае необходимости более точного определения марки масла (например, М – $10Г_2$ или М – $10Г_2$к) необходим расширенный лабораторный анализ.

Приобретением смазочных материалов должен заниматься специалист, владеющий элементарными знаниями марок масел и топлив, их свойств и направлением использования. В хозяйствах это, как правило, заведующий нефтебазой или инженерно-технический работник, занимающийся вопросами эксплуатации техники.

Залив нефтепродукта необходимо производить только в чистые ёмкости. Не допускается заправка масла в ёмкость (автоцистерну), где осталось хотя бы небольшое количество бензина или дизельного топлива. После доставки масла или топлива на нефтесклад хозяйства слив его производить только в чистые резервуары. Контроль за дальнейшим хранением, качеством и отпуском возлагается на специалиста нефтесклада хозяйства.

Достаточно эффективной мерой рационального использования смазочных материалов является организация в хозяйстве службы экспресс-контроля качества топлива и масел.

Приведём несколько методов и средств экспресс-контроля качества топлив и масел, которые могут быть приняты для реализации в сельхозпредприятиях.

8.1. СРЕДСТВА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Переносная лаборатория для отбора проб и оперативного проведения приёмосдаточного анализа топлива (лабораторный комплект 2М6, 2М7) (рис. 8.1). Результаты анализов позволяют с высокой точностью оценить качество топлива в условиях, когда анализ в

Рис. 8.1

стационарных лабораториях невозможен. Лабораторный комплект позволяет определить основные показатели качества нефтепродуктов (табл. 8.1). Методики испытаний разработаны Институтом химии нефти СО РАН, 25 ГосНИИ Химмотологии МО РФ, АО «Сорбполимер».

Виды анализируемого топлива: автомобильный бензин, дизельное топливо, авиационный керосин.

8.1. Технические возможности лабораторного комплекта 2М6, 2М7

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости
1. Определение октанового числа автомобильных бензинов по моторному и исследовательскому методу	Методика «Института химии нефти» СО РАН	+	–	–	–	–
2. Определение цетанового числа дизельных топлив	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	+	–	–	–

Продолжение табл. 8.1

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости
3. Содержание антидетонационных присадок, повышающих октановое число в бензинах	Методика «Института химии нефти» СО РАН	+	–	–	–	–
4. Содержание депрессорных присадок, понижающих температуру застывания дизельных топлив	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	+	–	–	–
5. Содержание керосина в дизтопливе	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	+	–	–	–
6. Индукционный период бензина (устойчивость к окислению).	Методика «Института химии нефти» СО РАН. Соответствие ГОСТ 4039–88 (ASTM D 525)	+	–	–	–	–
7. Тангенс угла потерь трансформаторных, индустриальных и моторных масел (также с октанометром SX-200)	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	–	–	+	–
8. Степень чистоты (очистки) масел: моторных, индустриальных, трансформаторных	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	–	–	+	–

Продолжение табл. 8.1

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости
9. Фирма-производитель (марка) моторного масла	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	–	–	+	–
10. Щелочное число моторных масел	Методика «Института химии нефти» СО РАН	–	–	–	+	–
11. Диэлектрическая проницаемость нефтепродуктов (также с октанометром SX-200)	Методика «Института химии нефти» СО РАН	+	+	+	+	–
12. Удельное объемное сопротивление нефтепродуктов	Методика «Института химии нефти» СО РАН	+	+	+	+	–

13. Определёния содержания механических примесей в нефтепродуктах	Методика «Института химии нефти» СО РАН	+	+	+	+	–
14. Процентное содержание воды в нефти и нефтепродуктах	Согласно ГОСТ 14203–69 – нефть и нефтепродукты. Диэлькометрический метод определения влажности	+	+	+	+	–
15. Определение содержания железа (ферроцена) в бензинах (комплект 2М7)	Методика М 32.137 – 96 25 ГосНИИ МО РФ	+	–	–	–	–

Продолжение табл. 8.1

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости
16. Определение содержания свинца в бензинах	Методика М 32.137–96 25 ГосНИИ МО РФ	+	–	–	–	–
17. Определение плотности нефтепродуктов	ГОСТ 3900–85	+	+	+	+	+
18. Определение содержания механических примесей и воды	По п. 4.4 ГОСТ 2084–77	+	–	+	–	–
19. Определение цвета автобензинов	Визуально	+	–	–	–	–
20. Определение содержания тяжёлых углеводородов	По п. 4.7 ГОСТ 2084–77	+	–	–	–	–
21. Определение содержания смол в автомобильном бензине	Методика 25 Гос НИИ МО РФ	+	–	–	–	–
22. Определение состава и температуры замерзания охлаждающей жидкости по её плотности	Инструкция обращения с охлаждающими жидкостями	–	–	–	–	+
23. Отбор проб нефтепродуктов	ГОСТ 2517–85	+	+	+	+	+
24. Количественное определение воды в резервуаре (автоцистерне, ж.-д. цистерне)	ГОСТ 2517–85	+	+	+	–	+

Продолжение табл. 8.1

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости

25. Отбор донной пробы нефтепродуктов из резервуаров и определение наличия отстойной воды и механических примесей	ГОСТ 2517–85	+	+	+	+	–
26. Определение содержания воды в противокристаллизационных присадках	ГОСТ 8313–88	–	–	–	–	+
27. Определение содержания противокристаллизационных жидкостей (ПВК) в топливах для реактивных двигателей	Методика АО «Сорбполимер» сог.	–	–	+	–	–
28. Определение содержания нерастворенной воды	Методика АО «Сорбполимер»	+	+	+	–	–
29. Определение содержания суммарной воды (количественный метод)	Методика АО «Сорбполимер»	+	+	+	–	–
30. Определение плотности кислотного электролита	ГОСТ 3900–85	–	–	–	–	+

Продолжение табл. 8.1

Наименование показателей качества	Метод испытания	Автобензин	Дизельное топливо	Авиакеросин	Масла	Специальные жидкости
31. Определения содержания моющих присадок в бензинах	Методика 25 ГосНИИ МО РФ	+	–	–	–	–
32. Определение содержания водорастворимых кислот и щелочей в светлых нефтепродуктах	Методика 25 ГосНИИ МО РФ	+	+	+	–	–

Экспресс-лаборатория типа ЭЛТ-1 (ГНУ ВИИТиН) (рис. 8.2) предназначена для быстрого определения качества нефтяных топлив двигателей внутреннего сгорания, как карбюраторных, так и дизельных.

Рис. 8.2. Экспресс-лаборатория типа ЭЛТ-1

Лаборатория позволяет проводить в полевых условиях следующие экспресс-анализы:

1) определение плотности автомобильного бензина и дизельного топлива при 20 °С;
2) определение наличия механических примесей;
3) определение наличия воды;
4) определение содержания фактических смол;
5) определение наличия водорастворимых кислот и щелочей;
6) определение вязкости кинематической дизельного топлива при 20 °С;
7) определение коррозионной агрессивности.

Экспресс-лаборатория ЭЛТ-1 представляет собой набор приборов, химической посуды и реактивов, размещённый в специальном футляре.

Определение плотности

Согласно ГОСТ 305–82 плотность дизельного топлива при 20 °С не должна превышать 860 для летних и 840 кг/м^3 для зимних сортов. Для автомобильных бензинов плотность не нормируется.

Применяется метод определения плотности ареометром.

Сущность метода заключается в погружении ареометра в испытуемый продукт, снятии показания при температуре определения и пересчёте результатов на плотность при температуре 20 °С.

Проведение испытания

Цилиндр для бензина или дизельного топлива устанавливают на ровной поверхности. Пробу испытуемого продукта наливают в цилиндр до метки. Если на поверхности образуются пузырьки воздуха, их снимают полоской фильтровальной бумаги. Измеряют и записывают температуру топлива входящим в комплект лаборатории термометром.

До определения плотности в топливе визуально определяют наличие механических примесей. Топливо должно быть прозрачным и не содержать взвешенных и осевших на дно примесей. Если топливо совершенно прозрачно, механических примесей в нём нет. В противном случае проводят определение механических примесей по п. 2.

Чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опускают в цилиндр с испытуемым продуктом, поддерживая ареометр за тонкий конец. Ареометр отпускают и, когда он установится и прекратятся его колебания, отсчитывают показания по верхнему краю мениска жидкости. Отсчёт по шкале ареометра соответствует плотности нефтепродукта ρ при температуре испытания. Если определение производится при температуре, отличной от +20 °С, необходимо пересчитать плотность ρ на плотность при +20 °С ρ_{20} входящим в комплект лаборатории калькулятором по формуле:

$$\rho_{20} = \rho + \alpha(t - 20),$$

где t – фактическая температура топлива, °С; α – температурная поправка к плотности топлива, г/см^3 на 1 °С.

Значение температурной поправки берут из табл. 8.2.

Таблица 8.2

Плотность при фактической температуре, г/см^3	α, г/см^3 на 1 °С	Плотность при фактической температуре, г/см^3	α, г/см^3 на 1 °С
0,7000...0,7099	0,000897	0,7900...0,7999	0,000778
0,7100...0,7199	0,000884	0,8000...0,8099	0,000765
0,7200...0,7299	0,000870	0,8100...0,8199	0,000752
0,7300...0,7399	0,000857	0,8200...0,8299	0,000738
0,7400...0,7499	0,000844	0,8300...0,8399	0,000725
0,7500...0,7599	0,000831	0,8400...0,8499	0,000712
0,7600...0,7699	0,000818	0,8500...0,8599	0,000699
0,7700...0,7799	0,000805	0,8600...0,8699	0,000686
0,7800...0,7899	0,000792	0,8700...0,8799	0,000673

После определения плотности топлива при необходимости в первую очередь проводят определение механических примесей.

В случае загрязнённого механическими примесями топлива для проведения анализов с определением вязкости, содержания фактических смол, коррозионной агрессивности и водорастворимых кислот и щелочей применяют только профильтрованное топливо.

Для определения содержания воды можно использовать только непрофильтрованное топливо!

Определение механических примесей

ГОСТ 2084–77 и ГОСТ 305–82 не допускают наличия механических примесей как в автомобильном бензине, так и в дизельном топливе.

Определение механических примесей в топливе проводится визуально по наличию темного пятна на фильтровальной бумаге после фильтрования.

Проведение испытания

Пробу топлива объёмом 50...60 мл пропускают через фильтр, уложенный в фильтровальную воронку. Фильтр сначала складывают вчетверо, а затем делают на фильтре сложенные вдвое сгибы – гармошку. Воронку вставляют в цилиндр для топлива. После фильтрации внешним осмотром устанавливают наличие на фильтре осадка. Чистые дизельное топливо и этилированные бензины окрашивают фильтр в желтоватый цвет, а загрязненные оставляют на нём темное пятно. Чем темнее пятно, тем больше загрязнено топливо.

Определение воды

По ГОСТ 2084–77 и ГОСТ 305–82 присутствие воды в топливах не допускается.

Сущность метода состоит в определении наличия воды по окрашиванию ее реактивом № 4 в фиолетовый цвет.

Проведение испытания

В чистую и обязательно сухую склянку для определения воды помещают реагент № 4 (на кончике шпателя) и затем добавляют 200 мл непрофильтрованного топлива. Склянку закрывают крышкой и встряхивают несколько раз. Окрашивание всей жидкости или отдельных капель в фиолетовый цвет свидетельствует о наличии воды.

Топливо не содержит воду при отсутствии красного окрашивания жидкости.

Определение содержания фактических смол

Содержание фактических смол в дизельном топливе не должно превышать 30...40 мг/100 мл, а в бензине – 3...10 мг/100 мл.

Содержание фактических смол определяется экспресс-методом по цвету и размеру колец, оставшихся после сгорания топлива.

Проведение испытания

В чистую и сухую пробирку вносят пипеткой для топлива 1 мл анализируемого топлива и 1 мл бензина-растворителя. Затем 1 мл смеси наносят на сферическое стекло и поджигают. После сгорания остаются жёлтые или коричневые кольца. Чем темнее остаток и больше диаметр пятна, тем большее количество смол в топливе. По диаметру пятна определяют количество смол согласно табл. 8.3.

Таблица 8.3

Диаметр пятна, мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Количество смол, мг/100 мл	4	11	20	32	43	56	70	85	102	120

При наличии нескольких концентрических пятен или колец выбирают наиболее интенсивно окрашенное.

Диаметр пятна определяют по линейке.

После анализа стекло тщательно моют входящей в комплект лаборатории губкой и высушивают.

Определение наличия водорастворимых кислот и щелочей

Наличие водорастворимых кислот и щелочей в топливе согласно ГОСТ 2084–77 и ГОСТ 305–82 не допускается.

Сущность метода заключается в извлечении водорастворимых кислот и щелочей из нефтепродуктов водой и определении реакции водной вытяжки с помощью индикаторов.

Приготовление растворов индикаторов

Навеска индикаторов *1* и *2* рассчитана на проведение 200 определений. Содержимое пакета высыпают в соответствующую склянку через воронку и заполняют дистиллированной водой. Склянку закрывают крышкой и встряхивают до растворения индикатора. Раствор индикатора для анализа отбирают соответствующей медицинской пипеткой.

Для приготовления растворов индикатора и проведения анализа необходимо использовать дистиллированную воду.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

В делительную воронку помещают с помощью цилиндра для бензина или дизельного топлива 20 мл топлива; с помощью цилиндра для воды через маленькую воронку – 20 мл воды. Воронку закрывают пробкой и взбалтывают в течение 2...3

мин. После расслаивания нижний водный слой сливают в коническую колбу для воды. Содержимое делительной воронки выливают.

Пипеткой в одну пробирку наливают 5 мл дистиллированной воды, затем в две другие пробирки по 5 мл водного слоя из цилиндра для воды.

В пробирки с дистиллированной водой и водным слоем добавляют по две капли раствора индикатора № 2 и сравнивают их цвет на фоне белого экрана (листка фильтровальной бумаги). Окрашивание раствора в розовый цвет указывает на наличие в испытуемом нефтепродукте водорастворимых кислот.

В оставшуюся пробирку с водным слоем прибавляют три капли бесцветного индикатора № 1. Окрашивание раствора в розовый или красный цвет указывает на наличие водорастворимых щелочей.

Топливо не содержит водорастворимых кислот и щелочей при отсутствии розового или красного окрашивания водного раствора.

Делительную воронку и пробирки моют раствором стирального порошка и тщательно ополаскивают водой. Мыть раствором соды или хозяйственного мыла нельзя, так как эти растворы имеют щелочную среду.

Определение вязкости дизельного топлива

Вискозиметр капиллярный стеклянный типа ВПЖ–4 представляет собой U-образную трубку, в одно колено которой впаян капилляр диаметром 0,62 мм.

Сущность метода заключается в определении времени истечения через капилляр определённого объёма жидкости из измерительного резервуара.

Перед определением вязкости необходимо собрать штатив для вискозиметра.

Отвернуть на стойке штатива одну гайку и снять одну шайбу, вставить стойку в отверстие основания и закрепить гайкой. Резиновую пробку с прорезью одеть на широкое колено вискозиметра под отводной трубкой. Ввести колено в прорезь стойки штатива и опустить пробку на кольцо. Изменяя положение вискозиметра добиться вертикального положения.

После каждого определения вискозиметр должен быть тщательно промыт и высушен. Вискозиметр вначале промывают бензином, затем раствором любого стирального порошка в воде, водой и высушивают. Для более быстрой сушки вискозиметр можно промыть ацетоном.

Проведение испытания

Испытание проводят согласно инструкции, приложенной к вискозиметру без термостатирования. Время истечения определяют с помощью секундомера, входящего в комплект лаборатории.

Кинематическую вязкость дизельного топлива определяют по формуле:

$$\nu = TK,$$

где K – постоянная вискозиметра, указанная в паспорте; T – время истечения топлива в секундах.

ГОСТ 305–82 нормирует кинематическую вязкость при 20 °С для летнего дизельного топлива от 3,0 до 6,0 мм^2/с; для зимнего дизельного топлива от 1,8 до 5,0 мм^2/с.

Если определение вязкости проводится при температуре, отличной от 20 °С, качество топлива оценивают по табл. 8.4.

Значение вязкости измеряемого топлива при температуре определения должно находиться между минимальным и максимальным значениями, приведёнными для этой температуры в табл. 8.5.

Если полученное значение вязкости выходит за пределы этих значений, следует провести повторное измерение вязкости при 20 °С.

8.4. Летнее дизельное топливо

Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с	Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с
35	2,00	4,60	17	3,36	6,36
34	2,04	4,68	16	3,48	6,48
33	2,08	4,76	15	3,60	6,60
32	2,12	4,84	14	3,70	6,80
31	2,16	4,92	13	3,80	7,05
30	2,20	5,00	12	3,90	7,30
29	2,26	5,08	11	4,00	7,60
28	2,32	5,16	10	4,10	7,80
27	2,38	5,24	9	4,30	8,00
26	2,44	5,32	8	4,50	8,25
25	2,50	5,40	7	4,70	8,50
24	2,60	5,52	6	4,90	8,80
23	2,70	5,64	5	5,20	9,10
22	2,80	5,76	4	5,50	9,40
21	2,90	5,88	3	5,80	9,80
20	3,00	6,00	2	6,20	10,20
19	3,12	6,12	1	6,60	10,60
18	3,24	6,24	0	7,00	11,00

8.5. Зимнее дизельное топливо

Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с	Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с
20	1,80	5,00	–1	3,00	7,20
18	1,88	5,12	–2	3,10	7,40
16	1,96	5,24	–3	3,20	7,60
14	2,04	5,36	–4	3,30	7,80
13	2,08	5,42	–5	3,40	8,00
12	2,12	5,48	–6	3,54	8,20
11	2,16	5,54	–7	3,68	8,40

Продолжение табл. 8.5

Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с	Температура, °С	ν_{min}, мм^2/с	ν_{max}, мм^2/с
10	2,20	5,60	–8	3,82	8,70
9	2,26	5,70	–9	3,96	9,00
8	2,32	5,80	–10	4,10	9,30
7	2,38	5,90	–11	4,32	9,70
6	2,44	5,00	–12	4,54	10,10
5	2,50	6,10	–13	4,76	10,50
4	2,58	6,25	–15	5,20	11,30
3	2,66	6,40	–17	5,60	12,40
2	2,74	6,60	–19	6,00	13,40
1	2,82	6,80	–21	6,60	14,60
0	2,90	7,00	–23	7,30	15,80

Определение коррозионной агрессивности

Кроме воды и водорастворимых кислот и щелочей коррозионноагрессивным компонентом является сероводород, растворённый в топливе. Сущность определения состоит в экстрагировании водой сероводорода, содержащегося в топливе и связывании его в соединение черного цвета.

Приготовление раствора реагента № 3

Навески реагента № 3А и 3Б рассчитаны на проведение 50 определений. Содержимое одного пакета и одного флакона высыпают в соответствующую склянку через воронку № 2 и заполняют дистиллированной водой.

Склянку закрывают крышкой и встряхивают до растворения компонентов.

Для приготовления раствора реагента и проведения анализа необходимо использовать дистиллированную воду.

Проведение испытания

В чистую склянку для смешения помещают с помощью пипетки для воды 10 мл реагента № 3 и затем добавляют 20 мл топлива. Склянку закрывают крышкой и встряхивают несколько раз. Появление окраски (от светло-коричневой до чёрной) в нижнем слое или на границе реагента и топлива свидетельствует о наличии в топливе сероводорода. В случае большого содержания сероводорода образуется осадок чёрного цвета. Топливо считается коррозионно-неагрессивным в случае быстрого исчезновения окрашивания на границе реактива с топливом или при отсутствии окрашивания. В противных случаях топливо считается коррозионно-агрессивным.

Переносная лаборатория «Экспресс-ВИИТиН». Переносная лаборатория «Экспресс-ВИИТиН» (рис. 8,3, 8.4.) предназначена для контроля основных нормируемых показателей качества смазочного масла, может применяться для контроля качества свежих и работающих моторных масел при эксплуатации тракторов, комбайнов, автомобилей и другой техники.

Контролируемые показатели качества масла: вязкость кинематическая (мм^2/с), загрязнённость (%), диспергирующе-стабилизирующие свойства (ДСС) (баллы), щелочное число (мг КОН/г), содержание воды (%).

В комплект лаборатории входят: индикатор вязкости (вискозиметр) для моторных масел на пределы измерения от 5 до 16 мм^2/с (сСт) при 100 °С; комплект средств и приспособлений для оценки загрязнённости масла и его диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) методом «капельной пробы».

Контроль вязкости масла (рис. 8.7) заключается в сравнении скоростей течения проверяемого масла по измерительному каналу (желобку) и качения шарика в стеклянной трубке с эталонным маслом. Для проверки вязкости масла необходимо вывести шарик в эталонном элементе в исходное положение, поставив вискозиметр в вертикальное положение надписью «стоп» вверх. При этом шарик должен занять стартовое положение у пробки-заглушки стеклянной трубки. Положить

Рис. 8.3. Лаборатория «Экспресс-ВИИТиН»

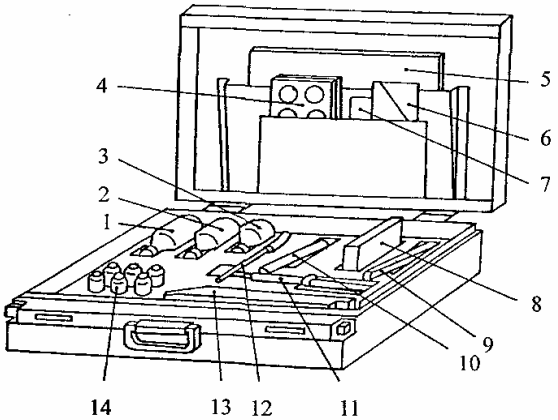


Рис. 8.4. Общий вид лаборатории «Экспресс-ВИИТиН»:
1 – ёмкость для дистиллированной воды 200 мл; *2* – ёмкость с растворителем 200 мл; *3* – ёмкость для проб масла 100 мл; *4* – планшет-рамка для размещения фильтровальной бумаги; *5* – инструкция; *6* – пакет с индикаторной бумагой; *7* – фильтровальная бумага; *8* – фильтры бумажные; *9* – денсиметр; *10* – мерная пробирка на 15 – 20 мл; *11* – электронагреватель с рабочей пластиной; *12* – стеклянная палочка Ø 5 мм; *13* – вискозиметр; *14* – стеклянные пузырьки 20 мл

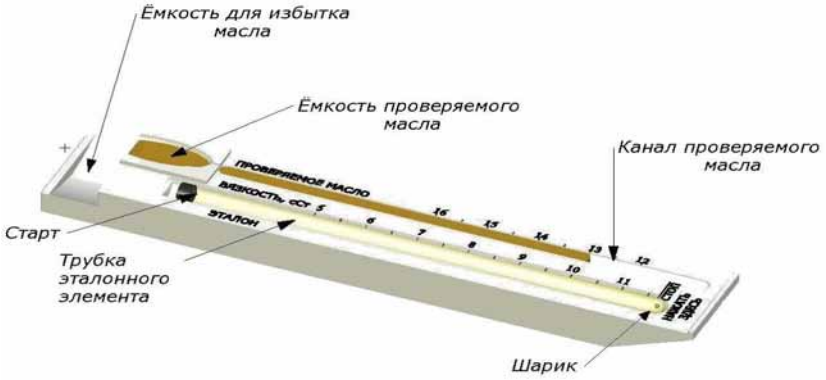
вискозиметр на горизонтальную поверхность и залить в овальную ёмкость корпуса проверяемое масло до такого уровня, чтобы оно начало переливаться в ёмкость для сбора излишков. Не допускается попадание масла в прорезь, соединяющую желобок с овальной ёмкостью.

Выдержать вискозиметр с залитым в него маслом 4…5 мин, если же масло было горячим или принесено с мороза, то выдержку продлить до 8…10 мин.

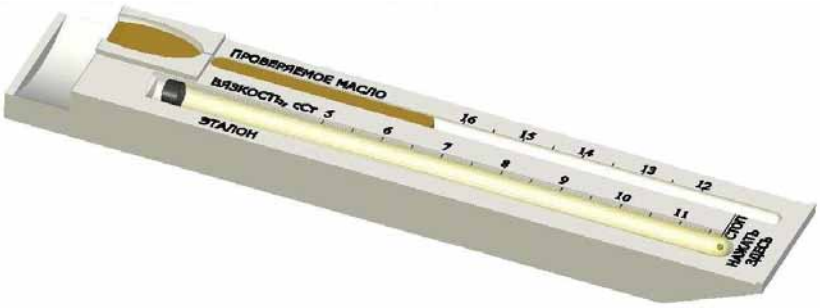
Плавно (двумя руками) перевести вискозиметр в наклонное положение так, чтобы его скошенная часть разместилась строго в горизонтальной плоскости на поверхности лабораторного стола.

Наблюдать за перемещением шарика в эталонной стеклянной трубке и течением проверяемого масла по измерительной канавке (желобку). Когда шарик в трубке или масло в канавке достигнет линии «стоп», то плавно вернуть вискозиметр в горизонтальное положение. По шкале вискозиметра определить вязкость проверяемого масла, руководствуясь следующим правилом:

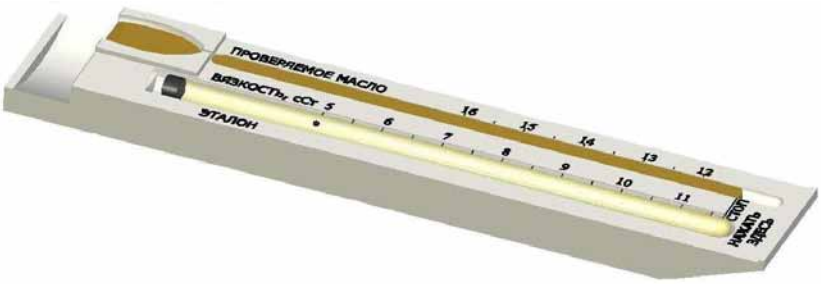
- если первым линии «стоп» достигло масло в канавке, то вязкость определяют по шкале эталонной стеклянной трубки;
- если первым линии «стоп» достиг шарик, то вязкость определяют по шкале измерительной канавки.



а) масло загустело, его вязкость 13 мм^2/с и находится в допустимых пределах



б) масло загустело, его вязкость 16,5 мм^2/с; заменить из-за высокой вязкости



в) масло разжижено, его вязкость 5 мм^2/с; заменить из-за низкой вязкости

Рис. 8.5. Общий вид вискозиметра и типичные ситуации при оценке вязкости масла

Значение вязкости соответствует числу, указанному на шкале, против которого находится отставший шарик или отставшее масло.

Измерение вязкости проводить при температуре 15 – 25 °С (при этом погрешность измерения не превышает ± 7 %). При более низкой или высокой температуре окружающей среды погрешность может возрасти.

После каждого измерения тщательно промыть вискозиметр в бензине или керосине и протереть мягкой ветошью. Следить за чистотой прорези.

Контроль загрязнённости масла. Поместить лист фильтровальной бумаги между пластинками планшета-рамки и собрать его, установив на ножки.

Опустить конец стеклянного (или металлического) стержня в стаканчик с проверяемым маслом, поднять стержень и выждать, пока капли будут стекать с него с интервалом в 3–4 с. Затем нанести с высоты 5 – 10 мм одну каплю масла на фильтровальную бумагу через круговую прорезь планшета-рамки.

Установить под планшетом-рамкой с нанесенной каплей электронагревательный элемент, включить его в электросеть напряжением 220 В.

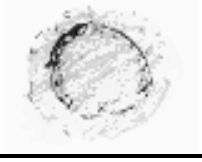
После прогрева масляного пятна в течение 10 мин выключить электронагреватель и сравнить хроматограмму масляного пятна с образцами эталонов загрязнённости по фотографии, найти близкое изображение по внешнему виду (цвету и плотности пятна), записать значение загрязнённости, соответствующее выбранному изображению (табл. 8.6.) [8].

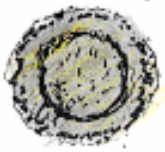
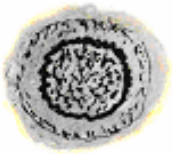
Определение загрязнённости по данной методике используется только для работающих и работавших моторных масел, их смесей с другими маслами. Для масел, использованных в двигателях, характерно насыщение их углеродистыми частицами (сажей), асфальто-смолистыми соединениями, которые придают масляному пятну черно-серый цвет с блестящим слоем. Для масел, использованных в других узлах и агрегатах, внешний вид пятна будет отличаться от приведенного.

8.6. Шкала эталонных образцов капельной пробы масляных пятен для оценки загрязнённости моторных масел

Внешний вид пятна оцениваемого масла	Внешний вид эталона	Содержание механических примесей, %
Светлое желтоватое пятно		0,00...0,01

Продолжение табл. 8.6

Внешний вид пятна оцениваемого масла	Внешний вид эталона	Содержание механических примесей, %
Светлое желтоватое пятно со слабо выраженной окантовкой ядра		0,01...0,05

Желтовато-серое пятно с явно выраженной более темной окантовкой ядра		0,05...0,10
Серое пятно с резко выраженной тёмной окантовкой ядра		0,10...0,30
Темно-серое пятно, ограниченное чёрной окантовкой		0,30...0,80
Сплошное чёрное пятно с блестящим слоем в центре или по всей поверхности пятна		0,8 и более

Диспергирующе-стабилизирующие свойства (ДСС) моторного масла обусловлены действием присадки, которая препятствует укрупнению частиц загрязнений, выпадению их в осадок, образованию отложений в каналах и на деталях двигателя, уменьшает нагаро- и лакообразование.

Постепенное срабатывание присадки и ухудшение ДСС заметно влияет на внешний вид масляного пятна. Это позволяет одновременно с оценкой загрязнённости выявить и ДСС проверяемого масла. С этой целью хроматограмму масляного пятна сравнивают с образцами капельной пробы, приведёнными на фотографии (рис. 8.6) или специальном планшете.

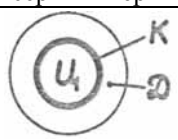
	масло очень хорошее		масло хорошее		
Б	1	2	3	4	5
Ц	светло-серый – белый	светло-серый – белый	серый	темно-серый	чёрный
К	серый	серый – тёмно-серый	тёмно-серый	тёмно-серый – чёрный	чёрный
Д	светло-серый	серый	серый – тёмно-серый	темно-серый	тёмно-серый – чёрный
	Внимание! Запас присадки недостаточен		масло плохое, присадка сработалась		 Схема
Б	6	7	8	9	Б – число баллов
Ц	чёрный, отдельные блестящие места	чёрный, слабо-блестящий	густо-чёрный, блестящий	густо-чёрный, сильно блестящий цвет	Ц – центр пятна
К	чёрный	чёрный	чёрный	чёрный	К – зона кромки
Д	тёмно-се-рый – чёрный	тёмно-серый – чёрный	тёмно-серый – чёрный	отсутствует	Д – зона диффузии

Рис. 8.6. Шкала эталонных образцов капельной пробы масляных пятен для оценки диспергирующе-стабилизирующих свойств моторных масел

Чёрный цвет центра масляного пятна и появление блестящего слоя загрязнений указывают на то, что ДСС масла исчерпаны, и в двигателе интенсивно идут процессы нагаро- и лакообразования. Хорошее по ДСС масло соответствует эталонам с оценкой в баллах от 1 до 5. Очень плохое масло по ДСС с оценкой в баллах 8–9. На фильтровальной бумаге масло, неудовлетворительное по ДСС, оставляет, как правило, мажущееся, плохо высыхающее чёрное или чёрное блестящее пятно без зоны диффузии мелких частиц. Такое масло должно быть немедленно заменено.

Контроль щелочного числа моторного масла. В процессе использования масла в двигателе в нём накапливаются продукты окисления углеводородной основы и сгорания топлива. Антиокислительные присадки в маслах нейтрализуют действие этих кислых продуктов и за счёт этого обеспечивают снижение износа деталей, предотвращают загрязнения масла продуктами окислительной полимеризации углеводородов и связанные с этим закоксовывание поршневых колец, забивание каналов и дренажных отверстий. Показателем противоокислительных (нейтрализующих) свойств моторных масел с присадками является щелочность масла (щелочное число – Щ). Для обеспечения нормальной эксплуатации щелочное число свежего масла должно быть не менее: для среднефорсированных двигателей – 3,5 – 4; для высокофорсированных – 6 – 6,5 мг

КОН/г. В процессе использования щелочное число уменьшается и при его снижении до определенного уровня масло должно быть заменено. Этот уровень для высокофорсированных двигателей установлен равным 2,5 мг КОН/г, для среднефорсированных – 1,5 мг КОН/г.

Порядок контроля щелочного числа следующий. Взять из комплекта стеклянный пузырек и заполнить его на 1/2 объёма дистиллированной водой. Одну полоску жёлтой индикаторной бумаги свернуть и поместить в пузырёк с дистиллированной водой. В мерную пробирку налить 2 $см^3$ (мл) растворителя, затем растворитель перелить в стеклянный пузырёк с водой и индикаторной бумагой. Стеклянную палочку опустить в проверяемое масло и, подняв палочку, выждать, пока капли начнут падать с интервалом в 3–4 с. Одну-две капли масла добавить в стеклянный пузырек. Закрыть стеклянный пузырёк пробкой и тщательно взболтать, дать отстояться в течение 3 – 5 мин. Изменение окраски раствора в пузырьке хорошо заметно.

По изменению цвета раствора в пузырьке определить щелочное число проверяемого масла, сравнив его с цветовыми эталонами раствора:

жёлтый – менее 1,5 мг КОН/г;
зеленый – от 1,7 до 2,5 мг КОН/г;
голубой – 3 мг КОН/г;
синий – от 3,5 до 4,5 мг КОН/г;
тёмно-синий (фиолетовый) – от 4,5 до 6,0 мг КОН/г.

После определения щелочного числа масла стеклянный пузырёк необходимо промыть (спиртом, толуолом, бензином, керосином или чистым дизельным топливом) и протереть ватным или марлевым тампоном.

Контроль наличия воды в масле. В работающем моторном масле почти всегда содержится вода. В масло вода попадает в виде паров, содержащихся в воздухе, при вентиляции картера, а также из-за нарушения герметичности уплотнительных устройств в блок-картере двигателя. При работе двигателя вода частично испаряется из масла и, как правило, содержится в нём в виде мелкодиспергированных глобул, которые очень трудно отделить при отстое. Масло необходимо заменить, если содержание воды превышает 0,3 %.

Порядок контроля наличия воды в масле следующий. Вставить рабочий элемент (медную пластинку) в электронагревательный элемент и установить элемент на специальную подставку. Включить электронагревательный элемент в электросеть напряжением 220 В. Рабочий элемент (медную пластинку) разогревать в течение 4–5 мин. Пробу проверяемого масла тщательно перемешать стеклянной палочкой и затем нанести 2–3 капли масла на разогретую медную пластинку. Вместо нанесения капель допускается погружать разогретую медную пластинку в масло на глубину 2–3 см. При наличии воды в масле отмечается характерное потрескивание или вскипание капель масла на пластинке. Если же слышится непрерывный сильный треск, то содержание воды превышает 0,25 %. При слабом шипении и редком потрескивании с интервалом в 2–3 с содержание воды в масле составляет от 0,08 до 0,2 %. Слабое шипение, образование мельчайших пузырьков свидетельствует о незначительном содержании воды в масле – от 0,02 до 0,05 %, Выключить электронагревательный элемент, дать ему остыть и удалить остатки масла с медной пластинки. Уложить элементы в разобранном виде и подставку в отведённые для них места.

Портативная лаборатория анализа масел и топлив ПЛАМ. Портативная лаборатория анализа масел и топлив «ПЛАМ» – Россия, изображенная на рис. 8.7, выпускается в трех вариантах ПЛАМ–1, ПЛАМ–2, ПЛАМ–3, предназначена для экспресс-анализа моторных, турбинных и гидравлических масел по следующим показателям:

- содержание воды в масле (0…3 % и выше);
- общее щелочное число (0,7…70 мг КОН/г масла);
- вязкость масла (в % от вязкости свежего масла);
- загрязнённость масла;
- диспергирующая способность;
- окисление (по эталонам цветной фотографии);
- плотность (750…990 $кг/м^3$);
- кислотное число (0,04…2 мг КОН/г масла).

Лаборатория укомплектована реагентами на 50 анализов. Так же имеется программа экспертной оценки анализа результатов полученных при помощи лаборатории ПЛАМ. В лаборатории не предусмотрено определение температуры вспышки масел.

Рис. 8.7. Портативная лаборатория анализа масел и топлив ПЛАМ

Лаборатория «СЛТМ» (Россия) (рис. 8.8) является судовой экспресс-лабораторией и предназначена для контроля физико-химических показателей топлив и масел на судах, несмотря на это, возможно её использование и в с/х производстве АПК, потому как параметры, определяемые данной лабораторией, аналогичны параметрам, отражающим качество моторных масел сельскохозяйственной техники (табл. 8.7).

Рис. 8.8. Судовая экспресс-лаборатория «СЛТМ»

8.8. Характеристики экспресс-лаборатории «СЛТМ»

Показатель	Характеристика	Характеристика метода определения
Диспергирующая способность масла, усл. ед.	0,3...1,0	Капельно-диффузионный, рассчитывается по соотношению зоны диффузии и зоны центрального ядра масляного пятна, полученного нанесением капельной пробы масла на фильтровальную бумагу
Кинематическая вязкость, % от вязкости свежего масла	10...40	Вискозиметром, по времени истечения
Кислотное число, мгКОН/г	0,1...2,5	Экстракционно-колориметрический, с индикатором нитразиновым желтым и визуальной оценкой пробы
Плотность, кг/м^3	700...100	Ареометром
Совместимость моторных масел	качественно	Визуальный (с применением лупы), оценкой совместимости смеси масел, нанесённых на предметное стекло тонким слоем, в сравнении с графическими образцами
Содержание воды, %	0,5...2	Калориметрический, на основе измерения повышения температуры анализируемого масла, происходящего при взаимодействии с водой добавляемого к анализируемому маслу гидрида кальция
Содержание нерастворимого осадка (механические примеси) в маслах, %	1...5	По номограмме, на основе измерения ареометром разности плотностей свежего и работающего масел
Щелочное число, мгКОН/г	0,3...30	Экстракционно-колориметрический, с индикатором бромтимоловым синим и визуальной оценкой пробы по цветовой шкале

Помимо отечественных методов и оборудования следует также обратить внимание на разработки зарубежных фирм, которые в силу объективных и субъективных причин пока не нашли широкого применения в современном сельскохозяйственном производстве.

Для оперативной оценки качества смазочных материалов, применяемых в сельском хозяйстве, используются передвижные и переносные лаборатории.

Портативная лаборатория компании «Kittiwake» (Англия) позволяет оперативно измерять наиболее значимые характеристики всех типов смазочных материалов, а именно: наличие воды, щелочное число, механические примеси, вязкость, кислотное число. Вид портативной лаборатории «Kittiwake» изображен на рис. 8.9.

Тестеры в лаборатории «Kittiwake» представлены двух типов:

1) аналоговые тестеры (серия ECON) – тестеры со стрелочной шкалой и ручные наборы (рис. 8.10, *а*);

2) цифровые тестеры (серия DIGI) – цифровые тестеры для выполнения одного или нескольких типов испытаний (рис. 8.10, *б*).

Рис. 8.9. Портативная лаборатория «Kittiwake» для анализа качества смазочных материалов и топлив

а) *б*)

Рис. 8.10. Тестер для анализа наличия воды в масле:
а – аналоговый; *б* – цифровой

Характеристики тестеров контроля обводненности щелочного числа смазочных материалов и топлив представлены в табл. 8.8, 8.9.

8.8. Характеристики тестеров контроля обводнённости смазочных материалов и топлив

Характеристики тестеров	Тип тестера	
	Аналоговый	Цифровой
Диапазон измерений	0...1,2 %	0...1 %, 0...10 %, 0...20 %
Применение	смазочные масла, гидравлические, трансмиссионные и топливо	смазочные масла, гидравлические, трансмиссионные и топливо
Время анализа	2 мин	3...7 мин
Расход реагентов	50 тестов	50 тестов
Точность измерения	0,1 %	1 %

8.9. Характеристики тестеров контроля щелочного числа смазочных материалов

Характеристики тестеров	Тип тестера	
	Аналоговый	Цифровой
Диапазон измерений	5…55 мг КОН/г	5…55 мг КОН/г
Применение	моторные масла	моторные масла
Время анализа	2 мин	2 мин
Расход реагентов	50 тестов	50 тестов
Точность измерения	±10 % от щелочного	±10 % от щелочного

	числа свежего масла	числа свежего масла

Расчёт вязкости производится по времени падения калибровочного шарика в анализируемом масле, которое помещено в калиброванную трубку. Диапазон измерения 0…600 сСт при температуре 40 °С, возможен анализ смазочных, гидравлических масел, топлив. Время анализа занимает от 1 до 10 мин. К недостаткам портативной лаборатории «Kittiwake» следует отнести достаточно высокую цену и ограниченность аналоговых тестеров по количеству анализируемых проб и измеряемому диапазону, в частности для работающих масел.

а) *б*)

Рис. 8.11. Тестер для анализа щелочного числа в масле:
а – аналоговый; *б* – цифровой

Рис. 8.12. Тестер для анализа вязкости моторных, трансмиссионных масел, дизельного топлива

Мобильный центр диагностики масел, разработанный компанией «Wartsila» (Финляндия), представляет собой мобильный комплект оборудования, специально разработанный для контроля промышленных транспортных и военных машин и механизмов. Точность контроля топлив и масел соответствует лабораторным анализам. Для разных типов масел выпускается в нескольких модификациях. Мобильный диагностический центр представлен на рис. 8.13.

Рис. 8.13. Мобильный центр диагностики масел «Wartsila»

В таблице 8.10. представлены характеристики мобильного центра диагностики масел «Wartsila».

Таблица 8.10

Характеристики	Значения
Электропитание	110/220 В
Габариты	57,5×36×31 см
Вес	18 кг
Рабочая температура	10…50 °С

В таблице 8.11. указаны тестеры, которыми комплектуется мобильный центр. Все тестеры работают с аналитической консолью, которая стандартно входит в любой комплект центра.

Анализируя данные, представленные в таблице, можно отметить, что использование мобильного центра «Wartsila» не позволит определять температуру вспышки масел, а диапазон измерения щелочного числа 5…99 мг КОН/г ограничивает использование оборудования для контроля этого показателя у работающих масел.

Тестер «ALT», разработанный австралийской компанией «Rose Engineering», представляет из себя компактное устройство массой 1 кг, со встроенной батареей, с цифровым дисплеем (рис. 8.14).

8.11. Тестеры мобильного центра «Wartsila»

Измеряемый параметр	Изображение	Диапазон измерений	Время из-мерения	Точность
Вязкость: 1) без нагрева с автоматической коррекцией к 40 °С для масел; 2) с нагревом пробы до 40 °С для дизельных топлив и масел; 3) с нагревом пробы до 50 °С для мазута		20…810 сСт (с нагревом)	–	±3 %
Кислотное число		0…3 / 0…6 КОН/г	2 мин	± 0,2 КОН/г
Вода в масле		0…2,5 %	3 мин	±0,1 %
Механические загрязнения		0…3,5 %	20 с	±0,1 %
Общее щелочное число		5…99 КОН/г	2 мин	±5 %

Рис. 8.14. Тестер контроля качества моторного масла «ALT»

Данный тестер дает достаточно полную информацию о примесях, находящихся в тестируемом масле: лаки, золы, смолы, все металлы (продукты износа двигателя), вода и топливо. Тестер позволяет сделать прогноз времени замены масла, замены фильтра. Время анализа от начала и до конца занимает 3–5 мин. В начале анализа необходимо залить в прибор образец свежего масла, которое работает в двигателе. Показатели свежего масла заносятся в память портативного тестера. После че-

го необходимо повторить процесс, но с используемым моторным маслом. Отчет о работоспособности масла высвечивается на цифровом дисплее. Критерий работоспособности масла оценивается условными единицами от 0 (свежее масло) до 4 (масло рекомендуется заменить). Работа прибора основана на измерении диэлектрической постоянной смазочных масел.

Основным недостатком тестера являются сложности его использования в условиях АПК (обслуживание, ремонт) и достаточно высокая цена.

Еще одним прибором так называемой off–line оценки качества моторного масла является «Интеллектуальный анализатор качества моторного масла THY-21A» (рис. 8.15) китайской компании Tianhou Electronic-Technology. Работа данного прибора основана на измерении диэлектрической постоянной.

Рис. 8.15. Анализатор качества моторного масла THY–21A

В памяти анализатора находятся свойства порядка 300 моторных образцов моторных масел. Анализатор имеет возможность оценки следующих параметров качества масла, определяющих:

– степень загрязнённости, время оценки 5 мин;

– металлические частицы размером порядка 60 нм;

– качество свежих масел;

– входящие в смазку светлые масла;

– процентное содержание воды в масле, время оценки 3 мин.

Данное устройство работает как от сети 220 В так и от встроенной батареи. Время непрерывной работы устройства от батареи составляет 28 ч. Анализатор THY-21A имеет микропринтер для распечатки полученных данных.

Помимо рассмотренных экспресс-лабораторий по оценке комплекса показателей работоспособности масел, существует достаточно много приборов для оценки единичных показателей качества масел, которые также следует рассматривать как потенциально приемлемые для использования в качестве контроля основных физико-химических показателей масел.

Одним из таких приборов является портативный вискозиметр «Viscolite 700» английской фирмы «Hydramotion» (рис. 8.16).

Рис. 8.16. Устройство Viscolite 700 для определения вязкости жидких сред

Характеристики ротационных вискозиметров Viscolite представлены в табл. 8.12.

Прибор для анализа качества нефтепродуктов «SHATOX SX-300» изображен на рис. 8.17.

Устройство является достаточно дорогостоящим и ограниченным в измерении комплекса взаимосвязанных показателей качества работающих моторных масел.

Таблица 8.12

Характеристики	Тип прибора	
	Viscolite VL700–S	Viscolite VL700–T15
Температура измеряемой среды	–40…+150 °С	–40…+150 °С
Минимальное количество образца	50 мл	10 мл
Вес щупа	700 г	500г
Вес дисплея	500г	500г
Длина щупа	305 мм	215 мм
Материал щупа	нерж. сталь	нерж. сталь
Питание	4×АА батерии	4×АА батареи

Рис. 8.17. Анализа качества нефтепродуктов «SHATOX SX-300»

К приборам, контролирующим качество работающего моторного масла непосредственно в зоне его работы, относятся устройства так называемого on-line контроля.

Характеристики приборов компании « Kittiwake» для on-line контроля различных параметров смазочных материалов представлен в табл. 8.13.

Особого внимания заслуживает сенсор оценки качества работающего моторного масла (рис. 8.18), разработанный немецким институтом физических измерений, находящийся во Фрайбурге.

8.13. Приборы компании « Kittiwake» для измерения параметров масла во время его работы

Показатели	Контроль загрязнения ферромагнитными частицами износа	Контроль степени деградации масла	Контроль размера частиц износа	Контроль содержания воды
Вид прибора				
Контролируемые параметры	Содержание ферромагнитных частиц износа в диапазоне 0-2000ppm	Интегральная характеристика степени работоспособности масла (вода, степень окисления, щелочное число, сажа, примесь охлаждающей жидкости) в диапазоне 0…100 % отн. шкалы	Размер ферромагнитных частиц – от 60мкм и больше; размер немагнитных частиц – от 100 мкм и больше	Относительный процент содержания растворенной воды; диапазон 0…100 %
Выходной сигнал аналоговый	4…20 мА	4…20 мА	4…20 мА	4…20 мА
Выходной сигнал цифровой	CAN, RS232, RS485, радиосигнал	CAN, RS232	CAN, RS232, RS485, радиосигнал	CAN, RS232
Питание	18…36 В	15…30 В	15…30 В	15…30 В
Допустимое давление в маслосистеме	до 10 бар	до 10 бар	до 10 бар	до 10 бар
Рабочая температура	от –25 до 85 °С	от +30 до 130 °С	от –25 до 85 °С	от –40 до 100 °С
Масса	2,2 кг	250 г	1,4 кг	250 г

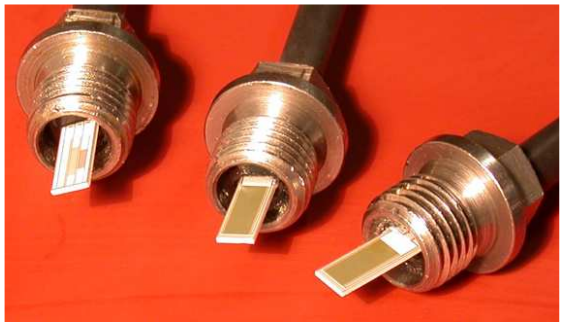


Рис. 8.18. Датчик для измерения состояния смазочных материалов

По информации разработчиков ATR-спектрометр предназначен для постоянного контроля за состоянием различных параметров технических смазочных материалов и представляет интерес в следующих областях:

– машины и двигатели;

– охлаждающе-смазочные материалы;
– гидравлика.

Принципиальная схема работы ATR-спектрометра изображена на рис. 8.19.

В основе спектроскопии лежит принцип ослабления отражённого сигнала Abgeschwächten Totalreflexion (ATR). В преломляющий кристалл направляется инфракрасный луч. Отражаясь, луч проходит через кристалл, масло, контактирующее с поверхностью кристалла, поглощает часть излучения и сигнал ослабевает. На выходе происходит улавливание сигнала и его оценка. Данным датчиком возможно оценивать такие показатели, как: обводненность, окисление, сульфатацию, нитра-

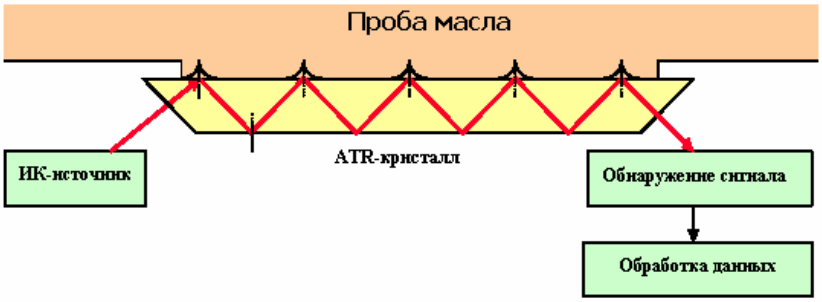


Рис. 8.19. Принципиальная схема работы спектрометра

цию. Однако данная разработка пока не нашла широкого применения и массового производства и использования, так как разработчики – Фрайбургский университет – заявляют о разработке принципа контроля и необходимости продолжения работ по реализации проекта.

8.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА РАБОТАЮЩИХ МАСЕЛ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИН

По изменению физико-химических показателей работающих масел можно диагностировать техническое состояние отдельных узлов и агрегатов моторно-ходовой части технического средства. Основная цель диагностирования – предупреждение отказов в период работы. Отдельные физико-химические показатели работающего масла могут служить диагностическим параметром, по которому без разборки агрегата можно оценить не только исправность объекта в момент диагностирования, но и возможность дальнейшего безотказного его использования в течение определенного периода [15, 16].

Для диагностирования состояния отдельных узлов и агрегатов, как отмечалось выше, отбирают пробу масла в количестве 0,3…0,5 л. Масло в дизельном двигателе должно проработать не менее 100…150 ч. Отобранную пробу тщательно перемешивают и проводят анализ отдельных физико-химических показателей. Для диагностики двигателя рекомендуется в маслах определить кинематическую вязкость, температуру вспышки, щелочное и кислотное числа, содержание воды и загрязнений, плотность, цвет масла и др. Комплексный анализ результатов данных показателей позволяет провести диагностику состояния двигателя с малыми трудозатратами и определённой достоверностью.

При установлении предельных показателей **вязкости масла**, не выработавшего свой гарантийный срок эксплуатации, требуется определение времени замены масла и установление причин, вызвавших ускоренное изменение вязкости. Существенно снижают вязкость масла неправильная регулировка топливной аппаратуры, плохое состояние цилиндропоршневой группы, недостаточно хорошее смесеобразование и тяжелый фракционный состав топлив. При этом в масло попадают не только продукты неполного сгорания, но и сконденсировавшееся топливо. Уменьшение вязкости вследствие разжижения масла топливом может наблюдаться и при неблагоприятных режимах эксплуатации: длительная работа на режимах холостого хода, периодическая кратковременная работа с малыми нагрузками и частыми остановками при недостаточном прогреве масла.

Для загущенных масел уменьшение вязкости может быть обусловлено механической, термической или термоокислительной деструкцией вязкостных полимерных присадок. Снижение вязкости из-за деструкции вязкостных присадок обычно наблюдается в начальный период работы масла после смены. В последующем вязкость возрастает в результате испарения легких фракций, накопления продуктов окисления и полимеризации, а также нерастворимых продуктов. Если выявлен ускоренный рост вязкости, то это свидетельствует о неисправностях отдельных узлов и систем двигателя. Так увеличение вязкости из-за накопления частиц металла и пыли может быть обусловлено неисправностями маслоочистительных агрегатов или системы воздухоочистки. Ускоренный рост вязкости может быть вызван и накоплением в нём растворимых продуктов окисления из-за срабатывания антиокислительных присадок. Причинами могут быть неблагоприятные режимы эксплуатации (перегрев двигателя), а также неисправности цилиндропоршневой группы, прорыв в картер выхлопных газов.

Из практики эксплуатации известно, что каждый тракторист или водитель ежедневно оценивает работу машины и качество масла прежде всего по давлению масла в системе. Если произошло резкое падение давления (в течение одной-двух смен), то в данном случае можно с определённой долей уверенности сказать о серьезных неисправностях машины и о необходимости устранения дефекта в работе топливной системы. Подтверждением правильности диагноза в данном случае могут стать оценка вязкости масла и температуры вспышки.

Температура вспышки масла является показателем наличия в нём фракций дистиллятных топлив. Она изменяется при попадании в него несгоревшего топлива, утечках топлива в результате неисправности топливного насоса и форсунок, длительной работе на холостом ходу недостаточно прогретого двигателя. Как критерий работоспособности моторного масла температура вспышки определяется для выявления предельно допустимого разжижения масла топливом, так как не всегда можно определить разжижение по нижнему пределу вязкости. Вязкость является показателем, взаимосвязанным с температурой вспышки. Вследствие окисления и загрязнения масла вязкость растёт, и тем самым разжижение масла топливом может скрываться. Для работающих масел предельное значение температуры вспышки составляет 170…180 °С, а для высоковязких масел с высокой температурой вспышки считают предельным снижение температуры вспышки на 40…50 °С. При попадании

в масло 1 % бензина температура вспышки снижается с 200 до 170 °С, а наличие в масле 6 % бензина снижает её почти в 2 раза. Разжижение масла топливом вызывает резкое ухудшение его противоизносных свойств, ускоряет процессы нагаро- и лакообразования на поршнях. Вследствие попадания топлива на стенки цилиндров из-за неисправностей в работе форсунок возникает большой износ цилиндров и поршневых колец. При содержании в масле 4 и 8 % топлива износ деталей цилиндропоршневой группы возрастает соответственно на 25 и 50 %.

Взаимосвязанным показателем с температурой вспышки является **кислотное число**. Так как кислотность дизельных топлив значительно выше кислотности дизельных масел, то при попадании дизельного топлива в масло кислотность последнего возрастает.

Щелочное число является условной мерой способности масла нейтрализовать кислоты, образующиеся из продуктов сгорания топлива и окисления основы масла. Щелочность, обусловленная наличием щелочных присадок, расходуется на нейтрализацию кислот с разной скоростью.

При регулярном доливе на угар свежего масла щелочное число обычно убывает достаточно медленно, а кислотное – растёт по экспоненциальному закону. Иногда рост щелочного числа обусловливается значительным испарением основы масла и концентрацией присадок в масле, остающимся в картере. Пределом работоспособности масел очень часто считают равенство общего щелочного числа общему кислотному числу. Допустимое значение щелочного числа ограничивается 1,5…2,0 мг КОН/г, или 50 % щелочного числа свежего масла. Эксплуатация двигателя на масле с щелочным числом ниже предельного ведёт к ускоренному износу поршневых колец и цилиндров, иногда наблюдается интенсификация лако- и нагарообразования. Низкое щелочное число приводит к коррозии и разрушению наиболее уязвимых деталей двигателя, в частности вкладышей подшипников коленчатого вала.

В длительно работающем масле первоначально введённые присадки могут быть полностью израсходованы, например, при нейтрализации карбоновых кислот, однако их соли (продукты нейтрализации) становятся носителями щелочности в работающем масле, а щелочное число увеличивается.

В целом можно говорить о том, что резкое снижение щелочного числа или быстрый рост кислотного числа свидетельствует о технических неисправностях двигателя, в первую очередь цилиндропоршневой группы (ЦПГ). В то же время скорость снижения щелочного числа зависит и от содержания серы в топливе. При увеличении содержания серы в топливе 0,2…1 % скорость расходования нейтрализующей присадки возрастает в 2 раза.

Современные моторные масла, к которым относятся М-10$Г_2$к, М-8$Г_2$к и другие, имеют достаточно высокий показатель щелочного числа – 7,5 мг КОН/г и более. Вместе с тем, в связи с коммерциализацией огромной массы предприятий, занимающихся расфасовкой и торговлей смазочными материалами, пока достаточно высок риск приобретения и использования некачественных масел, Такие масла, как правило, ни по внешнему виду, ни по текучести, ни по запаху не отличаются от качественных. При заправке в двигатель такого масла, как правило, сразу сильно изменяется его цвет в первые же 5…10 ч работы. Изменяется текучесть (вязкость) и, как следствие, – аварийный выход из строя двигателя. Исключить подобного рода ситуации можно только периодическим экспресс-контролем щелочного числа масла. Очень важно правильно оценить этот показатель при приобретении свежего смазочного масла.

Отрицательно сказывается на процессе окисления масла наличие воды, пыли и продуктов износа металлических деталей, которые оказывают каталитическое действие на процесс окисления масла, ускоряя его.

Содержание воды служит показателем попадания воды из системы охлаждения или заправки двигателя обводнённым маслом. В работающем масле содержание воды обычно больше, чем в свежем. Вода попадает в масло в результате конденсации её паров из воздуха и газов, прорывающихся в картер при температуре ниже точки росы. Обводнение масла этим путём предотвратить практически нельзя. Его можно уменьшить путем поддержания оптимальных температур масла и охлаждающей жидкости и обеспечения необходимой принудительной вентиляции картера.

Для исправного двигателя содержание воды в масле составляет 0,03…0,05 %. Превышение предельно допустимых значений ускоряет окисляемость масла, подвергаются гидролизу присадки, нарушается коллоидная стабильность загрязнений, и вследствие их коагуляции блокируются масляные фильтры, ухудшаются противокоррозионные и противоизносные свойства масла. Вода в определённых условиях может сыграть основополагающую роль в аварийном выходе двигателя из строя порой даже в большей степени, чем недостающие в масле присадки. При заправке свежего масла в картер двигателя воду в масле можно и не заметить, если она находится в свободном состоянии.

С первых же часов эксплуатации произойдёт смешивание воды с маслом в масляной системе, и тогда (даже если содержание воды 0,1 %) начинается резкий процесс деструкции присадок. Такое масло, попадая по масляным каналам к поршневым кольцам, вызывает интенсивный рост отложений под кольцами (присадки как бы спекаются под кольцами, образуя очень твёрдые отложения) за счёт действия высоких температур, что может привести к их поломке. Подобного рода процессы происходят и в сопряжении вкладыш–шейка коленчатого вала. В двигателях с предельно изношенными деталями ЦПГ такие процессы происходят ещё более интенсивно. В некоторых случаях подобного рода отклонения можно наблюдать на датчике системы смазки (изменение давления), в других случаях изменяется мощность двигателя. Во всех случаях необходимо немедленно прекратить работу, заглушить двигатель, слить масло, сменить масляный фильтр, промыть систему смазки и заправить свежее масло.

Механические примеси накапливаются в моторном масле в результате попадания пыли с засасываемым воздухом или через неплотности картерного пространства, а также вследствие образований нерастворимых продуктов окисления и износа деталей ЦПГ. Считается, что наиболее интенсивно механические примеси накапливаются в моторном масле в первые 60…120 ч работы, а затем процесс стабилизируется. В этот период количество накапливающихся в масле и удерживаемых узлами очистки (фильтрами, центрифуги) механических примесей делается постоянным, что является определяющим для равновесного состояния. Интенсивное накопление механических примесей в первый период работы масла объясняется окислением малостабильных углеводородов масла во всем объёме смазочной системы, а затем этот процесс протекает, в основном, в масле, доливаемом на угар.

По стандарту содержание механических примесей в моторных маслах должно быть не выше 0,015 %. Предельным показателем содержания механических примесей в работающих маслах являются значения от 1 до 3 %, в зависимости от типа двигателя. Наиболее опасны минеральные примеси. Органические продукты загрязнения, находясь в масле в тонкодисперсном состоянии, могут повышать его противоизносные свойства. Это происходит как за счёт повышенной поверхностной

активности асфальтосмолистых веществ, увеличивающих маслянистость масла, так и буферного действия углеродистых частиц, покрывающих микронеровности поверхностей трения и этим предохраняющих их от непосредственного контакта. Кроме того, органические продукты загрязнения адсорбируются на неорганических (минеральных) частицах и тем самым препятствуют их непосредственному контакту с металлическими поверхностями деталей, что снижает износ последних. Это показывает, что износ вызывается относительно крупными, больше минимальной толщины масляной плёнки, частицами неорганических загрязнений. В то же время в результате высоких концентраций органических и неорганических примесей происходит интенсивное засорение трубопроводов и фильтров, нарушение термических режимов работы деталей, закоксовывание поршневых колец, что косвенно сказывается на повышении износа и снижает надёжность работы двигателя. Исследования работающих масел показывают, что основную массу взвешенных частиц составляют примеси размером 1…3 мкм. Как более крупных, так и мелких частиц относительно немного. Снижение концентрации мелких частиц возможно только при срабатывании значительной части присадок, когда происходит агрегатация с последующим осаждением фильтрующими устройствами частиц размером более 5 мкм или отложением на нагретые поверхности цилиндропоршневой группы (образование нагаров). В отсутствии коагуляции частицы данных размеров наиболее устойчивы, практически не осаждаются, их количество становится значительным, и они начинают оказывать абразивное действие на детали двигателя.

За изнашиванием деталей двигателя можно проследить по **концентрации продуктов износа** в масле. Установлено, что при длительной работе масла в двигателе, постоянной интенсивности очистки и постоянном расходе концентрация продуктов износа стабилизируется, как и концентрация общих механических примесей. Значительное повышение концентрации того или иного элемента в масле свидетельствует об интенсивности изнашивания деталей, для которых этот элемент характерен. Например, по концентрации алюминия можно судить об износе поршней, по наличию хрома – об износе хромированных поршневых колец и т.д.

Для наблюдения за процессом изнашивания двигателя широко применяется способ определения железа в масле. Содержание железа характеризует противоизносные свойства масла и их изменения в процессе работы, износостойкость деталей двигателя и эффективность средств очистки, включённых в систему смазки. С увеличением содержания железа в масле изменяются фрикционные, противоизносные, антиокислительные и моющие свойства масла. Это является следствием нарушения режима смазывания трущихся деталей, что в свою очередь вызывает рост нагрузки и температуры в сопряжениях. Все это приводит к их повышенному износу, росту содержания механических примесей и кислотного числа масла. Поэтому содержание железа в масле ограничивается исходя из его отрицательного влияния на эксплуатационные свойства масла с одной стороны и из соображений безопасности и надёжности эксплуатации двигателя – с другой. Предельное содержание железа в моторном масле для дизелей составляет примерно 0,01…0,02 %. Резкое увеличение содержания железа свидетельствует об интенсификации процессов износа. Однако по содержанию железа в масле можно оценить лишь суммарный износ всех стальных и чугунных деталей двигателя и очень трудно проследить за процессом изнашивания отдельных деталей, например, поршневых колец или гильз цилиндров.

Анализируя причины изменения отдельных физико-химических показателей качества работающего масла, можно отметить, что каждый показатель адекватно реагирует на проявление внешних нарушений в работе узлов и систем двигателя. При этом очень многие показатели взаимосвязаны. Например, увеличение содержания нерастворимого осадка вызывает увеличение вязкости масла, низкая температура вспышки свидетельствует о разжижении масла топливом, что влечёт за собой уменьшение вязкости; увеличение содержания в масле железа и других металлов вызывает повышение кислотности и содержание механических примесей и, как следствие, вязкости и т.д.

Анализ показателей качества работающих трансмиссионных и гидравлических масел для диагностирования состояния агрегатов, в которых они используются, применяется реже, чем для моторных масел. В то же время, определив в трансмиссионном или гидравлическом масле повышенное содержание механических примесей, можно сделать общий вывод о неисправностях в соответствующих системах. Другие показатели, например, вязкость, температура вспышки, кислотное число, содержание воды, не столь информативны, как для моторных масел. Однако их учёт и анализ способствует выбору рациональных условий эксплуатации агрегатов трансмиссий и гидросистем.

Смена масла в дизелях по фактической необходимости, устанавливаемой путём регулярно выполняемых анализов работающего масла, имеет следующее основное преимущество перед сменой масла после заданной наработки и независимо от его фактического состояния – предотвращается эксплуатация дизелей на масле, утратившем работоспособность в пределах его назначенного ресурса, и полностью исключается преждевременная замена работоспособного масла.

Проведение систематического анализа масла, работающего в дизеле, при правильной интерпретации получаемых данных, оперативном и комплексном их использовании даёт возможность существенно сократить эксплуатационные расходы на топливо, масло, запасные части, ремонт, уменьшить вынужденные простои техники и быстро окупить затраты на контроль качества.

Для правильной интерпретации результатов анализа работающих дизельных масел в целях диагностирования двигателей, выявления их неполадок на самой ранней стадии очень важно дать потребителю статистически установленные, нормальные значения важнейших показателей состояния работавшего масла конкретной марки. Ряд зарубежных изготовителей дизельных двигателей даёт такую информацию потребителям их продукции. Например, фирма «Катерпиллер» (США) – для тронковых судовых дизелей типов Д 379, Д 398 и Д 399, эксплуатируемых на маслах по спецификации MIL-L-2104 C, даёт четыре диагностических градации состояния двигателей в зависимости от содержания в масле металлов (продуктов износа) и кремния, а также рекомендации о порядке их дальнейшей эксплуатации, даже необходимости её немедленного прекращения во избежание аварии. Подобные рекомендации для интерпретации результатов анализа масел, соответствующих спецификации ЕМД, даёт фирма «Дженерал моторс» для тепловозных дизелей, фирма «Юнин Риг» (США) – для дизелей карьерных самосвалов (180 т) и т.п.

На некоторых зарубежных заводах-изготовителях и разработчиках двигателей уже на стадии доводки и стендовых испытаний стремятся установить специфику процесса старения масла в его сочетании с дизелем, уточнить важнейшие характеристики масла и их взаимосвязи, определяющие работоспособное и предельное состояние масла в условиях эксплуатации.

Устанавливая предельные значения показателей состояния масла, работающего в двигателе, очень важно не переоценивать фактор стабилизации показателей предельного состояния масла в процессе старения, принимать во внимание большую

вероятность выпадения из масла отложений или резкое ухудшение его антикоррозионных, антиокислительных и противоизносных свойств даже при незначительном изменении рабочих условий, когда масло имеет большую наработку и, следовательно, подвергалось глубокому старению.

В действительности стабилизация свойств масла в процессе работы скорее кажущаяся, а некоторое формальное улучшение его свойств с увеличением наработки (например, заметное уменьшение содержания нерастворимых загрязнений) может служить сигналом нарушения агрегативной устойчивости масла и начала коагуляции находящихся в нём загрязнений. Для современных масел, способных удерживать в диспергированном состоянии большое количество примесей, период старения масла, наступающий после первоначального интенсивного изменения его свойств и постепенной их стабилизации, имеет большее значение, чем для масла с малым содержанием детергентно-диспергирующих присадок. Этот период прогрессивно возрастающей интенсивности старения масла, называемый С.В. Венцелем третьим периодом, чаще всего вызывает неполадки в смазывании дизелей или приводит к выходу их из строя. Для современных масел с высокими диспергирующими свойствами прекращение роста содержания в них нерастворимых загрязнений или уменьшение их содержания в работающем масле при обычной степени его освежения для компенсации на угар служит признаком укрупнения частиц примесей, интенсивного их отфильтровывания или выпадения в осадок, т.е. признаком необходимости замены масла.

Увеличение наработки дизелей от заправки смазочной системы свежим маслом до его смены согласно указаниям инструкции по эксплуатации или в связи с утратой маслом работоспособности было и остаётся в настоящее время актуальной задачей. Однако цели увеличения сроков смены дизельных масел существенно изменились. При каждом последующем увеличении срока смены достигаемая экономия дизельного масла становилась всё меньше.

В современных условиях при существующих объёмах смазочных систем дизелей, сроках смены масел и их расходах на угар дальнейшее увеличение сроков смены в большей мере имеет не получение экономии масла, а сокращение трудозатрат на техническое обслуживание двигателей, уменьшение вынужденных простоев транспортных средств и другого оборудования в связи со сменой масла. На практике решение задачи увеличения сроков смены дизельных масел имеет три варианта:

1) за счёт нереализуемого запаса эксплуатационных свойств масла;

2) путём применения новых марок масел, имеющих более высокие эксплуатационные свойства;

3) комплексное решение задачи, включающее улучшение конструкции дизелей и повышение уровня эксплуатационных свойств масел.

Как известно, смену масла в дизелях выполняют либо при их техническом обслуживании после заданной наработки (назначенный ресурс работы масла), либо по достижении маслом предельного состояния, устанавливаемого путём его периодического анализа (фактическая наработка масла до смены). Если опыт эксплуатации дизелей показывает, что они при работе на данном масле отрабатывают свой ресурс без отказов, связанных с качеством применяемого масла, а масло, сливаемое при смене после заданной наработки, в подавляющем большинстве случаев ещё имеет значительный запас эксплуатационных свойств, есть все основания для дальнейшего увеличения назначенного ресурса масла, постепенного и поэтапного уменьшения существующего «запаса прочности».

Увеличение сроков смены дизельных масел путём замены применяемых марок новыми, имеющими более высокие эксплуатационные свойства, но, естественно, и более дорогими, целесообразно в тех случаях, когда достигаемая экономия материальных и трудовых затрат превышает увеличение расходов на производство новых масел. Эффективность замены применяемого масла новым, которое по уровню эксплуатационных свойств превосходит заменяемое на одну группу классификации, может быть различной в зависимости от конкретных условий работы масла в двигателе. Так, например, замена масла марки М-20Бп маслом М-20$В_2$Ф позволяет увеличить наработку дизелей без смены масла вдвое или более. Замена же масла М-14$В_2$ маслом марки М-14$Г_2$ способствует увеличению средней наработки между очередными сменами масла менее чем на 30 %.

Обычно долгоработающие масла отличаются высокой стойкостью к старению, большим запасом антиокислительных и нейтрализующих свойств, способностью диспергировать большое количество нерастворимых загрязнений. Всё это требует использования базовых масел повышенного качества и самых эффективных присадок в несколько больших концентрациях. Поэтому долгоработающие масла намного дороже обычных.

Намечая комплекс мер, направленных на увеличение срока смены масла, необходимо прежде всего собрать и проанализировать статистические данные о фактической наработке масла до замены, выявить показатели, по которым оно утрачивает работоспособность в большинстве случаев, установить дисперсию наработки масла до замены. Наличие такой информации даёт возможность установить, какие свойства масла необходимо улучшить, отказы каких узлов или деталей сопровождаются неустранимой порчей масла. В тех случаях, когда наиболее частой причиной смены масла бывает его предельное загрязнение твёрдыми продуктами неполного сгорания топлива, важно всемерно уменьшить образование таких продуктов и их проникновение в картерное масло. Если дисперсия наработки масла до смены велика, регламентировать смену назначенным ресурсом нецелесообразно.

Особое значение в комплексе мер, направленных на увеличение срока смены масла, имеет эффективность его очистки фильтрами, центрифугами и другими маслоочистительными устройствами, характеристики и грязеёмкость которых должны быть согласованы с диспергирующими свойствами применяемого масла и скоростью его загрязнения. Весьма эффективно и перспективно использование частично-поточных фильтров сверхтонкой очистки дополнительно к полнопоточным, а также оптимизация угара масла с целью замедления его старения.

а) низшие спирты – метанол (CH_3OH), этанол (C_2H_5OH) и продукты на их основе;

б) растительные масла в натуральном виде или продукты их глубокой переработки.

Поскольку особенности использования спиртовых биодобавок в дизелях обуславливаются их свойствами, то сначала рассмотрим основные физико-химические свойства метанола и этанола (табл. 10.1), как потенциальных биодобавок в летнее дизельное топливо (ЛДЗТ).

10.1. Сравнительные свойства метанола, этанола и нефтяного дизельного топлива

Показатель	Метанол	Этанол	ЛДЗТ
Плотность при 20 °С, кг/м^3	795	789	Не боле 860
Вязкость при 20 °С, мм^2/с	0,55	1,76	3,0…6,0
Смешиваемость с водой	Хорошая	Хорошая	Плохая
Смешиваемость с углеводородными топливам	Плохая	Плохая	Хорошая
Температура вспышки, °С	11	21	Не ниже 50
Температура воспламенения, °С	470	420	200…220
Температура самовоспламенения, °С	464	423	
Пределы воспламенения, % по объему	5,5…37	3,3…19	1,58…8,2
Теплота сгорания, кДж/кг	19665	26779	42530
Цетановое число, ед.	2–3	8	45…55
Температура кипения, °С	64,7	78,37	–
Температура кристаллизации, °С	–97,8	–114,6	–5 (помутнения)
Температура фракционной разгонки, °С	–	–	180…360
Теплота парообразования, кДж/кг	1109	904	251
Теплоёмкость при 20 °С, кДж/кг·град	2,51	2,43	
Давление насыщенных паров при 20 °С, мм рт. ст.	98,2	42,0	
Теоретическое необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг топлива, кг	6,4	9,0	14,91
Энергоемкость топлива по отношению к дизельному	2,28	1,69	1,0
Элементный состав, кг/кг:			
Углерод	0,375	0,520	0,87
Водород	0,125	0,130	0,13
Кислород	0,500	0,360	–
Молекулярная масса, кг/моль	32	46	180…200

На протекание рабочего процесса в дизеле существенное влияние оказывают различия в физико-химических свойствах спиртовых и дизельных топлив. В частности, большее содержание кислорода в спиртовом топливе и его более стабильные температурные характеристики приводят к снижению дымности выпускных газов и содержанию в них продуктов неполного сгорания. Пониженные значения вязкости и поверхностного натяжения спиртовых топлив оказывают значительное влияние на качество распыливания, а отличие в теплофизических свойствах, соответственно, на процессы испарения, смесеобразования и сгорания. Низкая склонность спиртовых топлив к воспламенению обуславливает практически невозможность проведения рабочего процесса дизеля только на спиртовом топливе без значительных изменений его конструкции. Высокая теплота парообразования спиртового топлива при ограниченном подводе теплоты от заряда и деталей камеры сгорания приводит к плохому смесеобразованию и воспламенению, обуславливающему рост периода задержки воспламенения.

Добавка воды существенно снижает энергетические свойства спиртов: при содержании 10 % воды в метаноле его теплота сгорания снижается на 2,1 МДж или на 11 %.

Существенным недостатком спиртовых топлив является их повышенная коррозионная активность и агрессивность по отношению к некоторым видам пластмассы, усиливающаяся гигроскопичностью метанола и этанола.

Низкое значение цетанового числа компенсируется высокими величинами октановых чисел: по исследовательскому методу октановое число метанола оценивается в 104…115 ед., по моторному – 87,0… 94,6 ед. Для этанола октановое число по исследовательскому методу составляет 106 ед. Добавка воды ведёт к повышению октанового числа спиртов, например, добавление 10 % воды к метанолу вызывает возрастание октанового числа по исследовательскому методу со 109,6 до 114 единиц. Поэтому спиртовые топлива использовались главным образом в двигателях с принудительным воспламенением: организация работы дизеля на чистом спиртовом топливе затруднительна из-за низких значений цетановых чисел.

Токсикологические свойства спиртов давно известны. Если токсичность этанола низка, то метанол является нервно-сосудистым ядом, обладающим способностью накапливаться в организме. Поэтому при работе с метанолом нужно строго соблюдать правила и инструкции техники безопасности. Предельно допустимые концентрации алифатических спиртов в воздухе рабочей зоны (ПДК$_{рз}$), максимальная разовая (ПДК$_{мр}$) и среднесуточная (ПДК$_{сс}$):

ПДК	(ПДК$_{рз}$)	(ПДК$_{мр}$)	(ПДК$_{сс}$)
Этанол, мг/м^3	1000	5	5,0
Метанол, мг/л	5	1	0,5

Вместе с тем, использование этанола в дизельных топливах в концентрации 5…10 % (соответствующей мировой практике) позволило бы сельскому хозяйству решить целый комплекс социально-эконо мических вопросов.

Крупнейшим производителем и экспортёром топливного этанола является Бразилия, за ней следует США. В отличие от них Россия, обладающая значительным опытом производства этилового спирта по различным технологиям и имея собственные свободные производственные мощности, собственное сырьё, продолжает оставаться в стороне от мирового опыта применения этилового спирта.

Известно, что из различных диких и культурных растений, древесины, сельскохозяйственных отходов можно получать путём гидролиза этиловый и метиловый спирт. Так, из одной тонны сухих опилок получается 100…120 л спирта. Небольшой лесопильный завод всего с двумя пилорамами может за год получить отходов производства в виде опилок, из которых можно получить 1 млн л спирта. Этанол можно также получать из отходов сельского хозяйства – переработки плодов и ягод на консервных заводах, сыворотки сыроварения, выжимок свеклы на сахарных заводах и т.д. По предварительным прогнозам только из этого сырья можно получать свыше 2 млн. м^3 этанола в год.

Наиболее предпочтительными для создания биотоплива для дизелей оказались растительные масла (рапсовое, подсолнечное, соевое, пальмовое, арахисовое и др.) и их производные. Это обусловлено следующим. Из всех имеющихся в распо-

ряжении человечества «солнечных энергетических элементов» самым эффективно действующим является масличное растение. Оно великолепно решает проблему аккумулирования энергии в содержащих масло зёрнах. Причём масличные растения «производят» масло на всех уровнях: под землей (земляные орехи), на земле (соя), над землей (рапс, лен, горчица, подсолнечник), на кустах (рицинус, хлопок, фундук) и на деревьях (оливы, бук, пальмы). Масла, содержащиеся в семенах и плодах этих культур, (представляющие собой, в основном, триглицериды), близкие по теплоте сгорания к дизельному топливу (табл. 10.2).

Однако растительные масла химически не поддаются однозначному определению. Существуют отличия не только между маслами различных растений, но и различия между маслами одного и того же растения в зависимости от его происхождения. Растительные масла нестабильны и имеют повышенную вязкость и коксуемость. Эти недостатки частично устраняются при использовании их в смеси с дизельным топливом или переводом в метиловые эфиры.

Анализ таблиц 10.1 и 10.2 показывает, что физико-химические характеристики растительных масел существенно отличаются от дизельного топлива: повышенные плотность, вязкость, температура вспышки. Нами проведены более подробные исследования углеводородного состава масел и топлива на их основе.

10.2. Сравнительные свойства некоторых растительных масел

Показатель	Рапсовое	Подсолнечное	Хлопковое	Соевое	Пальмовое	Арахисовое	Льняное
Плотность при 20 °С, кг/м^3	915	924	916	923	913	917	932
Вязкость при 20 °С, мм^2/с	77	63	84	25	–	81,5	29
Смешиваемость с водой							
Смешиваемость с углеводородными топливам							
Температура вспышки, °С	305	320	318	220	295		
Температура воспламенения, °С	593						
Температура самовоспламенения, °С							
Пределы воспламенения, % по объему							
Теплота сгорания, кДж/кг (низшая/высшая)	37200	36981/ 39686	34000	39000	38000	37023/ 39638	37000
Цетановое число, ед.	36	33,4	41	27	–		36,6
Температура кипения, °С							
Температура кристаллизации, °С	–18	–16	–4	–11	–8	–	
Температура фракционной разгонки, °С							
Теплота парообразования, кДж/кг							
Давление насыщенных паров при 20 °С, мм рт. ст.							
Теоретическое необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг топлива, кг							
Элементный состав, %, (кг/кг):							
Углерод	78,3						78,0
Водород	12,8						12,3
Кислород	8,895						9,36
Содержание масла, %	43	42		22		37	
Выход масла, л/кг	0,37	0,25		0,07		0,30	
Извлечение масла, %	72,1	65,6		32,3		73,5	
Затраты энергии, Вт/кг	47,0	118,3		178,4		174,0	

Проведённые хроматографические исследования позволили установить следующее. Основной составной частью исходного растительного масла являются жирные кислоты, которые в зависимости от их относительного содержания можно разделить на главные кислоты (обычно две-три), каждая из которых составляет 10…85 % от общего содержания кислот в масле, и второстепенные кислоты, содержащиеся в масле в количестве от десятых долей процента до 10 %.

Количественный состав жирных кислот масла одного и того же растения непостоянен вследствие сильной зависимости состава от климатических условий места произрастания. Поэтому опытные данные отражают состав жирных кислот масел, полученных из растительного сырья, выращенного и переработанного в условиях ЦЧР.

В составе неспецифических, ненасыщенных жирных кислот масел первой группы находятся олеиновая, линолевая или линоленовая кислоты (все содержат по C_{18}). В таких маслах нет специфических кислот типа эруковой, зато преимущественно содержится линолевая и/или олеиновая кислоты. В очень небольших количествах присутствуют и другие жирные кислоты.

Анализ результатов исследований показал большое содержание в рапсовом масле олеиновой (59,53 %), линолевой (21,36 %) и линоленовой (9,27 %) кислоты, несколько меньше пальмитиновой (4,75 %). Рапсовое масло относится к специфическим маслам из-за содержания в нем эруковой кислоты.

В составе эфиров были также обнаружены моно-, ди- и триглицериды в суммарном количестве 0,094 %.

Аналогичный хроматографический анализ был выполнен для подсолнечного масла (табл. 10.3). Обычно подсолнечное масло содержит высокий процент линолевой кислоты (до 52 %). Согласно анализу хроматографических данных исследуемое подсолнечное масло относится к классу высокоолеиновых (49,47 %) масел. Далее по количественному составу идут линоленовая 18,14 %, линолевая 9,38 % и пальмитиновая 8,34 % кислоты. Примерно на одном уровне находятся миристиновая (4,8 %) и стеариновая (4,7 %) кислоты.

Анализ полученных хроматограмм метиловых эфиров подсолнечного масла показал практически полное соответствие количественному и качественному составу исходного масла. В составе эфиров были также обнаружены моно-, ди- и триглицериды в суммарном количестве 0,08 % (соответствуют последним трем пикам). После установления качественного и количественного состава компонентов жирных кислот в исследуемых растительных маслах и их эфирах, идентифицирован молекулярный состав (определены функциональные группы) с помощью метода инфракрасной спектроскопии.

10.3. Результаты хроматограммы метилированной пробы подсолнечного масла

Название и химическая формула	Процентное содержание в масле, %
Миристиновая (тетрадекановая) $C_{14}H_{28}O_2$	4,8
Пентадекановая (пентадециловая)$C_{15}H_{30}O_2$	0,23
Пальмитиновая (гексадекановая)$C_{16}H_{32}O_2$	8,34
Пальмитолеиновая (гексадеценовая)$C_{16}H_{30}O_2$	0,5
Стеариновая (октадекановая) $C_{18}H_{36}O_2$	4,7
Олеиновая (октадеценовая) $C_{18}H_{34}O_2$	49,47
Линолевая (октадекадиеновая) $C_{18}H_{32}O_2$	9,38
Линоленовая (октадекатриеновая)$C_{18}H_{30}O_2$	18,14
Арахиновая (эйкозановая) $C_{20}H_{40}O_2$	2,34
Гонделиновая (эйкозеновая) $C_{20}H_{38}O_2$	0,24
Эйкозадиеновая $C_{20}H_{36}O_2$	0,14
Бегеновая (докозановая) $C_{22}H_{44}O_2$	1,72

10.3. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЕЙ НА БИОДОБАВКАХ

Использование в дизеле в чистом виде метанола (CH_3OH) затруднено из-за его плохой воспламеняемости: температура воспламенения паров метанола в воздухе порядка 535 °С, а цетановое число – от 2 до 3,8 ед., а также высокой токсичности. Для товарных дизельных топлив указанные величины соответственно равны 280 – 310 °С и 40 – 45 ед. Низкая температура кипения (64,6 °С) и вязкость (0,75 мм^2/с при 20 °С) метанола обуславливают появление отказов в работе топливной аппаратуры. У дизельного топлива вязкость при 20 °С составляет 3…6 мм^2/с для летнего и 1,8…5,0 мм^2/с – для зимнего. Низкие смазывающие свойства спиртов приводят к повышенному износу топливных насосов. Поскольку теплота сгорания метанола составляет всего 22 331 кДж/кг (у дизельного топлива – 42 705 кДж/кг), то при его использовании увеличивается удельный расход топлива в дизеле. Большая теплота испарения метанола (1150 кДж/кг против 225 кДж/кг – для дизельного топлива) также негативно сказывается на работе дизеля: впрыск метанола в цилиндры дизеля сопровождается уменьшением температуры сжатого воздуха на 200 °С (впрыск дизельного топлива – всего на 17 °С). Использование спиртов сопровождается повышенным износом деталей цилиндро-поршневой группы.

Таким образом, метанол в натуральном виде не может быть использован в качестве топлива для дизелей: допускается его использование в виде биодобавок к дизельному топливу. Причем эти компоненты смешиваются:

– впрыском в цилиндры смеси дизельного топлива и метанола;
– введением метанола в воздух, поступающий в цилиндры дизеля;
– раздельным впрыском в цилиндры метанола и дизельного топлива (но для этого нужно иметь разные форсунки и насосы высокого давления).

При 20 % содержании метанола в топливе мощность двигателя снижается на 9,3 % и несколько уменьшается его КПД. Причем, смесь дизельного топлива с метанолом обычно быстро расслаивается (плотность метанола – 796 кг/м^3, дизельного топлива – 860 кг/м^3 при 20 °С). Добавление 10 % воды к метанолу позволяет получать стойкие эмульсии (содержание метанола 5 %), устойчивые в течение нескольких суток и образующие при разрушении взвешенные капли метанола в дизельном топливе. Наиболее устойчивые композиции водно-топливной эмульсии, содержащие 5 % метанола и 0,5 % воды; 5 % метанола, 0,5 % воды и 0,25 % ПАВ (натриевая соль дибутилового эфира сульфоянтарной кислоты), которые не расслаиваются в течение 15 суток. С ростом содержания воды стабильность таких систем уменьшается. В качестве стабилизатора смесей метанола с дизельным топливом можно использовать высшие спирты (например, бутанол). Однако соотношение бутанол:метанол должно быть не менее 2:1, что экономически нецелесообразно из-за большой стоимости бутанола. Не менее важная проблема определения влияния такой эмульсии на качество моторных масел: это связано с накоплением в маслах низкомолекулярных органических кислот, представляющих собой продукты превращения спиртов (метанола). Для эффективного использования биодобавок в виде спиртов нужно определиться с выбором специальных присадок, улучшающих качество смесевого топлива, но этот вопрос пока находится в стадии исследования.

Использование этанола (C_2H_5OH) в смесевых дизельных топливах имеет те же негативные моменты, как и метанол. Так с увеличением концентрации этанола в топливе с 5 до 15 % цетановое число снижается с 43 до 37 ед.; температура вспышки в закрытом тигле составляет 13–14 °С (по требованию стандартов – не ниже 40 °С); температура помутнения увеличивается с +3 до +25 °С (по стандарту не выше: –5 °С). Поэтому, например, в Бразилии содержание этанола в дизельном топливе не должно превышать 3 %.

Исследования показали, что при одинаковой мощности двигателя использование смеси дизельного топлива со спиртом приводит к снижению дымности отработавших газов по сравнению с одним нефтяным топливом.

Наилучший эффект наблюдается при использовании водно-спир тово-топливной эмульсии: улучшаются окислительные процессы в камере сгорания дизеля, происходит ускорение процесса горения в начальной стадии, уменьшается нагарообразование в цилиндро-поршневой группе и на форсунках, наблюдается существенное снижение эмиссии NO_x, твердых частиц (сажи) и бенз(α)пирена (на 75 %), топливная экономичность двигателя увеличивается на 8…12 %.

Однако из-за вышеперечисленных недостатков (включая, также, высокую их стоимость) спирты не получили широкого применения в качестве добавок к дизельному топливу.

Плотность нерафинированного масла несколько выше, чем рафинированного, что объясняется наличием в нерафинированных маслах сопутствующих веществ – липидов, белков, углеводов, красящих веществ.

Плотности эфиров (биотоплив), полученных из рапсового и подсолнечного масел, близки. Молекулы эфиров в три раза меньше молекул триглицеридов, но всё же довольно велики по сравнению с молекулами углеводородов, входящих в состав нефтяных топлив. Поэтому их индивидуальные различия (различный жирнокислотный состав) сказываются незначительно.

Плотность топливных композиций (биодита) наиболее близка к плотности дизельного топлива, что не противоречит правилу аддитивности.

Если ρ оказывает влияние на массовую цикловую подачу, практически не изменяя объёмной, то величина ν и сжимаемость топлива изменяют объёмную цикловую подачу. Вязкость топлива в существенной степени влияет на работу топливоподающей аппаратуры, определяет внутреннее трение топливного потока и, тем самым, гидравлические потери энергии в топливной системе. От величины ν зависит, в частности, степень дросселирования топлива в наполнительных и отсечных окнах втулки плунжера при их открытии и закрытии плунжером.

Однако основной фактор влияния ν на цикловую подачу – утечка топлива через зазоры прецизионных деталей топливоподающей аппаратуры. При номинальном режиме работы дизеля суммарные утечки топлива незначительны и составляют 0,3…0,5 % от цикловой подачи при работе на товарном дизельном топливе. Значения кинематической вязкости исследуемых топлив приведены в табл. 10.4.

Если плотности изучаемых растительных масел практически одинаковы, то вязкость рапсового масла (рафинированного или нерафинированного) сильно отличается от вязкости подсолнечного. В некоторых случаях этот показатель можно считать отличительной чертой. Составы рапсового и подсолнечного масла довольно близки между собой, различие только в количественном выражении. В молекулы триглицери-

10.4. Вязкость исходных масел и биотоплив дизельного топлива и биодита

Исследуемые вещества	Вязкость, мм^2/с	Температура испытаний, °С
Рапсовое нерафинированное	91,03	21
Рапсовое рафинированное	69,47	21
Подсолнечное нерафинированное	63,96	21
Подсолнечное рафинированное	62,28	21
МЭРМ	8,04…8,6	21
МЭПМ	6,04…7,0	21
Дизельное топливо товарное	5,1	21
Биодит (25 % МЭРМ:75 % дизтопливо)	5,7	21
Биодит (50 % МЭРМ:50 % дизтопливо)	5,8	21
Биодит (75 % МЭРМ:25 % дизтопливо)	6,7	21

дов рапсового масла входят кислотные остатки с большим содержанием углеводородов, и соответственно большей молекулярной массой. Аналогичная картина наблюдается при получении метиловых эфиров соответствующих масел. У смесевых топлив при введении товарного дизельного топлива в количестве 25 % в биотопливо резко понижается вязкость, а при введении 75 % вязкостные характеристики близки к исходному дизельному топливу.

Кислотность нефтепродуктов зависит от содержания в них нафтеновых, карбоновых и окси-карбоновых кислот, фенолов и других соединений кислотного характера. Из перечисленных соединений нафтеновые кислоты играют доминирующую роль. Исходя из этого, кислотность нефтепродуктов принято выражать не в содержании тех или иных кислых веществ, а в массовом количестве щелочи, идущем на нейтрализацию всех кислых органических соединений и отнесённом к единице массы или объёма анализируемого нефтепродукта. Присутствие органических кислот в нефтепродуктах крайне нежелательно. Особенно это относится к низкомолекулярным жирным кислотам, обладающим большой коррозионной активностью. Поэтому кислотность топлив и масел строго нормируется в соответствующих ГОСТ. Согласно ГОСТ кислотное число в среднем (в зависимости от сортности) не должно превышать значения 0,9 мг КОН/г. В нашем случае подсолнечное рафинированное и нерафинированное, рапсовое рафинированное проходят по этому показателю. У нерафинированного рапсового масла кислотное число в десятки раз превышает максимальное значение (табл. 10.5).

10.5. Кислотное число масел и метиловых эфиров

Исследуемые вещества	Кислотное число, мг КОН/г
Рапсовое нерафинированное	4,0…7,7
Рапсовое рафинированное	0,4
Подсолнечное нерафинированное	0,9
Подсолнечное рафинированное	0,3
МЭРМ	0,5 мг КОН/ см^3
МЭПМ	0,2 мг КОН/ см^3
Дизтопливо	0,05
Биодит: 25 % МЭРМ:75 % Дизтопливо	0,5
50 % МЭРМ:50 % Дизтопливо	0,5
75 % МЭРМ:25 % Дизтопливо	0,5

Это можно объяснить, во-первых, количественным и качественным химическим составом, во-вторых, технологией получения, качеством исходного сырья и сроком реализации масла. Эфир, полученный из такого масла, имеет низкое кислотное число. Возможно, в процессе технологии получения эфиров часть свободных кислот нейтрализуется, а часть выводится вместе с глицерином. В смесевых композициях кислотное число соответствует значению метилового эфира. Ни механических примесей, ни воды не было обнаружено. При промывании нефтепродуктов водой водорастворимые кислоты и щелочи

(ВКЩ) переходят в раствор, в котором они обнаруживаются при действии на раствор соответствующих индикаторов. Определение ВКЩ особенно важно для эфиров, так как в технологии используются щелочные катализаторы, в дальнейшем их выводят из реакционной массы неорганическими кислотами. В конечных продуктах водорастворимых кислот и щелочей не обнаружено. Результаты показаны в табл. 10.6.

По мере охлаждения или нагревания индивидуального химического соединения происходит его переход из жидкого состояния в твёрдое или из твёрдого в жидкое. Этот переход протекает при постоянной температуре, называемой температурой затвердевания, температурой плавления. Нефтепродукты не имеют определённой температуры перехода из одного агрегатного состояния в другое. При понижении температуры некоторые отдельные компоненты становятся постепенно более вязкими и малоподвижными, а некоторые выделяются в виде осадков или кристаллов. Температура застывания нефтепродукта имеет большое практическое значение при всех товаротранспортных операциях при низких температурах, а также при использовании нефтепродуктов в зимних условиях. По температуре помутнения судят о гигроскопичности топлив, и о возможности выпадения кристаллов льда, засоряющих топливоподающую систему, что чрезвычайно опасно при эксплуатации двигателей. Полученные эфиры в основе своей содержат кислотные остатки от молекулы триглицеридов, что составляет основную часть масел, влияющую на свойства получаемых продуктов. Это объясняет высокие значения температуры помутнения и замерзания эфиров (табл. 10.7).

10.6. Содержание механических примесей, воды и определение ВКЩ

Исследуемые вещества	Механические примеси	Вода	ВКЩ
Рапсовое нерафинированное	отс.	отс.	отс.
Рапсовое рафинированное	отс.	отс.	отс.
Подсолнечное нерафинированное	отс.	отс.	отс.
Подсолнечное рафинированное	отс.	отс.	отс.
МЭРМ	отс.	отс.	отс.
МЭПМ	отс.	отс.	отс.
Дт	отс.	отс.	отс.
25 % МЭРМ:75 %Дт	отс.	отс.	отс.
50 % МЭРМ:50 %Дт	отс.	отс.	отс.
75 % МЭРМ:25 %Дт	отс.	отс.	отс.

Так как масла представляют собой сложную систему, состоящую из 98 % триглицеридов, а остальные: воски, фосфолипиды, красящие вещества, витамины, и т.д.; у всех этих веществ низкие температуры замерзания и помутнения, поэтому у нерафинированных масел температурные характеристики низкие. При рафинации из масел удаляется часть сопутствующих соединений и соответственно температурные свойства изменяются.

10.7. Низкотемпературные характеристики

Исследуемые вещества	Температура застывания, °С	Температура помутнения, °С
Рапсовое нерафинированное	–27	–18
Рапсовое рафинированное	–24	–15
Подсолнечное нерафинированное	–25	–22
Подсолнечное рафинированное	–20	–18
МЭРМ	–19	–15
МЭПМ	–17	–13
Дт	–10	–5
25 % МЭРМ:75 %Дт	–10	–6
50 % МЭРМ:50 %Дт	–13	–8
75 % МЭРМ:25 %Дт	–15	–10

При получении смесевых композиций картина резко меняется. Числовые значения температурных характеристик повышаются с увеличением концентрации введения дизельного топлива.

Температура вспышки характеризует огнеопасность любых нефтепродуктов. Температура вспышки является нормируемым показателем дизельных топлив. В связи с огнеопасностью масла по температуре вспышки можно составить представление о характере углеводородов, входящих в его состав, а также о наличии примесей легкоиспаряющихся компонентов (табл. 10.8).

Температура вспышки очень важный показатель для топлив. У получаемых эфиров температура вспышки свыше 150 °С, это говорит о том, что эфиры могут вспыхнуть при нагреве их до такой температуры и поднесением пламени. У смесевых топлив температура варьирует в пределах от 100…130 °С, в зависимости от того, каков процент внесенного дизельного топлива.

10.8. Температура вспышки

Исследуемые вещества	Температура вспышки, °С
Рапсовое нерафинированное	198
Рапсовое рафинированное	180
Подсолнечное нерафинированное	175
Подсолнечное рафинированное	169
МЭРМ	161
МЭПМ	152

Дт	75
25 % МЭРМ:75 %Дт	100
50 % МЭРМ:50 %Дт	110
75 % МЭРМ:25 %Дт	130

Фракционная разгонка нефтепродуктов играет особую роль при контроле их качества и управлении им. Установлена связь параметров фракционной разгонки с такими характеристиками нефтепродуктов, как вязкость, температура застывания, температура вспышки и т.д. В ГОСТ на топливо для промышленно-технических целей в разделе «технические требования» одним из показателей является фракционный состав, который определяется в стандартных аппаратах.

Температуры начала кипения у МЭПМ и МЭРМ очень высокие – 280…300 °С, 10 % кипит при 300…330 °С, что указывает на отсутствие легколетучих соединений и будет затруднять запуск двигателя при пониженных температурах. У смесевых композиций тенденция другая: начало разгонки одинаково и только начиная с 10 % наблюдается разделение. Температура выкипания 50 % топлива оказывает решающее влияние на быстроту прогрева работающего двигателя и на расход топлива для этой цели. У МЭПМ и МЭРМ начиная с 20 до 80 % температура разгонки практически постоянна. Смесевые составы ведут себя как дизельное топливо независимо от концентраций составляющих. Не меньшее значение имеет и полнота испарения топлива, которая по данным стандартной разгонки характеризуется температурами выкипания 90, 96…98 % топлива и конца кипения. При повышении этих температур уменьшается полнота испарения топлива, что влечёт за собой неравномерность его распределения по цилиндрам двигателя, разжижение смазки, увеличение расхода топлива и масла.

Все эфиры и смеси имеют максимально приближенные значения конца перегонки. Термоокислительная стабильность топлива при повышенных температурах определяет его склонность к отложениям на деталях двигателя и форсунках. Эта важная эксплуатационная характеристика товарных дизельных топлив до сих пор мало изучена, а работы по исследованию термоокислительной стабильности биотоплива практически отсутствуют. Наиболее полно рассмотрен вопрос о термоокислительной стабильности керосиновых фракций, используемых в качестве топлив для реактивных двигателей.

Полученные экспериментально результаты свидетельствуют об увеличении термоокислительной стабильности дизельного топлива при введении в него метиловых эфиров рапсового масла. Однако нельзя подобрать оптимальное отношение биодита, исходя только из результатов определения его термоокислительной стабильности. Нужны всесторонние комплексные исследования, включая испытания на полноразмерном дизеле.

10.4. БИОМАСЛА: СОСТАВЫ, СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Одним из крупных источников загрязнений природной среды являются смазочные материалы, как свежие, так и отработанные. Это объясняется прежде всего низкой биоразлагаемостью минеральных и синтетических масел и смазок. Некоторые нефтяные и синтетические смазочные материалы и их компоненты являются экотоксичными продуктами. Помимо экологических факторов следует учитывать и экономические: использование одного доминирующего материала для получения смазок, каким в последнее время является нефть, не оправдывает себя.

Альтернативой этим материалам могут служить масла (жиры) растительного и животного происхождения, биологические смазочные материалы (БСМ). Они нетоксичны, обладают высокой (до 100 %) биоразлагаемостью и прекрасными смазывающими свойствами [18]. Эти продукты и отходы их переработки можно использовать для производства смазочных материалов практически всех видов – масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), технологических смазок, а также присадок.

Смазочные материалы на основе продуктов растительного и животного происхождения широко использовали в технике, начиная с бронзового века и вплоть до середины XX в.: топленый говяжий и свиной жир (смазка для осей колес железнодорожных вагонов); масла: оливковое (моторные масла), спермацетовое, китовый жир (индустриальные масла для текстильного оборудования, масла для трансмиссий, компоненты СОТС), рапсовое (технологическое масло в металлообработке), кокосовое (технологические масла для прокатки металлов), талловое (компонент цилиндровых масел).

Для улучшения эксплуатационных свойств в эти масла вводили различные добавки и другие масла.

Разработка высококачественных нефтяных масел с присадками, расширение использования синтетических смазочных материалов оттеснили растительные масла и жиры на второй план. Этому способствовала их пока более высокая стоимость (по сравнению с нефтяными) и низкая термическая, антиокислительная и гидролитическая стабильность. Однако возобновляемость сырьевых ресурсов, экологобезопасность, высокие смазывающие свойства обусловили возрождение интереса к природным маслам и жирам, продуктам и отходам их переработки в качестве основ и компонентов смазочных материалов.

Производство животных жиров основано, главным образом, на вытапливании их из сырьевой массы; растительных масел – на холодном и горячем прессовании маслосодержаших семян, экстракции или комбинировании этих методов. Возобновляемым сырьём для производства смазочных материалов могут служить растительные масла и животные жиры после предварительной очистки – рафинации, продукты их химической переработки – сложные эфиры, полимерные и сульфированные соединения, а также отходы рафинации – жировые гудроны, дистиллированные жирные кислоты.

По химическому составу растительные масла представляют собой триглицериды – полные сложные эфиры глицерина и высоких одноосновных карболовых кислот, как насыщенных (стеариновой, пальмитиновой), так и непредельных (олеиновой, линолевой). В маслах всегда присутствуют свободные кислоты (а иногда и спирты), мыла, фосфатиды, витамины, красящие и слизистые вещества. Специфический состав таких продуктов обуславливает их уникальные свойства как смазочных материалов. Входящие в состав растительных масел жирные кислоты действуют как поверхностно-активные вещества (ПАВ), их сложные эфиры образуют смазочную пленку на поверхности трения, жирные спирты выступают в роли своеобразных растворителей.

Известно, что во многих странах ведутся работы по получению на базе растительных масел смазочных материалов, присадок и пластичных смазок, наиболее интенсивно – в США, Англии, ФРГ, Австрии.

В таблице 10.9 для сравнения представлены физико-химические характеристики растительных и нефтяных масел без присадок М-8 и МС-20.

Можно видеть, что исследованные растительные масла, за исключением касторового, очень близки по вязкости, которая находится в пределах 7,21…8,62 мм^2/с при 100 °С. Их индекс вязкости (ИВ) и температура вспышки находятся в пределах соответственно 151…172 и 224…320 °С. Вязкость касторового масла – 19,88 мм^2/с при 100 °С. Его ИВ и температура вспышки составляют соответственно 90,7 и 296°С.

Эти масла по некоторым физико-химическим характеристикам соответствуют нефтяным, а по индексу вязкости и температурам вспышки и застывания, за исключением пальмового, значительно превосходят их. Кислотное число растительных масел высокое.

Исследования показали, что растительные масла хорошо совмещаются между собой и с нефтяными маслами. Смешивая высоковязкое касторовое масло с другими маслами, можно получать продукты различной вязкости. Так, смешением в разных соотношениях хлопкового и касторового масел получены растительные масла вязкостью 8, 10, 12, 14, 16 и 18 мм^2/с при 100 °С.

По смазочным свойствам растительные масла превосходят нефтяные. В свою очередь рапсовое масло превосходит по многим характеристикам такие масла, как касторовое, кукурузное, оливковое, подсолнечное (табл. 10.10).

Результаты определения трибологических характеристик гидравлических и трансмиссионных рапсовых масел показали, что эти масла имеют такие же или лучшие «механические» свойства, чем минеральные, но уступают по стойкости к окислению. Рапсовые масла с присадками эквивалентны минеральным, но биоразлагаемы и нетоксичны. Высокая смазочная способность растительных масел даёт возможность ограничить использование химически активных присадок, что существенно увеличивает их экологические преимущества.

Гидролитическая нестабильность растительных масел обусловлена линейной структурой входящих в них жирных кислот, участвующих в образовании молекул (непрочностью связей С–О в эфирных группах). Склонность к гидролизу усиливается с повышением температуры

10.9. Сравнение физико-химических свойств растительных и нефтяных масел

Масло	Плотность при 20 °С, кг/м^3	Вязкость при 100 °С, мм^2/с	ИВ	Кислотное число, мг КОН/г	Коксуемость, % (мас)	Температура, °С		Показатель преломления	Цвет, ед. ЦНТ
						вспышки	застывания		
Хлопковое	918,8	7,69	166,0	4,25	0,231	316	–18	1,4758	1,5
Подсолнечное	927,5	7,93	167,0	2,44	0,505	320	–16	1,4754	2,0
Рапсовое	906,1	8,09	155,4	46,40	0,465	224	–3	1,4718	4,0
Оливковое	911,3	8,43	155,4	5,90	0,198	285	–12	1,4710	1,5
Соевое	923,7	7,67	166,0	0,03	0,438	318	–12	1,4732	1,0
Пальмовое	917,6	8,62	151,0	0,17	0,120	315	130	1,4786	1,5
Касторовое	1068,7	19,88	90,7	1,18	0,193	296	–27	1,4796	1,5
Миндальное	915,8	8,25	158,5	0,76	0,710	260	–29	1,4729	1,5
Миндальное А (из аджигорького)	916,1	7,94	160,2	0,66	0,760	265	–29	1,4735	1,0
Ореховое (из фундука)	909,3	8,76	158,7	6,30	0,562	262	–22	1,4690	1,5
Ореховое (из грецких)	923,0	7,13	177,6	0,09	0,291	262	–29	1,4835	1,5
Виноградное (из семян)									
Нефтяное М-8	921,0	7,21	169,7	0,05	–	257	–16	1,4010	2,0
Нефтяное МС-20									
	877,8	7,53	89,0	0,015	0,150	203	–15	1,4800	3,0
	897,0	20,50	92,0	0,03	0,270	270	–18	1,5070	7,0

10.10. Смазочные свойства растительных масел

Масло	Смазочные свойства		
	Критическая нагрузка, Н	Нагрузка сваривания, Н	Индекс задира
Рапсовое	790	2000	43,5
Арахисовое	790	1410	32,0
Подсолнечное	790	1580	35,4
Кукурузное	790	1410	35,0
Касторовое	630	1410	34,7
Оливковое	790	1410	33,1

и под действием катализаторов. Триглицериды растительных и животных жиров обладают низкой термической и антиокислительной стабильностью. Первая обусловлена радикалом глицерилом, вторая – ненасыщенными радикалами кислот.

Происходящие в маслах под действием температуры и света окисление и полимеризация ведут к повышению вязкости и кислотного числа, потемнению, образованию шлама, лако- и смолоотложений. Низкая стабильность растительных масел обусловливает необходимость их более частых (по сравнению с нефтяными) контроля и смены в условиях эксплуатации.

В целом, природные смазочные материалы целесообразнее всего использовать в качестве базовых масел взамен нефтяных или некоторых синтетических, причём основная роль принадлежит растительным маслам, более дешевым, чем жиры, доступным и легковозобновляемым. Наиболее оптимальным вариантом по доступности, стоимости и физико-химическим характеристикам является рапсовое масло.

Устранение недостатков и существенное улучшение физико-химических и эксплуатационных свойств жиров как базовых масел достигается путём соответствующей очистки или химической обработки, обеспечивающей их структурные изменения без разложения триглицеридов. Большинство процессов химического модифицирования жиров для их использования в качестве смазочных материалов, до сих пор реализованного в основном в лабораторных условиях, не нашло масштабного промышленного применения, но, несомненно за ними будущее.

Химическая переработка рафинатов с целью получения синтетических масел, как правило, группы сложных эфиров, получила название олеохимии. К процессам олеохимии относятся гидрирование жиров, переэтерификация, димеризация по двойным связям, окисление, сульфирование и процессы органического синтеза.

Производство продуктов олеохимии существует достаточно давно (с 1908 г. – производство жирных кислот), но попрежнему остается растущей отраслью – более 2 % в год.

Наиболее широко из процессов олеохимии в научной литературе представлен процесс переэтерификации. Он является основным промышленным методом получения из жиров базовых масел сложноэфирного типа. Широко распространённым является получение из растительных масел сложных метиловых, этиловых, и бутиловых эфиров путем алкоголиза – обмена спиртов в сложных эфирах. Экономично и технически целесообразно использование метанола, как дешевого реагента, обеспечивающего глубину алкоголиза более 90 % при умеренных температурах; существенно повышает выход эфиров предварительная рафинация сырых масел.

Помимо использования продуктов олеохимии в качестве смазочных материалов, их применяют при получении ПАВ, в качестве ингибиторов коррозии и др.

С помощью методов генной инженерии – изменение химического состава в желаемом направлении, осуществляется изменение наследственных признаков. Основная цель здесь – повысить содержание олеиновой и мононенасыщенных кислот и снизить содержание линоленовой кислоты, способствующей протеканию полимеризации, росту вязкости и ускоренному старению масла, а также экологоопасной эруковой кислоты.

Область технического применения растительных масел продолжает расширяться. Во многих случаях важнейшим аспектом, делающим растительные масла привлекательными в качестве компонента смазочного материала, является высокое содержание в них олеиновой кислоты. Наибольшие усилия сейчас фокусируются на получении масел с пониженным содержанием линолевой кислоты (обычно 20 %*)* и дальнейшем её снижении, при одновременном росте содержания олеиновой кислоты, повышающей антиокислительную стабильность. Рапсовое товарное масло Канола содержит 60 % олеиновой кислоты. Данный уровень может быть увеличен до 65 % («средне-олеиновое» масло), 75 % («высоко-олеиновое») и даже до 85 %. Это позволяет использовать такие масла в композициях для более жёстких условий эксплуатации – в гидравлических жидкостях, СОТС для операций волочения алюминиевой проволоки, трансформаторных и моторных маслах. Препятствием является относительно высокая стоимость таких масел и как следствие – низкий спрос на них.

Использование рафинатов растительных масел в качестве смазочных материалов

Как уже отмечалось, основными техническими преимуществами растительных жиров в сравнении с нефтяными маслами являются лучшие вязкостные и трибологические свойства. Это обстоятельство благоприятствует использованию жиров как смазочных материалов, и в ряде случаев даёт возможность ограничить применение химически активных присадок, а иногда и совсем отказаться от их применения. Однако, как известно, жиры имеют низкую термоокислительную стабильность и плохие низкотемпературные свойства. Эти характеристики иногда улучшают путём смешения жиров с нефтяными маслами, но при этом неизменно ухудшаются экологические свойства смазочного материала.

Рассмотрим свойства рапсового масла в сравнении с нефтяным маслом.

Рапсовое масло отличается хорошими вязкостными и низкотемпературными свойствами и практически не нуждается во вводе вязкостных присадок типа полиметакрилата. В нефтяное же масло, чтобы достичь такого же индекса вязкости, необходимо ввести около 7 % вязкостной присадки. Низкотемпературные свойства хорошо регулируются вводом депрессоров.

Рапсовое масло совместимо с материалам уплотнений, не уступает нефтяному по деэмульгирующей и деаэрирующей способности, а по склонности к пенообразованию, антикоррозионным и противоизносным свойствам значительно его превосходит. По смазочным свойствам рапсовое масло превосходит также и такие растительные масла, как касторовое, кукурузное, оливковое, подсолнечное и арахисовое.

Приведённое выше свидетельствует о том, что в настоящее время применение жиров в естественном состоянии (не прошедших специальной химической обработки или стадии облагораживания) должно ограничиваться их функцией базовых масел взамен нефтяных или некоторых синтетических.

Вследствие сравнительно невысокой антиокислительной и гидролитической стабильности применение растительных и животных жиров ограничивается областями кратковременных (гоночные автомобили) или незначительных по величине нагрузок (гидравлические установки), а также процессами смазывания, где необходима определённая степень разложения смазочного материала (эмульсии для прокатных станов), двигателями и механизмами без системы смазки, когда попадание масла в окружающую среду происходит непосредственно после его использования. В последнем случае преимущества использования жиров наиболее очевидны. Сюда относится смазывание двухтактных двигателей внутреннего сгорания, цепей и мотопил, трелевочных тросов в лесной промышленности, открытых редукторов, пневматического инструмента [18].

Рапсовое масло с некоторыми добавками позволило создать новый тип гидравлической жидкости, обеспечивающей негорючесть, коррозионную стойкость и даже пассивацию металлических поверхностей и ингибирование процессов окисления.

Как и в случае нефтяных масел, растительные требуют использования присадок. За последние несколько лет достигнуты существенные успехи в разработке и производстве соответствующих пакетов присадок. В настоящее время на зарубежном рынке доступны следующие продукты:

- пакет антиокислителей;
- депрессор для растительных масел и биодизельного топлива;
- пакет присадок для гидравлических жидкостей;
- загустители для обеспечения требуемого уровня вязкости по ISO;
- пакет присадок для гидравлических жидкостей при возможном контакте с пищевыми продуктами;
- аналогичный пакет присадок для редукторных масел;
- пакет присадок для цепных борон;
- пакет присадок для тракторных жидкостей.

Как следствие специфичности химического состава растительных масел, обычно оказывается необходимым обеспечивать более высокий уровень низкотемпературных свойств. Рекомендуется использовать «сорастворители» для оптимизации вязкости и текучести при низких температурах. Сорастворители могут изменять биоразлагаемость всех композиций. Однако их правильный подбор обеспечивает как хорошие низкотемпературные свойства, так и высокую биоразлагаемость.

Композиции для использования в высокоолеиновом подсолнечном масле (в соотношении 70:30 с триметилпропантриолсатом 4 % масс. пакета присадок для гидравлических жидкостей и 0,01 % антипенной присадки) исследовали на биоразлагаемость и экотоксичность. Биоразлагаемость составляла 95 % по методу CBC-L-33-T-82 и более 60 % по модифицированному методу Starm (ОПСД 301В). Характеристики экотоксичности также удовлетворяют современным требованиям (воздействие на водные организмы) [19].

В настоящее время на рынке также доступны пакеты присадок для тракторных гидравлических жидкостей и моторных масел для двухтактных двигателей.

Широкому распространению смазочных материалов на основе растительных масел препятствует их высокая стоимость и ограниченные возможности утилизации отработанных продуктов. Однако перечисленные тенденции в развитии таких смазочных материалов могут способствовать снижению стоимости стабильных масел с высоким содержанием олеиновой кислоты. Положительным явлением следует также считать намерение создать отдельные спецификации для растительных масел.

Рассмотрение технических и экологических свойств жиров как базовых масел с точки зрения системно-экологического подхода будет неполным без учета процессов переработки маслосемян, рафинации и химической переработки растительных масел и их влияния на окружающую среду, которое не является столь безобидным, как считалось ранее. Сточные воды, выделяющиеся газы, неприятные запахи, возникающие в процессах переработки маслосемян, рафинации и химической переработки масел, представляют нисколько не меньшую экологическую опасность, чем прочие техносферные отрасли.

Использование растительных масел в смеси с нефтяными

Одним из способов применения растительных масел является смешение их с нефтяными маслами. Например, установлена возможность улучшения антифрикционных и противоизносных свойств нефтяных масел, используемых в червячных передачах, путем их смешения с растительным рапсовым маслом и синтетическим (полипропиленгликоль) компонентами. Методом построения диаграмм «состав–свойства» найдены области оптимальных значений трибологических свойств для определенного соотношения смесей нефтяного (до 80 %), растительного (до 40 %) и синтетических (до 10 %) компонентов. Впервые на основе лабораторных испытаний изучены, разработаны и оптимизированы составы трехкомпонентных масел на смешанной основе, позволяющие значительно улучшить эксплуатационные показатели червячных передач. Изучена кинетика изнашивания бронзовых образцов и противозадирные свойства лучших композиций масел и показано, что по исследуемым характеристикам разработанные масла существенно превосходят нефтяное масло И-40А. Разработаны энергосберегающие масла на смешанной основе для червячных передач, содержащие масло нефтяное И-40А (74…78 %), растительное рапсовое (20…24 %) и полипропиленгликоль (до 100 %), позволяющие увеличить КПД червячных редукторов на 2…6 % [20].

Установлена возможность использования растительных масел, в том числе соевого, кукурузного, рапсового, подсолнечного в качестве добавок (до 20 %) в топливо и смазки ДВС автомобилей. В этом направлении наилучшими характеристиками обладает соевое масло.

Товарные продукты на жировой основе

В литературе [18 – 20] широко представлена проблема использования растительных масел в непищевых целях вообще, и в качестве смазочных материалов в частности. Мировая научная общественность предполагает хорошие перспективы на будущее у «биологических» смазочных веществ: концерн Fuchs Petroclub AG рассматривает возможность замены 6…10 % нефтяных масел на биопродукты, имеющие хорошие экологические свойства.

Экологобезопасные смазочные материалы в основном рассматриваются как вспомогательные спецпродукты; проникновение их на рынок незначительно, как следствие пока высокой стоимости в сравнении с нефтепродуктами.

Проблема антиокислительных и низкотемпературных свойств решена путём подбора базовых масел и присадок. Товарные марки Canola и Crae – рапсовое и высокоолеиновое подсолнечное масло соответственно, приемлемы как устойчивые к окислению растительные масла. Оба этих базовых масла в условиях средней нагруженности при эксплуатации не нуждаются во вводе присадок или требуют незначительное их количество – как следствие высокого содержания олеиновой кислоты (обычно 75 %).

Для растительных масел с более высокой антиокислительной стабильностью, при температурах ниже 20 °С проблемой становятся низкотемпературные свойства (как следствие насыщенности молекул). Это представляет проблему, отличную от парафинов в нефтяных маслах. В качестве депрессоров могут быть использованы сополимеры стирола.

Продукты BioBlend успешно используются в качестве гидравлических жидкостей, пластичных смазок с противозадирными свойствами, редукторных масел, для литейных форм и смазки опалубки в производстве бетона, смазки проволоки, канатов и тросов. Все продукты производятся на базе высокоолеинового (85 %) рапсового масла сорта канола, полученного методами генной инженерии (индекс вязкости превышает 200, температура застывания составляет –30 °С).

Продукты содержат специфический нетоксичный пакет присадок BioPac – за счет проникновения компонентов пакета в поры металлов повышается прочность масляной плёнки, снижается трение и внешние температуры поверхности; действие пакета присадок сохраняется в узле трения даже после слива масла.

Редукторные масла BioBlend также имеют хорошие характеристики. Биоразлагаемые смазочные материалы для литейных форм и опалубки соединяют отличную маслянистость с низким дымообразованием и минимальной склонностью к образованию отложений; хорошо работают при высокой и низкой температуре, огнестойки, температура вспышки – 232 °С, застывания – около –12 °С. Смазочные материалы для проволоки и цепей, производимые по ISO 32, работоспособны при температурах от –33 до 316 °С, не стекают и используемые в них противоизносные присадки не вымываются водой.

В литературе [19, 21] рассмотрена возможность использования растительных масел в качестве моторных масел. Показана экономическая эффективность [22] использования рапсового масла с высоким содержанием эруковой кислоты при составлении моторных масел, пригодных для работы в городских условиях. Создано масло на основе соевого для охлаждения двухтактных ДВС. Это масло в два раза дороже соответствующего нефтяного, но смешивается с бензином в значительных количествах. Оно экологически чистое и отличается высоким качеством смазки, благодаря адгезии к металлам. Растительные масла, помимо использования в качестве моторных масел, используются в гидравлических системах.

К настоящему времени продукты на базе растительных масел прочно занимают небольшую нишу на мировом рынке.

Преимущества растительных масел близки к синтетическим, ряд синтетических продуктов производят на основе «биосырья» для обеспечения хороших экологических свойств. Компания Uniqema в настоящее время предлагает синтетические сложные эфиры Priolube, получаемые как на базе животных, так и растительных жиров. Такие эфиры используют как базовые масла для смазочных материалов, применяемых в экологически уязвимых областях (гидравлические масла, пластичные смазки, моторные масла для двухтактных двигателей).

Современная ситуация свидетельствует, что растительные масла могут и станут использоваться во многих отраслях промышленности. В продуктах типа гидравлических жидкостей перспективно использование растительных масел с высоким содержанием олеиновой кислоты. Химически модифицированные растительные масла в комбинации с антиокислителями будут использоваться в узлах, работающих с потерей смазочного материала.

В настоящее время объём производства продуктов на базе растительных масел существенно растет – тракторные масла, масла для пищевой промышленности, индустриальные гидравлические масла, масла для цепных пил, редукторные масла, различные СОТС для металлообработки, закалочные масла, масла для процессов формирования металла, охлаждающие масла в трансформаторах; а также стапельные масла, масла для литейных форм, моторные масла для двухтактных двигателей: в области пластичных смазок – индустриальные и для пищевой отрасли с использованием различных загустителей – от органо-бентонитовых, до комплексных алюминиевых, литиевых и комплексных литиевых.

Принципиально новое направление – это производство смазок, в которых дисперсионной средой служат растительное масло, его смесь с нефтяным или синтетическим. Основное экологическое преимущество таких продуктов – биоразлагаемость. Биоразлагаемые смазки начали применять в последнее время, в основном в Европе. Их структура практически не отличается от структуры смазок на базе нефтяных масел.

За рубежом давно ведутся работы по подбору дисперсионной среды мыльных смазок, в основном литиевых, на основе растительных масел и их смесей с нефтяными, в том числе с регенерированными. И в нашей стране сделана попытка оценить возможность применения в литиевых смазках растительных масел в качестве омыляемого сырья и дисперсионной среды. Показано, что наилучшим омыляемым растительным сырьём при приготовлении литиевых смазок оказалось рапсовое масло и недистиллированные растительные кислоты рапсового масла. Целесообразно использовать в качестве дисперсионной среды литиевых смазок нефтяные масла И-40А в смеси с растительными маслами.

Смазочные свойства смазок на основе растительного сырья при вводе товарных присадок почти такие же, как у нефтяных. Однако полярность растительных масел может привести к протеканию побочных реакций на поверхности металла. Поэтому присадки в такие смазки нужно вводить в больших количествах. Однако, за исключением типичных противозадирных смазок, отличные смазочные свойства растительных масел достаточны для защиты от износа. Аналогичная картина имеет место по антикоррозионным свойствам. Растительные масла обеспечивают определённый уровень защиты от коррозии без ввода присадок, поэтому необходимость в них часто вообще отпадает. Для обеспечения уровня защиты, аналогичного нефтяному маслу достаточно вводить незначительное количество ингибиторов коррозии.

Таким образом, вовлечение растительных масел и животных жиров – продуктов чисто биосферного происхождения в состав смазочных материалов следует считать весьма перспективным. Широкое применение их в производстве товарных масел, смазок и СОТС позволит разрешить некоторые сложные экологические проблемы. При этом весьма важно развитие процессов химического модифицирования БСМ для существенного улучшения их эксплуатационных свойств. В настоящее время возникают и развиваются новые области взаимодействия нефтепереработки и нефтехимии с отдельными отраслями органического синтеза, фармацевтической и пищевой промышленностью. Они направлены на более эффективное использование продуктов растительного и животного происхождения в различных областях техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема использования биотоплив, биомасел и биодобавок в нефтепродуктах очень актуальна на современном этапе.

Надёжность и ресурс техники в значительной мере зависят от того, в какой степени топливо, смазочные материалы и технические жидкости соответствуют требованиям, предъявляемым в данных эксплуатационных условиях.

Представленный выше материал имеет практическую направленность, поскольку проблемы ресурсосбережения, обеспечения качества ТСМ, экологии – актуальные проблемы производства.

Научный уровень предлагаемого авторами материала позволяет ускорить процесс выполнения и улучшить качество курсовых и дипломных работ повысить уровень подготовки кадров для различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, использовать полученные знания работниками нефтехозяйств, аграрно-промышленного комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Остриков, В.В. Топливо и смазочные материалы : учебное пособие / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, И.Д. Гафуров. – Уфа, 2006. – 291 с.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / В.М. Школьников и др. – М. : Издательский центр «ТЕХИНФОРМ», 1999. – 596 с.
3. Соболев, Б.А. Производство смазочных масел предприятиями России / Б.А. Соболев // Мир нефтепродуктов. – 1999. – № 1. – С. 25.
4. Контроль качества топлив и смазочных материалов, используемых в узлах и агрегатах сельскохозяйственной техники / В.В. Остриков, С.А. Нагорнов, О.А. Клейменов и др. – М. : Россельхозакадемия, 2007. – 115 с.
5. Венцель, С.В. Применение смазочных масел в ДВС / С.В. Венцель. – М. : Химия, 1979. – 150 с.
6. Резников, В.Д. Химмотологические аспекты анализа работавших дизельных масел / В.Д. Резников, Э.Н. Шипулина. – М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1982. – 60 с.
7. Остриков, В.В. Современные технологии и оборудование для восстановления отработанных масел / В.В. Остриков, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М. : Росинформатех, 2001. – 60 с.
8. Остриков, В.В. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК / В.В. Остриков, О.А. Клейменов, В.М. Баутин. – М. : Росинформатех, 2003. – 172 с.
9. Лышко, Г.П. Топливо и смазочные материалы / Г.П. Лышко. – М. : Агропромиздат, 1983. – 336 с.
10. Альтшуллер, М.Я. Срабатываемость присадок и их дозированный ввод в моторные масла / М.Я. Альтшуллер. – М. : Химия, 1979. – 179 с.
11. Арабян, С.Г. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей / С.Г. Арабян, А.Б. Виппер, И.А. Холомонов. – М. : Машиностроение, 1984. – 207 с.
12. Качество моторного масла и надёжность двигателей / М.А. Григорьев и др. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 232 с.
13. Матвеев, А.С. Влияние загрязненности масел на работу гидроагрегатов / А.С. Матвеев. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 48 с.
14. Микутенок, Ю.А. Присадки к дизельным маслам и механизм их действия / Ю.А. Микутенок, А.В. Шкаренко, В.Д. Резников. – Л. : Машиностроение, 1986. – 115 с.
15. Нормирование показателей состояния работавших моторных масел / В.Л. Лашхи, Г.И. Шор, Н.И. Скиндер и др. // Химия и технология топлив и масел. – 1990. – № 10. – С. 16 – 18.
16. Боренко, М.В. Анализ информативности показателей состояния работавших дизельных масел / М.В. Боренко, В.Л. Лашхи, И.Г. Фукс // Химия и технология топлив и масел. – 1994. – № 4. – С. 10–11.
17. Шишкин, П.И. Регенерация отработанных нефтяных масел / П.И. Шишкин, И.В. Брай. – М. : Химия, 1970. – 304 с.
18. Растительные и животные жиры – сырьё для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, В.А. Джамалов и др. // ХТТМ. – 1992. – № 4. – С. 34 – 39.
19. Облащикова, И.Р. Исследование рапсового масла в качестве основы альтернативных смазочных материалов : дисс. ... канд. техн. наук / И.Р. Облащикова. – М., 2004. – 103 с.
20. Митусова Т.Н., Калинина М.В., Данилов А.М. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 2. – С. 16 – 20.
21. Евдокимов, А.Ю. Топлива и смазочные материалы на основе растительных и животных жиров / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Л.И. Багдасаров. – М. : ЦНИИТЭнефтехим, – 1992. – 119 с.
22. Евдокимов, А.Ю. Смазочные материалы и проблемы эколо- гии / А.Ю. Евдокимов, И.Г. Фукс, Т.П. Шабалина. – М. : ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. – 424 с.
23. Нефтепродукты, оборудование нефтескладов и заправочные комплексы / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, В.В. Остриков, И.Г. Голу- бев. – М. : Информагротех, 1999. – 174 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ……..... 3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЛУЧЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ 4
1.1. Исходное сырьё для получения товарных нефтепродуктов 4
1.2. Физические методы переработки нефти 10
1.3. Химические методы переработки нефти 15
2. АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ .....…… 18
2.1. Эксплуатационные требования к бензинам 18
2.2. Свойства бензинов, их влияние на работу двигателей 19
2.3. Ассортимент автомобильных бензинов 37
3. ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ……..... 42
3.1. Эксплуатационные требования к дизельному топливу 42
3.2. Условия сгорания топлива 43
3.3. Свойства дизельного топлива, их влияние на работу двигателей 45
3.4. Ассортимент дизельных топлив 53
4. СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ, ХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ 55
4.1. Снижение потерь топлива от испарения 55
4.2. Снижение потерь при транспортировании и заправке 61
4.3. Повышение качества топлив 62
5. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 70
5.1. Состав и основные физико-химические свойства масел 70
5.2. Ассортимент смазочных материалов. Моторные масла 74
5.3. Изменение свойств смазочных масел в процессе эксплуатации в узлах и агрегатах сельскохозяйственной техники 95
5.4. Добавки и присадки к работающим маслам 103
5.5. Основы рационального использования отработанных смазочных масел 111
6. КОНСЕРВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ЗАЩИТА ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ 131
6.1. Ингибиторы коррозии 134
6.2. Средства временной противокоррозионной защиты сельскохозяйственных машин 135
6.3. Характеристика консервационных материалов 137
6.4. Нормы расхода консервационных материалов 151
6.5. Оборудование для нанесения защитных материалов при консервации сельскохозяйственной техники 153
7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ЗАПРАВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ 167
7.1. Основные сведения о резервуарах для хранения топлив и смазочных материалов 167
7.2. Агрегаты для транспортировки нефтепродуктов 173
7.3. Оборудование для заправки топлив и масел 183
7.4. Экологически чистый нефтесклад сельскохозяйственного назначения 195
8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК 200
8.1. Средства экспресс-контроля качества топлив и смазочных материалов 201
8.2. Использование результатов контроля качества работающих масел для диагностирования технического состояния машин 235
9. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ 245
9.1. Токсичность нефтепродуктов 245
9.2. Загрязнение окружающей среды нефтепродуктами 247
9.3. Загрязнение окружающей среды отработавшими газами 249
9.4. Пути снижения экологического ущерба при использовании нефтепродуктов 254

.....
9.5. Пожароопасность нефтепродуктов 262
9.6. Меры безопасности при использовании нефтепродуктов
..... 269
9.7. Меры безопасности при контроле качества нефтепродуктов
..... 270
10. БИОТОПЛИВА, БИОМАСЛА, БИОДОБАВКИ К НЕФТЕПРОДУКТАМ
..... 271
10.1. Состав, свойства биотоплив и возможности их использования в современной сельхозтехнике 271
10.2. Характеристики биологических добавок 274
10.3. Работоспособность дизелей на биодобавках 280
10.4. Биомасла, составы, свойства и перспективы использования
..... 287
ЗАКЛЮЧЕНИЕ …… 299
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 300