



УЧЕБНИКИ
И УЧЕБНЫЕ
ПОСОБИЯ
ДЛЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Допущено Государственным комитетом СССР по народному образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Машины и оборудование лесного комплекса»



ЛЕНИНГРАД ВО «АГРОПРОМИЗДАТ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ, 1989

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года намечены важнейшие пути повышения эффективности общественного производства на основе ускорения научно-технического прогресса. До 1990 года производительность труда в лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности должна возрасти на 14—16 %, а себестоимость продукции снизиться на 2—3 %.

Среди основных направлений также указываются повышение надежности машин; уменьшение затрат на их производство, эксплуатацию и ремонт машин в расчете на единицу производительности; дальнейшая комплексная механизация и автоматизация технологических процессов; реализация прогрессивных экономических и технико-экономических решений.

Лесное хозяйство сравнительно недавно вступило на путь комплексной механизации производственных процессов. В лесхозы и леспромхозы ежегодно поступают новые высокопроизводительные и в то же время все более сложные машины и орудия. В арсенале используемой техники колесные трактора (МТЗ-80, Т-150К, К-700 и др.), гусеничные (ДТ-75, ТДТ-55А, ЛХТ-55, Т-130 и др.), почвообрабатывающие машины с плугами и фрезами (ПКЛ-70, ПЛН-135, фреза ФЛУ-08 и др.), культиваторы, выкопочные плуги, лесопосадочные машины, лесные аэрозольные генераторы, машины для борьбы с вредителями и болезнями леса, машины и оборудование по борьбе с лесными пожарами.

За последнее время ремонтно-обслуживающая база лесного хозяйства значительно окрепла. Основой для ее развития является ремонтная база лесозаготовительных предприятий, тем более, что в состав лесохозяйственных объединений входят лес-

промхозы, имеющие плановые задания по лесозаготовкам. В лесном хозяйстве накоплен большой опыт по ремонту техники, о чем свидетельствует появление специальной литературы в этой области.

В нашей стране действует система планово-предупредительного обслуживания и ремонта машин. Внедрение этой системы обеспечило повышение производительности машин, улучшило их техническое состояние, сократило простои техники. Принципиально новая технология преобразует ремонтное производство, вызывает ускоренное развитие новых средств труда для ее реализации.

В учебнике изложены основы ремонта и технической эксплуатации лесохозяйственного оборудования, освещены технология ремонта лесохозяйственного оборудования и ее организация на ремонтных предприятиях, приведены основные сведения по технической эксплуатации лесохозяйственного оборудования, указаны ее особенности.

Раздел 1 НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Состояния машин

При любой лесохозяйственной операции в результате взаимодействия элементов системы человек — машина — природная среда происходит действие на машину ряда факторов: механические нагрузки, температура, влажность и т. д., вследствие чего с течением времени состояние ее изменяется. Различают следующие пять состояний машины: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное и предельное (рис. 1).

В **исправном состоянии** машина соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

Работоспособное состояние — если значения всех параметров, характеризующих способность машины выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. Если хотя бы один из параметров вышел за пределы установленных нормативов, машина считается в **неработоспособном состоянии**.

Неисправное состояние — это такое, при котором машина может оставаться работоспособной, но не полностью соответствует всем требованиям документации и (или) хотя бы одно из этих требований не будет выполняться, так, например, трелевочный трактор имеет незначительные вмятины или погнутость обшивки, поручней, нарушения лакокрасочного покрытия, незначительные подтекания масла или гидросмеси и т. д.

Под **предельным** понимают такое состояние машины, при котором ее дальнейшее применение по назначению или восстановлению исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Переходы машин из одного состояния в другое происходят в результате повреждений или отказов.

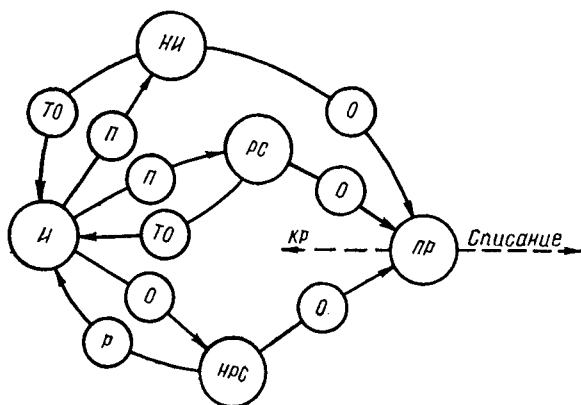


Рис. 1. Состояние машин:

И — исправное; НИ — неисправное; РС — работоспособное; НРС — неработоспособное; ПР — предельное; ТО — техническое обслуживание; Р — ремонт; КР — капитальный ремонт; П — повреждение; О — отказ

Повреждением называется случайное событие, заключающееся в нарушении исправного состояния машины при сохранении работоспособности.

Отказ — случайное событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния машины.

Значительные вмятины или погнутость ограждений и поручней, ограничивающих маневр машины или затрудняющих посадку оператора в кабину, нарушение герметичности гидросистемы, появление трещин в элементах конструкции технологического оборудования, падение давления масла или возникновение стука двигателя будут соответствовать неработоспособному состоянию машины.

1.2. Работы по сохранению исправного состояния техники

Повреждения и отказы машины в процессе эксплуатации устраняются проведением соответствующих работ, которые разделяются на две принципиально разные группы: по сохранению исправного состояния техники и по ее восстановлению в случае возникновения неисправностей.

Работы, направленные на поддержание исправного состояния техники, называются техническим обслуживанием (ТО), т. е. это операция или комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности машины при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании. ТО носит плановый характер и выполняется через определенные интервалы времени или пробега машин.

Установлены следующие виды ТО:
при эксплуатационной обкатке новой техники или отремонтированной машины;

ежесменное или ежедневное (ЕТО);

первое (ТО-1);

второе (ТО-2);

третье (ТО-3);

сезонное (СТО).

Ежедневное (ежесменное) ТО предназначено для подготовки машины к работе и обеспечения работоспособного состояния в течение смены. Оно включает контроль состояния машины, заправку топливом, маслом, гидросмесью, охлаждающей жидкостью, поддержание требуемого внешнего вида, крепежные и смазочные операции, прогрев и опробование машины. ЕТО выполняется в начале и конце смены, а также в ходе работы.

ТО-1 и ТО-2 предназначены для снижения интенсивности износа деталей, узлов и агрегатов, экономии топливно-энергетических ресурсов, а также уменьшения отрицательного воздействия выхлопных газов на окружающую среду. ТО-1 и ТО-2 включают выполнение комплекса контрольно-диагностических, смазочных, крепежных, регулировочных и других работ. Выполняются ТО-1 и ТО-2 после определенной наработки (или пробега) машины или их агрегатов. ТО-1 проводят между рабочими сменами. Для проведения ТО-2 предусматривается время простоя.

ТО-3, как правило, проводится для тяжелых и сложных машин и включает в себя, кроме операций, присущих ТО-1 и ТО-2, контроль и диагностику наиболее сложных и ответственных агрегатов, а также их регулировку в случае необходимости.

Сезонное обслуживание предназначено для подготовки машин к эксплуатации соответственно в условиях осенне-зимнего и весенне-летнего периодов. Выполняют его два раза в год и обычно совмещают с выполнением очередного ТО.

Все виды ТО предусматривают технологическую преемственность, т. е. операции вышестоящего обслуживания включают все операции предшествующего (например, ТО-3 включает ТО-2 и ТО-1; ТО-2 включает ТО-1).

Работы, предназначенные для восстановления технического состояния машин, включают различные виды ремонтов. Ремонт — это комплекс работ для поддержания и восстановления исправности или работоспособности машин.

В соответствии с назначением и характером выполняемых работ ремонт лесохозяйственной техники подразделяется на текущий (ТР) и капитальный (КР).

Текущий ремонт осуществляется в процессе эксплуатации для гарантированного обеспечения работоспособности машины и состоит в замене и восстановлении ее отдельных частей

и их регулировке. Он проводится по мере необходимости, определяемой обслуживаемым составом при осмотре машины, ее техническом обслуживании и диагностике. Качество ТР должно обеспечивать безотказную работу на протяжении периода не меньшего, чем между двумя ТО-2. Как правило, ТР машин проводится агрегатным методом, т. е. путем замены неисправных узлов и агрегатов на исправные (новые или заранее отремонтированные) из оборотного фонда.

Наибольший объем по трудоемкости падает при текущем ремонте лесохозяйственной техники на разборочно-сборочные работы (до 30 %), ремонт отдельных узлов и агрегатов (до 20 %), слесарно-механические и сварочные работы (соответственно 15 и 10 %).

Капитальный ремонт — это ремонт, осуществляемый с целью восстановления исправности и ресурса машин до уровня, близкого к вновь изготовленным (не менее 80 %). При КР производится полная разборка машины, дефектовка, восстановление или замена деталей, узлов и агрегатов с последующей сборкой, регулировкой, приработкой и испытаниями. КР производится в основном на специализированных ремонтных предприятиях (РМЗ). Техническое состояние машины, а также узлов и агрегатов, сдаваемых в КР, а также качество выполнения ремонта должны соответствовать требованиям государственных стандартов и другой нормативно-технической документации. Высокое качество капитального ремонта обеспечивается правильной организацией производственного процесса.

Под *производственным* процессом ремонта понимается комплекс взаимосвязанных действий, в результате которых неработоспособные машины (агрегаты, узлы, детали) становятся работоспособными.

Производственный процесс ремонта включает в себя технологические, транспортные, складские, снабженческие, контрольные, энергетические и другие операции. Основу производственного процесса составляет технологический процесс.

Технологический процесс ремонта — часть производственного процесса, содержащая взаимосвязанные действия: очистку; мойку и разборку деталей; их дефектовку, восстановление и изготовление; комплекточные и сборочные работы; приработку и испытания; окраску машин.

Технологический процесс состоит из операций, представляющих законченные части технологического процесса, которые выполняются на одном рабочем месте. Например, наплавка посадочных мест шеек вала под подшипники, выполняемая на одном станке, является одной операцией.

Каждая операция разделяется на переходы: технологические и вспомогательные.

Технологический переход — законченная часть технологиче-

ской операции, характеризуемая постоянством режима работы станка, применяемого инструмента и обрабатываемых поверхностей.

Вспомогательный переход — это часть технологической операции, содержащая действия человека или оборудования, которые не изменяют состояния изношенной детали, но необходимы для выполнения технологических переходов. Примерами вспомогательных переходов являются установка, закрепление или снятие деталей, смена инструмента и т. д.

Технологический переход состоит из рабочих и вспомогательных ходов. Рабочим ходом называется законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

Вспомогательный ход — однократное перемещение инструмента, не сопровождающееся изменением заготовки.

Диагностика — это совокупность мероприятий в системе технического обслуживания и ремонта для получения информации о состоянии машин с целью прогнозирования их какого-либо вида ресурса, определения необходимого объема и сроков работ по ТО и ремонту. По своему назначению диагностика может быть специализированной и совмещенной с ТО или ремонтом.

Специализированная диагностика, как показывает само название, проводится с целью выявления состояния машины на специализированных постах станций технического обслуживания или ремонтно-механического завода. Совмещенная диагностика проводится в ходе технического обслуживания и ремонта непосредственно на рабочих местах.

Хранение — это поддержание исправного или работоспособного состояния машины в нерабочий период (более 10 дней). Объем работ и оборудование для организации хранения определяются в зависимости от климатических условий и сроков хранения.

Хранение бывает кратковременным (от 10 дней до 2 месяцев) и длительным (более 2 месяцев).

В процессе эксплуатации любого вида техники наступает момент, когда применение всей совокупности мероприятий по поддержанию и восстановлению исправного состояния не дает должного эффекта. Этот момент соответствует предельному состоянию машины.

Контрольные вопросы

1. Перечислите состояния машины в процессе эксплуатации и укажите причины (события), в результате которых происходят переходы из одного состояния в другое.

2. Укажите основные виды технического обслуживания машин.
3. Укажите основные виды ремонтов.

Глава 2 ПРИЧИНЫ ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

2.1. Виды отказов

Как указывалось выше, в результате действия различных факторов в процессе эксплуатации происходят случайные события (отказы или повреждения), приводящие к изменению того или иного состояния машины. В теории надежности различают следующие виды отказов:

зависимые или независимые;
внезапные, постепенные и перемежающиеся;
конструкционные, производственные и эксплуатационные.

Как видно из названия, зависимые или независимые отказы классифицируются по степени зависимости от различных агрегатов (систем) машины. Например, неустойчивая работа элементов гидросистемы вызывает повышенный износ уплотнений, трещины в металлоконструкциях из-за больших динамических нагрузок и т. п.

Вторая группа отказов характеризуется в основном временем их действия. Так, внезапный отказ сопровождается скачкообразным изменением одного или нескольких параметров объекта (поломки, трещины, обрывы, пробой изоляции и т. п.). При постепенном отказе сравнительно медленно изменяются один или несколько заданных параметров, и происходит переход машины из исправного в неработоспособное состояние (только по достижении предельного значения одного или нескольких параметров). Типичными примерами таких отказов являются износ деталей, старение материалов, разрегулирование и т. п. Перемежающиеся отказы характеризуются их многократным возникновением и самоустраниением.

Третья группа отказов характеризуется в основном причинами возникновения: неправильным проектированием, плохим изготовлением или нарушением условий эксплуатации.

Четкие границы между отказами по приведенной выше классификации, в определенной степени условной, провести трудно. Так, например, трещины могут быть результатом медленного накопления повреждений, а процесс изнашивания иногда характеризуется нарастающей интенсивностью (катастрофический износ); неудачная (нетехнологичная) конструкция детали может вызывать скрытые дефекты. К основным причинам возникновения отказов можно отнести три группы физических явлений:

предельный износ соединений;

потеря прочности или жесткости элементов машин;
коррозия материалов.

Установлено, что примерно 80 % отказов элементов лесохозяйственных машин происходит именно по причине явлений первой группы, при этом, однако, не учитывается характер отказов отдельных агрегатов или элементов конструкций.

2.2. Изнашивание элементов машин

Изнашиванием называется процесс разрушения и отделения материала с поверхности твердого тела и (или) накопления его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и формы тела. Изнашивание является сложным физико-механическим процессом, зависящим от множества внешних (нагрузки, скорости относительных перемещений и т. п.) и внутренних (состояния поверхности, ее химического состава и т. д.) факторов. Количественно процесс изнашивания характеризуется тремя параметрами: износом, скоростью и интенсивностью изнашивания.

Износ U — результат изнашивания, определяемый как изменение геометрических размеров (линейный износ), массы или объема.

В соответствии с состоянием машины различают понятия предельного и допустимого износов. При допустимых значениях износа машину (агрегат) считают работоспособной.

Скорость изнашивания $dU/dt = v_{\text{и}}$ — отношение износа к интервалу времени, в течение которого он возник.

Интенсивность изнашивания $I_{\text{и}} = dU/dl$ — отношение износа к определенному пути, на котором происходило изнашивание. Иногда интенсивность изнашивания оценивается относительно объема выполненной работы.

Величина, обратная скорости или интенсивности изнашивания, характеризует свойство материала противостоять этому процессу и называется износостойкостью.

В общем случае изнашивание является случайным процессом, однако этот случайный процесс имеет особенность: так как по времени износ всегда возрастает, то его зависимость от времени $U(t)$ носит детерминированный характер. С другой стороны, из-за многообразия и случайного характера множества других причин значение износа в каждый момент времени все-таки является случайной величиной. Такие процессы называются полуслучайными [14] и аналитически выражаются следующим образом:

$$\hat{U}(t) = \hat{U}_0 + \int_0^t v_{\text{и}}(t) dt, \quad (1)$$

где $\hat{U}(t)$ — случайное значение износа в момент времени t ; \hat{U}_0 — случайное

начальное (заводское) значение размера; $v_{\text{н}}(t)$ — случайная величина скорости изнашивания.

Графически полуслучайный процесс изнашивания представлен на рис. 2 упрощенно в виде кривой Лоренца, имеющей три характерных участка: приработки, нормального износа и катастрофического износа. На участке приработки (I) происходит процесс изменения геометрии и физико-механических свойств поверхностей трущихся деталей, сопровождающийся уменьшением силы трения, температуры, скорости и интенсивности изнашивания. Начальные моменты приработки характеризуются повышенными температурами и тепловыделением, вызывающими изменение физико-механических свойств и микрогеометрии поверхности. Эти изменения приводят к образованию одинаковой («равновесной») шероховатости (рис. 3), обеспечивающей в дальнейшем наилучшие условия работы сопряжения. Действительно, после участка приработки скорость (интенсивность) изнашивания резко падает и наступает нормальное, или установившееся, изнашивание (см. рис. 2, II), которое характеризуется сравнительно небольшой и постоянной скоростью (интенсивностью) изнашивания и, соответственно малыми изменениями геометрических размеров. Используя упрощенную физическую модель процесса изнашивания, износ в любой момент времени t определяется как

$$U(t) = U_0 \pm v_{\text{н}}t, \quad (2)$$

где U_0 — начальное значение размера элемента сопряжения (вал или втулка); $v_{\text{н}}$ — постоянное значение скорости ($dU/dt = \text{const}$).

Знаки (\pm) присваиваются соответствующему элементу трущейся пары: (+) — отверстие; (—) — вал. Постепенное изменение зазора в сопряжении из-за износов элементов трущейся пары приводит к ухудшению условий работы всей машины или агрегата, что в свою очередь резко ухудшает условия работы и

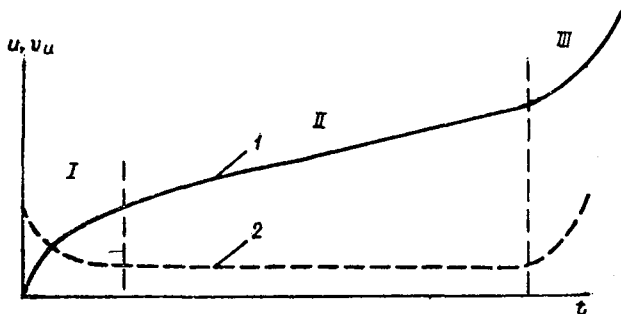


Рис. 2. Зависимость износа $u(t)$ и скорости изнашивания $v_{\text{н}}$ от времени t : 1 — $u(t)$; 2 — $v_{\text{н}}(t)$; I — участок приработки; II — участок нормального износа; III — участок катастрофического износа

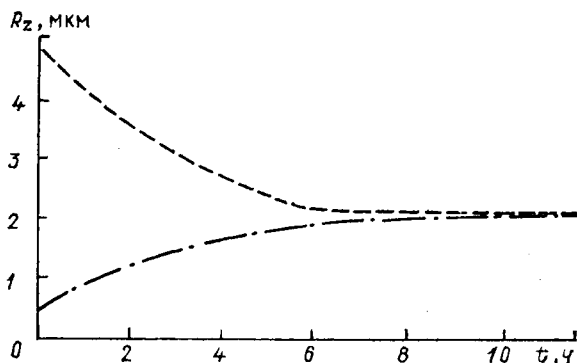


Рис. 3. Образование «равновесной» шероховатости на деталях сопряжения из стали 45 и бронзы БрСНС-5-5-5 в процессе приработки:

— · — · — сталь; — — — — бронза

самого сопряжения. Наступает период быстрого (катастрофического) изнашивания (см. рис. 2, III). Эксплуатация машины в этом случае должна быть прекращена.

Закономерность изнашивания и соответственно планирование мероприятий по увеличению надежности определенного соединения машины зависят от вида изнашивания и конструкции элемента машины.

Кроме указанной выше закономерности изнашивания в виде кривой Лоренца, различают еще четыре характерных типа кривых изнашивания [5].

Первый тип — линейный, свойствен плугам, зубьям и стенкам ковшей, фрезам лесомелиоративных машин, трубопроводам. Если известно значение предельного износа рабочего органа $\Delta U_{\text{пред}}$, то легко определяется его средний ресурс, как

$$T_{\text{пред}} = \Delta U_{\text{пред}} / I. \quad (3)$$

Второй тип кривой характерен наличием участка приработки и дальнейшим монотонным возрастанием износа вплоть до предельно допустимого значения. Такая закономерность наблюдается у шарниров с подшипниками скольжения, самозатягивающихся элементов рабочих органов, инструментов и т. д. Пренебрегая участком приработки, средний ресурс в этом случае можно определить по зависимости (3).

Третий тип закономерности характерен монотонным и непрерывным уменьшением скорости изнашивания. Такой закон, в частности, наблюдается у подшипников скольжения и шестерен при наличии абразивного изнашивания. В этом случае $T_{\text{пред}}$ может быть определено по формуле

$$T_{\text{пред}} = \sqrt[n]{\Delta U_{\text{пред}} / I}, \quad (4)$$

где $n < 1$.

Четвертому типу присуще увеличение скорости изнашивания. Этот закон наблюдается у шарниров гусеничных цепей и других деталей, где в зазоры сопряжений попадают абразивные частицы или их работа сопровождается динамическими нагрузками. В этом случае ресурс может быть определен по зависимости (4), но с $n > 1$.

Различают три основные группы изнашивания: механическое, коррозионно-механическое, электроэрозионное. Каждая из этих групп подразделяется на отдельные виды.

Механическое изнашивание происходит в результате механических воздействий на поверхность трения. Оно подразделяется на абразивное, гидро- и газоабразивное, эрозионное, гидро- и газоэрозионное, кавитационное, усталостное, изнашивание при заедании и фреттинге.

Указанные выше виды изнашивания происходят при работе практически любой машины, однако преобладание того или иного вида зависит от внешних условий и специфики ее применения.

Абразивное изнашивание происходит в результате механического воздействия на поверхность металла твердых абразивных (неорганических) частиц (SiO_2 — двуокись кремния, Fe_2O_3 — оксид железа, оксиды Al, Ca, Mg, Na и других элементов), содержащихся в почве и пыли. Размеры таких частиц могут быть 5—120 мкм, что позволяет им свободно проникать в незащищенные зазоры сопряжений, а твердость от 12 000 (SiO_2) до 25 000 МПа (Al_2O_3), что намного превышает твердость рабочих поверхностей машин.

Интенсивность абразивного изнашивания в большой степени зависит от степени превышения микротвердости абразивной частицы по отношению к твердости металла рабочего органа машины. Так, если твердость частицы H_a соизмерима с твердостью металла H_m ($H_a \approx H_m$), то абразивные частицы лишь разрушают окисную пленку на поверхности металла (рис. 4, а), что активизирует процесс изнашивания другого вида — коррозионно-механического. Если $H_a > H_m$ ($H_a = 1,7 H_m$), то абразивная частица пластически деформирует («оттесняет») поверхностный слой металла (рис. 4, б). При $H_a > 1,7 H_m$ абразивная частица внед-

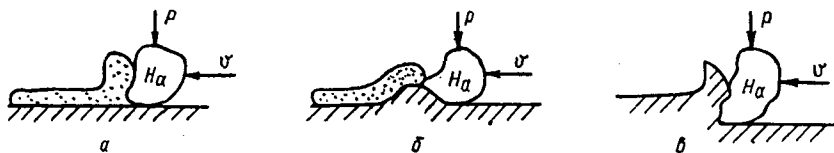


Рис. 4. Взаимодействие абразивной частицы с поверхностью при абразивном изнашивании:

а — разрушение окисной пленки; б — пластическое деформирование; в — микрорезание; H_a — твердость абразивной частицы; P — нагрузка; v — скорость

ряется острой гранью в поверхность, производя микрорезание (рис. 4, в). По данным проф. М. М. Хрущева, установлено, что для чистых металлов и термически необработанных сталей существует линейная зависимость между их твердостью и износостойкостью:

$$\varepsilon = bH_m, \quad (5)$$

где $\varepsilon = j_m/j_{\text{эт}}$ — относительная износостойкость; j_m , $j_{\text{эт}}$ — соответственно износостойкостью материала и эталона, b — коэффициент пропорциональности ($b=7,3$).

Для термически обработанных сталей износостойкость поверхности с увеличением твердости также возрастает, но в меньшей степени. Экономически целесообразно повышать твердость материала по сравнению с твердостью абразива не более чем в 1,3 раза ($H_m=1,3 H_a$). При дальнейшем повышении твердости эффект резко снижается, поверхность становится хрупкой и разрушается при действии динамических нагрузок.

Гидро- и газоабразивное изнашивание происходит в результате воздействия на поверхность твердых частиц, содержащихся в жидкости (или газе). Гидроабразивное изнашивание характерно для элементов топливных и гидравлических систем, двигателей внутреннего сгорания. Газоабразивное изнашивание присуще элементам компрессоров и пневматического инструмента, где носителем взвешенных твердых частиц является сжатый воздух.

Общим для гидро- и газоабразивного изнашивания является интенсивность изнашивания, которая зависит от угла, образованного направлением скорости потока и поверхностью (угла атаки). У хрупких материалов интенсивность изнашивания возрастает по мере увеличения угла атаки (рис. 5), а у пластичных же материалов интенсивность изнашивания максимальна в диапазоне углов атаки $\alpha=30-40^\circ$.

Эрозионное изнашивание поверхности происходит при воздействии на нее потоков жидкости или газа, движущихся с большими скоростями. К эрозионному изнашиванию относятся гидроэрозионное и кавитационное изнашивания. Эти виды изнашивания сравнительно редко наблюдаются в конструкциях и системах лесохозяйственных машин и поэтому здесь не рассматриваются.

Усталостное изнашивание (питтинг) происходит при неоднократных циклических деформациях микрообъемов поверхности. При этом на поверхности или на некоторой сравнительно небольшой глубине сначала образуются микротрещины, дальнейшее развитие которых приводит к выкрашиванию материала. Интенсивность усталостного изнашивания зависит от многих факторов: величины остаточных напряжений в поверхностном слое металла; наличия концентраторов напряжений в виде раз-

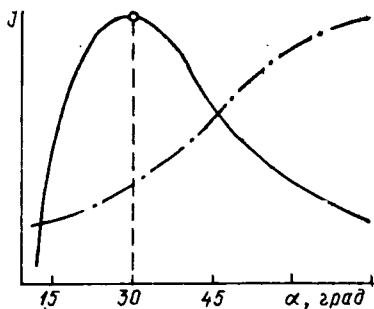


Рис. 5. Зависимость интенсивности J гидро- и газобразивного изнашивания от угла атаки α абразивных частиц:
 — для пластичных материалов;
 - · - · - для хрупких материалов

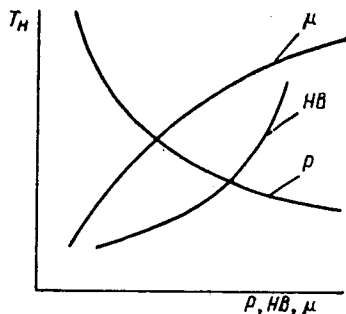


Рис. 6. Зависимость наработки T_n до появления усталостного выкрашивания от нагрузки P , твердости поверхности HB и вязкости смазочного материала μ

личного рода включений; шероховатости поверхности и наличия царапин и задиров на ней и т. д.; распределения нагрузок в сопряжении, определяемом зазором, перекосом, упругими деформациями и т. д.; наличия и типа смазки. В большой степени на усталостное изнашивание влияют условия трения (качения, скольжения или их комбинация), нагрузка и температура трущихся поверхностей, их твердость и шероховатость, свойства применяемых смазочных материалов. На рис. 6 показана зависимость наработки T_n до появления усталостного выкрашивания от нагрузки P , твердости материала HB и вязкости смазочного материала μ .

Усталостное изнашивание наиболее часто происходит у деталей, работающих при больших знакопеременных контактных нагрузках (зубчатые колеса, подшипники качения, передаточные механизмы манипуляторов). Оно сопровождается увеличением шума и вибраций. При разборке сопряжения усталостное изнашивание может определяться визуально по наличию двух характерных областей: относительно гладкой поверхности по краям микротрещин и шероховатой поверхности дна образовавшихся раковин.

Умеренное усталостное изнашивание не является опасным в неответственных сопряжениях. Детали, имеющие незначительные повреждения, могут эксплуатироваться. Однако, если усталостное изнашивание прогрессирует, эксплуатация сопряжения должна быть прекращена.

Изнашивание при заедании (задир) выделяется из рассмотренных выше изнашиваний прежде всего интенсивностью и рассматривается как внезапный отказ. При заедании происходят схватывание и глубинное вырывание макрообъемов материала,

перенос его на сопряженную поверхность и воздействие образовавшихся неровностей на обе трущиеся поверхности. Чаще всего явление заедания происходит при неправильном подборе материала трущихся пар, при нарушении правила положительного градиента механических свойств $(d\tau/dz) > 0$ (рис. 7), определяющего различие между прочностями адгезионной связи и нижележащих слоев. В условиях трения без достаточного слоя смазки или общей перегрузки сопряжения по нагрузочным и температурным условиям интенсивность процесса зависит от режимов работы сопряжения, скоростей относительного перемещения, нагрузки и температуры. При этом различают заедания в результате схватывания I или II рода. Схватывание I рода характеризуется малыми скоростями скольжения (0,005—0,2 м/с) и давлениями $[(5-100) \cdot 10^5 \text{ Па}]$, превышающими предел текучести на участках фактического контакта трущихся поверхностей. Температура при этом повышается незначительно, но происходит интенсивное пластическое деформирование, сопровождаемое значительным износом деталей (рис. 8, I). При давлениях $p = 10^5 \text{ Па}$ увеличение относительных скоростей скольжения более 0,05 м/с, при этом происходит прекращение схватывания I рода, так как адгезионные связи между микрообъемами трущихся поверхностей разрушаются без их повреждения. К поверхностям свободно поступает воздух, и изнашивание становится окислительным. По мере дальнейшего повышения давления металлические связи образуются и при высоких скоростях скольжения, что приводит к схватыванию II рода (рис. 8, II и III).

Схватывание II рода характеризуется значительным повышением температуры в зоне контакта, разупрочнением материала и, как следствие, более интенсивным изнашиванием. Заедание поверхностей, по существу, является аварийным состоянием трущейся пары и должно быть исключено правильным

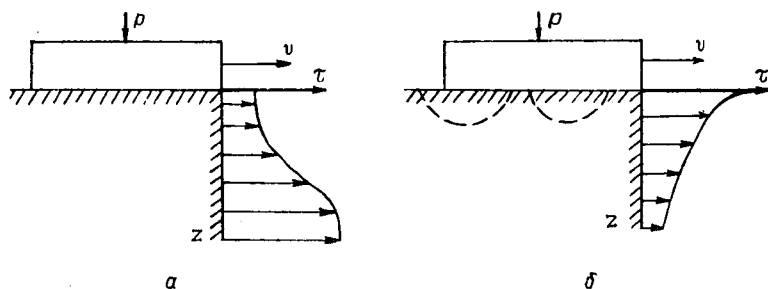


Рис. 7. Различные варианты распределения касательных напряжений по глубине металла:

a — благоприятные; b — неблагоприятные; τ — сопротивление на сдвиг; P — нагрузка; v — скорость; — — — линии разрыва материала

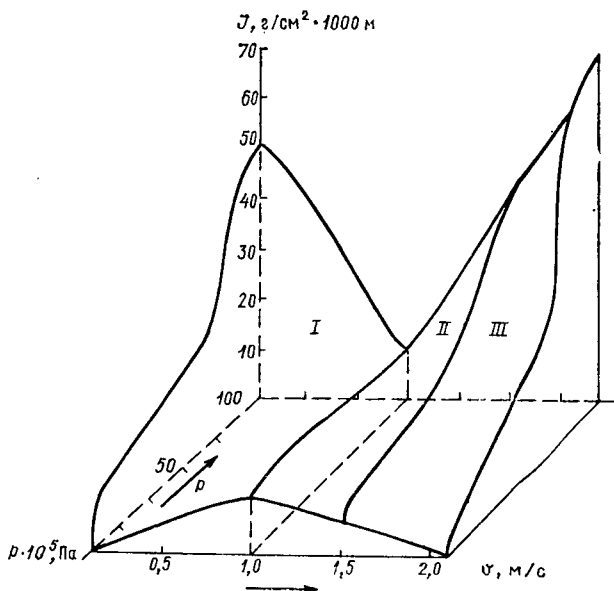


Рис. 8. Зависимость интенсивности изнашивания при заедании от скорости v и удельного давления p :

I — зона интенсивного пластического деформирования; *II–III* — зоны схватывания (заедания)

проектированием, качественным изготовлением и грамотной эксплуатацией машины.

Изнашиванием при фреттинге называют процесс механического изнашивания соприкасающихся деталей при малых колебательных относительных перемещениях. Оно происходит обычно на поверхностях валов с напрессованными на них муфтами, дисками или обоймами подшипников скольжения; на осях и ступицах колес, опорных кольцах пружин, шпоночных и шлицевых соединениях; на опорных поверхностях корпусов двигателей и редукторов. Характерными признаками фреттинг-изнашивания являются налипание материала, появление раковин и трещин. Изнашивание приводит к нарушению требуемых посадок и герметичности в соединениях.

Коррозионно-механическое изнашивание характеризуется окислением на поверхностях сопряжения. В результате трения менее прочные, чем исходный металл, пленки оксидов удаляются вместе с другими частицами. Имеются два вида коррозионно-механического изнашивания: окислительное и фреттинг-коррозия.

Окислительным называют изнашивание, при котором главное влияние на интенсивность процесса оказывает образование

оксидов. Скорость изнашивания при этом невелика (0,05—0,1 мкм/ч). Процесс становится более интенсивным при повышении температуры и влажности.

Фреттинг-коррозией называют процесс изменения сопряженных поверхностей деталей при малых колебательных перемещениях (вибрация, периодический изгиб или кручение). Как показывает название, этот процесс сопровождается образованием на трущихся поверхностях оксидов. При фреттинг-коррозии усталостная прочность поверхности снижается в 3—6 раз, а характерным признаком является наличие на трущихся поверхностях раковин, в которые вдавлены оксиды, отличающиеся по цвету от основного металла.

Этот вид изнашивания приводит или к нарушению вида посадки сопряжения (при выносе оксидов за его пределы), или к заеданию и заклиниванию, если оксиды остаются на месте.

Изнашивание под действием электрического тока включает только один вид — *электроэрозионное*. Электроэрозия заключается в вырыве частиц металла под действием электрических разрядов, возникающих, как правило, при размыкании и замыкании электрических контактов (например, в прерывателях, реле, электромоторах и т. д.).

2.3. Методы измерения износа деталей

Различают практические и исследовательские методы измерения износа деталей. К практическим относятся, например, методы микрометрических измерений, профилографирования, по изменению параметров сопряжения и показателей функционирования. Исследовательские включают методы искусственных баз и изменения радиоактивности.

Метод микрометрических измерений основан на непосредственном периодическом измерении контрольных размеров деталей с помощью микрометров, штангенциркулей, нутромеров и других измерительных инструментов или микроскопов. При этом предельная точность измерения 0,01—0,001 мм. При необходимости получения более высокой точности, особенно при исследовательских работах, применяются голографические или лазерные инструменты.

Метод профилографирования основан на сравнении профилограмм контрольного участка детали до начала работы детали и по мере накопления износа по истечении определенных промежутков времени. Преимуществом этого метода являются высокая точность и возможность анализа характера процесса изнашивания. Недостаток — необходимость разборки узла.

В качестве средств измерений используются профилографы и профилометры ИЗП-5, ИЗП-17, ИТП-21, ИТП-201.

Метод искусственных баз основан на сравнении изменений размеров углублений правильной геометрической формы, заранее сделанных на поверхности трущейся детали. В зависимости от формы и способа выполнения искусственной базы различают следующие разновидности этого метода: отпечатков, лунок и слепков.

При измерении износа детали методом отпечатков с помощью твердомера с наконечником Виккерса на поверхности делается углубление в виде пирамиды (рис. 9) с квадратным основанием и углом при вершине между гранями, равным 136° . Величина износа определяется по изменению длины диагонали ($d_0 - d_1$):

$$U = h_0 - h_1 = \frac{1}{2} (d_0 - d_1) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (6)$$

Длина диагонали до и после экспериментального износа (d_0 и d_1) измеряется с помощью микроскопа.

При методе лунок (рис. 10) величина износа определяется по изменению размеров углубления в виде части сферы (лунки). Размеры лунки определяются по соотношению $1/20 - 1/80$. Так, рекомендуется при глубинах лунки 20,8; 48,0; 83,0 мкм иметь длины l_0 соответственно 1,0; 1,5; 2,0 мм.

Величина экспериментального износа определяется: для плоских и цилиндрических поверхностей

$$U = (0,125/r) (l_0^2 - l_1^2); \quad (7)$$

для вогнутой цилиндрической поверхности

$$U = (0,125/R \cdot r) (l_0^2 - l_1^2) (R - 2r), \quad (8)$$

где l_0, l_1 — длины лунки до и после изнашивания, мм; R — радиус кривизны (выпуклой или вогнутой) поверхности детали в месте расположения лунки, мм; r — радиус сферы, образующей лунку, мм.

Для определения l_0 и l_1 применяются микроскопы с градуированным окуляром либо приборы типов УПОИ-6 и ОМИ-1. Метод обеспечивает точность 0,0005—0,002 мм.

В тех случаях, когда измерение лунок непосредственно на детали не может быть выполнено, применяются слепки с лунок, получаемые с помощью быстротвердеющей массы (например, стирарила).

Методы измерения износа по изменению параметров сопряжения основаны на определении потери массы или объема деталей, а также зазора между поверхностями трения.

Измерения величины износа по потере массы производится определением изменения массы детали путем ее периодического взвешивания. Измерительными средствами служат в данном случае различные типы весов: приборные ПР-500,

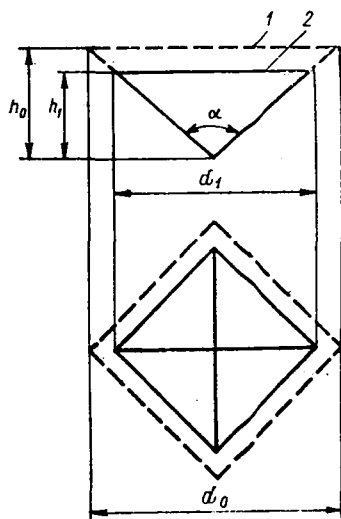


Рис. 9. Схема измерения износа методом отпечатков:

1 — поверхность трения до изнашивания; 2 — поверхность трения после изнашивания; h_0 — глубина отпечатка до изнашивания; h_1 — глубина отпечатка после изнашивания

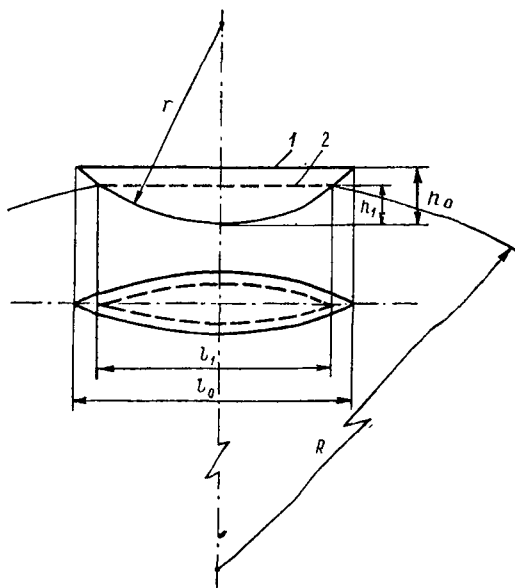


Рис. 10. Схема измерения износа методом лунки:

1 — начальная поверхность лунки; 2 — поверхность лунки после износа

ВЛА-200, ВНЗ-2 и др. Точность метода зависит от типа весов и составляет $0,05—5 \cdot 10^6$ г.

Метод измерения износа по изменению объема детали принципиально не отличается от метода микрометрических измерений, только в данном случае на основе измерений в определенных сечениях подсчитывается объем детали до и после износа.

Метод измерения износа по содержанию продуктов износа в отработанном масле применяется в основном для измерения износа металлических деталей. При этом показателем износа служит процентное содержание частиц металла в масле. Для определения этой величины используются химический, спектральный, радиометрический, активационный и оптико-физический методы. Точность измерения износа обуславливается в данном случае возможностями того или иного метода анализа.

Метод измерения износа по изменению показателей функционирования базируется на контроле изменения параметров работы машины или данного сопряжения (падения давления, расхода рабочей среды, линейных или угловых перемещений деталей, уровня шума и вибраций и т. д.).

Метод измерения износа по изменению радиоактивности основан на периодическом или непрерывном контроле изменения радиоактивности детали. Искусственная радиоактивность детали достигается либо методом поверхностной активации определенного объема поверхности глубиной 0,05—0,4 мм, либо путем специальных радиоактивных вставок. И в том, и в другом случае уровень радиоактивности очень невелик (не более $37 \cdot 10^{10}$ Бк) и каких-либо мер защиты от нее не требуется.

Для определения износа используется тарировочный график, полученный на основе предварительных исследований. По изменению радиоактивности судят о массе изношенного материала.

Выбор метода измерения износа из перечисленных выше зависит от конкретных условий, требуемой точности и имеющейся в распоряжении контрольно-измерительной аппаратуры.

2.4. Потеря статической прочности или жесткости элементов конструкций машин

Потеря статической прочности элемента конструкции машины происходит при превышении в нем действующих (эксплуатационных) напряжений $\sigma_э$ над допускаемыми $\sigma_д$, т. е. при условии

$$\sigma_э > \sigma_д. \quad (9)$$

В отличие от процесса изнашивания, приводящего к постепенным отказам, статическая потеря прочности относится к внезапным отказам.

Иногда при условии (9) элементы конструкции не разрушаются, но сильно деформируются. При этом значения этих деформаций могут превышать допустимые пределы по условиям нормальной работы, т. е.

$$\delta_э > \delta_д, \quad (10)$$

где $\delta_э$, $\delta_д$ — соответственно эксплуатационная и допускаемая деформации.

Чрезмерные деформации могут затруднить, либо вообще нарушить нормальную эксплуатацию машины, либо изменить в худшую сторону условия работы элементов конструкции, что в свою очередь вызовет какой-либо отказ. Так, например, накопление деформаций в многозвенном манипуляторе лесохозяйственной машины при большом вылете рабочего органа может привести к недопустимому накоплению погрешностей позиционирования рабочего органа, что затруднит работу оператора. Деформации элементов трущихся пар приводят к перераспределению контактных нагрузок в сопряжениях, что, как правило, усиливает процессы изнашивания этих пар.

Как прочностное, так и деформационное условия (9) и (10) должны обеспечиваться еще на стадии проектирования при расчете конструкции машины на прочность и жесткость. Однако при этом часто не учитывается и случайный характер действующих нагрузок: $\hat{\sigma}_a$ и $\hat{\sigma}_d$.

Случайные значения $\hat{\sigma}_a$ объясняются, во-первых, особенностями предмета труда; во-вторых, действиями оператора, управляющего машиной. Реальные эксплуатационные нагрузки, действующие на рабочие органы лесохозяйственных машин, представляют случайные величины, распределенные, как правило, по нормальному закону, т. е.

$$f(\hat{\sigma}_a) = (1/\sqrt{2\pi D\sigma_a}) e^{-(m\sigma_a - \hat{\sigma}_a)^2/2D\sigma_a}, \quad (11)$$

где $f(\hat{\sigma}_a)$ — плотность распределения действующих напряжений; $m\sigma_a$, $D\sigma_a$ — соответственно математическое ожидание и дисперсия.

С другой стороны, случайными являются и величины допускаемых напряжений $\hat{\sigma}_d$, что объясняется отношениями в химическом составе, микроструктуре металла, температурных условиях, качестве изготовления (например, шероховатости поверхности, точности размеров, режимов сварки и т. д.).

Действие не связанных между собой случайных факторов, ни один из которых не является превалирующим, как правило, хорошо описывается нормальным законом распределения *. Это положение подтверждено и экспериментально. Таким образом, и для допускаемых напряжений справедлив закон распределения в виде

$$f(\hat{\sigma}_d) = (1/\sqrt{2\pi D\sigma_d}) e^{-(m\sigma_d - \hat{\sigma}_d)^2/2D\sigma_d}, \quad (12)$$

где $f(\hat{\sigma}_d)$, $m\sigma_d$, $D\sigma_d$ — соответственно плотность распределения, математическое ожидание и дисперсия действующих напряжений.

Если изобразить графически оба закона распределения, то на рис. 11 наглядно видна область, где не обеспечивается безотказная работа конструкции (заштрихованный участок). Условие безотказной работы ($\hat{\sigma}_a < \hat{\sigma}_d$) при предположении о независимости нагрузок от прочности математически запишется следующим образом:

$$R = P(\hat{\sigma}_d > \hat{\sigma}_a) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\sigma_a) \left[\int_{-\hat{\sigma}_d}^{\infty} f(\sigma_d) d\sigma_d \right] d\sigma_a. \quad (13)$$

* В теории вероятностей это положение доказывается строго, см., например, [7].

Введем случайную величину $\hat{y} = \hat{\sigma}_d - \hat{\sigma}_s$. Согласно свойствам математического ожидания и дисперсии

$$\left. \begin{aligned} m_y &= m_{\sigma_d} - m_{\sigma_s}, \\ D_y &= D_{\sigma_d} + D_{\sigma_s}. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Согласно допущению о независимости σ_d и σ_s можно вероятность безотказной работы определить следующим образом:

$$R = P(y > 0) = \int_0^{\infty} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi D_y}} \right) e^{-(y-m_y)^2/2D_y} dy. \quad (15)$$

Путем введения подстановки $z = (y - m_y)/\sqrt{D_y}$ выражение (15) сводится к виду

$$R = 1 - \Phi \left(-\frac{m_{\sigma_d} - m_{\sigma_s}}{\sqrt{D_{\sigma_d} + D_{\sigma_s}}} \right), \quad (16)$$

где $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-z}^{\infty} e^{-z^2/2} dz$ — табулированная функция Лапласа (см. приложение [7]).

С помощью зависимости (16) решаются следующие важные практические инженерные задачи:

по имеющимся данным m_{σ_d} , m_{σ_s} , D_{σ_d} и D_{σ_s} определяются для данного элемента конструкции вероятность безотказной работы и другие показатели надежности;

выявляется зависимость изменения показателей надежности от параметров технологических режимов изготовления, определяются необходимые требования; так, например, нарушение в технологии сварки (разделка кромок, режимы сварки) и термообработки значительно увеличивают D_{σ_d} , что в свою очередь снижает вероятность безотказной работы;

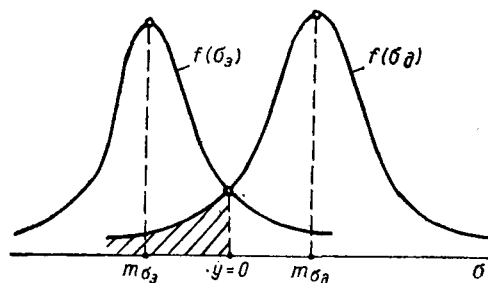


Рис. 11. Законы распределения действующих (эксплуатационных) σ_s и допускаемых σ_d напряжений

в соответствии с требуемыми значениями показателей надежности может подбираться соответствующая марка стали и определяться оптимальная форма сечения силовых элементов конструкции.

Аналогичные рассуждения могут быть проведены и по отношению к деформации, т. е. к свойствам жесткости конструкции. В этом случае должны быть построены соответствующие кривые плотностей распределения реальных и допустимых деформаций конструкций и определена вероятность безотказной работы, как это делалось раньше.

2.5. Усталостная (циклическая) прочность

При знакопеременной нагрузке, даже значительно меньшей предельно допустимой, по условиям статической прочности в элементах конструкций машин происходит постепенное накопление повреждений, которое в итоге может привести к поломке. Этот процесс называется усталостью, а способность детали противостоять этому явлению — циклической прочностью, или выносливостью. Поскольку внешне накопление повреждений происходит незаметно, то поломка элемента машины выглядит как внезапный отказ, хотя скрытое накопление повреждений было процессом постепенным.

В процессе потери циклической прочности различают несколько стадий (две или три). Двухстадийная модель потери прочности предполагает разделить весь процесс на два этапа: первый — до начала образования видимых трещин (макротрещины) и второй — от момента образования трещины до разрушения. В трехстадийной модели более детально анализируются этапы развития процесса: от исключений кристаллической решетки до образования сначала субмикроскопических и затем более крупных трещин, предшествующих разрушению.

Основной характеристикой циклической прочности является кривая усталости (кривая Вёлера), устанавливающая связь между максимальными напряжениями σ_{\max} и числом циклов, выдерживаемых деталью до разрушения. Как видно из графика (рис. 12), на кривой усталости можно выделить два характерных участка — I и II. На участке II, характерном для большинства сталей, накопление усталостных повреждений не приводит к поломке (отказа не происходит). Напряжение, соответствующее этому участку, называется пределом выносливости σ_{-1} . Участок I с большой степенью точности может быть описан уравнением

$$\sigma^m N = \text{const}, \quad (17)$$

где m — показатель степени кривой усталости; N — число циклов.

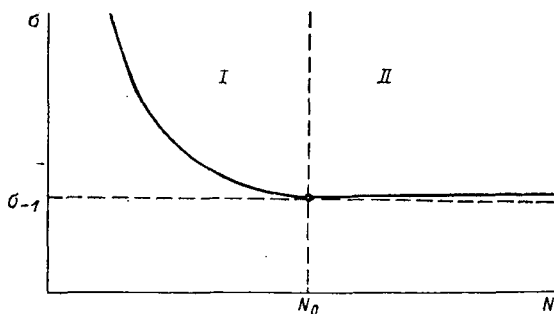


Рис. 12. Кривая усталости:

I — нелинейный участок; *II* — линейный участок; σ_{-1} — предел выносливости; N_0 — базовое число циклов нагружения

Показатель степени m и предел выносливости σ_{-1} зависят от свойств материала, размера, формы и технологии изготовления, режима нагружения, температуры и т. д. Для гладких образцов $m=6—12$, для деталей с концентраторами напряжений $m=3—8$. С понижением температуры и скорости деформации предел выносливости для большинства материалов возрастает. Особенно сильно влияют на предел выносливости параметры цикла напряжений. К ним относится значение максимального, минимального и среднего напряжений (σ_{\max} , σ_{\min} , $\sigma_{\text{ср}}$), а также коэффициента асимметрии цикла r ($r=\sigma_{\max}/\sigma_{\min}$). Различают следующие виды нагружения: по симметричному циклу ($r=1$), пульсирующее ($r=0$), асимметричное ($\sigma_{\max} \neq \sigma_{\min}$) и сложное, включающее сочетание перечисленных выше циклов (рис. 13). При повышении среднего напряжения $\sigma_{\text{ср}}$ предел усталости возрастает, но амплитуда, которую он может выдержать, не разрушаясь, уменьшается.

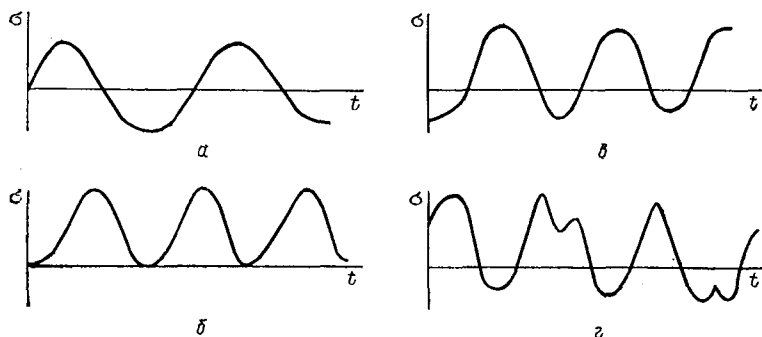


Рис. 13. Виды циклов нагружения:

a — симметрические; *б* — пульсирующие; *в* — асимметрические; *г* — сложные

Влияние параметров цикла напряжений учитывается коэффициентом чувствительности к асимметрии цикла ρ . При этом предельное значение напряжений, которое элемент выдержит, не разрушаясь, будет равно

$$\sigma_{\max} = \sigma_{-1} + \sigma_{\text{ср}}(1 - \rho). \quad (18)$$

$\rho = 0,1-0,2$ — для углеродистых сталей, $\rho = 0,2-0,3$ — для легированных сталей. При кручении ρ уменьшается в 2 раза по сравнению со сжатием — растяжением. На предел выносливости большое влияние оказывают участки местной концентрации напряжений (резкие переходы, углы, отверстия, надрезы и т. д.), а также разброс свойств материала.

Естественно, что коэффициенты вариации предела выносливости деталей v_{-1}^D отличаются от соответствующих данных по маркам материалов. Этот коэффициент можно определить по формуле

$$v_{-1}^D = \sqrt{v_{\text{пл}}^2 + v_{\text{пл}}^2 + v_{\alpha}^2}, \quad (19)$$

где $v_{\text{пл}} = 0,03-0,07$ — коэффициент вариации пределов выносливости деталей в пределах одной плавки; $v_{\text{пл}} = 0,05-0,10$ — то же, но для разных плавок; $v_{\alpha} = 0,02-0,1$ — коэффициент вариации, учитывающий уровень технологии и контроля изготовления деталей (для упрощенных расчетов величину коэффициента вариации предела выносливости v_{-1}^D деталей можно принимать равной 0,1).

Кроме указанных выше факторов, при определении предела выносливости детали необходимо учитывать наличие (или отсутствие) в данной конструкции концентраторов напряжений. Это делается с помощью введения эффективного коэффициента концентрации напряжений $K_{\text{эф}}$, равного отношению пределов выносливости образцов без концентрации напряжений и с ее наличием, т. е.

$$K_{\text{эф}} = \sigma_{-1}/\sigma_{-1,к}. \quad (20)$$

Этот коэффициент лежит в пределах значений от 0,68 до 1,0. На реальное значение предела выносливости детали оказывают влияние также масштабный и технологический факторы, учитываемые коэффициентами ϵ_{σ} и β . С учетом этих факторов средний предел выносливости детали $\sigma_{\text{ср}}^D$ будет равен

$$\sigma_{\text{ср}}^D = \sigma_{\text{ср}}/K_D, \quad (21)$$

где $K_D = K_{\text{эф}}/\epsilon_{\sigma} + 1/\beta - 1$.

Для сварных соединений необходимо учитывать также механическую прочность шва и околошовной области, остаточные напряжения, непровары и другие дефекты сварки. Поэтому для сварных соединений рекомендуется брать значение коэффициента вариации v_{-1}^D в пределах 0,05—0,15.

2.6. Коррозионное разрушение деталей машин

Лесохозяйственные машины относятся к технике, эксплуатируемой в сложных климатических условиях, характеризующихся резкими перепадами температур $t = -50 \dots +40^\circ\text{C}$, высокой влажностью, запыленностью, воздействием солнечной радиации. Все эти факторы способствуют разрушению поверхностных слоев деталей и их защитных покрытий и развитию коррозии, которая является наиболее распространенным и опасным фактором разрушения. Кроме разрушения и уноса с оксидами поверхностных слоев металла, коррозия косвенно влияет и на функциональные свойства машины: мощность двигателя, потери на трение в шарнирах, снижение прочности, потерю герметичности соединений и т. д. Так, если коррозией поражены зеркала цилиндров двигателя, то его мощность падает на 20—25 %, одновременно на 50—80 % повышается расход масла и топлива, почти вдвое снижается ресурс. Износостойкость деталей сопряжений под действием коррозии уменьшается в 1,5—4 раза.

Коррозией называется процесс разрушения материалов вследствие их химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой (газовой, атмосферной, жидкостной, биологической).

Как видно из определения, в зависимости от тех или иных факторов могут существовать различные виды процессов коррозии. Для их классификации вводятся четыре классификационных признака: механизм взаимодействия материала элемента конструкции со средой, характер коррозионной среды, условий протекания коррозионного процесса и вид коррозионного разрушения поверхности детали.

С точки зрения механизма взаимодействия материала детали со средой различают химическую и электрохимическую коррозию. Как показывает само название, при химической коррозии материал детали разрушается в результате его химической реакции с окружающей средой (газом, воздухом или жидкостью). Типичными примерами химической коррозии являются, например, разрушение зеркала цилиндров, поршней, клапанов и других деталей двигателей в процессе их работы в топливной среде. Иногда химическая коррозия возникает и при взаимодействии неправильно подобранных смазок с металлами.

Интенсивность процесса химической коррозии зависит от химической активности среды и ее температуры, коррозионной стойкости материала. При повышении температуры интенсивность химической коррозии возрастает. Следует заметить, что в чистом виде химическая коррозия встречается редко.

При коррозии очень часто протекают электрохимические процессы, вызывающие электрохимическую коррозию. При этом электролитом может служить вода или водные растворы кислот и щелочей, образующиеся при взаимодействии воды с топливом, маслами, газами и т. д. Механизм разрушения металла следующий: потерянные металлом в анодной зоне электроны по электролиту перемещаются в катодную зону и там, вступая в реакцию с водой и кислородом, образуют гидроксильные ионы. В результате реакции гидроксильных ионов с двухвалентными ионами железа в анодной зоне образуется гидратированный оксид железа $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{H}_2\text{O})_2$ — ржавчина.

У некоторых сплавов металлов, например сталей, иногда электрохимические процессы протекают по границам кристаллов, обладающих разными электрическими потенциалами. При этом имеются отдельные зерна, обладающие либо анодными, либо катодными свойствами. Процесс разрушения металла при этом называется межкристаллитной коррозией.

В зависимости от свойств окружающей среды различают атмосферную, газовую, жидкостную, подземную и биокоррозию.

Наиболее характерной для лесных машин является атмосферная коррозия. При этом процесс носит электрохимический характер. Содержащиеся в атмосфере твердые частицы различных химических соединений при оседании на поверхность металла образуют совместно с влагой электролит, обуславливающий протекание электрохимической коррозии. Интенсивность этого процесса зависит от изменений температуры. Так, при переходе от отрицательных к положительным температурам коррозия усиливается за счет конденсации влаги на поверхности. Скорость и характер атмосферной коррозии зависят также и от степени увлажнения поверхности.

Газовая коррозия происходит, как правило, в результате воздействия агрессивных газов высокой температуры. Процесс сопровождается химическими реакциями и встречается в двигателях внутреннего сгорания, газогенераторах, компрессорах и т. д. Следует также иметь в виду, что газовая коррозия происходит и при технологических процессах обработки металлов, таких, какковка и штамповка, термообработка, сварка и т. д.

Жидкостная коррозия происходит в результате химического взаимодействия поверхности металла с жидкостями. Наиболее коррозионно активными компонентами жидкостей при этом являются сера и сернистые соединения, а также органические кислоты, образующиеся в результате окисления углеводородов (смазок) под влиянием кислорода воздуха. Жидкостная коррозия особенно сильно проявляется у элементов двигателей внутреннего сгорания, работающих на топливах с высоким содержанием серы.

Под подземной коррозией понимается электрохимический процесс разрушения металлических и бетонных конструкций, находящихся в грунте, под влиянием грунтовой влаги.

Биологическая коррозия (биокоррозия) происходит в результате воздействия на металлы различных микроорганизмов. Это воздействие может быть непосредственным, когда на поверхности металла находятся бактерии, питательной средой которых является железо или его сплавы. Чаще всего, однако, воздействие микроорганизмов проявляется косвенно, когда продукты их жизнедеятельности образуют среду, благоприятствующую химической или электрохимической коррозии.

Биокоррозия происходит чаще всего во влажной среде и при сравнительно высокой температуре воздуха ($10...40^{\circ}\text{C}$). В некоторых случаях биокоррозия явилась причиной разрушения топливных насосов, баков и других емкостей для хранения топлив и масел.

По условиям протекания коррозионные процессы классифицируют на щелевую, контактную, структурную коррозии и коррозию под напряжением.

Как показывает название, щелевая коррозия происходит в щелях и зазорах металлических конструкций, а также в зонах контакта металла с неметаллами. Непосредственной причиной щелевой коррозии является появление анодно-катодной пары из-за неравномерной концентрации агрессивного компонента вне и внутри щели. Возникающий при этом электрохимический процесс приводит к интенсивному разрушению участка поверхности, являющегося анодом.

Контактная коррозия происходит при электрохимическом взаимодействии металлов, имеющих разные потенциалы. В существующих конструкциях машин можно выделить три типа контактов, при которых происходит коррозия: контакты разных металлов, находящихся в электропроводящей среде; контакты одинаковых металлов, расположенных в средах разной концентрации; контакты при разных температурах. Металл в контактной паре, имеющей более положительный потенциал, является катодом. Металл с меньшим потенциалом, являющийся анодом, подвергается в процессе контактной коррозии наиболее интенсивному разрушению.

Исходя из условий контактной коррозии, различают ограниченно допустимые, допустимые и недопустимые сочетания металлов в сопряжениях.

На интенсивность контактной коррозии влияет и соотношение площадей поверхностей анодных и катодных участков. Так, если поверхность катода гораздо больше поверхности анода, то менее благородный металл подвергается интенсивной коррозии. Например, если поверхность стальных листов, соединенных медными заклепками, в 100 раз больше суммарной поверхности за-

клепок, то скорость коррозии соединения будет примерно одинаковой. При обратном соотношении (соединение медных листов стальными заклепками) скорость коррозии заклепок возрастает в 100 раз.

Структурная коррозия возникает при неоднородной структуре материала и проходит в соответствии с механизмом протекания межкусталлитной коррозии. Возникновение структурно неоднородных участков в сталях вызывается, в частности, разными скоростями диффузии углерода и легирующих элементов (например, хрома) при образовании твердого раствора. Наиболее высокую склонность к межкусталлитной коррозии имеют стали с ферритной структурой, а также алюминиевые сплавы с содержанием 4—5 % меди.

Коррозия под напряжением — это процесс разрушения поверхностей материалов при одновременном воздействии коррозионной среды, а также механических напряжений.

При постоянных растягивающих напряжениях, не превышающих предел текучести, и одновременном воздействии коррозионной среды на поверхности материала могут интенсивно развиваться трещины (коррозионное растрескивание), резко снижающие несущую способность конструкции. При одновременном воздействии коррозионной среды и циклической нагрузке снижается предел выносливости конструкции (коррозионная усталость). Это явление особенно характерно для таких деталей, как рессоры, пружины, канаты, штоки гидроцилиндров и т. д.

В определенной степени рассмотренное выше коррозионно-механическое изнашивание также может интерпретироваться как коррозия под напряжением. Особенностью при этом является локальный характер происходящего явления.

По виду коррозионного разрушения различают сплошную и местную (локальную) коррозии. Как показывает название, сплошная коррозия распространяется на всей поверхности детали. В зависимости от характера коррозионного повреждения она может быть равномерной (рис. 14, а), неравномерной (рис. 14, б) и избирательной (рис. 14, в), при которой разрушается один из компонентов структуры материала.

При местной коррозии повреждаются отдельные участки поверхности детали.

Различают следующие виды коррозии: пятнами (рис. 14, г), глубина которых значительно меньше их диаметра; в виде мелких язв и раковин (рис. 14, д), диаметр которых примерно равен их глубине; точечную (питтинговую, рис. 14, е), в виде отдельных точек, диаметр которых меньше их глубины; сквозную в виде трещин (рис. 14, ж); нитевидную (рис. 14, з) и в виде трещин, проходящих под поверхностью защитного покрытия; подповерхностную (рис. 14, и), представляющую чешуйчатое

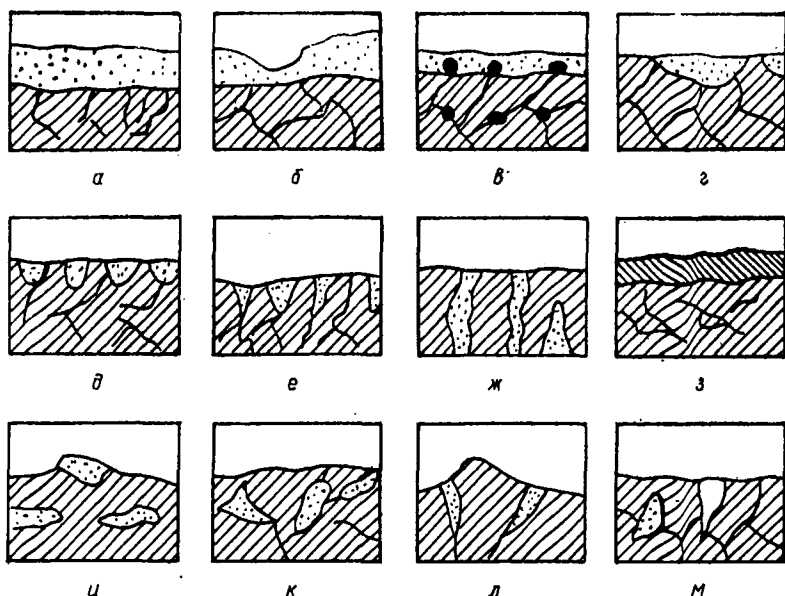


Рис. 14. Виды коррозии:

а — равномерная; *б* — неравномерная; *в* — избирательная; *г* — пятнами; *д* — в виде раковин; *е* — точечная; *ж* — сквозная; *з* — нитевидная; *и* — подповерхностная; *к* — межкристаллитная; *л* — ножевая; *м* — коррозионное растрескивание

расслоение металла в глубине; межкристаллитную (рис. 14, *к*); ножевую (рис. 14, *л*), появляющуюся в зоне плавления сварных деталей при воздействии агрессивной среды; коррозионное растрескивание (рис. 14, *м*), возникающее при коррозии под напряжением.

Все методы защиты от коррозии можно разделить на три группы: повышение коррозионной стойкости самих элементов конструкции; воздействие на среду; комбинированные.

К первой группе относятся такие методы, как нанесение различных защитных покрытий, повышение коррозионной стойкости самого металла путем легирования. Так, в настоящее время при изготовлении и ремонте лесохозяйственной техники с целью защиты от коррозии могут применяться более 15 видов различных покрытий. Кроме того, к первой группе можно отнести и замену стальных и чугунных деталей на пластмассовые или алюминиевые там, где это возможно.

К методам второй группы следует отнести герметизацию сопряжений, устранение зазоров, щелей и застойных зон, введение в смазки противокоррозионных присадок, регулярную консервацию деталей.

Комбинированные методы представляют собой сочетание

указанных выше мероприятий первой и второй групп. Описанные выше мероприятия по предотвращению коррозии ее полностью не исключают. Поэтому при эксплуатации важна роль мероприятий технического обслуживания по очистке машины от грязи, влаги, восстановлению защитных покрытий, правильному хранению и т. д.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды отказов и приведите примеры.
2. Какие виды законов изнашивания вы знаете и для каких элементов конструкции лесохозяйственных машин характерен тот или иной вид?
3. Перечислите группы и виды изнашивания. Приведите примеры видов изнашивания для типичных элементов конструкции.
4. При каком условии закона изменения твердости происходит усталостное изнашивание?
5. Перечислите методы для измерения износа деталей и применяемые при этом измерительные инструменты.
6. Какие практически важные вопросы можно решить, применяя формулу (16):

$$R = 1 - \Phi \left(- \frac{m_{\sigma_d} - m_{\sigma_3}}{\sqrt{D_{\sigma_d} - D_{\sigma_3}}} \right).$$

7. От каких параметров зависит предел выносливости?
8. По каким признакам классифицируются виды коррозии?
9. По каким показателям оценивается коррозионная стойкость?
10. Какие меры принимаются для защиты от коррозии при ремонте и эксплуатации лесохозяйственных машин?

Глава 3 КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

3.1. Общие понятия качества и надежности

Как указывалось выше, ремонт и техническое обслуживание предназначены для восстановления и поддержания исправного состояния лесохозяйственных машин. Эти работы должны выполняться так, чтобы на всех этапах обеспечивалось высокое качество, которое соответствовало бы первоначальному изготовлению.

Под качеством машины понимается совокупность ее свойств, характеризующих способность выполнить ту или иную задачу в соответствии с назначением. Качество является комплексным, системным понятием, учитывающим не одно, а несколько свойств машины.

Следует различать понятия качества и технического уровня машины. Если качество машины оценивается в основном абсолютными, т. е. присущими данной машине, показателями, то технический уровень представляет собой совокупность относительных показателей качества продукции, характеризующих техническое совершенство машины по отношению к базовым

вым показателям (наилучшие отечественные или мировые образцы). Для обеспечения высокого качества машин при ремонте предусматривается система управления качеством, включающая комплекс взаимосвязанных организационных, технических, экономических и социальных мероприятий, направленных на достижение требуемого уровня качества продукции.

Технические мероприятия предусматривают в первую очередь повышение технического уровня производства, высокое качество оборудования, эффективность технологических процессов, квалификацию рабочих и ИТР, технический контроль продукции и т. д.

Организационные мероприятия должны обеспечить плановость и ритмичность работы, сырьевые и энергетические ресурсы, эффективность взаимодействия с поставщиками комплектующих изделий и т. д.

Экономические мероприятия предусматривают прогрессивные формы оплаты труда, материальное стимулирование высокого качества работ, низкую себестоимость продукции и т. д.

Социальные мероприятия включают воспитательную работу, подбор и обучение кадров, организацию социалистического соревнования, улучшение условий труда, отдыха и т. д.

Поддержание высокого качества машин при эксплуатации и их эффективное использование в решающей степени зависят от правильной организации технического обслуживания, а также знаний и навыков эксплуатационников. Для анализа качества машин с целью дальнейшего их совершенствования необходима организация системы сбора и обработки информации о качестве и надежности свойств машин.

С точки зрения ремонта и технического обслуживания наибольшее значение имеют показатели надежности, непосредственно влияющие на общую эффективность машины (производительность, эксплуатационные затраты и т. п.).

Надежность называется свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством машины, состоящим из сочетаний свойств безотказности, долговечности, ремонтнопригодности и сохраняемости.

Безотказность понимается как свойство машины непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого промежутка времени или наработки.

Наработкой называется продолжительность или объем работы, выполненной машиной. Она может измеряться в моточасах, километрах пробега, обработанной площадью, объемом заготовленной древесины в м³ и т. д.

При нарушении работоспособности эксплуатация объекта может либо прекращаться, либо продолжаться после устранения причин отказа. По этому признаку все объекты (машины) подразделяются на восстанавливаемые и невосстанавливаемые.

Долговечностью называется свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтопригодностью называется свойство машины, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов. Ремонтопригодность учитывает не только ремонтные свойства объекта, но и возможность быстрого выявления и предупреждения отказов в процессе эксплуатации и технического обслуживания.

Сохраняемость — это свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтопригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Перечисленные выше свойства, характеризующие надежность машин, количественно оцениваются показателями надежности. Эти показатели могут относиться к одному или сразу нескольким свойствам. В первом случае они называются единичными, во втором — комплексными. Кроме того, различают индивидуальные и групповые показатели надежности. Как показывает само название, первые относятся к единичному экземпляру машины, а вторые — к группе однотипных машин. Согласно существующей нормативно-технической документации надежность лесохозяйственной техники оценивается номенклатурой показателей.

3.2. Показатели надежности машин

Возникновение повреждений или отказов машин происходит под воздействием множества разнообразных случайных причин. При этом весь процесс эксплуатации машины может быть представлен в виде случайного процесса (рис. 15), в котором из-за воздействия различных случайных причин происходят дискретные (скачкообразные) или непрерывные переходы машины (ее агрегатов) в то или иное состояние. Эти переходы происходят в случайные моменты времени, обуславливаемые многообразием эксплуатационных условий. Поэтому и показатели надежности выражаются в виде вероятностных величин. Наиболее полно показатели надежности могли бы характеризоваться законами распределения. Однако для простоты пользования и вычисления применяются и их числовые характеристики: математические ожидания (средние значе-

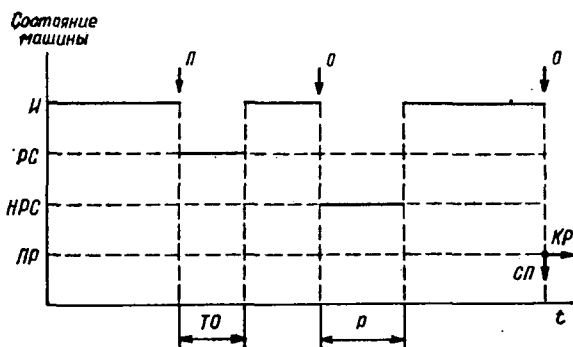


Рис. 15. Случайный процесс смены состояний машины:

И — исправное; РС — работоспособное; НРС — неработоспособное; ПР — предельное; ТО — техническое обслуживание; Р — ремонт; КР — капитальный ремонт; СП — списание; П — повреждение; О — отказ

ния), дисперсия или средние квадратические отклонения, гамма-процентные значения и медианы.

Так, показателями безотказности являются вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, гамма-процентная наработка до отказа, средняя наработка на отказ, интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы, как показывает само название, определяет вероятность того, что в пределах заданной наработки отказы объекта отсутствуют. Вероятность безотказной работы P для заданного пробега L автомобиля можно статистически определить в виде отношения числа работоспособных элементов в конце $N(L)$ и в начале N_0 его пробега, т. е.

$$P(L) = N(L)/N_0 = 1 - \sum_{i=1}^k N_i/N_0, \quad (22)$$

где N_i — число элементов, отказавших в течение участка пробега.

На рис. 16 показана типичная кривая вероятности безотказной работы коренных вкладышей двигателей грузовых автомобилей в зависимости от пробега машины.

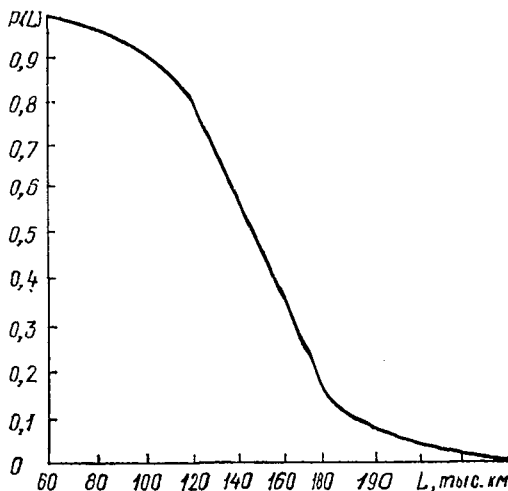
Вероятность безотказной работы может быть определена также и путем интегрирования кривой плотности распределения [дифференциального закона распределения в интервале наработки или пробега $\varphi(L)$]:

$$P(L_0 \leq L \leq L_k) = \int_{L_0}^{L_k} \varphi(L) dL. \quad (23)$$

Рис. 16. Кривая вероятности безотказной работы коренных вкладышей грузовых автомобилей

Средняя наработка до отказа $m(T_n)$ является математическим ожиданием наработки объекта до первого отказа. $m(T_n)$ может быть подсчитано следующим образом:

$$m(T_n) = \sum_{i=1}^n m_i(T_n) T_{n_i} / n, \quad (24)$$



где $m_i(T_n)$ — число элементов, отказавших в течение i -го участка наработки; T_{n_i} — участок наработки; n — общее число элементов.

Гамма-процентная наработка до отказа — наработка, в течение которой отказ не возникнет с вероятностью γ , выраженной в процентах. Эта величина может быть определена с помощью законов распределения в интегральной или дифференциальной форме

$$P(t_\gamma) = P(T_n > t_\gamma) = \int_{t_\gamma}^{\infty} f(t_n) dt_n. \quad (25)$$

Средней наработкой на отказ T называется отношение наработки восстанавливаемого объекта T_n к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки $m_{отк}$:

$$T = T_n / m_{отк}. \quad (26)$$

В теории надежности важное значение имеет величина, характеризующая как бы скорость, с которой наступает то или иное случайное событие. Эта величина называется **интенсивностью событий**. Она определяет вероятность появления событий за определенный промежуток времени Δt при условии, что это событие не произошло до момента наблюдения t и поэтому является условной вероятностью.

Применительно к свойствам безотказности используется показатель **интенсивности отказов**, т. е. условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого времени отказ не возник.

Интенсивность отказов статистически определяется как отношение числа объектов (элементов), отказавших в единицу

времени $\Delta t - N_{\text{отк}}(\Delta t)$, к числу объектов, работоспособных в данный момент времени $N(t)$:

$$\lambda(t) = N_{\text{отк}}(\Delta t)/N(t) \Delta t, \quad (27)$$

где Δt — рассматриваемый промежуток времени.

Свойство долговечности машин оценивается временными показателями в виде различных понятий ресурсов: средний, гамма-процентный, назначенный.

Под средним ресурсом понимается математическое ожидание ресурса.

Гамма-процентный ресурс — это наработка, в течение которой машина не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах.

Назначенный ресурс — это наработка, при достижении которой применение машины в соответствии с ее назначением должно быть прекращено.

При рассмотрении всех видов ресурсов необходимо учитывать характер дальнейших действий после наступления предельного состояния. Например, если машину предполагается капитально ремонтировать, то все указанные выше понятия ресурсов дополняются словами «до капитального ремонта».

Если в результате наступления предельного состояния машина или агрегат больше эксплуатироваться не будут, то показатели долговечности называют полными (полный средний ресурс, полный гамма-процентный ресурс и т. д.). Полные показатели долговечности иногда называют сроками службы (средний, гамма-процентный, назначенный). Естественно, что сроки службы машины включают в себя продолжительность всех видов ремонта и технического обслуживания и являются календарными.

Способность машины к сохранению своих функций при длительном воздействии различных отрицательных факторов (влажность, изменение температуры, солнечная радиация и т. д.) характеризуется показателями сохраняемости. Эти показатели количественно оценивают либо средний, либо гамма-процентный срок сохраняемости. При этом учитывается степень влияния различных факторов на изменения состояния машины во время хранения. Анализируя свойство сохраняемости, необходимо различать календарные периоды. Так, сроки сохраняемости в периоды между последовательным применением машины являются составными частями общего срока службы.

При оценке свойства сохраняемости учитывается также степень защищенности машины (упаковка, консервация и т. д.) от действия отрицательных факторов.

Степень приспособленности машины к технологическому процессу, направленному на восстановление ее исправного или работоспособного состояния, характеризуется показате-

лями ремонтпригодности. Эти показатели количественно оценивают либо вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния машины не превысит установленного (заданного), либо среднее время восстановления (математическое ожидание времени) этого состояния. Все перечисленные выше показатели надежности характеризуют одно из свойств машины и являются единичными.

В некоторых случаях весьма информативными являются комплексные показатели надежности, позволяющие оценить сразу несколько сторон общего свойства надежности.

Для комплексной оценки надежности лесохозяйственных машин чаще всего применяются следующие показатели: коэффициент готовности и коэффициент технического использования.

Под коэффициентом готовности K_r понимается вероятность того, что машина (агрегат) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается. При постепенном изменении состояния машины за весь период эксплуатации коэффициент готовности зависит от времени. Зависимость $K_r(t)$ называют функцией готовности $\Gamma(t)$, которая изображена на рис. 17. Из графика на рис. 17 видно, что при $t \rightarrow \infty$ функция готовности стремится к постоянному значению, обозначаемому K_r — коэффициентом готовности.

В теории надежности доказывается, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Gamma(t) \approx K_r \approx m_t / (m_t + m_{т. в}), \quad (28)$$

где m_t — математическое ожидание общего времени безотказной работы за определенный период эксплуатации; $m_{т. в}$ — математическое ожидание суммарного времени восстановления.

Коэффициент готовности можно понимать как долю времени, в течение которого машина работоспособна, от рассматриваемого периода ее эксплуатации. Он комплексно характеризует свойства безотказности и ремонтпригодности машины.

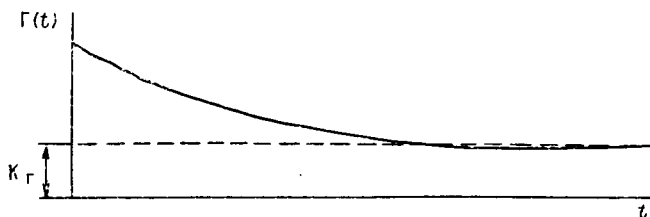


Рис. 17. Зависимость функции готовности $\Gamma(t)$ от времени

Коэффициентом технического использования $K_{т.и}$ называется отношение математического ожидания общего времени пребывания машины в работоспособном состоянии за определенный период эксплуатации к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания машины в работоспособном состоянии, простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и ремонтов за тот же период эксплуатации.

Используя приведенные выше обозначения и введя новые, выражение математического ожидания общего времени технического обслуживания за рассматриваемый период эксплуатации можно записать для $K_{т.и}$ в следующем виде:

$$K_{т.и} = m_t / (m_t + m_{ТО} + m_{т.в}). \quad (29)$$

Таким образом, $K_{т.и}$ характеризует долю времени нахождения машины в работоспособном состоянии в течение рассматриваемого периода эксплуатации с учетом всех видов простоев (за исключением простоев по организационным причинам).

Из выражения (29) легко получить формулу, связывающую K_r и $K_{т.и}$. Для этого разделим числитель и знаменатель выражения (28) на m_t . Тогда будем иметь

$$K_{т.и} = 1 / (1/K_r + K_{ТО}), \quad (30)$$

где $K_{ТО} = m_{ТО}/m_t$ — коэффициент профилактического технического обслуживания.

3.3. Особенности нормирования показателей надежности лесохозяйственных машин

Как видно из анализа приведенных выше общих показателей надежности, принятых в машиностроении, их применение сопряжено с некоторыми трудностями при оценке надежности машин. Это связано, во-первых, с их многочисленностью, что вносит некоторую неопределенность оценки. Во-вторых, некоторые показатели, например K_r или $K_{т.и}$, не позволяют установить конкретные причины снижения надежности из-за проектирования, изготовления и эксплуатации и тем самым разработать эффективные и целенаправленные мероприятия по ее повышению.

В связи с общими требованиями повышения качества машин предлагаются и новые подходы к оценке надежности. В настоящее время для лесохозяйственных машин принята следующая номенклатура показателей надежности (табл. 1).

Для машин с небольшим объемом работ допускается в качестве показателя ремонтпригодности принимать только продолжительность регламентированного ТО с указанием необходимого числа исполнителей. К машинам с непредсказуемой не-

1. Номенклатура нормируемых показателей надежности [9]

Свойства надежности	Показатели надежности		Применяемость показателей
	индивидуальные	групповые	
Безотказность	Установленная безотказная наработка: между регламентированными техническими обслуживаниями $T_{y, TO}$ между плановыми ремонтами $T_{y, пр}$		Для всех изделий Для изделий с длительными сроками использования в течение года
Долговечность	Полный установленный ресурс изделия T_y Установленный ресурс основных элементов (сборочных единиц и деталей, лимитирующих надежность изделий) $T_{y, э}$	Полный средний ресурс изделия $T_{ср. р}$ —	Для всех изделий » » »
Ремонтопригодность	Установленная удельная оперативная трудоемкость регламентированного технического обслуживания $S_{y, TO}$	—	» » »
Сохраняемость	Установленный срок сохраняемости $T_{с. у}$ Оперативная трудоемкость предэксплуатационной подготовки $T_{пз. п}$	—	Для изделий с непредсказуемой необходимостью их применения

обходимостью их применения относятся, например, пожарные, машины для борьбы с вредителями и болезнями леса и т. д.

Из приведенной таблицы видно, что число нормируемых показателей надежности резко сокращено. Кроме того, существенно меняется и сам подход к обеспечению надежности. Считается необходимым, чтобы машина безотказно работала 1—5 рабочих смен между регламентированными ТО. За минимально допустимую величину установленной безотказной наработки принимается время 10 ч. Конструкция машины, а также предусмотренные при ее создании техническое обслуживание и текущий ремонт должны обеспечивать соответствующую величину T_y после их проведения.

В течение установленной безотказной наработки не учитываются отказы, которые могут быть устранены на месте эксплуатации штатным обслуживающим составом (оператором машины, трактористом и т. п.) с использованием деталей и

материалов, предусмотренных комплектом запасных частей, инструмента и приспособлений (ЗИП). При этом время устранения таких отказов не должно превышать 30 мин. Не учитываются также и отказы, возникшие по вине обслуживающего состава или из-за эксплуатации машины в более сложных, чем это предусмотрено технической документацией, условиях. Во время регламентированного ТО предусматривается возможность профилактической замены некоторых элементов, остаточный ресурс которых не обеспечивает их безотказную работу до следующего ТО. В этом случае их замена также не считается отказом, если это предусмотрено соответствующей документацией.

Лесохозяйственные машины с длительными агротехническими сроками использования (плуги для подготовки почвы на вырубках, культиваторы, машины для рубок ухода и т. д.) должны иметь установленную безотказную наработку в период между плановыми ремонтами. Эти ремонты проводятся тогда, когда операции регламентированного ТО не могут обеспечить установленную безотказную наработку в период между этими ТО. Рекомендуется принимать значения $T_{пл} \approx 100-120$ ч. Полный средний ресурс при этом определяется путем умножения среднегодовой нормативной загрузки на нормативный срок службы. Полный установленный ресурс принимается не менее 70—80 % от полного среднего ресурса изделия. Установленный ресурс элементов машин задается для тех из них, которые при отказе вызовут простой техники. Для этих элементов следует задавать установленный ресурс по следующим правилам:

для легкодоступных элементов, расположенных снаружи, — сезонная (годовая) наработка;

для элементов, замену которых невозможно провести штатным обслуживающим персоналом (трактористом, оператором) — сезонная (годовая) наработка или, как минимум, наработка между плановыми ремонтами.

При нормировании установленного срока сохраняемости $T_{с.у}$ необходимо проверить выполнение условия, чтобы изделие в случае непредсказуемой необходимости применения (например, пожара) было введено в работу и оказалось работоспособным в течение установленного срока наработки $T_{г.}$ Минимальное значение срока сохраняемости 2 месяца. Для сохранения работоспособного состояния во время хранения может быть предусмотрено необходимое техническое обслуживание.

Контрольные вопросы

1. Что такое качество и технический уровень машины?
2. Перечислите основные показатели ремонтпригодности.
3. Укажите преимущества и недостатки различных методов организации ремонтных работ.

**4.1. Материальная база
для технического обслуживания
и ремонта лесохозяйственной техники**

Для обеспечения работоспособности лесохозяйственных машин создается ремонтно-обслуживающая база (РОБ), которая представляет собой систему подвижных и стационарных объектов различной сложности в соответствии с объемом и номенклатурой решаемых задач. Как система РОБ имеет иерархическую структуру, т. е. на каждом производственном уровне создаются соответствующие технические средства в виде машин, пунктов обслуживания, мастерских или предприятий.

Как правило, стационарные средства технического обслуживания и ремонта создаются в производственных подразделениях, начиная с лесничества. К ним относятся: гаражи, пункты технического обслуживания (ПТО), ремонтно-механические мастерские (РММ) или центральные ремонтные мастерские (ЦРМ), ремонтно-механические заводы (РМЗ). В настоящее время гаражи и ПТО в лесничествах создаются по типовым проектам.

Гаражи обеспечивают хранение и техническое обслуживание 2—8 единиц лесохозяйственных машин.

Малые ПТО согласно типовым проектам включают кладовые, гараж и отопливаемую мастерскую. Гараж имеет помещение для стоянки тракторов и автомобилей площадью около 150 м². Кладовые для хранения запасных частей занимают площадь 15—16 м², для материалов и деталей — около 16 м², а для деталей, снятых с машин агрегатов, и инвентаря — около 60 м². Отопливаемая мастерская имеет монтажное, слесарно-механическое и кузнечно-сварочное отделения, а также вспомогательные помещения: котельное, компрессорное, маслораздаточное и бытовое.

В монтажном отделении имеется кран-балка для монтажа и демонтажа агрегатов, а также посты технического обслуживания и мелкого ремонта со смотровыми канавами. Кроме того, на территории пункта расположены площадки с твердым покрытием для открытой стоянки, заправки и мойки машин, пожарный резервуар и трансформаторная подстанция.

В лесхозах с небольшим количеством тракторов и автомобилей (до 20—25 ед.) создаются средние пункты технического обслуживания. При ремонте лесозаготовительной техники пользуются услугами технических обменных пунктов (ТОП), пунктами централизованного технического обслуживания (ПЦТО).

Технические обменные пункты обычно входят в состав РОБ производственных объединений (крупных комплексных предприятий) и обеспечивают обмен неисправных агрегатов и узлов на исправные, отремонтированные централизованно на более крупном ремонтном предприятии.

Типовой ПТО является комплексом объектов, оснащенных специальным оборудованием: приспособлениями, инструментом, запасными деталями и материалами, необходимыми для проведения обслуживания и ремонта машин.

На пункте проводятся техническое обслуживание при обкатке новых или отремонтированных машин, ежедневное обслуживание и заправка, плановое ТО, устранение неисправностей и текущий ремонт, технические осмотры, подготовка и установка машин на хранение. На территории пункта размещаются мастерская с аварийной электростанцией и котельной, площадки для наружной мойки, стоянки и хранения машин, склады для хранения топлива и масел, агрегатов и инвентаря, навес для регулировки машин, помещения для стоянки передвижных средств обслуживания, пожарный резервуар, источник водоснабжения, имеются дороги и переезды.

Мойка машин производится на эстакаде бетонированной моечной площадки с помощью стационарных насосных установок, мотопомпы или моечного оборудования передвижных агрегатов технического обслуживания. Моечная площадка должна иметь канавы для стока воды, резервуар, грязеотстойник с маслоуловителем и маслосборный колодец.

Мастерская ПТО служит для проведения планового ТО и диагностики тракторов и автомобилей, текущего ремонта и подготовки их к длительному хранению. В мастерской имеются два поста: один — для технического обслуживания; другой — для текущего ремонта машин. Посты оснащены комплектами приборов и инструментов для ТО и ремонта. Кроме этого, в мастерской размещаются кузнечно-сварочный участок и участок обслуживания топливной аппаратуры и электрооборудования, котельная, маслосклад, бытовые помещения. Навес для регулировки машин оборудован грузоподъемником, что позволяет производить монтажные и регулировочные работы. На топливно-заправочной площадке принимают дизельное топливо и бензин из автоцистерн, хранят необходимый запас топлива в резервуарах и производят заправку машин. Топливо хранится в трех подземных резервуарах общим объемом до 30 м³. В закрытом помещении маслосклада устанавливают бочки с маслами и смазками и складывают тару.

Центральные ремонтные мастерские (ЦРМ) крупных лесных хозяйств размещаются на территории центральной усадьбы.

В ЦРМ предусматриваются участки наружной мойки машин; технического обслуживания и диагностики машин; раз-

борки и дефектации; ремонта и монтажа; текущего ремонта, испытания и регулировки двигателей; ремонта эпоксидными смолами; зарядки и хранения аккумуляторов; хранения кислот; автотракторного электрооборудования; пропитки, окраски и сушки; текущего ремонта и регулировки топливной аппаратуры; ремонта и регулировки масляной аппаратуры и гидросистемы; вулканизации; инструментальный и сварочный цехи; слесарно-механический; медницко-жестяницкий; кузница; заправочная; склад запасных частей и обменного фонда; бытовые и вспомогательные помещения.

Специфика выполнения лесохозяйственных работ обуславливает необходимость оснащения РОБ, кроме стационарных средств, подвижными, обеспечивающими устранение неисправностей и проведение ТО лесохозяйственных машин непосредственно на местах их работы. Так, выполнение операций технического обслуживания (ТО-1 и ТО-2) обеспечивается серийно выпускаемыми агрегатами типа АТУ, смонтированными на шасси автомобилей высокой проходимости или на тракторных прицепах.

Неисправности лесохозяйственных машин непосредственно на местах их работы могут устраняться с помощью передвижных ремонтных мастерских (типа МПР). Существует несколько типов таких мастерских, отличающихся конструкцией кузовов, расположением рабочих мест и типом шасси автомобиля. Все они оснащаются необходимыми приспособлениями, приборами, инструментом, лебедками, сварочным агрегатом.

Пункт централизованного ТО предназначен для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей, тракторов и машин на их базе агрегатным методом.

Ремонтно-механические заводы (РМЗ) — это крупные ремонтные предприятия, структура которых аналогична машиностроительным заводам, но объектом производства являются лесохозяйственные машины либо их узлы и агрегаты, требующие капитального ремонта. На РМЗ производятся также различное нестандартное оборудование, приспособления и оснастка для более мелких подразделений РОБ лесных хозяйств.

4.2. Организация технического обслуживания и ремонта

Существует несколько схем технического обслуживания. Так, ТО может проводиться на месте основной работы машины, на центральной базе хозяйства, в специально оборудованных пунктах. Некоторые виды ТО могут проводиться водителем (оператором) машины самостоятельно либо с привлечением специальной бригады с участием или без участия водителя. В лесном хозяйстве применяется сочетание всех видов

обслуживания. Все автомобили, как правило, проходят техническое обслуживание на ПТО лесхозов. Наличие на ПТО специализированных постов, хорошо оснащенных оборудованием, инструментом, приборами и приспособлениями, позволяет сократить время проведения обслуживания, максимально механизировать его и повысить качество работ.

Тракторы и лесохозяйственные машины выполняют работы на значительном удалении друг от друга и от центральных мастерских. Проведение технического обслуживания силами самих трактористов (операторов) возможно при этом только для ЕТО, ТО-1 или для несложных видов техники.

Для сложных машин (валочно-пакетирующих, сучкорезных и др.) рациональной формой организации ТО является централизация выполнения трудоемких видов обслуживания на специально оборудованных постах или с помощью передвижных агрегатов технического обслуживания.

Стационарные посты технического обслуживания (СПТО) организуются при мастерских и гаражах лесопунктов и лесничеств в местах наибольшего сосредоточения техники.

Сложные тихоходные гусеничные машины целесообразно транспортировать в СПТО на трейлерах. При этом целесообразным экономически расстоянием для проведения ТО-1 считается 25—40 км, для ТО-2 — до 60—90 км. На основании производственного опыта может быть рекомендована следующая обобщенная схема организации технического обслуживания тракторов:

ЕТО проводится трактористами на месте стоянки или работы тракторов (на крупных мастерских участках ЕТО может выполняться дежурным слесарем в межсменное время).

ТО-1 для тракторов, работающих на удалении до 10 км от центральной базы, выполняется на СПТО; при расстояниях 10—20 км — с помощью передвижных агрегатов (АТУ); свыше 20 км — самими трактористами.

ТО-2 для тракторов, работающих на удалении до 20 км, проводят на СПТО; работающих свыше 20 км — с помощью передвижных средств.

ТО-3 всех тракторов целесообразно выполнять на СПТО, совмещая по возможности с проведением сезонного обслуживания.

Рассмотренная выше схема является, конечно, ориентировочной. Оптимальная организация обслуживания должна быть научно обоснована с учетом производственных условий и экономической целесообразности. Критерием оптимизации при этом может быть минимум приведенных затрат на проведение ТО с учетом затрат на перегоны или транспортирование машин к СПТО, убытков из-за простоя во время проведения ТО; затрат на приобретение и эксплуатацию передвижных средств или со-

здание СПТО. Естественно, что математическая модель должна отражать и повышение вероятности безотказной работы в период между ТО.

Устранение неисправностей и текущий ремонт выполняются в лесном хозяйстве трактористами и слесарями-ремонтниками. Сокращение сроков ремонта и улучшение его качества могут быть достигнуты путем специализации ремонтных рабочих. Однако возможности такой специализации могут быть ограничены из-за несоответствия необходимого численного состава ремонтников и потребного вида работ. Поэтому, как правило, применяется ограниченная специализация, заключающаяся в целесообразном совмещении профессий. Поскольку обычно в лесхозах численность ремонтников не превышает 10 человек, совмещаются профессии: кузнеца — сварщика — медника, токаря — сварщика — слесаря, аккумуляторщика — электрика и т. д.

Руководство текущим ремонтом в РММ осуществляет начальник РММ, а на производственных участках — механики участков и бригадиры-механики.

При организации ремонта применяются следующие методы организации работ: бригадный (единичный ремонт), узловый, поточно-узеловой, поточный, агрегатный. В настоящее время широко развивается фирменный ремонт, при котором работы по восстановлению машин организуются заводом-изготовителем (фирмой).

Бригадный метод, как показывает само название, предусматривает создание небольших (2—3 чел.) ремонтных бригад, как правило, включающих водителя (тракториста или оператора) машины, который благодаря эксплуатации хорошо знает ее дефекты. Ремонт машин бригадой производится на малых ремонтных предприятиях (ПТО лесничества, РММ лесхоза). При таком методе ремонта агрегаты, узлы и детали не обезличиваются, а устанавливаются на ту машину, с которой они были сняты. При бригадном методе производительность труда невысокая.

При узловом методе организуются специально оборудованные рабочие места, на которых производится полный комплекс работ по восстановлению исправного состояния отдельных узлов машин. Этот метод применяется, как правило, в крупных РММ (ЦРМ). При этом рабочие специализируются на ремонте определенных узлов, что обеспечивает повышение качества ремонта и снижение себестоимости работ.

На крупных ремонтных предприятиях возможным является применение поточных форм организации ремонта, когда производится расчленение (дифференциация) технологического процесса ремонта на отдельные, хорошо освоенные рабочими операции. Каждое рабочее место при этом оснащается соответ-

ствующими специализированным оборудованием, инструментами, приспособлениями и контрольными приборами, что обеспечивает высокую производительность и качество ремонта, снижает ее трудоемкость и себестоимость.

Поточный метод ремонта подразделяется на *прямоточный*, *переменно-поточный* и *непрерывный*. При *прямоточном потоке* детали (узлы) передаются с одного рабочего места на другое сразу же после завершения соответствующей операции. *Переменно-поточная форма* предусматривает выполнение технологических операций на одном рабочем месте для группы деталей (агрегатов). При *непрерывном потоке* время выполнения каждой технологической операции должно быть синхронизировано с темпом (тактом) технологического процесса, что может быть реализовано только на крупных предприятиях при условии большой программы ремонта однотипных узлов (деталей) и хорошей организации труда. Если при этом темп (такт) выпуска продукции невелик, то возможно сочетание узлового метода с поточным (поточно-узловой метод). В этом случае на каждом рабочем месте ремонтируется не деталь, а целый узел (агрегат).

Агрегатный метод является прогрессивной формой организации ремонта. Сущность его заключается в восстановлении работоспособного состояния машин или оборудования путем замены отказавших узлов или агрегатов исправными, новыми или отремонтированными в стационарных условиях. Объективными условиями применения агрегатного ремонта являются конструкции машин с использованием модульного принципа. При этом в конструкции должны быть предусмотрены унифицированные составные элементы (агрегаты, узлы, сборочные единицы), которые обладают свойствами полной взаимозаменяемости, удобством разборки и сборки, функциональной автономностью.

Основным преимуществом агрегатного ремонта являются сокращение простоев машины при отказе какого-либо блока (модуля); повышение надежности как всей машины за счет установки более надежного элемента (блока), так и самого блока за счет его ремонта в стационарных условиях; снижение числа ремонтных рабочих и более равномерная загрузка ремонтных служб за счет возможностей создания резервов агрегатов. Агрегатный метод ремонта хорошо сочетается с централизованной формой организации ремонта и ТО.

Для внедрения агрегатного ремонта необходимо осуществить ряд организационно-технических мероприятий, таких, как:

сокращение номенклатуры типов и марок применяемых в эксплуатации машин хотя бы в пределах одного производственного подразделения;

создание оборотного фонда (запаса) узлов и агрегатов пол-

ной номенклатуры и в соответствии с научно обоснованными нормами;

создание складских помещений для хранения оборотного фонда;

создание либо специализированных предприятий по ремонту агрегатов, либо агрегатных цехов или участков в РММ или РМЗ, оснащенных высокопроизводительным оборудованием, средствами контроля, инструментом, приспособлениями и материалами;

обеспечение предприятий на всех уровнях передвижными ремонтными средствами и бригадами для быстрого демонтажа, монтажа и регулировки установленных агрегатов;

обеспечение транспортными средствами и системой оперативной связи между операторами и ремонтными подразделениями;

организация учета и планирования.

Фирменный ремонт является прогрессивным методом организации капитального ремонта, обеспечивающим его высокое качество при одновременном снижении материальных затрат. При организации ремонта по этому методу предусматриваются следующие мероприятия:

создание при головных заводах-изготовителях эксплуатационно-ремонтных управлений, обеспечивающих разработку единой ремонтной конструкторской документации и координацию работы предприятий, входящих в систему;

строительство опытно-показательных заводов (цехов) по капитальному ремонту агрегатов; на первых этапах создания системы эти заводы входят в состав производственных объединений;

создание расширенной сети региональных специализированных ремонтных центров (объединение КамАЗ в ближайшие годы будет иметь 1200 таких центров);

ввод на заводах-изготовителях дополнительных участков (цехов) по изготовлению и ремонту нестандартного ремонтного оборудования и оснастки;

создание заводов (цехов) по централизованному восстановлению деталей.

Система фирменного ремонта создается для техники, выпускаемой крупными объединениями (КамАЗ, КрАЗ и др.).

4.3. Математическая модель обоснования оптимальных сроков профилактических и ремонтных работ

Важнейшими средствами обеспечения работоспособного состояния машин в процессе эксплуатации являются своевременное и высококачественное техническое обслуживание

и ремонт. Достижение конечной цели — исправное состояние техники — должно сопровождаться минимальными экономическими потерями за счет простоев машин и стоимости работ по техническому обслуживанию и ремонту. При этом следует учитывать, что важнейшим фактором, непосредственно влияющим на суммарные затраты по техническому обслуживанию и ремонту, является соотношение между ними. Так, если сокращать время между очередными работами по уходу за машиной, т. е. плановый период профилактики $T_{пл}$, а также одновременно увеличивать ее объем, то возрастут эксплуатационные расходы за счет стоимости профилактики и потери за счет простоев машины ($S_{пр+то}$). С другой стороны, при более тщательном уходе увеличиваются межремонтные сроки и снижается стоимость ремонтов $S_{рем}$. При этом суммарные расходы на ремонт сократятся. Это значит, что существует наиболее выгодный (с точки зрения суммарных затрат на эксплуатацию машины) плановый период между профилактическими работами (рис. 18).

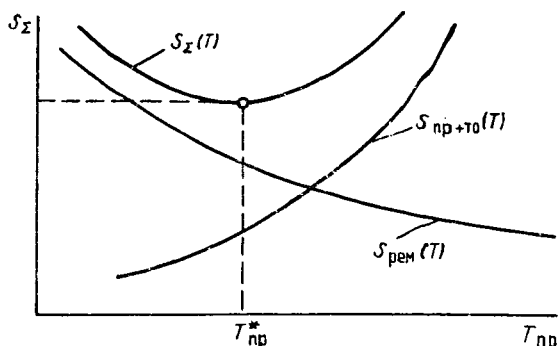
Выше было указано, что в настоящее время существует несколько методов определения этих сроков: календарный, регламентный, комбинированный и зависящий от технического состояния машины. Определение сроков ТО первыми тремя методами не может обеспечить их оптимизации, они удобны лишь при их планировании.

При определении сроков ТО по техническому состоянию рассматриваются различные варианты его проведения. Эти варианты называют стратегиями технического обслуживания. Одна из стратегий может быть построена на плановой основе. Она отличается от календарного планирования тем, что плановые сроки ТО назначаются более обоснованно, с учетом статистических данных об отказе тех или иных агрегатов машин. При смешанной стратегии в ТО включаются мероприятия двух видов: плановые и аварийные. Плановое ТО проводится при отсутствии отказов через постоянное время $T_{пл}$. Если же отказ произошел раньше — до истечения планового срока, то производится немедленный аварийный ремонт машины (или агрегата). В случае такой стратегии обслуживания машина (агрегат) может находиться в трех состояниях: A_1 — исправное; A_2 — профилактическое обслуживание (или ремонт); A_3 — аварийный ремонт. Схема смены состояний показана на рис. 19, где светлыми кружками обозначены моменты планового обслуживания (или ремонта), а крестиками — переходы в аварийное состояние.

Отказы агрегатов являются случайными событиями, поэтому случайными величинами будут и временные интервалы τ_i от момента начала функционирования машины до аварийного ремонта. Поскольку заранее неизвестно, какой именно элемент машины откажет, то случайными будут и интервалы времени

Рис. 18. Зависимость суммарных эксплуатационных расходов S_{Σ} от срока между профилактиками $T_{\text{пр}}$:

$S_{\text{пр}+т_0}$ — суммарные расходы за счет простоев и технического обслуживания; $S_{\text{рем}}$ — суммарные ремонтные расходы; $T_{\text{пр}}^*$ — оптимальный срок между профилактиками



аварийных ремонтов. Для общности рассуждений можно предположить, что случайным будет и время каждого планового ремонта. Детерминированной величиной является лишь временной интервал между каждой последующей профилактикой $T_{\text{пл}}$.

Допустим сначала, что весь рассматриваемый период времени разбит на равные интервалы Δt , в которых мы наблюдаем работу машины. Пусть в момент времени $t=0$ машина находится в исправном состоянии A_1 . В момент следующего наблюдения (через Δt) машина может либо остаться в том же состоянии (A_1), либо перейти в другие — $A_1 \rightarrow A_2$ или $A_1 \rightarrow A_3$. Если

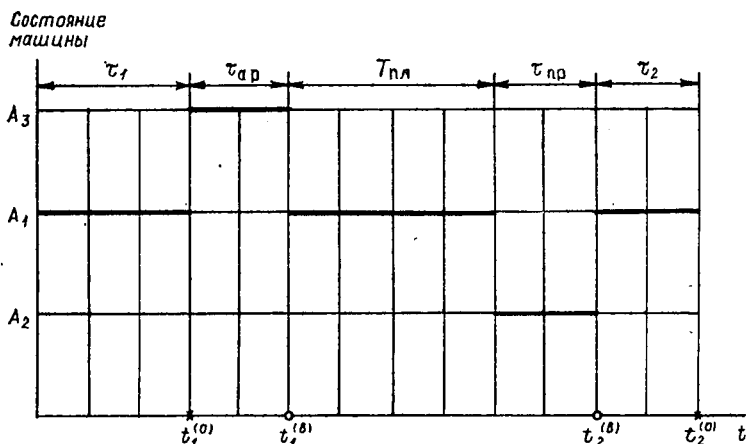


Рис. 19. Процесс случайной смены состояний с учетом плановой профилактики:

$t_1^{(0)}, t_2^{(0)}$ — моменты времени отказов; $t_1^{(в)}, t_2^{(в)}$ — моменты времени окончания восстановления; $\tau_{1,2}$ — случайные интервалы времени нормальной работы; $\tau_{\text{ар}}$ — время аварийного ремонта; $\tau_{\text{пр}}$ — время профилактики; $T_{\text{пл}}$ — плановый период времени между профилактиками

же начальными были другие состояния — A_2 или A_3 , то возможными будут и другие варианты переходов. Такие переходы из состояния в состояние могут наблюдаться и на других интервалах Δt_i . Все эти переходы могут осуществляться с какими-либо вероятностями P_{ij} , где i и j — номера соответствующих состояний. Если вероятность каждого последующего состояния зависит только от предшествующего состояния, то говорят, что данный случайный процесс обладает марковским свойством (по имени выдающегося русского математика академика А. А. Маркова). Кроме того, при дискретных состояниях и дискретных интервалах времени, в которых происходят переходы, случайный процесс называется марковской цепью. На каждом шаге (интервале) Δt марковская цепь математически описывается матрицей переходов, элементами которой являются переходные вероятности P_{ij} . Для рассматриваемого случая матрица имеет вид:

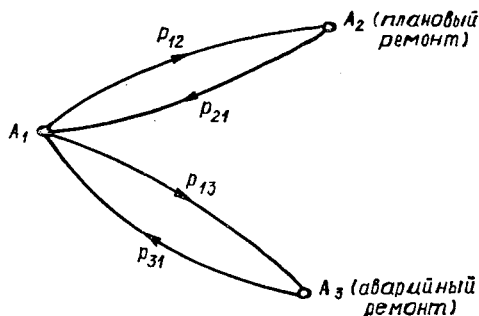
$$P_{[3]} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A_1 & A_2 & A_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix} & \left| \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & 0 \\ P_{31} & 0 & P_{33} \end{matrix} \right| \end{matrix} \quad (31)$$

Кроме того, этот процесс может быть представлен наглядно с помощью ориентированного взвешенного графа (рис. 20). Вершины этого графа обозначают состояние, а дуги — направления возможных переходов.

Поскольку интервалы времени τ_i и $\tau_{a.p}$ — случайные величины, то в некоторые моменты t_i процесс может оставаться в прежних состояниях. Так, процесс в состоянии A_1 (см. рис. 19) находится три интервала Δt , в состоянии A_2 — два интервала, в состоянии A_3 — снова три интервала и т. д. Число промежутков Δt_i в каждом интервале (за исключением $T_{пл}$) будет случайной величиной, имеющей свой закон распределения. Если этот закон распределения имеет произвольный вид, то такой случайный процесс называется полумарковским. При этом он должен математически описываться двумя матрицами: одна из них будет отображать лишь моменты переходов из одного состояния в другое — $A_i \rightarrow A_j$ при $i \neq j$, а другая — законы распределения времени пребывания в том или ином состоянии; тогда первая матрица $P_{[3]}$ (матрица переходов) будет иметь вид:

$$P_{[3]} = \left| \begin{matrix} 0 & 1-F(t) & F(t) \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{matrix} \right| \quad (32)$$

Рис. 20. Граф переходов:
 P_{ij} — переходные вероятности



В этой матрице $F(t)$ — закон распределения времени безотказной работы. Диагональные элементы матрицы, т. е. $P_{11}=P_{22}=P_{33}=0$, так как мы фиксируем лишь смены состояний.

Кроме того, считается, что после любого из видов ремонтов наступает нормальная работа, т. е. $P_{21}=P_{31}=1$.

Матрица, учитывающая время пребывания в том или ином состоянии, будет в свою очередь иметь вид:

$$F_{[3]} = \begin{vmatrix} 0 & F_{12} & F_{13} \\ F_{21} & 0 & F_{23} \\ F_{31} & F_{32} & 0 \end{vmatrix} \quad (33)$$

Согласно принятому выше условию переход $A_1 \rightarrow A_2$ совершается за постоянное время $T_{пл.}$. Поэтому

$$F_{12}(t) = \begin{cases} 0 & t < T_{пл.} \\ 1 & t > T_{пл.} \end{cases} \quad (34)$$

Распределение $F_{13}(t)$ характеризуется событием $A_1 \rightarrow A_3$, т. е.

$$F_{13}(t) = \begin{cases} \frac{F(t)}{F(T)} & t < T_{пл.} \\ 1 & t > T_{пл.} \end{cases} \quad (35)$$

В свою очередь предполагалось, что

$$F_{31}(t) = F_a(t); \quad F_{21}(t) = F_n(t).$$

4.4. Определение оптимальных сроков профилактики

Приведенная выше математическая модель служит для обоснования назначения оптимального планового срока профилактики $T_{пл.}$. В качестве критерия эффективности здесь могут фигурировать либо временные, либо стоимостные показатели. Первый показатель может быть представлен в виде коэффициента технического использования $K_{т.и.}$ И в том, и другом случае отыскание оптимальной стратегии, заключающейся в нахождении $T_{пл.}^*$, представляет собой задачу стохастического

динамического программирования. Точное решение такой задачи представляет довольно трудоемкую процедуру, предполагающую использование ЭВМ. Приведем лишь результаты ее решения, которыми можно легко воспользоваться для определения оптимального срока профилактики в каждом конкретном случае. Предварительно сделаем лишь некоторые пояснения.

Как указывалось ранее, коэффициент технического использования характеризует долю времени, в течение которого машина была работоспособна по отношению к общему времени эксплуатации. Для данного случая

$$K_{т. и} = \frac{T_{\text{раб } \Sigma}}{T_{\text{раб } \Sigma} + T_{\text{пр}} + T_{\text{а. р}}}, \quad (36)$$

где $T_{\text{раб } \Sigma}$, $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{а. р}}$ — соответственно суммарное время исправной работы, профилактики и аварийного ремонта.

Эти величины, как указывалось выше, будут зависеть как от вероятностей попадания в то или иное состояние, так и от случайных значений интервалов времени пребывания в том или ином состоянии. Средние значения количеств попаданий в то или иное состояние определяются на основании свойства эргодичности марковской цепи, характеризуемого возможностями перехода в любое состояние на протяжении рассматриваемого периода времени.

При этом надо учитывать вероятности поступления сигнала об отказе α и его выявления в процессе профилактики β . Для случая, когда $\alpha = \beta = 1$, выведено и исследовано следующее выражение для коэффициента технического использования:

$$K_{т. и} = \frac{\int_0^{\bar{T}} [1 - F_k(k, t)] dt}{\int_0^{\bar{T}} [1 - F_k(k, t)] dt + [1 - F_k(k, \bar{T})] C_{\text{п}} + F_k(k, \bar{T}) C_{\text{а}}}, \quad (37)$$

где $C_{\text{а}} = T_{\text{а}}/T_{\text{у. ср}}$ — отношение времени аварийного ремонта $T_{\text{а}}$ к математическому ожиданию установленной безотказной наработки; $C_{\text{п}} = T_{\text{пр}}/T_{\text{у. ср}}$ — отношение времени профилактического ремонта к $T_{\text{у. ср}}$; $\bar{T} = T_{\text{пл}}/T_{\text{у. ср}}$ — отношение времени между профилактическими работами к $T_{\text{у. ср}}$; $F_k(k, t)$ — функция распределения.

В данном случае рассматривается гамма-распределение. Как известно, это двухпараметрическое распределение описывает широкий класс процессов при соответствующем выборе параметров k и λ . В общем случае оно имеет вид:

$$F_k = 1 - e^{-\lambda t} \sum_{i=0}^{k-1} \left(\frac{\lambda t}{i!} \right)^i. \quad (38)$$

При $k=1$ $F(t)=1-e^{-\lambda t}$ (экспоненциальное распределение). При больших k распределение (38) становится близким к нормальному с математическим ожиданием $m=k/\lambda$ и дисперсией $\sigma^2=k/\lambda^2$ (в [10] показано, что для рассматриваемого случая параметр λ можно исключить).

Было проведено исследование выражения на максимум $K_{т.и}$ для различных значений параметра гамма-распределения k , C_a и $C_{п}$ [10]. Результаты этого исследования сведены в табл. (табл. 2).

Пример. Пусть $T_{у.ср}=2$, $K=8$, $T_a=0,2$, $T_{п}=0,03$. Найти $K_{т.и}$ и оптимальный период профилактики $T_{п.л}^*$.

Очевидно, в данном случае $C_a=0,1$, $C_{п}=0,015$. Таких значений в табл. 2 нет. В этом случае делается интерполяция по $C_{п}=0,01$ и $0,02$:

$$K_{т.и}^* = \frac{0,972 + 0,974}{2} = 0,963;$$

$$\bar{T}_{п.л}^* = \frac{0,45 + 0,55}{2} = 0,5.$$

Тогда оптимальный период профилактики равен $T_{п.л}^* = \bar{T}_{п.л}^* \times T_{у.ср} = 0,5 \cdot 2 = 1$.

В заключение рассмотрим влияние некоторых факторов на оптимальный режим профилактики. Наибольший интерес представляет оценка влияния вида распределения, характеризваемого, как уже говорилось выше, параметрами распределения k .

Как видно из таблицы, с возрастанием k растет и величина $K_{т.и}$. В предельном случае при $k \rightarrow \infty$ и $T_{у.ср} = \text{const}$ распределение $F_k(k, t)$ вырождается, т. е.

2. Оптимальные параметры* профилактического режима (по данным [10])

$C_{п}$	$C_a = 0,05$						$C_a = 0,10$						$C_a = 0,20$					
	$k=2$		$k=4$		$k=8$		$k=2$		$k=4$		$k=8$		$k=2$		$k=4$		$k=8$	
	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$	$k=2$	$k=4$
0,01	0,957	0,968	0,976	0,979	0,932	0,959	0,972	0,977	0,9	0,948	0,968	0,974	0,9	0,948	0,968	0,974	0,9	0,948
	0,65	0,5	0,55	0,55	0,35	0,35	0,45	0,50	0,20	0,25	0,35	0,45	0,20	0,25	0,35	0,45	0,20	0,25
0,02	0,952	0,956	0,963	0,966	0,917	0,939	0,954	0,96	0,873	0,921	0,946	0,955	0,873	0,921	0,946	0,955	0,873	0,921
	—	0,8	0,7	0,7	0,65	0,5	0,55	0,35	0,35	0,35	0,45	0,5	0,35	0,35	0,45	0,5	0,35	0,35
0,04	—	—	—	—	0,909	0,917	0,928	0,934	0,847	0,884	0,912	0,923	0,847	0,884	0,912	0,923	0,847	0,884
	—	—	—	—	—	0,8	0,7	0,7	0,65	0,5	0,55	0,55	0,65	0,5	0,55	0,55	0,65	0,5
0,08	—	—	—	—	—	—	—	—	0,833	0,80	0,866	0,876	0,833	0,80	0,866	0,876	0,833	0,80

* Верхнее число в клетке таблицы — оптимальное значение коэффициента технического использования $K_{т.и}^*$, а нижнее — оптимальный плановый период профилактики $T_{п.л}^*$ в долях математического ожидания $T_{у.ср}$.

$$F_{\infty}(\infty, t) = \begin{cases} 0 & t \leq 1, \\ 1 & t > 1. \end{cases} \quad (39)$$

При таком «идеальном» распределении оптимальное значение $\bar{T}^* = 1$, т. е. необходимо менять элемент машины непосредственно перед моментом отказа. При этом значение $K_{т.и}^*$ достигает максимально возможного значения

$$K_{т.и}^* \simeq 1 - C_{п.} + C_{п.}^2. \quad (40)$$

Если $k=1$ (экспоненциальное распределение), то, очевидно, $\bar{T}^* \simeq \infty$ и проведения профилактических работ вообще не требуется. Этот факт находит и физическое объяснение. Действительно, экспоненциальным распределением обычно описываются внезапные отказы, которые не связаны с изнашиванием, старением или накоплением повреждений элемента конструкции. При этом отказы элемента будут вызваны либо резким возрастанием внешних нагрузок из-за неправильной эксплуатации, либо неправильным прочностным расчетом. Естественно, что эти причины нельзя учесть в эксплуатации и менять работающую деталь на новую бесполезно. При возрастании C_a и $C_{п.}$ в соответствии с зависимостью (37) $K_{т.и}^*$ уменьшается. Приведенный выше метод недостаточно полно учитывают реальные условия применения техники. Поэтому в общесоюзных нормативах на периодичность и трудоемкость технического обслуживания рекомендуется корректировка полученных теоретических результатов с помощью коэффициентов. Основными из них являются: $K_{к.у}$ — коэффициент условий эксплуатации; $K_{к.м}$ — коэффициент модификации подвижного состава, учитывающий влияние повышенной нагрузки, например в виде прицепов, специализированного оборудования и т. д.; $K_{пк}$ — коэффициент, отражающий природно-климатические условия.

С учетом этих коэффициентов общий коэффициент корректировки будет равен

$$K_{к.о} = K_{к.у} K_{к.м} K_{пк}. \quad (41)$$

Итак, с учетом корректировки оптимальное значение срока профилактики будет

$$T_k = T_{пл} / K_{к.о}. \quad (42)$$

Конкретные значения коэффициентов выбираются согласно руководящим документам отрасли.

4.5. Обоснование требуемого количества запасных частей

При оценке назначения и особенностей использования обычно рассматривают три вида комплектов запасных частей: одиночный (индивидуальный), ремонтный и групповой.

Одиночный (индивидуальный) комплект обычно поставляется заводом-изготовителем вместе с машиной и используется в процессе ее эксплуатации.

Ремонтный комплект обеспечивает проведение, как правило, одного ремонта и хранения на складах ремонтных мастерских или заводов.

Групповой комплект обычно используется для проведения аварийных ремонтов узловым, блочным или агрегатным методами.

Определение количества и номенклатуры всех видов комплектов запасных частей является важнейшей задачей, в значительной степени определяющей эффективность функционирования любой технической системы. Излишки в комплектах запасных частей — это один из видов нерационально израсходованных ресурсов. Недостаток каких-либо запасных частей приводит к экономическим потерям из-за простоев. Оптимальным является такой состав комплектов, который обеспечивает выполнение лесохозяйственными машинами своих функций при минимальной стоимости запасных частей, а также минимальных затратах на сохранение. Возможна и другая постановка задачи создания рационального фонда запасных частей: обеспечение максимальной надежности (по какому-либо показателю) при заданном составе комплекта запасных частей. В практике чаще используется первый вариант постановки задачи (прямая задача).

При определении оптимального состава комплектов запасных частей должны учитываться случайный характер отказов и установленное время эксплуатации до капитального ремонта или списания машины. Поэтому с точки зрения исследования эта задача должна решаться методами стохастического динамического программирования. Эти методы достаточно сложны и редко применяются в практике. В реальных случаях прибегают к статистическим данным и запасы нормируют на основе опыта эксплуатации — нормативный способ. Однако при этом способе определения комплекта запасных частей из-за его неточности система снабжения работает неэффективно, что приводит либо к нерациональным запасам, либо к простоям техники из-за необеспеченности баз запчастями. Возможен и компромиссный вариант — вероятностное обоснование требуемых запасов при различных упрощающих допущениях.

С точки зрения теории надежности процесс замены отказавшей части машины может рассматриваться как холодное резервирование. При этом состав и номенклатура запасных частей должны определяться из условия обеспечения требуемых значений показателей надежности установленной безотказной наработке или коэффициента готовности (полного среднего ресурса). С целью упрощения решения задачи введем некоторые

допущения, не влияющие существенно на точность дальнейших результатов:

1) все детали, установленные на машине, и запасные части одного наименования имеют одинаковую надежность, т. е. их ресурсы подчиняются одинаковым законам распределения;

2) деталь, находящаяся в резерве, не использует свой ресурс;

3) замена отказавшей детали на резервную происходит мгновенно.

Здесь нуждаются в обосновании лишь второе и третье допущения, так как первое допущение при правильной организации технического обслуживания и эксплуатации обеспечивается автоматически. Второе допущение не является корректным лишь для резинотехнических изделий. Однако можно предполагать, что установленная безотказная наработка будет меньше допустимого срока хранения этих изделий. Кроме того, данное допущение приводит к некоторому завышению запасов. При малой стоимости резинотехнических изделий это не приведет к большим расходам. Третье допущение также вносит некоторую погрешность, однако оно может быть принято при условии существенного превышения времени гарантийной наработки по отношению к времени замены детали. Это допущение направлено в сторону некоторого завышения запаса.

Сказанное выше относится, конечно, к мелкому и среднему ремонтам и не касается капитального.

Перед разработчиками техники для лесного хозяйства ставятся задачи обеспечения установленной безотказной наработки машины и минимального времени устранения отказа за счет быстрой замены отказавшей детали или узла.

При условии, что все три допущения справедливы, ожидаемое число замен деталей N за время T будет равно

$$N(T) = \sum_{n=1}^{\infty} \bar{T}_n(T), \quad (43)$$

где $\bar{T}_n(T)$ — оценка функции распределения первых ресурсов деталей, т. е. вероятность того, что за время $t=T$ будет заменено n деталей.

Вероятность одной замены определяется функцией распределения заменяемости детали, т. е.

$$\bar{T}_1(T) = P(r_1 \leq T_1), \quad (44)$$

где r_1 — наработка первой детали.

При $n=2$, очевидно, нужно произвести композицию двух законов распределения, т. е. найти закон распределения суммы двух независимых случайных величин, подчиненных этим зако-

нам распределения. В данном случае для детали, установленной на машине, и резервной

$$\bar{T}_2(T) = \int_0^T f_1(T) \bar{T}_2(T-t) dt + \bar{T}_1(T). \quad (45)$$

Для характерных видов законов распределения вероятность отказов деталей в течение установленной безотказной наработки определяется следующим образом:

для закона распределения Вейбулла

$$P_i(T_y) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{T_y - \delta_i}{\Theta_i - \delta_i} \right)^{\beta_i} \right], \quad (46)$$

где δ_i , Θ_i и β_i — параметры распределения;

для нормального закона распределения

$$P_i(T_y) = 1 - \frac{1 - \Phi \left(\frac{T_y - M_i}{\sigma_i \sqrt{2}} \right)}{1 + \Phi \left(\frac{M_i}{\sigma_i \sqrt{2}} \right)}, \quad (47)$$

где M_i и σ_i — математические ожидания и среднее квадратическое отклонение детали i -го наименования; $\Phi(\dots)$ — функции Лапласа.

Так как отказы считаются независимыми, то вероятность отказа нескольких, например m -деталей, может трактоваться как появление события (отказа) ровно m раз при n_i независимых опытах (n_i — количество деталей i -го наименования в машине). Если полагать, что вероятность отказа для всех деталей i -го наименования одинакова и равна P_i , то вероятность отказа m деталей определяется согласно частной теореме о повторении опытов:

$$P_{n_i}^{(m)} = C_{n_i}^{(m)} P_i^m q_i^{n_i - m}, \quad (48)$$

где $C_{n_i}^{(m)} = n! / [m! (n_i - m)!]$ — число сочетаний из n_i по m ; P_i и q_i — соответственно вероятности отказа и безотказной работы i -й детали в течение планового периода ($P_i = 1 - q_i$).

Значения P_i и q_i могут быть подсчитаны согласно зависимости (46) и (47).

Вероятность исчерпания запаса деталей (вероятность необеспеченности) при наличии в комплекте x_i деталей i -го наименования определяется по формуле

$$P_{n_i x_i} = \sum_{m=x_i+1}^{n_i} (m - x_i) C_{n_i}^{(m)} P_i^m q_i^{n_i - m}. \quad (49)$$

Вероятность неисчерпания запаса в x_i деталей i -го наименования (вероятность избыточности) подсчитывается аналогично

$$P_{\text{нн}, x_i} = \sum_{m=0}^{x_i} (x_i - m) C_{n_i}^{(m)} P_i^m q_i^{n_i - m}. \quad (50)$$

С точки зрения теории вероятности не имеет значения место установки деталей i -го типа. Поэтому приведенные выше рассуждения можно распространить на группу из Q машин, работающих в одинаковых условиях. Тогда состав и номенклатура групповых комплектов могут быть определены последовательно для каждой i -й детали аналогично (49), только вместо n_i подставляется $n_i Q$, т. е.

$$P_{n_i Q}^m = C_{n_i Q}^m P_i^m q_i^{n_i Q - m}. \quad (51)$$

Соответственно вероятность необеспеченности Q машин деталями i -го наименования из группового комплекта можно определить по формуле

$$P_{\text{н} x_i} = \sum_{m=x_i+1}^{n_i Q} (m - x_i) C_{n_i Q}^{(m)} P_i^m q_i^{n_i Q - m}, \quad (52)$$

где x_i — число деталей i -го наименования в групповом комплекте.

Очевидно, потребное число запасных частей определяется из условия требуемой вероятности необеспеченности, т. е.

$$x_i \rightarrow P_{\text{н} x_i} \leq P_{\text{н. тр.}} \quad (53)$$

Полученная выше величина $P_{\text{н} x_i}$ относится к группе вероятностных показателей для оценки эффективности системы снабжения запасными частями. Кроме вероятности необеспеченности, в числе вероятностных показателей могут быть:

вероятность избыточности запаса в x_i деталей i -го наименования для парка Q одинаковых машин;

ожидаемое число машин в парке, получивших отказ в требовании на замену детали i -го наименования;

ожидаемое время простоя Q машин при запасе в x_i деталей и др.

Недостатком вероятностных показателей является то, что они не учитывают экономических факторов, в частности расходов на хранение и потери за счет создания ненужных запасов.

4.6. Определение оптимального состава индивидуальных и групповых комплектов запасных частей

Экономическая оценка целесообразности состава и номенклатуры запасных частей может быть произведена с помощью следующих показателей:

стоимости группового комплекта для парка машин;
стоимости деталей i -го наименования в групповом комплекте;

затрат за счет необеспеченности парка Q машин (например, количество невыполненных работ или потери продукции и т. д.);
затрат на создание запаса и хранения деталей.

Экономические показатели в прямом виде не учитывают вероятностного характера возникновения отказов, поэтому целесообразно использование смешанных (техничко-экономических) показателей, позволяющих наиболее полно отразить процесс функционирования системы лесохозяйственных машин и ЗИП.

К таким показателям относятся:

ожидаемые эксплуатационные затраты;

ожидаемые затраты на создание запасов и хранения;

суммарные ожидаемые затраты на эксплуатацию и резервирование (комплект запасных частей).

Последний показатель наиболее полно учитывает все свойства рассматриваемой системы и может быть принят в качестве критерия при оптимизации состава и номенклатуры комплекта запасных частей.

Этот показатель может быть записан в следующем виде:

$$S_{\Sigma} = S_{\text{пр}} + S_{\text{зап}}, \quad (54)$$

где S_{Σ} — затраты суммарные ожидаемые; $S_{\text{пр}}$ — затраты за счет простоя лесных машин; $S_{\text{зап}}$ — затраты на приобретение и хранение запасных частей.

В свою очередь потери от простоя лесозаготовительной техники определяются следующим образом:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{пр } i} m, \quad (55)$$

где $S_{\text{пр } i}$ — потери из-за простоя при замене i -той отказавшей детали:

$$S_{\text{пр } i} = k_n S_{\text{зам } i} S_{\text{оп}} + 2\bar{C}_d \frac{L_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}} + \bar{C}_m \left(T_{\text{з } i} + \frac{2L_{\text{ср}}}{v_{\text{ср}}} + T_{\text{пз } i} \right), \quad (56)$$

где k_n — коэффициент начислений на заработную плату ($k_n=2,1$); $S_{\text{зам } i}$ — трудоемкость замены деталей i -го наименования, чел.-ч; $S_{\text{оп}}$ — средняя тарифная ставка оператора, производящего замену детали, р. за 1 ч; \bar{C}_d , \bar{C}_m — соответственно себестоимости эксплуатации единицы времени машин для доставки запасных частей и лесохозяйственной машины, р./ч; $L_{\text{ср}}$, $v_{\text{ср}}$ — соответственно средние значения расстояния и скорости при доставке запасных частей от склада до мастерского участка; $T_{\text{з } i}$ — время замены детали i -го наименования; $T_{\text{пз } i}$ — подготовительно-заключительное время при замене детали i -го наименования.

Затраты на хранение x деталей i -го наименования определяются, как

$$S_{\text{зап } xi} = x S_{1i} + S_{\text{хр } i}, \quad (57)$$

где S_{1i} — стоимость одной детали i -го наименования, р.; $S_{\text{хр } i}$ — затраты на хранение одной детали i -го наименования.

Обычно $S_{xp\ i} = 0,2 S_{li}$, тогда $S_{зап\ x_i} = S_{li}(x + 0,2)$.

Очевидно, полученные выше зависимости (54—55) могут быть подставлены в формулу (54) и использованы в виде целевых функций для обоснования состава индивидуального и группового комплектов запасных частей. При этом, естественно, будут несколько отличаться вид целевых функций и постановка задачи. Так, для обоснования оптимального состава индивидуального комплекта целевая функция будет иметь вид

$$S_{\Sigma\ инд} = \sum_{i=1}^n (S_{пр\ i} P_{и\ x_i} + S_{зап\ x_i}). \quad (58)$$

Здесь $P_{и\ x_i}$ определяется согласно (52): $S_{зап\ i} = x_i S_{li}$, так как $S_{xp\ x_i} = 0$.

В качестве управляемых переменных в данном случае будут фигурировать значения x_i , характеризующие число деталей i -го наименования в индивидуальном комплекте, т. е. вектор управляемых переменных будет иметь вид

$$X_{\langle n \rangle} = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle. \quad (59)$$

Фиксированными параметрами в задаче обоснования состава индивидуального комплекта являются:

ресурсные характеристики деталей лесохозяйственной машины M_i, σ_i ;

составляющие эксплуатационных затрат $S_i, S_{оп}$ и т. д.;

статистические характеристики времени замен детали $S_{зам\ i}$;

стоимость деталей S_{li} .

В общем виде можно записать вектор фиксированных параметров в виде:

$$A_{\langle p \rangle} = \langle a_1, a_2, \dots, a_p \rangle, \quad (60)$$

где a_p — описанные выше компоненты вектора фиксированных параметров.

Тогда целевая функция может быть записана следующим образом:

$$S_{\Sigma\ инд} = S(x_{\langle n \rangle}, A_{\langle p \rangle}). \quad (61)$$

Согласно условиям задачи на составляющие целевой функции накладываются областные (а) и функциональные (б) ограничения:

$$\left. \begin{array}{l} \text{а) } 0 \leq x_i \leq b, \\ \text{б) } \varphi_n(x_i, A_i) \geq 0. \end{array} \right\} \quad (62)$$

Ограничение (б) может быть получено из выражения (52), если задана требуемая степень необеспеченности запасными частями, т. е.

$$P_{и\ x_i}^{тр} - P_{и\ x_i} \geq 0. \quad (63)$$

Кроме того, на значение x_i накладывается условие целочисленности.

С учетом высказанных замечаний задача поиска оптимального состава индивидуального комплекта формулируется следующим образом: найти компоненты вектора управления x_i , при которых достигается минимум целевой функции $S_{\Sigma \text{ инд}}$ при условии выполнения ограничений (62) и требования целочисленности.

Математически это может быть записано так:

$$S_{\Sigma \text{ инд}}^* = \min S_{\Sigma \text{ инд}}(x_{\langle n \rangle}^*, A_{\langle p \rangle}), \quad (64)$$

$$x_{\langle n \rangle}^* \in \Omega,$$

где Ω — область определения переменных x , заданная условиями (62) и требованием целочисленности.

В случае отыскания оптимальных характеристик группового комплекта следует учесть затраты на хранение запасных частей согласно выражению (57), а также число машин Q .

Целевая функция будет иметь в этом случае аналогичный вид:

$$S_{\Sigma \text{ пр}} = \sum_{i=1}^n [S_{\text{пр } i} P_{и x_i}^{(Q)} + S_{\text{зап } x_i}^{(Q)}]. \quad (65)$$

В целевой функции (65) другим будет значение $P_{и x_i}^Q$, которое подсчитывается согласно условию (52), и $S_{\text{зап } x_i}^Q$, определяемые по выражению (57).

Значения x_i определяются по формуле для вероятности избыточности для Q машин, т. е.

$$P_{и x_i}^{(Q)} = \sum_{m=0}^{x_i} (x_i - m) C_{n,Q}^{(m)} P_i^m q_i^{n_i - m}. \quad (66)$$

В остальном постановка задачи и метод ее решения будут аналогичными. При этом вследствие сложности аналитических зависимостей, учитывающих тот или иной вид функции распределения для различных деталей, отыскание оптимальных значений целесообразно проводить численными методами с помощью ЭВМ. Алгоритмы расчетов на ЭВМ для индивидуального или группового комплекта почти не отличаются между собой. Приведем поэтому обладающий большей общностью алгоритм определения оптимального группового комплекта для парка из Q машин (рис. 21).

В заключение приведем некоторые примеры конкретных расчетов. На рис. 22 показаны ожидаемые затраты на резервирование в индивидуальном комплекте рукавов высокого давления (РВД) для сучкорезной машины ЛП-30Б. Из графика рис. 22

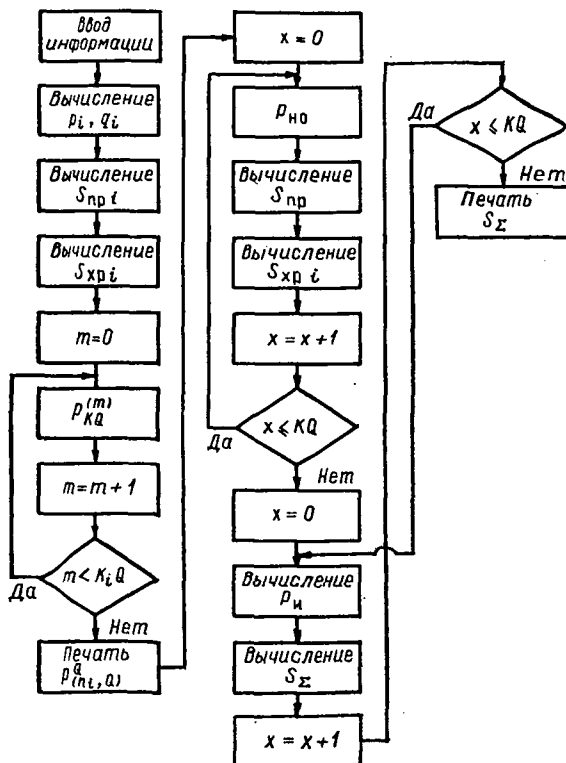


Рис. 21. Блок-схема алгоритма оптимизации

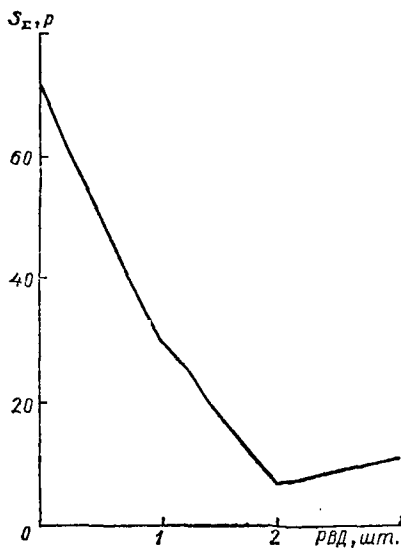
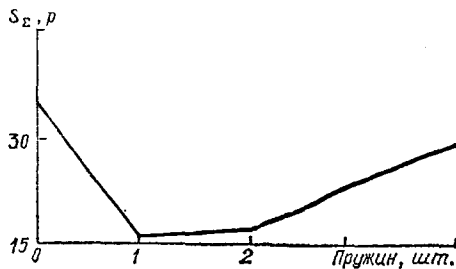


Рис. 22. Зависимость суммарных затрат от количества запасных рукавов высокого давления РВД

Рис. 23. Зависимость суммарных расходов от количества запасных пружин сучкорезной головки машины ЛП-30Б



видно, что оптимальным будет наличие в индивидуальном комплекте одного РВД. Аналогичный вид имеет график на рис. 23, наглядно демонстрирующий, что ожидаемые затраты будут минимальными при наличии в комплекте двух пружин.

Анализ результатов расчетов показал, что при формировании групповых комплектов характерным является разделение деталей на две группы: периодические и непериодические. У деталей периодических групп оптимальное число деталей в комплекте слабо зависит от числа машин Q в парке. Поэтому вероятность ошибки в определенном оптимуме для таких деталей будет меньше. Свойством периодичности обладают детали с малой вероятностью отказа (до 0,5). У деталей непериодической группы оптимальное количество деталей в групповом комплекте пропорционально числу машин, обеспечиваемых этим комплектом. Выявленное свойство позволяет производить комплектование, не проводя сложных вычислений, в соответствии с выявленными коэффициентами пропорциональности.

Контрольные вопросы

1. Какие ремонтные предприятия составляют основу ремонтно-обслуживающей базы отрасли?
2. Что означает оптимальный срок проведения профилактических и ремонтных работ?
3. Как определяется коэффициент технического использования машин?
4. Изложите методику определения требуемого количества запасных частей.
5. Что входит в состав индивидуальных и групповых комплектов?
6. Какие показатели характеризуют процесс функционирования системы лесохозяйственных машин?

Глава 5 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА МАШИН

5.1. Стадия разработки технической документации

Ремонту лесохозяйственных машин должны предшествовать конструкторская, технологическая и материальная подготовка производства, а также предремонтная подготовка машины.

В конструкторскую подготовку производства ремонта машин входит разработка всей необходимой документации в соответствии с ГОСТ 2.602—68 (СТ СЭВ 857—78). «ЕСКД. Ремонтные документы». При разработке рабочих чертежей следует руководствоваться требованиями СТ СЭВ 114—75 и СТ СЭВ 145—75. «Единая система допусков и посадок».

Технологическая подготовка производства основывается на выполнении разработки, контроля утверждения и внедрения

технологических процессов; порядке проектирования и внедрения средств технологического оснащения; порядке контроля документации, полученной от сторонних организаций, и внедрении ее в производство; порядке внесения изменений в конструкторскую и технологическую документации, которые регламентируются ГОСТ 2.602—68.

Согласно этому ГОСТу СПКTB «Союзлесреммаш» разработало технические условия к руководству по капитальному ремонту машин, эксплуатирующихся в лесной промышленности. Эта техническая документация привязана к конкретному предприятию, допускается менять только методику проведения ремонтных операций в зависимости от наличия на предприятии того или иного технологического оборудования.

Рабочие технологические процессы и оснастки должны обеспечивать качественное проведение процессов ремонта в соответствии с требованиями технической документации и предусматривать экономию материальных и денежных средств, увеличение выпуска, повышение качества и снижение себестоимости ремонта, рост производительности труда, облегчение и оздоровление условий труда, соблюдение правил техники безопасности.

В основу технологического процесса должны быть положены следующие направления: передовые формы организации производства, минимальная длительность производственного цикла, рациональная последовательность операций, максимальная механизация и автоматизация, полная загрузка оборудования, унификация технологической оснастки.

Полученная от сторонних организаций документация на ремонт должна подвергаться нормоконтролю и оформляться актом приемки. На этапе освоения ремонтного производства в технические документы, в конструкторскую и технологическую документацию могут вноситься изменения на основании «Извещения об изменениях».

Материальная подготовка производства заключается в том, чтобы ремонтное предприятие было своевременно обеспечено металлом, материалами.

Единая система технологической документации предусматривает стадии разработки со следующими литерами:

1. На стадии проектирования технологического процесса с литерой П изучают технологическую документацию на изготовление деталей на машиностроительных заводах, изыскивают новые способы ремонта или знакомятся с ранее разработанными способами, выбирают технологические базы, назначают контрольные операции.

2. На стадии проектирования технологического процесса с литерой А₃ для установочной серии (в стадии освоения ремонта новой марки машины) корректируют технологический

процесс с выдачей задания на конструирование оборудования, приспособлений и специальных инструментов, разрабатывают карты технологического процесса с выбором оборудования, приспособлений, инструментов, режимов обработки и норм времени.

3. На стадии проектирования технологического процесса с литерой Б для установившегося серийного и массового ремонтного производства корректируют технологическую документацию с литерой А и фиксируют окончательно отработанный и проведенный на производстве полностью оснащенный технологический процесс.

5.2. Подготовка ремонтного производства и порядок сдачи машин в ремонт

Ремонту лесозаготовительных машин должна предшествовать конструкторская, технологическая и материальная подготовка производства, а также подготовка направляемой на ремонт машины.

В конструкторскую подготовку производства ремонта машин входит разработка всей необходимой документации в соответствии с ГОСТ 2.602—68 (СТ СЭВ 857—78). «ЕСКД. Ремонтные документы». При разработке рабочих чертежей следует руководствоваться требованиями СТ СЭВ 144—75 и 145—75. «Единая система допусков и посадок».

В объем технологической подготовки производства ремонта машин входит разработка следующей документации: технических условий на разработку, контроль, сортировку деталей, сборку машин; технических условий на восстановление деталей; карт технологического процесса ремонта отдельных деталей; на изготовление технологической оснастки (приспособлений, специального инструмента и др.); норм расхода материала; ремонтных чертежей. Технологическая документация должна соответствовать требованиям ГОСТ 3.1109—82 (СТ СЭВ 2064—79, СТ СЭВ 2522—80, СТ СЭВ 2523—80), ГОСТ 3.1104—81 (СТ СЭВ 1802—79), ГОСТ 3.1105—74, ГОСТ 3.1106—74, ГОСТ 3.1107—81 (СТ СЭВ 1803—79) единой системы технологической документации (ЕСТД). Технологическая подготовка осуществляется в соответствии с «Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП)», см. ГОСТ 14.001—73, 14.002—73, 14.003—74.

Материальная подготовка производства заключается в том, чтобы ремонтное предприятие было своевременно обеспечено металлом, материалами и необходимыми запасными частями. Заявки на эти материалы и изделия составляются на основании норм и уточненной годовой программы работы предприятия.

Автомобили и их составные части, сдаваемые в ремонт, должны быть комплектными в соответствии с ГОСТ 18.505—73. Автомобили, трактора и их составные части принимаются в ремонт соответственно по ГОСТ 18506—73, ГОСТ 18524—80, ГОСТ 18523—79. Другие машины, используемые в лесном хозяйстве, следует отправлять в ремонт в строгом соответствии с техническими условиями на сдачу в капитальный ремонт и выдачу из капитального ремонта.

По ГОСТ 18505—73 установлены первая и вторая комплектности ремонтного фонда и отремонтированных автомобилей. К автомобилям первой комплектности относятся автомобили с кузовом, кабиной, платформой, со всеми составными частями, предусмотренными конструкцией, без запасного колеса и комплекта шоферского инструмента. Автомобили второй комплектности сдают в ремонт и выдают из ремонта без платформы, металлического кузова, фургона, специального оборудования и деталей их крепления на шасси. Для грузовых специализированных и специальных автомобилей установлены первая и вторая комплектности; для дизельных двигателей — только первая, при которой двигатель должен быть в сборе со всеми составными частями, установленными на нем, без глушителя и приемной трубы. Грузовые автомобили направляют в капитальный ремонт, если в ремонте нуждаются рама, кабина и не менее трех основных агрегатов в любом их сочетании.

Автомобили, сдаваемые в капитальный ремонт, должны быть тщательно вымыты и очищены от грязи, иметь годные к эксплуатации аккумуляторные батареи и шины и независимо от способа их доставки должны быть в состоянии, обеспечивающем их передвижение своим ходом (кроме автомобилей с аварийными повреждениями). На машины, имеющие аварийные повреждения и неукomплектованные некоторыми мелкими деталями, необходимо письменное ходатайство заказчика о приеме в капитальный ремонт и соответственно разрешение руководителя ремонтного предприятия. Замена исправных агрегатов или узлов и деталей на негодные перед сдачей в ремонт запрещается.

Приемку машины в капитальный ремонт производит представитель ремонтного завода в присутствии представителя лесхоза. При этом на машину должны быть оформлены наряд на ремонт, акт технического состояния машины и технический паспорт с указанием данных о наработке с начала ее эксплуатации. Приемщик наружным осмотром определяет комплектность машины, механические повреждения, состояние окраски, креплений, а также прослушивает отдельные агрегаты и опробует их в работе; он может вскрывать агрегаты для проверки их комплектности и контроля технического состояния состав-

ных частей. Приемка машины завершается составлением приемо-сдаточного акта, после чего машина поступает на склад ремонтного фонда. На складе организуется хранение ремонтного фонда. С машины снимают приборы питания, электрооборудования, аккумуляторные батареи. В порядке очередности она с площадки хранения поступает на наружную мойку.

5.3. Основы проектирования технологических процессов

Проектирование технологического процесса необходимо для установления оптимальной последовательности способов обработки отдельных поверхностей, подбора необходимого оборудования, оснастки и инструмента для обработки и контроля, определения оптимальных режимов обработки и технических норм времени применительно к условиям ремонтного производства.

В настоящее время стандартом установлены два вида технологических процессов ремонта деталей: единичный и типовой.

Единичный техпроцесс относится к изделиям одного наименования, типа, размера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой характеризуется единством содержания и последовательности большинства технологических операций переходов для групп изделий с общими конструктивными признаками.

Каждый вид технологического процесса характеризуется следующими признаками: основным назначением процесса (рабочий, перспективный) и степенью расчлененности (детализации) процесса (маршрутный, операционный, маршрутно-операционный).

Рабочий технологический процесс выполняют по рабочей технологии и (или) конструкторской документации.

Перспективный технологический процесс — процесс, который полностью или частично предстоит освоить на предприятии, используя последние достижения науки и техники.

Маршрутный технологический процесс выполняется по документации, в которой содержание операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки.

Маршрутно-операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Технологический переход — законченная часть технологической операции, характеризующаяся неизменностью при-

меняемого инструмента и обрабатываемых поверхностей, а также соединений, образующихся при сборке, постоянством методов и приемов в процессе выполнения работ по изменению состояния предмета производства.

Так, технологическая операция разборки шатунно-поршневого узла состоит из следующих переходов: снятия поршневых колец, расшплинтовки и отвертывания шатунных болтов, снятия вкладышей, стопорных колец, демонтажа поршневого пальца и выпрессовки втулки верхней головки шатуна.

Проектирование технологических процессов ремонтов является составной частью системы технологической подготовки производства.

Исходными данными, которыми необходимо располагать для проектирования технологических процессов, являются следующие:

1. Годовая производственная программа ремонта деталей, от которых зависит степень детализации процесса.

2. Чертеж узла или сборочной единицы, в которую входит деталь.

3. Рабочий чертеж детали для изготовления ее на машиностроительном заводе.

4. Технологический процесс изготовления детали на машиностроительном заводе. Важным условием обеспечения требуемого уровня качества ремонта деталей является технологическая преемственность между процессами изготовления и восстановления деталей.

5. Ремонтный чертеж детали.

6. Данные о числе изношенных и поврежденных поверхностей, характере повреждений, вероятных сочетаниях дефектов. Эти сведения необходимы для установления рациональной последовательности устранения дефектов, формирования оптимальных размеров партий, пускаемых в ремонт и др.

7. Указания о предпочтительности применения методов обработки и способов устранения отдельных дефектов.

8. Справочные данные об оборудовании, сведения о передовом опыте ремонта деталей данного наименования, руководящие и нормативные технические материалы.

При проектировании технологического процесса системой является совокупность взаимосвязанных действий (операций) по изготовлению деталей, соответственно структурой называется последовательность этих действий. Таким образом, задачи структурного анализа и последующего синтеза возникают и при разработке технологического маршрута обработки деталей и при определении оптимальной последовательности переходов в каждой операции. Поскольку эта последовательность будет, конечно, влиять и на общий показатель эффективности, используемый при выборе технологического маршрута, то

в общем виде мы имеем дело с задачей синтеза сложной системы, имеющей иерархическую структуру. Эта задача сложна и трудно формализуема, особенно с учетом всех особенностей производства, поэтому, как правило, используются упрощенные подходы. Самым простым из них является метод адресации. При этом отказываются от синтеза новых структур, а анализируются существующие. Метод адресации может выполняться двумя способами. Первый из них предполагает полное сохранение структуры ТП-аналога и лишь анализ результатов некоторого изменения их параметров. Во втором способе, кроме изменения параметров, частично изменяется состав элементов системы.

В общем случае проектирование ТП методом адресации включает последовательные этапы разработки: маршрута, операции, перехода (рис. 24). Эти этапы формализованы и решаются в настоящее время с помощью ЭВМ. Схема решения задачи основана в данном случае на выборе наиболее рационального и допустимого по ограничениям решения из совокупности унифицированных данных, имеющихся в банке машины (рис. 25).

Метод адресации прост, но он непригоден при разработке единичных типовых и групповых ТП, характерных для ремонта. В этих случаях приходится иметь дело непосредственно с за-

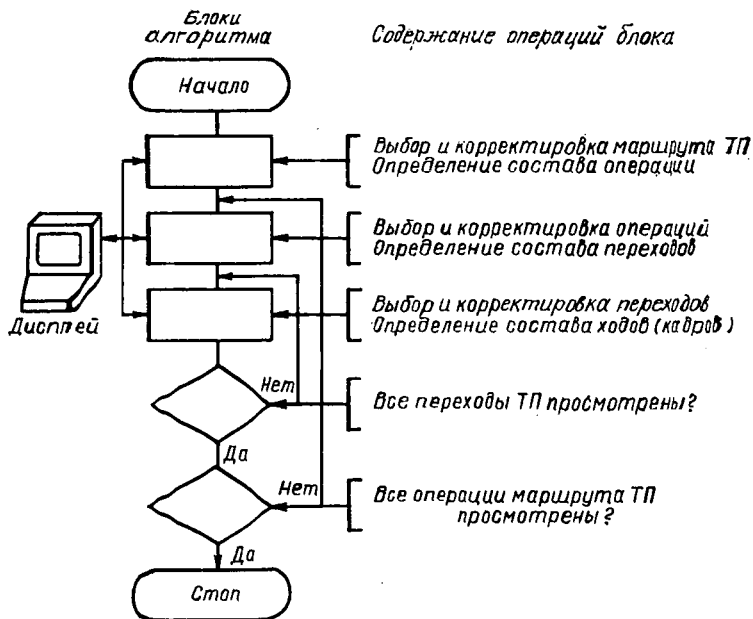


Рис. 24. Схема проектирования технологического процесса методом адресации

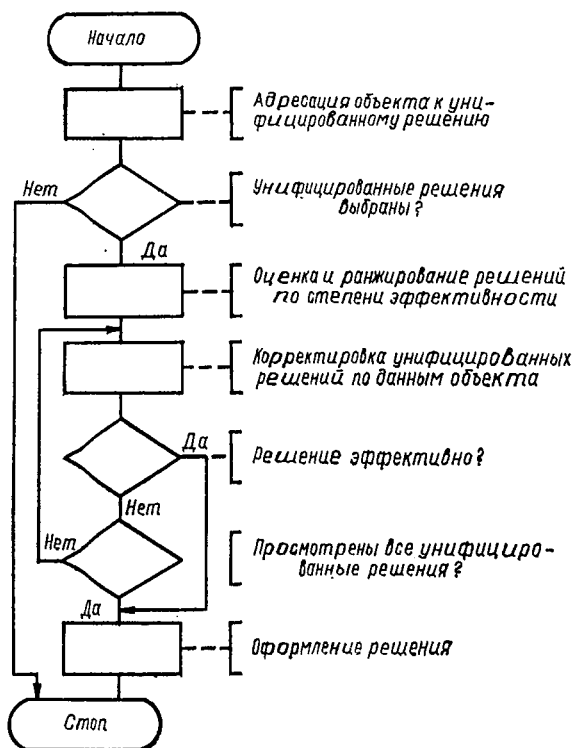


Рис. 25. Схема процедуры проектирования технологического решения методом адресации

дачей синтеза. Различают три типа постановки задач синтеза: с технологическим процессом — прототипом, с элементами прототипа и без прототипа. Естественно, что введение прототипов или их элементов позволяет упростить решение задачи.

К числу наиболее сложных задач проектирования технологического процесса относится структурный синтез без прототипов. Рассмотрим особенности постановки этой задачи и ее решения.

Удобным математическим отображением ТП являются графы. Структура ТП может быть наглядно представлена в виде графа, изображенного на рис. 26, множество вершин которого соответствует определенному состоянию детали (например, размер L_i , твердость поверхности HRC и т. д.), а дуги — межоперационным или внутриоперационным (технологическим) переходам. Для наглядности рассмотрим простейший пример. Допустим, что перед технологом поставлена задача определить рациональный технологический маршрут обработки отверстия

во фланце (рис. 27, а). Так как заданную точность диаметра отверстия и шероховатость поверхности можно получить несколькими технологическими способами, то первыми операциями могут быть, например, либо предварительное растачивание 1 (рис. 27, б), либо предварительное зенкерование 2. После этого можно путем операции протягивания сразу получить отверстие с заданной точностью и шероховатостью поверхности 5. Однако применение протягивания возможно лишь при наличии соответствующего оборудования и инструмента. Возможными являются и варианты, когда после операций 1 и 2 следует операция 3 — чистовое зенкерование или 4 — чистовое растачивание: Окончательно требования к качеству обработки будут достигнуты после операции 6, 9 — развертывания или 7 — тонкого растачивания, 8 — развертывания.

Все сказанное выше может быть наглядно представлено в виде совокупности вершин графа и соединяющих их линий. Очевидно, линии, соединяющие вершины графа (ребра), будут направлены от более грубых к более точным методам обработки.

Переходы от вершины к вершине сопровождаются, кроме изменения состояния детали, еще и затратами времени, энергии и т. д. Они могут быть

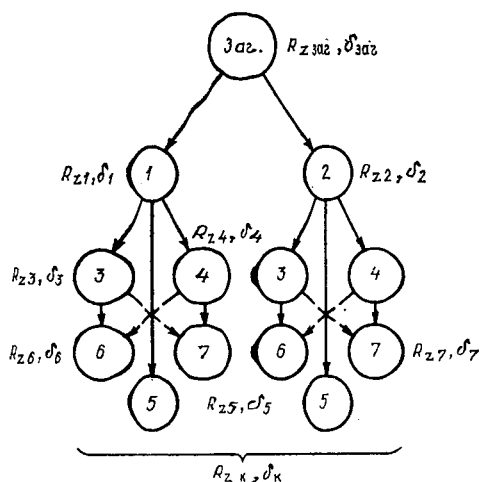


Рис. 26. Изображение структуры технологического процесса в виде графа:

Заг. — исходное состояние заготовки; 1, 3, 6, 5, 7, 4 — состояния детали в процессе обработки; 2, 3, 6, 5, 7, 4 — соответственно шероховатость и допуск на размер детали

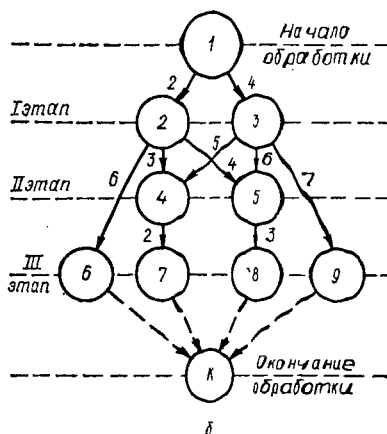
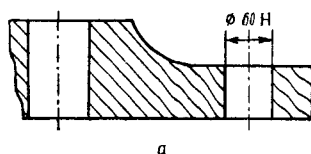


Рис. 27. Граф обработки отверстия во фланце:

а — эскиз детали; б — граф возможных вариантов обработки; 1—9 — варианты возможных сочетаний операций в технологическом процессе; I—III — этапы обработки детали

приписаны соответственно к дугам графа. Такой граф называется взвешенным. Технологический процесс обработки может быть представлен в виде ориентированного взвешенного графа. В результате оптимального выбора маршрута технолог должен получить минимум суммарных затрат на данный ТП, предусмотреть все возможные варианты и выбрать наиболее эффективный. Такая задача имеет некоторые математические особенности:

1. Общий показатель эффективности маршрута W_{Σ} равен сумме показателей эффективности этапов W_i , т. е. аддитивен

$$W_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n W_i, \quad (67)$$

где $i=1, \dots, n$; n — количество этапов.

В рассматриваемой задаче оптимальной будет структура (последовательность операций), обеспечивающая минимальное суммарное значение себестоимости C_{Σ} и трудоемкости T_{Σ} технологического процесса.

2. При присвоении операции или технологическому переходу определенного номера или индекса, при поиске оптимальных параметров на них накладывается требование целочисленности.

3. Номер каждого последующего этапа N_i должен быть больше предыдущего N_{i-1} ($N_i > N_{i-1}$).

4. Метод программирования и алгоритм должны учитывать на каждом шаге (этапе) локальные и общие ограничения для всего маршрута.

Задачи с учетом описанных выше особенностей решаются с помощью нескольких математических методов, позволяющих оптимизировать структуру. К ним относятся метод сетевых моделей, дискретного динамического и целочисленного программирования.

Простейшим из перечисленных выше является алгоритм нахождения оптимального маршрута сетевой модели с помощью рекурсивных вычислений. Изложим этот метод для примера оптимизации технологического маршрута, приведенного выше.

Введем следующие обозначения: C_{ij} , T_{ij} , где i и j — соответственно себестоимость и трудоемкость смежных операций. Если между вершинами i и j нет связей (дуг), то полагаем, что $C_{ij} \rightarrow \infty$. C^*_{1j} , T^*_{1j} — минимальные значения себестоимости и трудоемкости на пути от начальной точки 1 до j -й операции. Очевидно, что $C_{11} = T_{11} = 0$. Полагаем процедуру поиска завершенной, когда достигнуто конечное состояние детали k .

Дальнейшие рассуждения проведем по отношению к суммарному значению себестоимости, например, C_{Σ} . В реальном случае анализируется оптимальный путь и по отношению к трудоемкости T_{Σ} . Решение принимается или по наиболее важному

для конкретного случая показателю, или каким-либо из методов теории принятия решений.

Общее рекуррентное соотношение для последовательного (поэтапного) вычисления C_{1j} имеет вид:

$$C_{1j}^* = \min(C_{1j} + C_{1j}). \quad (68)$$

Формула (68) означает, что минимальное значение себестоимости между j -й и начальной операциями должно находиться как минимум суммы себестоимостей между возможными i -ми операциями, смежными с j -й, и минимальной ранее вычисленной себестоимости от j -й операции до начала маршрута. Рассмотрим последовательность вычислений по этапам на конкретном примере:

Этап 1. $C_{11} = 0$.

Этап 2. $C_{12} = C_{11} + C_{12} = 0 + 2 = 2$, $C_{13} = C_{11} + C_{13} = 0 + 4 = 4$.

Этап 3. $C_{14}^* = \min(C_{11} + C_{14}; C_{12} + C_{42}; C_{13} + C_{43}) = \min(0 + \infty; 2 + 3; 4 + 5) = 5$;

$C_{15}^* = \min(C_{11} + C_{15}; C_{12} + C_{25}; C_{13} + C_{35}) = (0 + \infty; 2 + 5; 4 + 6) = 7$ и т. д.

Дальнейшие вычисления не приводятся, так как в данном случае очевидно, что оптимальным маршрутом будет вариант 1—2—6 с общим минимальным значением $C_{1k}^* = 8$.

Представленный выше пример весьма прост. Однако он интересен тем, что в вычислениях используется информация о наиболее выгодном пути до непосредственного предшествующего узла сети (в данном случае операции). Рекурсивные вычисления составляют основу алгоритмов другого метода — динамического программирования ДП [5]. Этот метод основан на сформулированном Р. Беллманом принципе оптимальности: оптимальное управление обладает таким свойством, что каковы бы ни были начальное состояние системы (процесса) на любом шаге (этапе) и управление, выбранное на этом шаге, последующие управления должны выбираться так, чтобы выигрыши на данном шаге и последующих шагах были оптимальными относительно состояния, к которому придет система в конце данного шага.

Использование этого принципа гарантирует, что управление, выбранное на любом шаге, является лучшим не только с точки зрения данного шага, но и лучшим по отношению ко всему процессу в целом.

Метод ДП обладает большой общностью и может быть применен для решения различного рода задач, например для задач оптимального распределения ресурсов, управления запасами, о замене оборудования и т. д. Любая из этих задач может найти применение в управлении производством и разработке технологических процессов. В данном случае один из вариан-

тов алгоритмов ДП (задача о маршрутизации) может быть применен для синтеза оптимального технологического маршрута.

5.4. Проектирование приспособлений

Для выполнения технологических процессов проектируется оснастка, облегчающая установку деталей на станки или стеллажи, разборку сопряжений и т. д. Выбор типа приспособления зависит от характера производства, удобства работы на конкретном оборудовании и других факторов.

Правильно выбранное приспособление должно способствовать повышению производительности труда, точности обработки, улучшению условий труда, ликвидации предварительной разметки и выверки при установке деталей на станке. При проектировании необходимо иметь следующие данные: размеры детали (заготовки), готовую программу выпуска, режимы резания, условия эксплуатации детали, паспортные характеристики оборудования, применяемый режущий инструмент, альбом нормализованных деталей, используемых для приспособлений. Задача сводится к тому, чтобы из известных элементов (нормализованных) скомпоновать наиболее выгодный для данных конкретных условий вариант конструкции приспособления.

Работа над проектированием приспособления состоит из нескольких этапов: 1) подбор исходных данных для проектирования — чертежей, деталей (изделий), обрабатываемых в приспособлении, технологического процесса обработки, данных о предыдущей операции и возможных погрешностях, возникающих на ней, наилучшего способа базирования детали, принципиальной схемы приспособления и основных требований к нему; 2) разработка эскиза приспособления; 3) расчет элементов приспособления; 4) проектирование самой конструкции приспособления.

Обрабатываемая деталь на общем виде приспособления вычерчивается цветным карандашом либо утолщенными штриховыми линиями.

При использовании принципиально новой схемы приспособления необходимо учитывать следующее: максимальное использование нормализованных сборочных единиц и конструкций (пневматических и гидравлических приводов, цилиндров, зажимов, кондукторных втулок, базовых деталей и т. д.); возможность быстрой переналадки приспособления для обработки других подобных деталей; обеспечения наименьшей величины вспомогательного времени на установку, выверку и закрепление обрабатываемых деталей при достижении требуемой точности обработки.

При проектировании выполняются расчеты, которые должны подтвердить правильность выбора габаритов материалов, из которых изготавливаются детали. Расчетами определяются усилия зажима, основные параметры зажимных устройств, основные параметры силового привода (пневматического, гидравлического, электрического), точность базирования данного приспособления в зависимости от требуемой точности изготовления деталей и т. д. Расчет и выбор различных конструкций пневмоцилиндров, гидросистем, рычажно-шарнирных, электромагнитных и других приводов, применяемых в приспособлениях, можно производить, пользуясь справочниками.

5.5. Техническое нормирование труда

Для сравнения нескольких вариантов технологических процессов необходимо иметь данные о их трудоемкости.

Технической нормой времени называются установленные затраты рабочего времени, приходящиеся на единицу выполняемой работы.

Чем меньше тратится времени на единицу работы, тем больше будет совершено работы за единицу времени. Например, если токарь на точение детали затрачивает 15 мин, то за 1 ч он сделает четыре такие детали; если же он будет тратить на деталь 12 мин, то за 1 ч сделает пять деталей.

Нормой выработки является то количество работы (операций, деталей, разобранных узлов, собранных агрегатов и т. п.), которое рабочий или бригада рабочих должны сделать в единицу времени — за 1 мин, 1 ч, 1 смену.

Таким образом, норма времени T_n и норма выработки находятся в обратно пропорциональной зависимости:

$$T_n = 1/N_v, \quad N_v = 1/T_n. \quad (69)$$

На величину нормы времени (выработки) влияет целый ряд производственных факторов: степень механизации и автоматизации процессов труда; роль рабочего в выполнении конкретной операции; вид и качество исходных материалов, деталей и сырья; состояние и технический уровень орудий труда; принятая на данном производстве технология восстановления (изготовления) продукции; приемы работы; планировка рабочего места.

Норма времени (выработка) служит основой для оплаты труда рабочих, составления калькуляции себестоимости восстановления (изготовления) детали и изделия. На основе норм времени рассчитывают длительность производственного цикла, необходимое количество рабочих, оборудования и инструментов; определяют производственную мощность цеха, отделений и

участка; выполняют все планирование производства. Отсюда вытекает необходимость перед установлением нормы времени провести соответствующую подготовку, обеспечивающую наиболее экономное выполнение нормируемой работы. Прежде всего должна быть разработана наиболее рациональная в условиях данного производства технология восстановления (изготовления, сборки) детали узла, агрегата и т. д., по которой устанавливают наиболее оптимальные режимы работы. Рабочая машина (агрегат, станок, стенд) и приспособления, а также инструмент должны быть исправными, в нормальном эксплуатационном состоянии; кроме того, должны быть предусмотрены рациональная организация рабочего места и обеспечение работника чертежами, инструментом, материалами, заготовками в соответствии с требованиями научной организации труда. Выполнение работы должно поручаться рабочему соответствующей квалификации.

В норму времени не должны включаться непроизводительные затраты рабочего времени, которые возникают как из-за неполадок и организационных неувязок на производстве, так и по вине самого работника. К числу таких непроизводительных затрат рабочего времени относятся, например, остановка работы из-за перерывов подачи электроэнергии, задержки в доставке инструментов, материалов, ремонтируемых деталей, несвоевременные выдача нарядов на работу и приемка выполненной работы, хождение рабочего за контролером, наладчиком оборудования, исправление брака, опоздание или преждевременный уход с работы и т. п.

Появление новых станков, агрегатов, инструмента и приспособлений, материалов, внедрение новых совершенных технологических процессов, повышение квалификации и уровня знаний работников, совершенствование организации производства вызывают необходимость для нормировщиков, мастеров, начальников смен, участков, цехов, механиков по ремонту и других работников постоянно изучать трудовые процессы, выявлять влияние этих изменений на затраты рабочего времени для определенных работ и операций. По мере снижения этих затрат нормы времени периодически просматривают и корректируют, взамен устаревших вводят новые.

За одно и то же рабочее время работники, имеющие одинаковую квалификацию и опыт и выполняющие аналогичную работу, как правило, производят различное количество продукции, т. е. обладают разной индивидуальной способностью (производительностью). Вновь устанавливаемые нормы времени должны быть меньше средних показателей фактических затрат времени на ремонт или производство данного вида работы на конкретном предприятии, но выше минимальных затрат времени на эти работы, достигнутых передовыми рабочими.

Техническая норма времени имеет определенную структуру, которая выражается формулой

$$T_n = T_o + T_v + T_{доп} + T_{пз}/z_n, \quad (70)$$

где T_o — основное или технологическое время; T_v — вспомогательное время; $T_{доп}$ — дополнительное время; z_n — количество одинаковых изделий в партии; $T_{пз}$ — подготовительно-заключительное время на партию деталей.

Сумма основного и неперекрываемого вспомогательного времени, затрачиваемая на совершение рабочей операции, называется оперативным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_v. \quad (71)$$

Механизация и автоматизация трудовых приемов, на которое предусматривается вспомогательное время, позволяет сокращать оперативное время, повышать производительность труда.

Сумма оперативного и дополнительного времени на изготовление или ремонт одной единицы изделия называется штучной нормой времени:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп} = T_o + T_v + T_{доп}. \quad (72)$$

В серийном и единичном производствах подготовительно-заключительное время включают в норму времени в той доле, в какой оно приходится на единицу продукции (работы). Такая норма называется нормой штучно-калькуляционного времени и выражается следующей формулой:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз}/z_n. \quad (73)$$

Очевидно, что, чем крупнее партия изделий, тем меньше норма штучно-калькуляционного времени. Следовательно, экономическим резервом производства является увеличение серийности выпуска или ремонта однотипных машин.

При определении нормы времени на партию изделий или операций (технологической трудоемкости партий) расчет производят по формуле

$$T_{пар} = T_{пз} + T_{шт}z_n. \quad (74)$$

Контрольные вопросы

1. Основные этапы подготовки производства для ремонта машин.
2. На каких стандартах основывается технологическая подготовка производства?
3. Какой существует порядок сдачи машины в ремонт?
4. Какими исходными данными необходимо располагать для разработки технологических процессов?
5. Из каких основных этапов состоит работа над проектированием приспособления?
6. Какие производственные факторы влияют на норму времени?

Раздел 2 ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 6 ТЕХНОЛОГИЯ РАЗБОРОЧНО-СБОРОЧНЫХ И ОЧИСТНЫХ РАБОТ

6.1. Основы технологии разборки машин и агрегатов

Разборку машин выполняют в последовательности, предусмотренной технологическим процессом. Процесс разборки (например для трактора) начинают с тех агрегатов и узлов, которые могут препятствовать снятию других агрегатов и узлов, или с тех агрегатов, которые по условиям техники безопасности следует снять с машины в первую очередь. Учитывая это, при разборке, например, самоходной машины в первую очередь снимают рабочие органы, цепные передачи, тросы, топливный бак. Затем снимают внешние узлы двигателя (радиаторы, топливную аппаратуру и т. п.), отъединяют механизмы управления главной муфтой, лебедкой и др. После этого снимают коробку передач, двигатель, реверсивный механизм, лебедку и в последнюю очередь — агрегаты ходовой системы.

Разборка в зависимости от объема работ (программы ремонтного предприятия) организуется на универсальных постах и на поточных линиях.

Пост — это часть производственной территории, предназначенная для проведения технологических операций и включающая одно или несколько рабочих мест.

Рабочее место — часть территории поста, включающая обслуживание его одним или несколькими рабочими, связанными общностью выполнения технологических операций.

При мелкосерийном характере работ разборка машин и агрегатов может осуществляться на универсальных, специализированных или смешанных постах. Степень разделения труда на постах определяется требованиями синхронизации производства и программой выпуска.

Разборку объекта и его составных частей можно производить двумя способами: стационарным или поточным. При стационарном способе машины разбирают на агрегаты на од-

ном посту. Недостатком этого способа является длительный простой машины при ее разборке из-за того, что число рабочих на посту по условиям удобства работы и достижения наивысшей производительности не должно превышать четырех человек. В связи с этим стационарный способ разборки применяют на мелких ремонтных предприятиях.

При поточном способе разборки машины на агрегаты, а агрегатов на детали имеется возможность процесс разборки расчленить на отдельные одноименные операции, выполняемые на определенных постах, что повышает производительность труда, сокращает время разборки, создает условия более рационального использования средств механизации и автоматизации. При проектировании поточной разборки следует установить синхронизацию пребывания объекта на отдельных постах:

$$t_1/m_1 = t_2/m_2 = \dots = t_n/m_n = t_p, \quad (75)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n — трудоемкость разборочных работ, выполняемых соответственно на 1, 2, ..., n постах; m_1, m_2, \dots, m_n — число рабочих, занятых на разборочных работах соответственно на 1, 2, ..., n постах; t_p — продолжительность разборочных работ.

Показателем, характеризующим время разборки машин, является ритм производства, который определяется по формуле

$$\tau = 60 F_{п.л} z \eta_{ис} / N_p, \quad (76)$$

где $F_{п.л}$ — годовой фонд рабочего времени поточной линии, ч; z — сменность (принятое число смен 1, 2, 3); N_p — годовая программа, шт.; $\eta_{ис}$ — коэффициент, учитывающий использование рабочего времени поточной линии.

Продолжительность технологического цикла разборки $t_{ц}$ равна

$$t_{ц} = T_p / m_{ср}, \quad (77)$$

где T_p — нормативная трудоемкость разборочных работ одного объекта; $m_{ср}$ — среднее число рабочих на одном посту (2—4 чел.).

Число постов поточной линии определяется из соотношения

$$n = t_{ц} / \tau. \quad (78)$$

Длина одного поста поточной линии определяется по формуле

$$l_{п} = l_o + l_{пр}, \quad (79)$$

где l_o — длина объекта, м; $l_{пр}$ — расстояние проходов между объектами, м.

Общая длина поточной линии равна

$$l_{п.л} = l_{п} n. \quad (80)$$

Основным конструктивным устройством поточной линии является конвейер. При разборке машин и агрегатов применяют

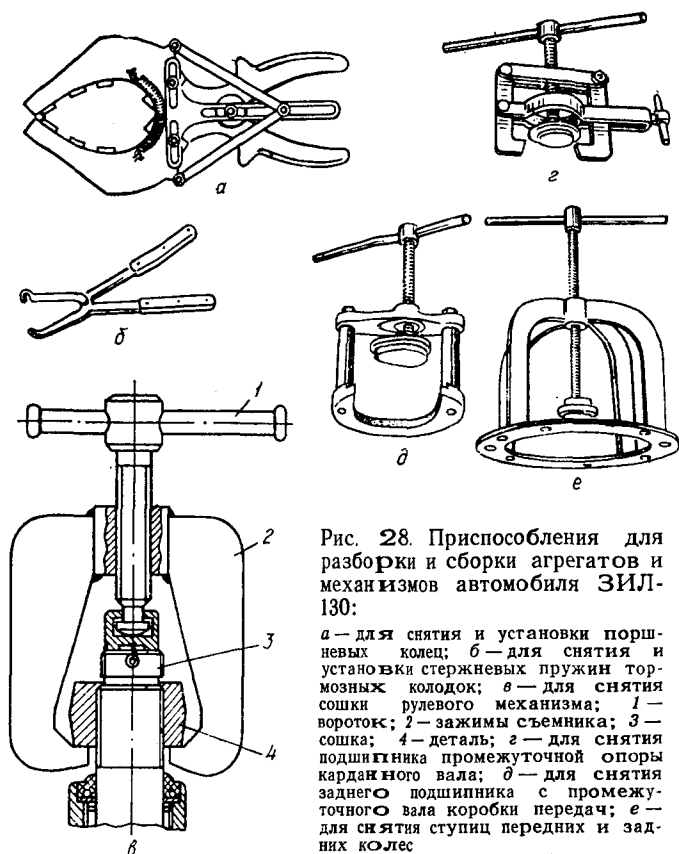


Рис. 28. Приспособления для разборки и сборки агрегатов и механизмов автомобиля ЗИЛ-130:

а — для снятия и установки поршневых колец; б — для снятия и установки стержневых пружин тормозных колодок; в — для снятия сошки рулевого механизма; 1 — вороток; 2 — зажимы съемника; 3 — сошка; 4 — деталь; г — для снятия подшипника промежуточной опоры карданного вала; д — для снятия заднего подшипника с промежуточного вала коробки передач; е — для снятия ступиц передних и задних колес

напольные тележные конвейеры, вертикально и горизонтально замкнутые. Наиболее широкое применение в ремонтной практике нашли напольные рельсо-тележечные конвейеры с подачей свободной тележки на начало потока внутрицеховым мостовым краном.

Основные работы, выполняемые при разборке машин, агрегатов, узлов следующие: подъемно-транспортные перемещения, разборка подвижных и неподвижных соединений. Подъемно-транспортные операции составляют от общей трудоемкости разборочных работ 8—10 %. Для перемещения машин к месту разборки и вывода их из цеха используют тягачи, приводные лебедки, мотовозы.

Разборочно-сборочные работы на автомобилях ЗИЛ, ГАЗ, МАЗ, КраЗ выполняются комплектом съемников. Так, приспособление для снятия сошки рулевого управления действует следующим образом (рис. 28, в). Зажимы съемника 2 установ-

ливают на сошке 3 и с помощью воротка, упирающегося в вал сошки, сдвигают втулку с вала и затем снимают.

Если в корпусе осталась часть сломанной шпильки или болта, то ее извлекают из отверстия одним из способов:

в шпильке сверлят отверстие, в которое легкими ударами забивают стальной закаленный бор с прорезями на конической части; вращая бор, удаляют шпильку;

если сломанный конец шпильки выступает над поверхностью корпуса, то к торцу шпильки приваривают гайку, при помощи которой вывертывают остаток шпильки;

в торце шпильки (болта) прошивают электроискровым способом квадратное отверстие и квадратным наконечником, введенным в это отверстие, вывертывают шпильку.

Для разборки неподвижных соединений, например выпрессовки втулок, применяют различного рода съемники (рис. 29) и прессы. На ремонтных предприятиях получили распространение пневматические и гидравлические съемники. Они могут быть ручного действия или гидравлического. Прессы ручного действия с усилием 10—30 кН используют для выпрессовки и запрессовки подшипников, втулок, звездочек, шестерен и др. Прессы гидравлического действия (рис. 30) применяют для приложения больших усилий. Гидронасос приводится в действие электродвигателями. Детали для выпрессовки или запрессовки устанавливают на стол прессы. Для правки вал устанавли-

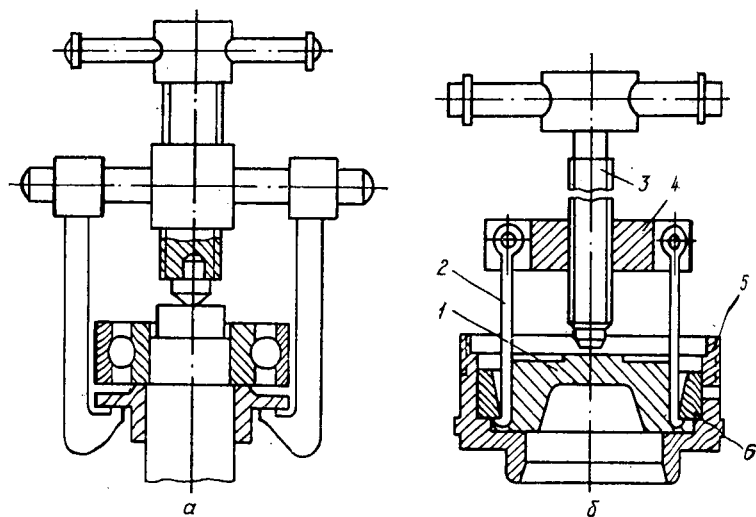


Рис. 29. Винтовые съемники для выпрессовки подшипников:

а — винтовой съемник для выпрессовки подшипника с приложением усилия к внутреннему кольцу; б — то же, с приложением усилия к наружному кольцу; 1 — упорный стакан; 2 — тяга; 3 — винт; 4 — траверса; 5 — корпус; 6 — наружное кольцо

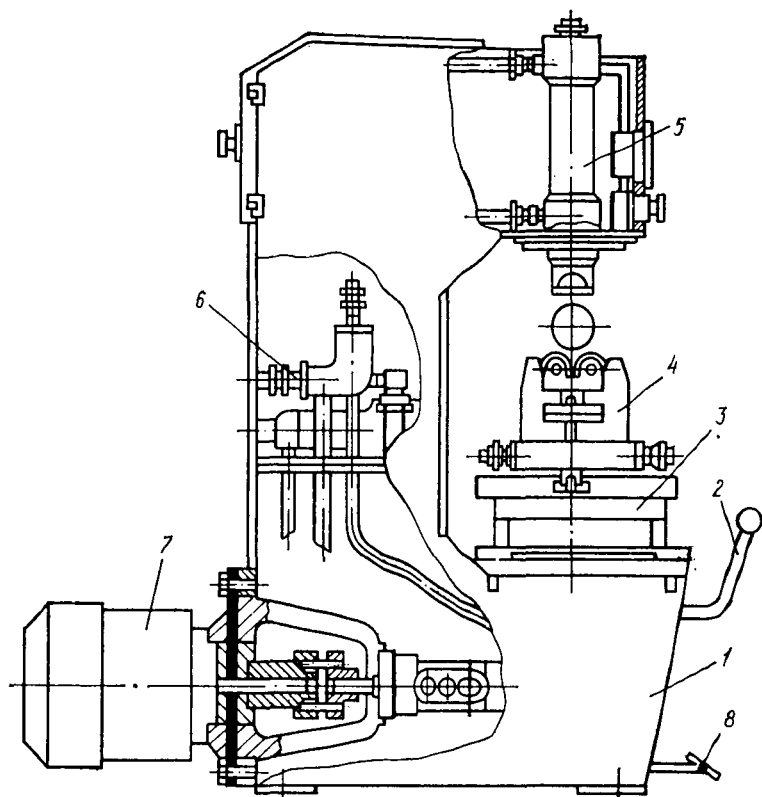


Рис. 30. Гидравлический пресс:

1 — станина; 2 — рукоятка; 3 — стол; 4 — тележка; 5 — гидроцилиндр; 6 — гидронасос; 7 — электродвигатель; 8 — педаль

ливают на ролики, смонтированные на тележке. Управление прессом может быть ручное или при помощи ножной педали.

Гидравлические прессы широко используют для разборки и сборки гусеничных цепей тракторов и экскаваторов.

6.2. Очистка машин, агрегатов и деталей

Физико-химические основы мойки машин, деталей, агрегатов. Очистка от загрязнений — сложный физико-химический процесс, включающий механические, химические, тепловые и адсорбционные воздействия на деталь с последующим отделением загрязнений с их поверхности.

Минеральные масла и продукты их разложения плохо растворяются в воде, поэтому в состав моющих растворов вводят щелочи и вещества с большой поверхностной активностью, об-

легчающие удаление загрязнений с поверхности деталей. Минеральные масла по химическому составу неомыляемы, поэтому под действием щелочей они не разлагаются, образуя эмульсии (мелкодисперсные растворы). Щелочные растворы, снижая поверхностное натяжение масляной пленки, неспособны полностью отделить ее от детали, поэтому в них добавляются эмульгаторы, способствующие разрыву и отрыву масляной пленки от поверхности детали в виде отдельных мелких капель. Эти капли обволакиваются эмульгатором, который не позволяет им соединиться между собой и повторно прилипнуть к поверхности детали. Роль эмульгаторов играют мыло и поверхностно-активные вещества (мыло — ОП-7, ОП-10, ДС-РАС и др.). Хозяйственное мыло разводят в воде в количестве 8—10 г/л, добавки ОП-7 и ОП-10 (маслообразные жидкости или пасты) в количестве 2—6 г/л.

В зависимости от соотношения загрязнений и моющей жидкости загрязнения могут всплывать на поверхность растворов, находясь во взвешенном состоянии или оседать на дно ванны. С поверхности раствора всплывшие мелкие капли масла удаляются струей раствора (из шланга). При удалении пористых твердых загрязнений молекулы поверхностно-активных веществ, подобно процессу эмульгирования, проникают в толщу загрязнений, обволакивают их частицы, ослабляют связь между частицами и способствуют их отделению от детали.

Практика ремонтных предприятий показала, что целесообразно применять многостадийную мойку, т. е. вначале промывать машину, агрегаты, затем частично разобранные агрегаты и после этого отдельные детали.

Для очистки используют следующие моечные средства: щелочные синтетические (СМС), состоящие из смеси солей и синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), растворяемых в воде; растворяюще-эмульгирующие (РЭС), обычно в готовом виде. ПАВ облегчают разрушение жировых пленок, предупреждают повторное осаждение загрязнений на очищаемых поверхностях, стабилизируя загрязнения в моющей жидкости.

Моечно-очистное оборудование. В соответствии с ГОСТ 18206—78 установлены следующие типы машин: струйные мобильные (СМ), струйные камерные (СК), погружные (П), комбинированные (К) и специальные (СП).

Струйные мобильные шланговые установки применяются в основном для наружной мойки и очистки машин. Другие типы машин (СК, П, К) используются на всех стадиях мойки. Струйные и погружные камерные машины бывают тупиковыми, проходными и конвейерными. К типу погружных относятся также машины для очистки деталей от нагара и накипи в расплаве солей.

На ремонтных предприятиях, имеющих большую программу ремонта машин, применяют моечные машины комбинированного типа, которые сочетают несколько способов очистки, например погружного и струйного. При этом детали сначала промывают в ванне, а затем подвергают струйной очистке. В табл. 3 приведены технические характеристики применяемого моечного оборудования и режимы очистки машин, агрегатов, узлов и деталей.

3. Технические характеристики моечного оборудования

Марка моечного оборудования	Вид очистки	Концентрация моющих средств, г/л	Температура, °С	Продолжительность, мин
	Наружная мойка машины:			
ОМ-830, ОМ-3360А ОМ-5285, ОМ-5361 ОМ-1438А, ОМ-3210	шланговая	2—3	60 . . . 90	10—30
ОМ-81	в камерах	15—20	70 . . . 85	30—40
ОМ-837Г, ОМ-1366, АКТБ-116М, ОМ-1459А, ОМ-1418А	Наружная очистка агрегатов	15—20	70 . . . 85	20—30
ОМ-2839, ОМ-4610 АКТБ-114, ММЗ	Очистка деталей	15—20	70 . . . 85	20—30
ОМ-4260П, ОМ-887, ОМ-4610	Очистка от нагара и накипи	20—30	80 . . . 90	25—35
ОМ-3231, ВТЗ-6083	Очистка перед сборкой	5—8	70 . . . 85	5—10

Наружная мойка машин. Наружную мойку и очистку проводят на моечной площадке при помощи моечных установок ОМ-830, ОМ-3360А, высоконапорной струйной установки марки ОМ-5285 (рис. 31). Перед мойкой с машины снимают электрооборудование, оборудование системы питания, воздухоочиститель, контрольные приборы, сиденье, спинку, подлокотники и направляют их на участки ремонта и сборки.

Для наружной мойки гусеничных тракторов до класса 60 кН и колесных тракторов класса 14 кН на ремонтных предприятиях применяют специальные моечные машины ОМ-8036 струйно-камерного типа с поворотным кругом. Для мойки тракторов ТТ-4, МТП-71 и др. используют моечную машину ОМ-5535 с напольным конвейером или моечную машину ОМ-1438 с подвижными гидрантами. Применяют также оборудование для наружной мойки машин методом погружения (рис. 32). Температура моющего раствора должна быть 75... 90 °С.

После мойки с машин снимают крылья, облицовку, капот и кабину. Их по необходимости направляют на выварку в специальные ванны.

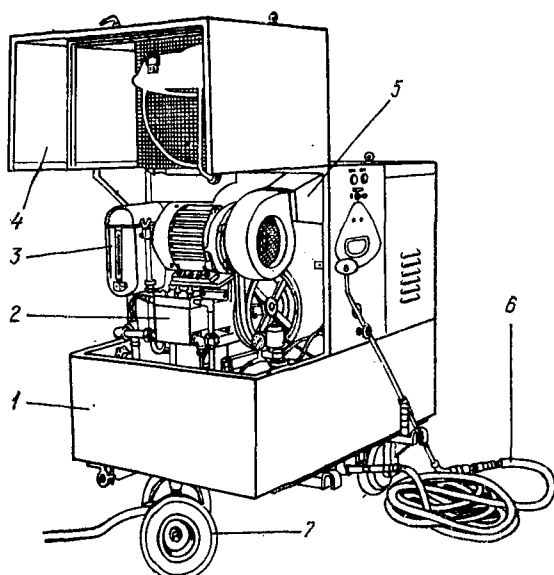


Рис. 31. Очиститель пароводоструйный ОМ-5285:

1 — корпус; 2 — насос; 3 — бак; 4 — крышка; 5 — вентилятор; 6 — шланг; 7 — ходовая часть

Мойка агрегатов. Для мойки агрегатов применяют проходную однокамерную машину ОМ-837Г ГОСНИТИ с вращающимся гидрантом. Габариты ее моечной камеры рассчитаны на мойку агрегатов равных (или меньших) по размерам двигателю СМД-14 в сборе. Можно использовать проходную однокамерную машину АКТБ-116М с качающимися гидрантами, при

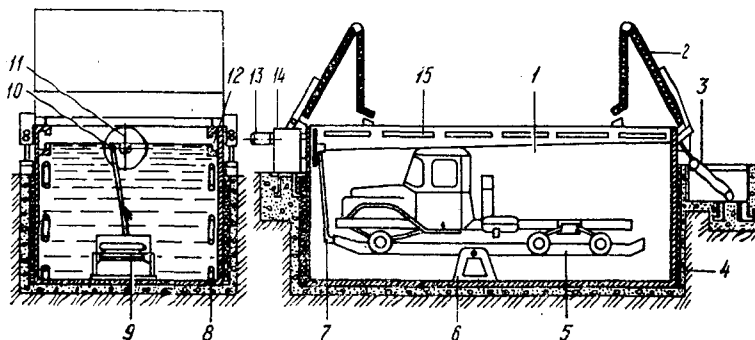


Рис. 32. Ванна установки для мойки автомобилей методом погружения:

1 — ванна; 2 — крышка ванны; 3 — гидравлический цилиндр; 4 — шлаковая подушка; 5 — качающаяся рама; 6 — стойка; 7 — шатун; 8 — трубчатый нагреватель; 9 — ось балансира; 10 — соединительный шарнир; 11 — дисковый кривошип; 12 — маслоблочные каналы; 13 — электродвигатель; 14 — редуктор; 15 — маслоблочные окна

этом агрегаты навешивают в горизонтальном положении на подвесном конвейере.

При проведении мойки агрегатов должно обеспечиваться тщательное обезжиривание их поверхности.

Активизация процесса обезжиривания достигается нагревом раствора до 70...90 °С.

Струйную очистку агрегатов и деталей от масляных и асфальто-смолистых загрязнений выполняют в моечных машинах растворами «Лабомид-101 и 102», представляющими собой смесь синтетических поверхностно-активных веществ с щелочными солями. Эти моющие средства нетоксичны, негорючи, взрывобезопасны и хорошо растворяются в воде. В виде водных растворов концентрацией 10—30 г/л при 70...85 °С их используют в любых моечных машинах струйного типа. Моющее средство «Лабомид-203» в виде водного раствора концентрацией 25—35 г/л при 80...100 °С применяют для очистки деталей погружением их в ванны.

Мойка и обезжиривание деталей. Для мойки деталей рекомендуется использовать машины ГОСНИТИ ОМ-4267 (двухкамерная с подвесным конвейером) и ОМ-2839 (двухкамерная с прутковым напольным конвейером).

От асфальто-смолистых отложений детали из черных и цветных металлов и сплавов (включая алюминий) очищают в два приема: погружением в раствор «Лабомид-203», а затем струйной очисткой раствором «Лабомид-101» или «Лабомид-102».

Детали, прошедшие очистку растворами этих моющих средств, не требуют ополаскивания. Продолжительность очистки от асфальто-смолистых отложений растворами марки «Лабомид» составляет для агрегатов и узлов 0,5—1 ч, для деталей 1,5—3 ч. Продолжительность моющих операций, мин: для агрегатов и узлов в сборе — 15; для деталей трансмиссии — 8—20; для деталей двигателей — 20—45.

Кроме указанных препаратов, для струйной очистки узлов и деталей из черных и цветных металлов и сплавов применяют препараты «Тракторин», МЛ-51 и МЛ-52. Препараты «Тракторин» и МЛ-51 используют в моечных машинах при струйной очистке, а МЛ-52 — для очистки деталей от асфальто-смолистых отложений методом выварки. Эффективным препаратом для очистки деталей является синтетическое моющее средство МС-6. Старую краску удаляют специальными смывками (АФТ-1 или СП-7), а также погружая детали на 40—50 мин в ванну с горячим раствором каустической соды с последующей промывкой горячей водой.

Очистка деталей от нагара и накали производится несколькими способами:

механическим — при помощи щеток и скребков в установке с вращающимся барабаном;

пневматическим — косточковой крошкой в установке ОМ-3181, металлическим песком, гидropескоструйной обработкой;

химическим и термохимическим — в расплаве солей и щелочей при температуре 400... 500 °С в установке ОМ-4944.

Наиболее эффективным способом очистки и удаления нагара является ультразвуковой. Детали топливной аппаратуры, гидросистемы, а также шариковые и роликовые подшипники промывают в ультразвуковых моечных установках.

Ультразвуковая очистка — сложный процесс, сочетающий местную кавитацию с действием больших ускорений в очищаемой жидкости, что приводит к разрушению загрязнений и способствует эмульгированию жировых примесей. Если загрязненную деталь поместить в жидкость и облучить ультразвуком, то под действием ударной волны кавитационных пузырьков поверхность детали очищается от грязи. Кроме того, в жидкости возникает много пузырьков, не связанных с кавитационными явлениями. Эти пузырьки проникают в поры, щели и зазоры между загрязнениями и поверхностью детали. Под действием ультразвуковых колебаний пузырьки интенсивно колеблются, также вызывая разрушения верхнего загрязненного слоя. Но колеблющиеся пузырьки являются второстепенным фактором при очистке. Решающее же значение имеет ультразвуковая кавитация, связанная с возникновением в жидкости мельчайших пузырьков. Ультразвуковые волны, распространяющиеся в жидкости, образуют чередующиеся области повышенных и пониженных давлений, создающих зоны высоких сжатий и зоны разрежений. В разреженной зоне гидростатическое давление понижается до такой степени, что силы, действующие на молекулы жидкости, становятся больше сил межмолекулярных связей. В результате резкого изменения гидростатического равновесия жидкость разрывается, образуя многочисленные мельчайшие пузырьки газов и паров. В следующий момент, когда в жидкости наступает период высокого давления, образующиеся ранее пузырьки захлопываются. Процесс захлопывания пузырьков сопровождается образованием ударных волн с очень большим местным мгновенным давлением.

Качество ультразвуковой очистки зависит от выбора моечной среды, которая должна обладать как можно большей химической активностью по отношению к загрязнениям. Чистую воду несмотря на ее высокую кавитационную способность применять для ультразвуковой очистки нецелесообразно. Более эффективны водные растворы щелочей, кислот, солей с добавлением ПАВ (табл. 4).

Моечные установки большой мощности (более 1 кВт) применяются для очистки таких деталей, как картеры и коленчатые валы автомобильных и тракторных двигателей, а уста-

4. Водные растворы для обезжиривания металлов

Состав раствора	Очищаемый материал	Концентрация, г/л	Температура раствора, °C
Тринатрийфосфат Na_3PO_4	Черные металлы и их сплавы	30	50 ... 60
Поверхностно-активное вещество ОП-7 (ОП-10)	Алюминий	3	45 ... 55
	Черные металлы и их сплавы	3	50 ... 60
Кальцинированная сода Na_2CO_3	Алюминий	3	45 ... 55
	Черные металлы и их сплавы	10	50 ... 60

новки малой мощности (от 0,04 до 1 кВт) применяются для очистки мелких деталей, таких, как детали гидросистем дизельной топливной аппаратуры и др.

Наиболее широкое применение получили в ремонтном производстве ультразвуковые ванны (УЗВ-15М, УЗВ-16М, УЗВ-17М и УЗВ-18М), предназначенные для очистки деталей от жировых и механических загрязнений.

6.3. Дефектовка, контроль, сортировка и комплектование деталей

Дефектовка. Промытые и очищенные детали подвергают дефектации, при которой определяют пригодность их для дальнейшей работы. Дефектацию выполняют на специальных рабочих местах, оснащенных необходимым комплектом приборов, приспособлений и измерительного инструмента. Работу проводят на основании карт дефектации и технических условий на ремонт, в которых указаны типичные дефекты соответствующих деталей, способы обнаружения, выбраковочные признаки и рекомендуемые методы ремонта.

Дефектовку деталей начинают с наружного осмотра для выявления явно выраженных пробоев, трещин, вмятин, обломов, срыва резьбы и т. д. Величину износа определяют мерительным инструментом (пробками, скобами, шаблонами, микрометрами, индикаторами и др.). Нарушение герметичности в корпусных деталях проверяют путем гидравлических испытаний на специальных установках.

Определение скрытых дефектов проводится с применением неразрушающих методов контроля: магнито-порошковым, капиллярным (люминесцентным, цветным), ультразвуковым.

Магнито-порошковый метод дефектоскопии используется для обнаружения поверхностных и близко расположенных к поверхности трещин, раковин и неплотностей в ферромагнитных деталях машин. Магнитный поток, проходя через

деталь, в местах с дефектами изменяет свою величину и направление (рис. 33), которое регистрируется нанесенным на испытываемую деталь магнитным порошком (после намагничивания детали или действия намагничивающего поля). Порошок оседает по кромкам трещины.

Ферромагнитный порошок (обычно прокаленный оксид железа — крокус) применяют в сухом виде или в виде суспензии, т. е. порошка, находящегося во взвешенном состоянии в трансформаторном масле или керосине в пропорции 1 : 30, 1 : 50.

Для обнаружения наружных дефектов деталей тел вращения, перпендикулярных оси детали, применяют намагничивание в поле соленоида (рис. 33, а); продольных оси детали — циркулярное намагничивание (рис. 33, б); расположенных в различных направлениях — комбинированное намагничивание (рис. 33, в).

Для намагничивания деталей применяются универсальные дефектоскопы: УМД-9000 ВИАМ, М-217 ЗИЛ, ЦНВ-3, ЦНИИТМАШ, 77ПМД-3М, МД-50П, ДМП-2, ПМД-70.

Наиболее удобен переносный дефектоскоп 77ПМД-3М (рис. 34). Электропитание дефектоскопа осуществляется от источника постоянного тока напряжением 26 или 52 В либо от переменного тока напряжением 220 В. Намагничивание можно проводить в поле катушки соленоида 4, пропуская ток через деталь или укладывая ее на полюса электромагнитов 1.

С помощью дефектоскопа типа МК (магнитный карандаш) можно выявлять трещины на небольших участках поверхности детали. При перемещении магнита по контролируемой поверхности на невидимых трещинах детали откладывается хорошо заметный валик из порошка.

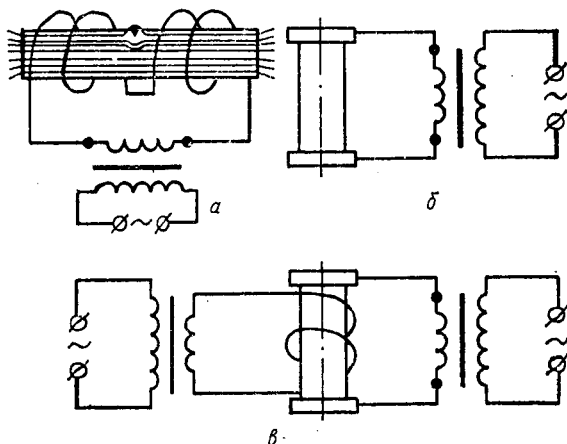


Рис. 33. Схема намагничивания деталей переменным током:

а — продольное (в поле соленоида); б — циркулярное; в — комбинированное

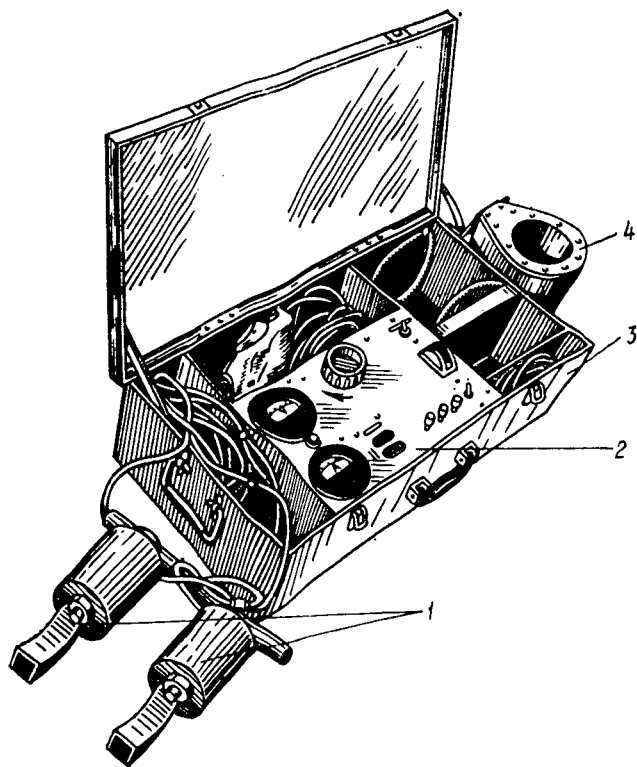


Рис. 34. Общий вид магнитного дефектоскопа 77ПДМ-ЗМ:

1 — электромагниты; 2 — панель с приборами; 3 — футляр; 4 — соленоид

После магнитной проверки деталь следует размагнитить, для чего ее помещают внутрь катушки соленоида, а затем постепенно выводят за пределы действия магнитного поля или уменьшают ток в соленоиде от максимума до нуля.

В последнее время на основе использования изменений магнитного потока при различном состоянии металла разрабатывается оборудование для неразрушающих методов контроля, с помощью которого можно определить наличие поверхностных и подповерхностных трещин, усталостных повреждений и изменение твердости поверхности детали.

Метод порошковой магнитной дефектоскопии не универсален — он пригоден только для проверки качества деталей, изготовленных из ферромагнитных металлов. Возможности выявления дефектов методом магнитной порошковой дефектоскопии при обнаружении глубинных дефектов гораздо ниже, чем у других методов. В то же время этот метод является одним из лучших для выявления поверхностных дефектов.

Результаты магнитной дефектоскопии можно записать на магнитную ленту, используя в качестве индикатора тот же магнитный порошок, нанесенный на ленту. При исследовании лента накладывается на контролируемое изделие, которое намагничивается импульсным полем. В зависимости от того, есть ли дефекты в проверяемом изделии или нет, магнитное поле будет распределяться по поверхности детали по-разному, поэтому ферромагнитные частицы на ленте намагнитятся в различной степени.

Преимущество метода записи на магнитную ленту перед обычным порошковым методом заключается в его большой производительности. Например, при проверке качества сварных стыков трубопроводов диаметром 250—300 мм за один период намагничивания можно проверить полностью весь стык по периметру. Запись на магнитной ленте не требует какой-либо дополнительной обработки, а время на ее воспроизведение незначительно. Это позволяет перейти от выборочного контроля к 100 % -му и не только сварных стыков, но и многих других изделий.

Индукционный метод применяется преимущественно для обнаружения раковин, непроваров и других скрытых дефектов. В приборах индукционного действия искателями (индикаторами) служат катушки, которые надевают на испытываемое изделие или изделия размещают на их поверхности. Если катушку заставить вибрировать, изделие может намагничиваться также постоянным магнитным полем. Индукционная катушка соединяется с регистрирующим прибором непосредственно или через усилительные устройства. Катушки перемещают вдоль изделия (или изделие протаскивают через катушку), в момент пересечения мест дефекта в витках катушки ввиду изменения магнитного потока возникает электродвижущая сила индукции, которая регистрируется приборами (гальванометрами, лампами и др.). По этому принципу работают многие приборы. Существенным недостатком индукционного метода контроля является малая его чувствительность к тончайшим поверхностным дефектам типа волосовин, шлаковых включений и т. д.

Капиллярные методы основаны на явлении капиллярного проникновения смачивающей жидкости в поверхностные трещины, поры и т. д. К этим методам относится, например, *люминесцентный*, который применяют для выявления поверхностных трещин и пор в деталях, выполненных из немагнитных материалов.

Люминофоры (минеральные масла или кристаллические вещества в виде порошка — дефектоль, антрацен и др.) наносят на поверхность деталей. После некоторой выдержки (15—20 мин) люминофор проникает в трещины, а с поверхности

детали его удаляют, протирая древесными опилками и волосными щетками. Очищенную поверхность обдувают воздухом и наносят на нее проявляющее вещество (углекислый магний, тальк или силикагель). После этого детали осматривают в затемненном помещении на установках (ЛЮМ-1, ЛД-4 и др.) в лучах ультрафиолетового света через ультрафиолетовый фильтр. Под действием ультрафиолетовых лучей люминофоры в местах расположения трещин начинают светиться.

Для выявления трещин на ферромагнитных сплавах, имеющих темную поверхность, применяется магнито-люминесцентная дефектоскопия. Этот метод отличается от магнитного тем, что к суспензии добавляется люминофор.

Трещины можно обнаружить и с помощью керосина. Деталь смачивают в течение 10—30 мин керосином и вытирают досуха. Затем на поверхность наносят тонкий слой мела или каолина. После высыхания обмазки керосин, выходя из капиллярной трещины, смачивает обмазку и показывает расположение трещины.

Ультразвуковая дефектоскопия основана на способности ультразвуковых колебаний распространяться в различных материалах на большие расстояния в виде направленных пучков (лучей) и отражаться от поверхности дефектов или ослабляться ими. Измеряя время от момента посылки импульсов до момента их приема после отражения, можно определить расстояние до дефекта и его величину.

Для контроля качества деталей применяют дефектоскопы УЗД-7Н, ДУК-13ИМ, ДСК-1, ДУК-66ПМ, УД-11ПУ, ЭКОН-2, электронная часть которых выполнена на интегральных микросхемах и полупроводниковых элементах.

Сортировка деталей. При дефектации детали сортируют на три группы: годные для дальнейшей эксплуатации; подлежащие восстановлению; негодные. По результатам проверки дефектовщик маркирует *зеленой* краской детали, размеры которых не выходят за размеры, указанные в карте дефектации, т. е. когда деталь годна в сопряжении с деталью, бывшей в эксплуатации. Детали, размеры которых превышают допустимые без ремонта, подлежат восстановлению и маркируются *белой* краской. Выбракованные детали маркируют *красной* краской и направляют в металлолом. На основании данных, полученных в процессе дефектации, определяют важные с точки зрения организации технологии восстановления данные, которые позволяют установить количественные значения повторяемости и наличия дефектов. Определяются следующие показатели:

$$\eta_r = n_r/N, \quad \eta_b = n_b/N, \quad \eta_c = n_c/N, \quad (81)$$

$$\eta_r + \eta_b + \eta_c = 1. \quad (82)$$

где N — общее количество одноименных деталей, дефектуемых за какой-то

период времени; η_r — коэффициент годных деталей; η_b — коэффициент, учитывающий количество деталей, требующих восстановления; η_6 — коэффициент, учитывающий количество бракованных деталей.

Комплектация. Комплектование деталей представляет собой подбор сопряженных деталей и, если необходимо, их подгонку. Комплектование выполняют согласно дефектовочной ведомости из деталей, прошедших ремонт; из деталей, признанных годными по результатам дефектации; из новых, полученных со склада запасных частей. Комплектование деталей выполняется для достижения определенной точности сопряжения, т. е. необходимого зазора или натяга или подбора деталей по массе. Его выполняют в комплектовочном отделении, где находится комплектовочный склад и рабочие места для слесарно-пригоночных работ, оснащенные соответствующими измерительными средствами и оборудованием. Подбор сопряженных деталей может быть штучный и групповой.

Сущность штучного подбора заключается в том, что по одной детали с каким-то размером подбирают другую деталь данного сопряжения исходя из требуемого зазора или натяга в сопряжении. При подборе выполняют припиловку или шабрение. Этот метод требует много времени.

Для комплектования деталей ответственных сборочных единиц применяют метод группового (селективного) подбора деталей.

В ряде случаев при комплектовании деталей необходимый зазор в сопряжении непосредственным измерением определить трудно. Тогда применяют практические способы проверки правильности подбора деталей. Например, при подборе поршней по цилиндрам поршень без колец и пальца вставляют в цилиндр, между поршнем и поверхностью цилиндра протягивают ленточный щуп, определяя усилие по динамометру. Например, для двигателя автомобиля ЗИЛ-130 при толщине щупа 0,08 мм и ширине 13 мм усилие по динамометру составляет 35–40 Н.

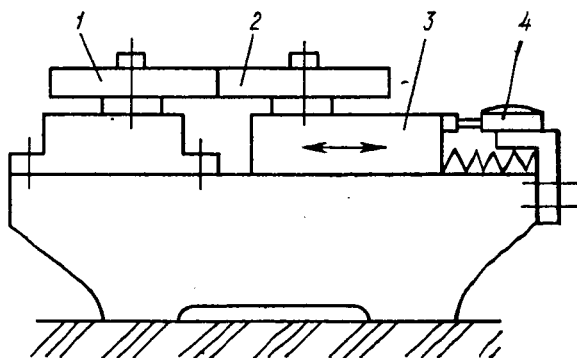


Рис. 35. Прибор для проверки зацепления:

1 — проверяемое зубчатое колесо; 2 — эталонное зубчатое колесо; 3 — подвижная каретка; 4 — индикатор

При подборе поршневого пальца по втулке головки шатуна сопряжение с необходимым зазором (0,0045—0,0095 мм) будет получено в том случае, когда палец входит в отверстие втулки при нормальной температуре помещения от легкого усилия большого пальца руки. Поршни, кроме подбора по размеру, подбирают также и по массе. Например, для двигателя ЗИЛ-130 разница в массе поршней должна составлять не более 8 г.

Зубчатые колеса подбирают на приборе для проверки колес на зацепление (рис. 35). На этом приборе определяют правильность профиля зубьев, ошибки шага, эксцентриситет и другие возможные ошибки зацепления.

Детали определенной размерной группы отправляют на сборку в специальной таре с обозначением номера группы. На участке сборки узлов и агрегатов имеются специализированные стеллажи для хранения готовых комплектов.

6.4. Балансировка деталей

Для обеспечения высокого качества сборки подбор и комплектацию деталей проводят при соблюдении следующих обязательных условий: детали, поступающие на сборку, должны отвечать техническим условиям по точности геометрических размеров и форме; детали, работающие со знакопеременными нагрузками (шатунно-кривошипная группа), должны быть подобраны, кроме того, по массе в соответствии с техническими условиями; для получения одинакового запаса на износ во всех одноименных сопряжениях вращающиеся детали, прошедшие восстановление любым способом, могут быть не уравновешены, поэтому перед подачей на сборку должны быть сбалансированы. Неуравновешенность представляет собой несовпадение центра тяжести тела с осью вращения и оси вращения с главной осью инерции. Причины неуравновешенности: неточность в размерах изготовления деталей; неравномерная плотность материала; погрешности сборки (перекосы, смещения). Устранение этого дефекта производится в основном при сборке с помощью статической и динамической балансировки. Статической балансировке подвергаются главным образом детали, у которых диаметр значительно больше их длины: маховики, диски, крыльчатки вентиляторов и т. д. (рис. 36). При смещении центра тяжести маховика на эксцентриситет относительно оси вращения в эксплуатации возникает центробежная сила инерции F , определяемая соотношением

$$F = M\omega^2e, \quad (83)$$

где M — масса маховика, кг; ω — угловая скорость вращения, рад/с; e — эксцентриситет, м.

Для того чтобы избавиться от воздействия данной силы на подшипники, необходимо к облегченной части маховика добавить компенсирующую массу m_k в точке, диаметрально противоположной по отношению к центру на определенном расстоянии r . Чтобы при вращении маховика центробежная сила инерции, действующая на дополнительно введенную массу m_k , уравновесила силу инерции, должно соблюдаться следующее соотношение:

$$\left. \begin{aligned} m_k r \omega^2 &= M \omega^2 e, \\ m_k &= \frac{e}{r} M. \end{aligned} \right\} \quad (84)$$

следовательно

Задавшись значением r , определяют необходимую добавляемую массу.

Практически статическую балансировку производят удалением части материала: высверливанием или опиловкой добиваются такого положения маховика, посаженного на оправке, при котором после поворота его на любой угол он оставался неподвижным, т. е. был бы в состоянии безразличного равновесия. Выполняется это на длинных, горизонтально расположенных призмах или роликах с малым сопротивлением трения в опорах.

Динамической балансировке подвергают коленчатые валы в сборе с маховиком и без него, карданные валы, блоки шестерен коробок передач и др.

Динамическую балансировку деталей проводят на специальных балансировочных стендах, например стенд 2468. При вращении детали, помещенной на упругих опорах стенда, под действием центробежных сил и их моментов опоры начинают колебаться. Амплитуду максимальных колебаний одной из опор измеряют. К детали поочередно прикрепляют различные по

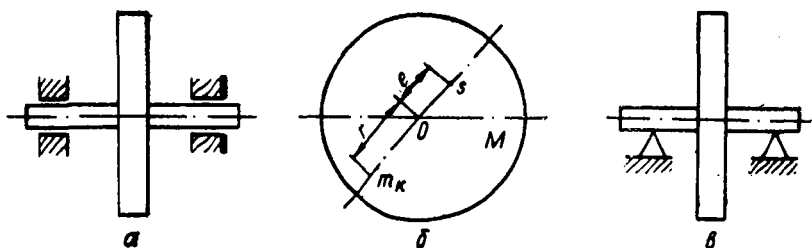


Рис. 36. Схема статического балансирования маховика:

a — маховик, насаженный на вал, лежащий на двух подшипниках; b — сечение маховика: O — центр вращения; S — центр масс маховика; e — эксцентриситет маховика; r — расстояние от центра вращения до положения компенсирующей массы m_k ; M — масса маховика; e — вал маховика уложен на призмы

массе пробные грузы, чтобы прекратить колебания этой опоры. То же самое проделывают и с другой опорой. Балансировка считается законченной, если при вращении детали не возникают колебания опор. Динамическая балансировка может проводиться как для отдельных деталей, так и для узлов и агрегатов — балансировка двигателя в сборе. Для этого используют электротормозные стенды (например, КИ-4267). Они дополнительно оборудованы упругой подвеской для крепления двигателя, специальным уравновешенным приводом и виброметром ЭВМ-БП. Перед балансировкой двигатель прогревают, температуру и давление масла поддерживают в рабочих пределах. В процессе балансировки частоту вращения коленчатого вала постепенно доводят до максимальной (у двигателя СМД-14 — до $1790\text{—}1850\text{ мин}^{-1}$), измеряют амплитуду колебаний и подбирают массу груза, ввертываемого в отверстие упорного диска муфты сцепления. Если двигатель не поддается балансировке и амплитуда его колебаний превышает $300\text{—}350\text{ мкм}$, его заново перебирают.

Величины допустимых при ремонте значений дисбаланса для некоторых деталей и узлов грузовых автомобилей приведены в табл. 5.

5. Допустимый дисбаланс деталей и узлов грузовых автомобилей

Деталь	Значение дисбаланса, Н·м
Коленчатый вал	0,2—0,3
То же, в сборе с маховиком и сцеплением	0,5—0,7
Маховичок	0,35—0,60
Диск сцепления	0,3—0,5
Карданный вал	0,5—0,75

6.5. Технологические методы сборки деталей

От качества сборки машины зависят ее надежность и долговечность. Поэтому цель сборочных работ — уменьшение погрешностей взаимного расположения деталей, узлов и агрегатов. Основными погрешностями сборки могут быть следующие:

ошибки взаимного положения деталей и сборочных единиц — перпендикулярность или непараллельность плоскости одной детали относительно плоскости другой;

установка электродвигателя с перекосом;

несоблюдение необходимых зазоров или натягов в соединении;

деформация отдельных деталей и сборочных единиц, вызываемая действием остаточных напряжений в металле или чрезмерной затяжкой соединения.

Необходимая точность сборки может быть достигнута следующими методами: полной и неполной (частичной) взаимозаменяемости деталей; групповой взаимозаменяемости; регулировкой и пригонкой.

Метод полной взаимозаменяемости деталей заключается в том, что заданную точность замыкающего звена в процессе сборки получают без пригонки деталей и подбора по размерам, без дополнительной обработки или регулировки соединения. Преимущество этого метода — исключение трудоемких пригоночных работ или необходимости подбора деталей по размерам, что позволяет сократить время сборки. Недостаток — необходимость изготовления сопрягаемых деталей с повышенной точностью, обеспечивающей выдерживание необходимого допуска на замыкающее звено.

Метод неполной (частичной) взаимозаменяемости заключается в том, что допуски на размеры составляющих звеньев преднамеренно расширяют, рискуя получить в итоге некоторое количество сборочных единиц, погрешность размеров замыкающих звеньев которых может выходить за пределы установленного допуска.

В основу такого метода положены данные теории математической статистики. Предполагают, что действительные отклонения размеров будут случайными и взаимно независимыми, поэтому маловероятно, что при сборке данной сборочной единицы все звенья, составляющие цепь, будут иметь только наибольшие или только наименьшие предельные размеры.

Метод групповой взаимозаменяемости заключается в изготовлении деталей с расширенными полями допуска. Перед сборкой детали сортируют на группы для получения при сборке зазора или натяга с меньшими размерами, соответствующими требуемой посадке. При этом сборку соединений каждой группы выполняют методом полной взаимозаменяемости, что является его преимуществом. Сортируют детали на группы при помощи универсальных измерительных средств, конусных или ступенчатых калибров или на специальных автоматах.

Метод групповой взаимозаменяемости обычно используют в малозвенных размерных цепях при сборке сборочных единиц, от которых требуется жесткий допуск посадки: сборка блока цилиндров с поршнями и толкателями, шатуна с поршневыми пальцами, шарикоподшипников (сортировка шариков) и др.

Методом регулировки необходимую точность размера замыкающего звена получают изменением размера одного из звеньев размерной цепи без снятия стружки. Регулируют

размер замыкающего звена применением различных компенсаторов. Этот метод применим независимо от количества звеньев в цепи, допуска на замыкающее звено и не требует трудоемких пригоночных работ.

Метод пригонки заключается в достижении требуемой точности размера замыкающего звена. Для этого изменяют размер одного звена из составляющих звеньев, снимая необходимую толщину материала шабрением, опиливанием или другим способом. На одном из составляющих звеньев должен быть при этом заранее оставлен припуск на пригонку соединения по месту. Метод отличается от остальных трудоемкостью и требует высокой квалификации слесаря-сборщика.

6.6. Сборка резьбовых соединений

При сборке резьбовых соединений особое внимание должно быть уделено выполнению условий предварительной затяжки. При работе резьбового сопряжения под действием внешней нагрузки P болт или шпилька удлиняется на величину λ_y , определяемую по формуле

$$\lambda_y = PlF |E_1|, \quad (85)$$

где l — рабочая длина болта или шпильки, м; $|E_1|$ — модуль упругости материала болта или шпильки, Н/м²; F — площадь сечения болта или шпильки, м².

Если сборка проведена без предварительной затяжки, т. е. гайка накручена только до соприкосновения плоскостей сопрягаемых деталей, то в процессе работы под действием внешней нагрузки болт или шпилька удлиняется и в соединении со временем возникает зазор, нарушающий надежность работы сопряжения.

Для исключения этого явления сборку резьбового соединения необходимо производить с предварительной затяжкой. Усилие предварительной затяжки P_3 будет определяться по формуле

$$P_3 = P \{ \beta + 1/[1 + (|E_1|/F_1)/(|E_2|/F_2)] \}, \quad (86)$$

где P — внешняя нагрузка, Н; β — коэффициент, равный 0,8—1,0 и учитывающий ту часть нагрузки, которая участвует в растяжении болта или шпильки; $|E_1|$, $|E_2|$ — модули упругости соответственно материалов болта или гайки, Н/м²; F_1 , F_2 — соответственно площадь сечения болта или шпильки и площадь прилегания гайки к поверхности, м².

Все гайки и болты одного соединения затягивают равномерно, ключами соответствующего размера без дополнительных удлинителей рычага. Момент затяжки $M_{кр}$ желательно контролировать динамометрическими или предельными ключами;

Номинальный размер резьбы, мм	$M_{кр} \cdot Н \cdot м$
6	6—8
8	14—17
10	30—35
12	55—60
14	80—90
16	120—140
18	160—190
20	200—230
22	280—320
24	360—400

Максимальный момент затяжки не должен превышать значения, определяемого по формуле

$$M_{з\max} \leq 0,1d_1^3\sigma, \quad (87)$$

где d_1 — диаметр болта или шпильки, мм; σ — предел прочности материала болта или шпильки, Н/мм².

При соединении деталей, таких, как корпуса, кронштейны каретки, планки и т. д., для сохранения полученной точности между деталями создается силовое замыкание, осуществляемое с помощью крепежных болтов.

Для сокращения получаемой погрешности силовые замыкания необходимо прикладывать в определенной последовательности и выдерживать их отклонения от требуемых в пределах небольшого допуска.

Последовательность закрепления винтов или гаек на шпильках основывается на принципе сокращения упругих деформаций сопрягаемых деталей в направлении от середины к краям или, другими словами, на принципе «располовинивания» погрешностей. Для этого вначале необходимо закрепить винты или гайки, расположенные на пересечении осей симметрий сопрягаемых поверхностей деталей, затем, идя по осям симметрии (крест-накрест), переходить постепенно к винтам, расположенным на наиболее удаленных расстояниях. В качестве

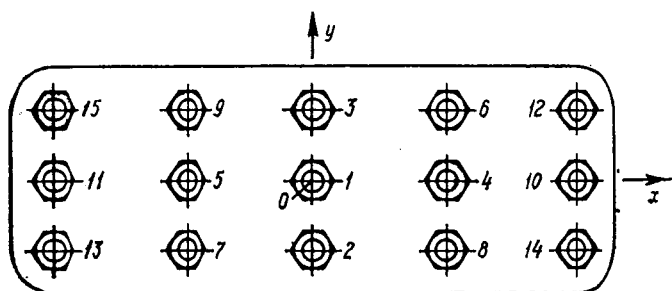


Рис. 37. Схема последовательности затягивания гаек при монтаже крышки для уменьшения ее деформации:

1—15 — цифры последовательности затягивания гаек

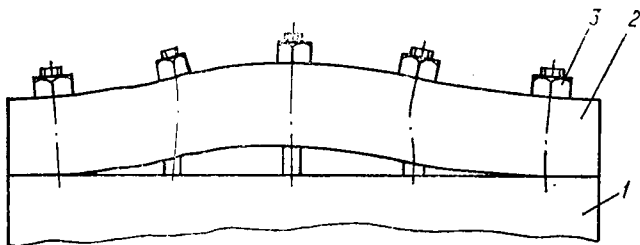


Рис. 38. Схема образования деформации крышки при неправильной последовательности закрепления гаек:

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — штилька

примера на рис. 37 показано последовательное крепление гаек при фиксации точности положения головки блока двигателя автомобиля. К чему приводит нарушение порядка крепления в утрированном виде, показано на рис. 38.

Затягивание гаек или винтов рекомендуется осуществлять постепенно. Вначале все гайки затягиваются вручную, затем усилие затяжки должно быть равно $\frac{1}{3}$ допустимого, потом $\frac{2}{3}$ и, наконец, силы доводятся до расчетной величины. Для сохранения постоянства силы затяжки используются различного рода ключи или приспособления (гайковерты) с тарированным крутящим моментом.

6.7. Сборка соединений с натягом

Точность совмещения поверхностей сопрягаемых деталей (особенно соединяемых с натягом) для создания силового замыкания за счет упругих внутренних сил материалов, из которых они изготовлены, представляет значительные трудности. Так, например, для решения подобной задачи при монтаже наружных колец роликоподшипников в отверстия корпусных деталей требуется совместить до начала запрессовки ось наружной поверхности кольца с осью отверстия; исключить возможность перекоса и смещения оси кольца относительно оси отверстия в процессе запрессовки; исключить попадание кусочков грязи и стружки между сопрягаемыми поверхностями деталей. Для исключения перекосов при запрессовке необходимо приложить к кольцу нагрузку, равномерно расположенную по всей поверхности кольца. Для этой цели используют различного рода затяжные приспособления или прессы. Перед запрессовкой необходимо тщательно осмотреть соединяемые поверхности, очистить их и удалить забоины и заусеницы.

Усилие запрессовки можно определить по формуле

$$P = f \pi d L p, \quad (88)$$

где P — усилие запрессовки, Н; f — коэффициент трения при запрессовке; d — номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей, мм; L — длина запрессовки, мм; p — напряжение сжатия на поверхностях контакта, Н/мм².

Величину p подсчитывают по формуле

$$p = \delta \cdot 10^{-3} / [(C_1 / |E_1| + C_2 / |E_2|) d], \quad (89)$$

где δ — расчетный натяг, мм; $|E_1|$ и $|E_2|$ — модули упругости материалов соответственно охватываемой и охватывающей деталей, Н/мм²; C_1 и C_2 — коэффициенты определяются из следующих соотношений:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= (d^2 + d_1^2) / (d^2 - d_1^2) - \mu_1, \\ C_2 &= (d_2^2 + d^2) / (d_2^2 - d^2) + \mu_2, \end{aligned} \right\} \quad (90)$$

где d_1 и d_2 — соответственно диаметр центрального отверстия пустотелого вала и наружный диаметр охватывающей втулки, мм; μ_1 и μ_2 — коэффициенты Пуассона для материалов охватываемой и охватывающей деталей.

Значения коэффициента трения f для различных материалов при запрессовке охватываемой детали, материал которой сталь 30—50, приведены в табл. 6.

6. Значение коэффициента трения f при запрессовке для разных материалов охватывающей детали

При смазке машинным маслом		Без смазки		
Сталь 30—50	Чугун Сч28	Магние- вые и алюми- ниевые сплавы	Латунь	Пластмасса
0,06—0,22	0,06—0,14	0,02—0,08	0,05—0,1	0,54

П р и м е ч а н и е. Больший коэффициент следует принимать при больших значениях напряжений сжатия.

Более высокую точность с меньшими затратами можно достичь при сборке деталей, соединяемых с натягом, используя временное изменение размера одной из сопрягаемых деталей или обеих одновременно за счет разности их температур. Охватываемую деталь следует охладить до температуры t_0 , рассчитываемой по формуле

$$t_0 = [(d_2 - d_1) + \Delta_n] / k_\alpha d_2, \quad (91)$$

где d_2 — диаметр охватываемой детали, мм; d_1 — диаметр охватывающей детали, мм; Δ_n — наименьшее значение зазора, обеспечивающее свободное соединение сопрягаемых деталей, мм; k_α — коэффициент линейного расширения при нагреве и сжатия при охлаждении.

При сборке внутренних колец шарико- или роликоподшипников с валиками диаметр отверстия кольца можно временно увеличить до размера, обеспечивающего свободное надевание кольца на валик.

Температуру t_n , до которой необходимо нагреть охватывающую деталь, можно рассчитать из равенства

$$t_n \geq (d_2 - d_1)/(k_\alpha d_1). \quad (92)$$

При значительных величинах натяга в некоторых случаях одну из сопрягаемых деталей охлаждают, другую нагревают с целью получения необходимой величины зазора для свободного их соединения.

Для охлаждения деталей используют твердую углекислоту (сухой лед, $t_0 = -78,5^\circ\text{C}$); жидкие: азот ($t_0 = -195,4^\circ\text{C}$), кислород ($t_0 = -182,5^\circ\text{C}$) или воздух ($t_0 = -190 \dots -195^\circ\text{C}$). Охлаждение деталей ведется в отсеках, помещаемых в термостатические камеры или шкафы (рис. 39).

Для нагрева используются масляные ванны (рис. 40) с различными источниками тепла.

При сборе посадок с натягом необходимо применять смазку для снижения усилий запрессовки и предохранения трущихся поверхностей от задиров. Однако применяемые масла не всегда выдерживают создающиеся нагрузки, в результате чего масляная пленка разрушается и происходит контактное схватывание, которое приводит к резкому возрастанию усилий запрессовки и появлению задиров. Наличие дефектов на сопрягаемых поверхностях резко снижает прочность деталей, особенно усталостную.

Результаты исследований показывают, что усилия запрессовки и выпрессовки пальцев из втулок при смазке дисульфидом

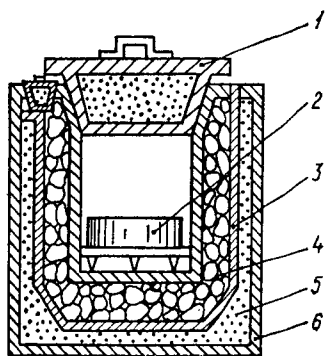


Рис. 39. Термостат для охлаждения деталей при сборке:

1 — крышка; 2 — охлаждаемое изделие; 3 — корпус охладителя; 4 — материал охлаждения (лед, углекислота и т. д.); 5 — теплоизоляционный слой; 6 — корпус термостата

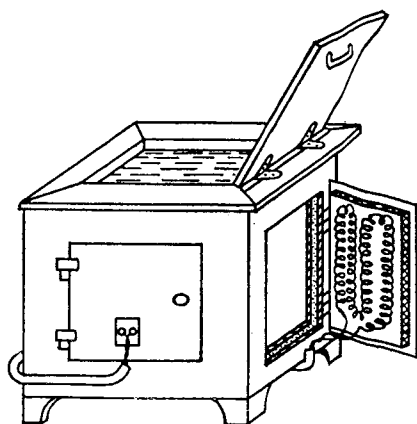


Рис. 40. Электрическая ванна для нагрева деталей при сборке

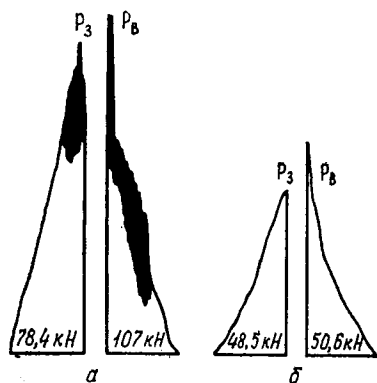


Рис. 41. Диаграммы изменения внешних нагрузок P_z при запрессовке и выпрессовке P_v образцов (натяг 0,1 мм):

а — смазка машинным маслом; б — смазка MoS_2

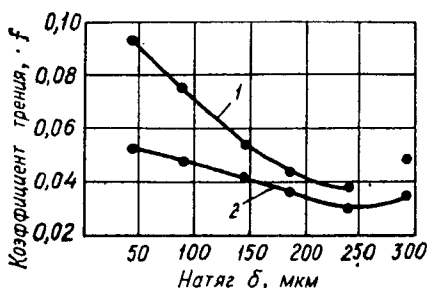


Рис. 42. Изменение коэффициента трения образцов при запрессовке в зависимости от натяга:

1 — смазка машинным маслом; 2 — смазка MoS_2

дом молибдена MoS_2 значительно меньше, чем при смазке машинным маслом. На рис. 41 показаны диаграммы изменения внешних нагрузок от величины натяга и вида смазки при запрессовке и выпрессовке образцов длиной 36 мм. Из диаграммы видно, что процесс запрессовки и выпрессовки образцов при смазке MoS_2 происходит плавно, а при смазке маслом — неравномерно, толчками. Неравномерность процесса объясняется наличием контактного схватывания микровыступов поверхностей трения. При сборке деталей с натягом эффективность действия дисульфида молибдена проявляется особенно наглядно. Коэффициент трения образцов при смазке MoS_2 значительно меньше, чем при смазке минеральным маслом (рис. 42).

Наличие пленки MoS_2 предохраняет рабочие поверхности деталей от контактного схватывания, задиоров, коррозии, значительно облегчает разборку соединений.

Технология нанесения пленки MoS_2 на одну из поверхностей сопрягаемых деталей не требует никакого дополнительного оборудования.

Тонкий слой порошкообразного MoS_2 наносится на предварительно обезжиренную рабочую поверхность тампоном, смоченным ацетоном.

Применение твердых смазок для сборки и разборки соединений с натягом особенно целесообразно в лесхозах, где часто для сборки узлов и агрегатов используются новые, восстановленные и частично изношенные детали, а сборка производится без использования специального прессового оборудования.

6.8. Сборка зубчатых передач, шпоночных, шлицевых и конусных соединений

Сборка зубчатых передач. Она должна обеспечить зацепление зубьев по начальным окружностям колеса и шестерни и плавность работы передачи. Сборка заключается в установке зубчатого колеса на валу, монтаже валов с зубчатыми колесами в картере и регулировке зацепления. Обычно зубчатые колеса крепят на валу при помощи шпонок или шлицев с небольшим натягом или зазором — от $-0,03$ до $+0,04$ мм при диаметре валов до 100 мм. Запрессовку шестерен выполняют в прессах.

Площадь контакта зубьев при необходимости проверяют на краску. В зависимости от степени точности изготовления зубьев площадь пятна контакта в цилиндрической передаче должна быть не менее 20—65 % площади.

Сборка шпоночных и шлицевых соединений. Наиболее широко распространены призматические, сегментные и клиновые шпонки.

Призматическая или сегментная шпонка должна входить в паз вала с некоторым натягом от легких ударов медного молотка. В пазу ступицы такие шпонки располагаются с более свободной посадкой, обусловленной техническими условиями на сборку. При необходимости шпонки подгоняют по пазам припиливанием или пришабриванием.

Клиновые шпонки входят в канавки сопрягаемых деталей с натягом по высоте. Вследствие этого охватываемая деталь смещается относительно охватываемой в радиальном направлении, что приводит к биению соединения. Уклоны шпонки по высоте должны совпадать с уклоном паза в охватывающей детали и составлять примерно 1:100. Несовпадение уклонов приводит к перекосу соединяемых деталей. Перед соединением детали смазывают машинным маслом. Шпонку забивают медным или свинцовым молотком. После окончательной установки клиновой шпонки зазор между головкой шпонки и торцом охватываемой детали должен быть не менее 1—1,5 высоты шпонки. Это необходимо для подбивания шпонки во время эксплуатации и снятия ее.

Перед сборкой необходимо удалять забоины и заусеницы с центрирующих поверхностей, чтобы избежать перекоса деталей.

При мелкошлицевых (елочных) соединениях работавшие детали нельзя раскомплектовывать. Соединяют такие детали с прежним взаимным расположением. Для этого при разборке на деталях наносят метки друг против друга и сопрягают детали по этим меткам.

После сборки неподвижные шлицевые соединения прове-

ряют на *биение* охватывающей детали относительно охватываемой по ободу и торцу, а подвижные соединения — на наличие *люфта*.

Сборка конусных соединений. Перед сборкой этого соединения необходимо убедиться в совпадении конусов охватывающей и охватываемой детали, чтобы избежать возможного перекоса и недостаточной прочности соединения. Торец конуса охватываемой детали не должен доходить до торца охватывающей на некоторую величину, что необходимо для обеспечения требуемой затяжки соединения.

Прокладки, устанавливаемые в соединениях деталей, должны быть чистыми и не иметь складок, вырывов, задиров, равномерно прилегать к сопрягаемым поверхностям и не выступать за их края. Отверстия прокладок должны совпадать с отверстиями деталей. Металлические прокладки устанавливают так, чтобы более толстые находились у базовой детали. Для лучшей герметизации соединения картонные прокладки пропитывают в дизельном масле ДС-11, нагретом до температуры 85...90 °С. Прокладки выдерживают в масле в течение 30 мин, затем сушат 30 мин при температуре 20 °С.

Сальниковые уплотнения не должны пропускать смазку. Их затягивают так, чтобы охватываемая сальником деталь проворачивалась от руки легко, без заеданий. У самоподжимных сальников резиновая манжета не должна иметь надрывов, трещин и других неисправностей, а пружина должна плотно облегать манжету. У регулируемых сальников должен быть запас для их подтяжки. Проворачивание сальника в корпусе не допускается. Вновь устанавливаемые войлочные сальники необходимо пропитать в следующей смеси: 80—85 % солидола «С» и 15—20 % графита «П» при температуре 70...80 °С. При толщине сальника до 5 мм продолжительность пропитки 10 мин, при толщине от 5 до 10 мм — 15 мин, при толщине от 10 до 20 мм — 30 мин и при толщине более 20 мм — 40 мин.

При установке уплотнений на валы, чтобы не смять рабочие поверхности уплотнений (не порвать или не порезать резиновые уплотнения), применяют специальные направляющие — оправки конической формы.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные работы, которые составляют производственный процесс ремонта машин.
2. Какими способами можно производить разборку машин?
3. Перечислите основные типы моечно-очистного оборудования, применяемого при ремонте машин.
4. В чем заключается сущность ультразвуковой очистки деталей?
5. Какие неразрушающие методы дефектоскопии вы знаете?
6. На какие группы при дефектации сортируют детали?
7. От каких параметров зависит усилие, необходимое для запрессовки деталей?

7.1. Теоретические основы приработки

После ремонта машин и оборудования поверхности деталей приобретают различную микронеровность в виде выступов и впадин (шероховатость). Установлено, что как чрезмерное увеличение шероховатостей, так и чрезмерное их уменьшение приводят к росту износа трущихся поверхностей деталей (рис. 43). При улучшении качества обработки деталей увеличивается стоимость ремонта, а в процессе работы сопряжений износ таких деталей возрастает. Износ деталей сопряжения становится минимальным, если их поверхности будут иметь так называемую оптимальную шероховатость (точка А на рис. 43). Однако в практических условиях на интенсивность износа поверхности сопряжений оказывает также существенное влияние и качество сборки. С учетом вышеизложенного следует, что для снижения себестоимости ремонта и облегчения процесса приработки сопряжений поверхности деталей должны иметь повышенную шероховатость по сравнению с оптимальной.

Под оптимальной понимается шероховатость, которую поверхности приобретают в результате их нормально выполненной приработки.

В первый момент работы сопряжения в контакт вступают выступы микронеровностей поверхности, а так как площадь соприкосновения их значительно меньше расчетной, то удельные давления в точках контакта при нормальных нагрузках значительно больше допустимых пределов. Это приводит к местному нагреву сопряженных поверхностей, разрушению масляной пленки, местным схватываниям и задирам. Возникает аварийный износ.

Температура трения в местах контакта зависит от различных факторов и может быть приближенно определена по формуле Дж. С. Егера:

$$\theta = f p v^{0.5} / [k (\lambda c p)^{0.5} \sqrt{l^3}], \quad (93)$$

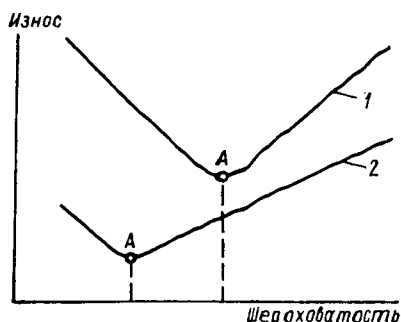
где f — коэффициент трения; p — нагрузка в точке контакта, Н; v — скорость вращения вала, мс^{-1} ; k — постоянная величина; λ — теплопроводность металла, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; c — удельная теплоемкость металла, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; ρ — плотность металла, $\text{кг}/\text{м}^3$; l — длина контакта в местах касания, м.

Из приведенной формулы видно, что для определенного сопряжения величины f , k , λ , c , ρ — const, тогда оптимальная температура, обеспечивающая нормальный процесс обкатки в начальный период (при $l = \min$) является функцией от двух переменных величин: нагрузки в точке контакта и частоты вращения вала, т. е. $\theta = f(p, v)$.

В начальный период обкатки частота вращения вала и нагрузка должны быть минимальными. При этих условиях в зоне

Рис. 43. Кривые, характеризующие износ металла:

1 — при тяжелых условиях эксплуатации; 2 — при легких



контакта происходят смятие и оплавление гребешков, а это приводит к увеличению опорной поверхности, снижению удельных давлений и температуры. Использование при обкатке жидкой смазки обеспечивает поверхностную закалку, удаление продуктов износа с поверхности трения, а также охлаждение трущихся деталей.

Таким образом, обкатка отремонтированных агрегатов в облегченных в отношении нагрузочного и скоростного режимов работы является обязательной ремонтной операцией.

Обкатке в ремонтных предприятиях подвергают двигатели внутреннего сгорания, коробки передач, раздаточные коробки, задние мосты, бортовые редукторы и др. Агрегаты прирабатывают и испытывают по определенным режимам согласно техническим условиям. Процесс обкатки состоит из следующих основных этапов:

для двигателей внутреннего сгорания — холодная приработка, горячая приработка на холостом ходу, под нагрузкой и испытание;

для агрегатов силовых передач — приработка без нагрузки и под нагрузкой.

7.2. Обкатка и испытание двигателей после проведения ремонта

Обкатку и испытание двигателей производят на стендах различных конструкций. Наиболее современными являются электротормозные обкаточные стенды, разработанные ГОСНИТИ: КИ-4893 (для электродвигателя мощностью 37 кВт), КИ-2139Б (мощность 55 кВт), КИ-2118АП (мощность 90 кВт) и др. Электротормозной стенд (рис. 44) состоит из плиты со стойками 7, имеющими регулируемые опоры, на которых крепят обкатываемый двигатель; асинхронного электродвигателя трехфазного переменного тока с ротором, статор которого установлен на двух шариковых подшипниках в опорных стойках 1 и соединен с весовым механизмом; пульта управления; соединительного вала; регулировочного реостата и оборудования для замера расхода топлива.

Весовой механизм расположен в корпусе пульта управления и передает поворот корпуса электродвигателя на стрелку

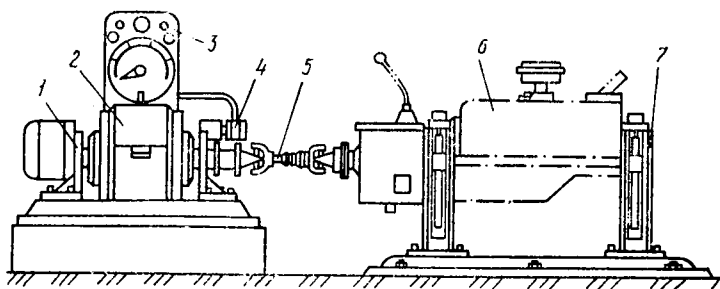


Рис. 44. Электротормозной стенд для обкатки и испытания двигателей:

1 — стойка; 2 — электродвигатель; 3 — пульт управления с приборами; 4 — тахометр; 5 — соединительный вал; 6 — обкатываемый двигатель; 7 — стойки с регулируемыми опорами

большого циферблата, показывающего величину усилия от действия крутящего момента. На панели пульта смонтированы манометр, показывающий давление масла в системе смазки двигателя; два дистанционных термометра для контроля температуры картерного масла и воды обкатываемого двигателя; тахометр 4, показывающий частоту вращения приводного вала; сигнальная лампочка, указывающая на необходимость выключения стенда при выведенных электродах реостата из раствора.

Регулировочный реостат жидкостного типа предназначен для пуска электродвигателя, регулирования частоты вращения, а при работе в режиме генератора — нагрузки. Бак реостата заполняется 1,0—1,5 %-м раствором кальцинированной соды. Регулируют работу электродвигателя в моторном и генераторном режимах погружением или выводом электродов из раствора.

Холодная обкатка двигателя осуществляется от электродвигателя стенда. При холодной обкатке свечи должны быть вывернуты (у дизельных двигателей сняты форсунки или выключен декомпрессор), приборы питания и зажигания отключены, система охлаждения подключена к соответствующему водопроводу. В каждый цилиндр как карбюраторного, так и дизельного двигателя заливают по 20—30 г соответствующего масла; картер заправляют маловязким (например, марки индустриальное 20) маслом, на котором и производят обкатку. При холодной обкатке имеют значение скоростной режим и продолжительность приработки на каждой частоте вращения коленчатого вала. Эти режимы устанавливаются заводами-изготовителями соответствующих марок двигателей (табл. 7).

Двигатели и другие агрегаты, поступающие на обкатку, имеют разный уровень технического состояния, обусловленный качеством исходных деталей, узлов, квалификацией ремонтных рабочих и другими факторами.

Обкатка должна определяться фактической потребностью и вестись с учетом требований оптимального управления процессом, принимая во внимание все факторы.

Наиболее общим показателем различия в техническом состоянии является трение, с которым связаны механический износ и величина потерь мощности. Наиболее полноценным показателем при определении продолжительности обкатки являются механические потери, затрачиваемые на трение. Для измерения этой величины обкаточный стенд снабжается ваттметром или амперметром. Обкатка прекращается, когда показания приборов станут стабильными.

7. Режимы холодной обкатки двигателей

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Продолжительность обкатки, мин	
	ЯМЗ-236, ЯМЗ-238, ЯМЗ-238А, ЯМЗ-238Г, ЯМЗ-238	ЯМЗ-238И
600	10	10
800	10	15
1000	5	15
1200	10	—
1500	10	—
Итого продол- жительность об- катки	45	40

Горячая обкатка производится без нагрузки в течение 25—30 мин и под нагрузкой — 85—90 мин. Нагрузка создается электродвигателем стенда, работающим в режиме синхронного генератора. Величина нагрузки указывается в технических условиях.

Перед горячей обкаткой промывают масляные фильтры и в картер двигателя заливают свежее масло.

Скоростные и нагрузочные режимы горячей обкатки показаны в табл. 8 на примере двигателей ЯМЗ. Из таблицы видно, что максимальная нагрузка к концу приработки составляет 75—80 % от номинальной мощности: начальная нагрузка на двигатель не должна превышать 0,15—0,20 % номинальной.

Важнейшими показателями, характеризующими качество приработки двигателей, являются эффективная мощность, часовой и удельный расход топлива, расход масла, температурный режим, определяемые при испытании двигателя и регламентируемые ТУ на испытания.

Развиваемая двигателем эффективная мощность определяется по формуле

$$N_e = P_{\text{лн}} / 716,2 \frac{1}{1,36}, \quad (94)$$

где N_e — эффективная мощность двигателя, кВт; P — показание весового механизма, кг; l — длина рычага весового механизма, м; n — номинальная частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

Так как показания весового механизма на шкале стенда протарированы при длине рычага $l=0,7162$ м, то мощность двигателя

$$N_e = 10^{-3} P n / 1,36. \quad (95)$$

Часовой расход топлива определяется по формуле

$$G = 3,6 g_{\text{оп}} / t_{\text{оп}}, \quad (96)$$

где G — расход топлива, кг/ч; $g_{\text{оп}}$ — расход топлива в течение опыта, г; $t_{\text{оп}}$ — продолжительность опыта, с.

8. Режимы горячей обкатки двигателей

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Нагрузка, кВт		Продолжительность обкатки, мин
	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238, ЯМЗ-238А	

Обкатка без нагрузки

1200	0	0	10
1400	0	0	15

Обкатка под нагрузкой

1500	15	22	15
1600	22	29	15
1700	45	60	15
1800	66	90	15
1900	99	118	10
2000	110	145	10
2100	110	145	5

Удельный расход топлива находится по формуле

$$q_e = 10^3 G / N_e, \quad (97)$$

где q_e — расход топлива на единицу мощности, г/(кВт·ч).

В процессе горячей обкатки проверяется работа зажигания, клапанного механизма, водяного и масляного насосов, плотность соединений, контролируется температура масла и воды. На крупных ремонтных предприятиях процесс обкатки двигателей автоматизирован. С этой целью стенд оснащается блоком программного реле времени. Автоматизированная система обеспечивает нарастание частоты вращения коленчатого вала и нагрузки по времени согласно определенной программе, заложенной в блок памяти. Автоматизация процесса обкатки улучшает условия труда операторов и снижает расходы на приработку.

7.3. Обкатка агрегатов силовых передач

Обкатка агрегатов силовых передач производится на специальных стендах как без нагрузки, так и под нагрузкой.

Стенд для обкатки без нагрузки представляет собой раму, на которой установлен электродвигатель мощностью 12—14 кВт с частотой вращения 1420 мин^{-1} . Ведущий вал обкатываемого агрегата соединяется с валом электродвигателя при помощи шлицевой муфты или карданного вала.

Стенды, применяемые для обкатки агрегатов силовых передач под нагрузкой, подразделяются на два типа: с разомкнутым (рис. 45) или замкнутым силовым контуром. В качестве нагрузочных устройств в стендах первого типа применяются гидравлические и электрические тормоза. Основным недостатком таких стендов является то, что мощность привода затрачивается не только на приработку сопрягаемых поверхностей деталей, но и на преодоление всех нагрузочных сопротивлений,

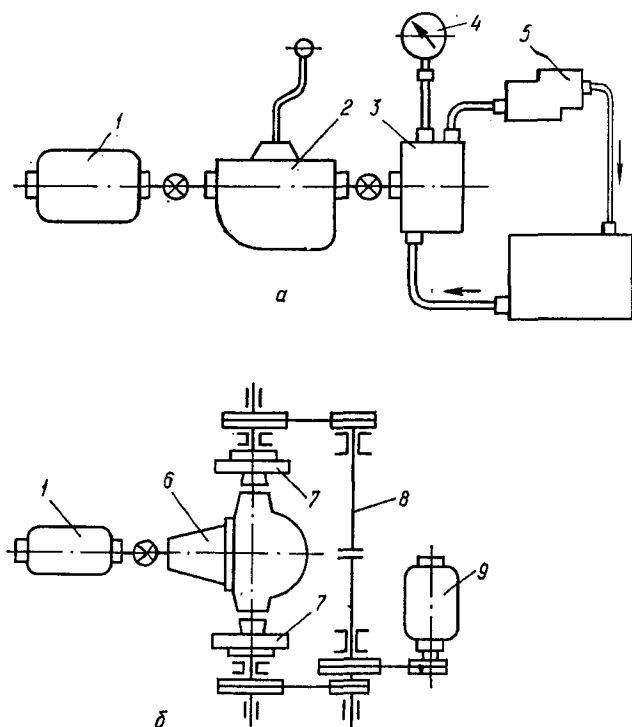


Рис. 45. Схемы стендов с разомкнутым силовым контуром :

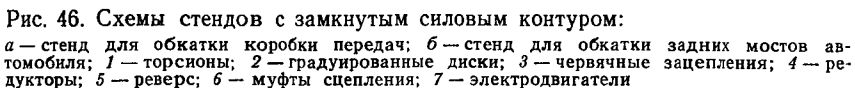
а — стенд с гидротормозом для обкатки коробок передач; *б* — стенд с электрогормозом для обкатки задних мостов; 1 — электродвигатель; 2 — коробка передач; 3 — насос; 4 — манометр; 5 — нагрузочный клапан; 6 — задний мост; 7 — скользящие муфты сцепления; 8 — блокирующий вал; 9 — асинхронный нагрузочный электродвигатель

В стендах второго типа обкатываемый агрегат находится в замкнутом силовом потоке (рис. 46). Приводом таких стендов является электродвигатель, а в кинематическую цепь включены два редуктора с одинаковым передаточным числом и нагрузочное устройство, состоящее из торсиона 1 и червячного зацепления 3.

Крутящий момент торсионa определяется по формуле

где φ — угол закручивания торсиона, рад; G — модуль упругости, Н/м²; I_p — полярный момент инерции, м⁴; l — длина торсиона, мм; GI_p — жесткость на кручение.

Режимы обкатки и величины нагрузочных моментов устанавливаются в технических условиях на соответствующий агрегат. Продолжительность обкатки, как правило, не регламентируется и находится в пределах 30—45 мин, из них половину времени обкатка проводится под нагрузкой. Так, продолжительность обкатки коробок передач составляет 3—4 мин на каждой передаче без нагрузки и столько же под нагрузкой; обкатка заднего моста проводится в течение 25—30 мин, из них 12—15 мин — под нагрузкой. Тракторные коробки передач об-



катывают, как правило, в сборе с задним мостом. Продолжительность обкатки 50 мин, в т. ч. под нагрузкой 25—30 мин.

Приработку агрегатов осуществляют на трансмиссионном масле, указанном в карте смазки. При проверке работы агрегата не допускается неравномерный шум шестерен, явно выраженные стуки, просачивание масла через сальники и соединения; переключение передач должно быть бесшумным.

7.4. Способы ускоренной приработки сопряжений

В целях улучшения приработки трущихся поверхностей, работающих в особо тяжелых условиях, на ремонтных предприятиях практикуются лужение, фосфатирование и оксидирование поверхностей сопрягаемых деталей.

Для ускорения процесса обкатки агрегатов применяются смазочные масла с добавкой 0,5—1 % растворенной коллоидной серы или дибензилгексасульфида (ДБП-6). Добавка способствует образованию сульфидов (FeS , FeS_2 и др.) на контактных участках, что ведет к снижению коэффициента трения. Продолжительность приработки сокращается примерно в 2—5 раз.

Разработана технология ускоренной обкатки двигателей за счет пропуска постоянного электрического тока между парами трения. В качестве источника постоянного тока рекомендуется выпрямитель ВАК-14Б.

Для ускоренной обкатки дизельных двигателей в топливо добавляется 1 % (по массе) элементо-органической присадки АЛП-2, которая представляет собой 30 %-й раствор органополиалюмооксана в дизельном масле марки ДС-8 или ДС-11. При сгорании присадки вместе с топливом в цилиндрах образуются твердые частицы оксида алюминия (размером 2—3 мкм), которые на 30—35 % ускорят приработку цилиндро-поршневой группы. В два раза сокращается время приработки цилиндро-поршневой группы при применении твердого смазочного покрытия (ТСП) на основе дисульфида молибдена, которое наносят тонким слоем на поверхность гильз цилиндров двигателей, подлежащих обкатке.

В настоящее время на способы ускоренной приработки двигателей соответствующих марок разработаны руководящие технические материалы с указанием режимов обкатки.

7.5. Обкатка, испытание и контроль качества ремонта машин

Несмотря на проведенную обкатку и испытание агрегатов в отдельности необходимо проверить их совместную работу после полной сборки машины. Таким образом, последней

операцией проверки технического состояния отремонтированных машин является испытательный пробег.

Обкатка и контроль качества ремонта полнокомплектной машины (автомобиля, трактора) проводятся или в дорожных условиях, или на специальных стендах.

Собранный и заправленный смазкой, топливом и водой автомобиль или трактор своим ходом направляется на участок обкатки. В пути следования регулировщик проверяет работу двигателя, механизмов управления, приборов, электрооборудования и др.

В дорожных условиях трактора обкатываются на специально отведенной площадке на территории завода в течение 1,5—2 ч по 15—20 мин на каждой передаче. Обкатка и испытание автомобилей осуществляются на расстоянии 30 км с нагрузкой, равной 75 % от номинальной грузоподъемности, на дорогах с твердым покрытием, со скоростью не более 30 км/ч.

При проверке качества работы агрегатов комплектной машины в дорожных условиях необходимо иметь специальный полигон и т. п. Поэтому применение на ремонтных предприятиях специальных стендов дает возможность повышать качество капитального ремонта машин на всех стадиях.

Обкатка и испытание колесных машин проводятся на стендах барабанного типа (гусеничные трактора обкатываются на стендах, которые вместо барабанов имеют беговую дорожку из ходовой части гусеничного трактора). Стенды оборудуются тормозными устройствами, которые позволяют проводить испытание машин при нагрузке. Обкатка машин проводится по режимам, установленным техническими условиями. Обнаруженные мелкие дефекты устраняются непосредственно обкатчиком-регулировщиком.

В настоящее время на ремонтных предприятиях для обкатки и проверки технического состояния автомобилей находят применение универсальные станции диагностики, для обкатки и испытания тракторов — обкаточная станция ОИ-54А.

При получении из капитального ремонта агрегаты или машины подвергаются наружному осмотру представителем заказчика. Комплектность и техническое состояние отдельных агрегатов и машин в целом должны соответствовать требованиям технических условий на выдачу из ремонта.

Выпуск из капитального ремонта машин оформляется приемо-сдаточным актом. При выпуске из капитального ремонта машины к ней выдаются следующие документы: паспорт машины, сдававшейся в ремонт, с отметкой о произведенном ремонте, указанием даты; инструкция по эксплуатации с указанием особенностей эксплуатации отремонтированных машин в обкаточный и гарантийный периоды, а также периодов и организации устранения дефектов в гарантийный период.

После получения автомобиля или трактора из капитального ремонта необходимо провести дополнительную обкатку в процессе эксплуатации согласно техническим условиям.

Эксплуатационная обкатка автомобилей должна проводиться с нагрузкой не более 0,75 и скоростях не более 0,6 от их номинальных значений при пробеге не менее 3000 км. Обкатка тракторов должна проводиться в течение 8—10 ч без нагрузки и 30—60 ч при сравнительно легких нагрузках на всех передачах. Со второй половины срока обкатки нагрузка и скорость постепенно повышаются до номинальных.

7.6. Окраска агрегатов и машин

Окраска отремонтированных агрегатов и машин состоит из следующих основных этапов: подготовки поверхности к окраске, грунтовки, шпаклевки, нанесения покрытия и сушки.

Подготовка поверхности к окраске заключается в удалении старой краски и обезжиривания поверхности.

Старую краску удаляют или механическим способом, или применяют различные растворители и смывки. Эффективным действием обладают жидкости АТФ-1, СД и др. При их использовании краска разрушается примерно через 20 мин. Обезжиривание производится щелочными растворами или органическими растворителями.

Грунтовка является первой операцией окраски и способствует высокой прочности сцепления покрытия с металлом.

Грунт наносится кистью или краскораспылителем непосредственно на металл и является связующим элементом между окрашиваемой поверхностью и последующими лакокрасочными слоями.

В ремонтной практике используют глифталевые и фенольные грунтовки ГФ-020, ГФ-032, № 138, ФЛ-045. В качестве растворителей применяются сольвент, ксилол, уайт-спирит; продолжительность сушки 35 мин при 100...110 °С и 48 ч при 18...23 °С.

Шпаклевку наносят стальными или резиновыми шпателями на высохший грунт с целью выравнивания поверхности. Общее число слоев не должно превышать трех, каждый из них перед нанесением следующего должен быть высушен.

В зависимости от разбавителя различают нитроцеллюлозные (НЦ-07, НЦ-00-8, НЦ-9), лаковые (ЛШ-1, ЛШ-2), эпоксидные (Э-4022, Э-0010) и другие шпаклевки.

Просушенную поверхность подвергают шлифованию водостойкими шлифовальными шкурками Э-60, Э-100 или Э-150 с целью удаления неровностей, рисок, царапин. Для повышения производительности труда при шлифовании и полировании

в настоящее время применяют пневматические машины ОПМ-2, ОПМ-3 и ОПМ-4.

Нанесение покрытия лакокрасочными материалами на подготовленную поверхность производят вручную или механизированным способом. Наибольшее распространение в ремонтных предприятиях получил механизированный способ. Этим способом наносят покрытия распылением и окунанием.

Распыление лакокрасочных материалов может быть воздушное и в электрическом поле.

Наибольшее распространение на ремонтных предприятиях находит метод воздушного распыления. Установка состоит из компрессора, влагомаслоотделителя, пистолета-распылителя с бачком для краски и соединительных шлангов. Давление воздуха на распыление краски должно составлять 0,3—0,4 МПа.

При малом объеме окрасочных работ, а также при исправлении дефектов пользуются пульверизатором, снабженным стаканчиком для краски, смонтированным на верхней части корпуса пистолета. Подача краски производится самотеком под действием силы тяжести. В процессе распыления краски образуется туман из мельчайших частиц, опасный в пожарном отношении и вредный для здоровья работающих, поэтому краскораспылители марки БТО-3М выпускаются с ограниченным туманообразованием и меньшим расходом краски.

Наиболее совершенным методом окраски является окраска в электрическом поле. Сущность окраски заключается в том, что выходящие из краскораспылителя мельчайшие частицы краски подвергаются электроразрядке в электрическом поле высокого напряжения (до 100—150 кВ) и направлены перемещаются к окрашиваемому изделию и осаждаются на поверхности тонким равномерным слоем (рис. 47). Применение данного вида окраски позволяет снизить расход лакокрасочных материалов до 40—50 %.

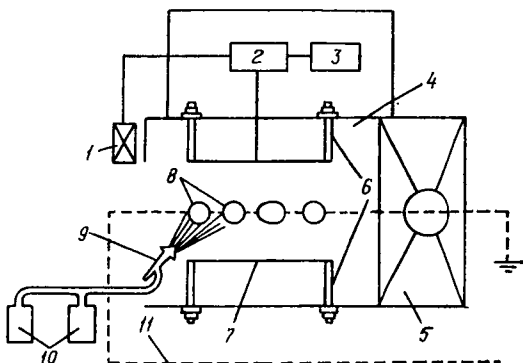
Окраска агрегатов и машин производится в камерах, которые подразделяются на тупиковые и проходные. Камеры снабжены гидрофильтрами для очистки отсасываемого воздуха.

Окунание применяется при окраске корпусов воздушных фильтров и фар, масляных картеров, пружин и других деталей.

Для окраски машин применяют перхлорвиниловую эмаль ХВ-113, а также эмаль АС-82. Двигатели окрашивают нитроцеллюлозной эмалью НЦ-273; шасси, рамы автомобилей и тракторов красят битумными лаками БТ-539, БТ-577 и алкидно-карбамидными эмалями МЧ-123, МЧ-139. Для окраски кузовов используют нитроэмали: НЦ-25, меламиновую МЛ-12 и др. Рабочие органы лесохозяйственных орудий на время хранения покрывают эмалевой краской МЧ-145 в один слой без грунта.

Рис. 47. Схема установки для окраски в электрическом поле:

1 — пульт управления; 2 — кенотронный выпрямитель; 3 — высоковольтный трансформатор; 4 — камера для окраски; 5 — вентиляционная камера; 6 — высоковольтные изоляторы; 7 — коронирующие электроды; 8 — окрашиваемые детали; 9 — распылитель; 10 — красконагнетельные баки; 11 — подвесной конвейер



Сушка покрытий осуществляется в сушильных камерах. Применяются два способа сушки: естественная и искусственная.

В естественных условиях окрашенные изделия сушат при комнатной температуре ($20 \dots 25^\circ\text{C}$) или применяют устройства для повышения температуры. Сушка в естественных условиях происходит в течение 1—2 суток.

Искусственная сушка сокращает продолжительность процесса до 1—3 ч и подразделяется на конвекционную, терморadiaционную и индукционную. *Конвекционная* сушка производится за счет горячего воздуха; *терморadiaционная* — за счет тепловой энергии инфракрасных лучей. Источником их могут служить осветительные лампы накаливания с рефлектором или различные теплоизлучатели (газовые, электрические).

Терморadiaционные источники нагрева могут быть стационарными и переносными, что дает возможность использования их в ремонтном производстве и для сушки лакокрасочного покрытия небольших участков поверхности.

При *индукционной* сушке используются токи высокой частоты.

Контрольные вопросы

1. С какой целью производится обкатка узлов, агрегатов, машин?
2. Из каких основных узлов состоит электротормозной стенд и каков принцип его работы?
3. Чем отличается холодная обкатка двигателей от горячей?
4. Как устроены стенды для обкатки гусеничных тракторов?
5. Назовите основные операции, составляющие технологический процесс окраски агрегатов и машин.

**8.1. Разработка состава операций
при восстановлении деталей**

Проектирование технологических процессов восстановления осуществляется в следующей последовательности: проводится анализ технологического процесса изготовления новой детали; изучаются данные о характере дефектов; выбираются возможные способы устранения дефектов или сочетаний дефектов; намечается примерная последовательность выполнения операций с выбором технологических баз, оборудования и оснастки; устанавливаются режимы обработки на операциях с обоснованием припусков и допусков на обработку; обосновывается экономическая эффективность принятых вариантов с учетом обеспечения назначенного ресурса; выбирается наилучший вариант, обеспечивающий назначенный ресурс восстанавливаемой детали при минимальных затратах; составляется техническая документация на выбранный вариант восстановления детали.

При проектировании технологического процесса восстановления необходимо решать две основные задачи:

1. Выбрать комплекс операций, составляющих технологический процесс, обеспечивающий возобновление исправности детали с выполнением требований, указанных в технической документации (точность, шероховатость, твердость поверхности и т. д.).

2. Выполнением комплекса операций обеспечить ресурс восстановленной детали на уровне новой детали.

При выполнении этих двух задач обеспечивается качество восстановленной детали. Основными производственными факторами являются качество оборудования и инструмента, физико-химические, механические и другие свойства исходных материалов, совершенство технологического процесса, качество произведенных работ и контроль их выполнения.

Конструктивные допуски и технические требования на восстановление деталей назначаются с учетом условий работы деталей в машине. Эти требования обеспечиваются финишными переходами обработки. Однако важно обязательное соблюдение технологического регламента восстановления детали и на всех предшествующих переходах обработки, так как результаты финишных переходов обработки зависят от качества выполнения предшествующих переходов обработки.

Особенности выполнения отдельных операций не позволяют дать заключение о точности обработки по аналогии с другими операциями, так как между ними не бывает всестороннего

сходства. В частности, отличаются размеры и форма восстанавливаемых деталей, состояние станков, режимы обработки и другие технологические факторы.

Справочным материалом для проектирования технологических процессов являются данные по точности для различных методов обработки, полученные систематизацией непосредственных наблюдений в производственных условиях. В табл. 9 приведены ориентировочные данные точности механической обработки.

9. Ориентировочные данные точности механообработки для деталей размером 50—80 мм

Метод обработки	Квалитет	Средняя точность, мм	Предел точности, мм
Точение, строгание:			
черновое	11—12	0,4	0,2—0,8
чистовое	9—11	0,2	0,12—0,2
точное	9	0,06	0,03—0,12
тонкое	7	0,02	0,01—0,03
Фрезерование:			
черновое	11	0,2	0,12—0,40
чистовое и точное	9	0,06	0,03—0,2
Сверление и зенкерование	12	0,4	0,2—0,8
Развертывание:			
предварительное	9	0,06	0,05—0,12
окончательное	7	0,03	0,01—0,05
Шлифование:			
обдирочное	10	0,12	0,06—0,2
точное	6	0,02	0,01—0,03
тонкое	5	0,01	0,003—0,13
Доводка брусками (хонингование)	7	0,03	0,02—0,05
Доводка тонкая	5	0,02	0,01—0,03
Притирка	6,7	0,01	0,00—0,01

Примечание. Значения средней точности обработки указаны для деталей, у которых отношение длины к диаметру или длины к ширине равно 2—3. Для деталей, у которых это отношение больше, точность понижается, для меньших значений отношения точность повышается.

Вторая основная задача, решаемая при разработке технологического процесса восстановления, обусловлена физико-механическими свойствами покрытий, наносимых с целью устранения износа поверхностей деталей. Сами покрытия отличаются различной пористостью, твердостью и другими свойствами. Все это снижает предел выносливости деталей, а как следствие, ресурс восстановленной детали, особенно у деталей, работающих в условиях знакопеременных и ударных нагрузок. К таким деталям относятся валы трансмиссии, оси ходовой части трелевочных тракторов, корчевателей. Для повышения ресурса данных деталей наряду с финишными операциями, обеспечивающими точность восстановленной детали, необходимо в техно-

логический процесс вводить операции упрочняющей технологии. При этом следует руководствоваться следующим правилом: глубина упрочненного слоя должна быть равна или быть больше износа детали.

Например, выглаживание твердым сплавом имеет технологическое ограничение, т. к. глубина упрочненного слоя не превышает 70 мкм. Если износ детали более 0,1 мм, упрочненный слой не перекрывает ожидаемый износ и данный способ упрочнения не следует применять.

Каждая операция упрочняющей технологии имеет свою область применения, поэтому даже для одного способа восстановления возможны различные варианты структур состава операций технологического процесса восстановления в зависимости от износа детали. Например, при величине износа до 0,1 мм при наплавке можно рассмотреть следующую схему технологического процесса: наплавка, точение, шлифование, выглаживание твердым сплавом; для деталей, имеющих износ до 0,3 мм: наплавка, точение, шлифование, электромеханическое упрочнение; износ более 0,3 мм: наплавка, точение, закалка нагревом ТВЧ, шлифование, поверхностно-пластическое деформирование. Операции упрочняющей технологии повышают предел выносливости восстановленных деталей.

Структурный состав операций технологического процесса восстановления зависит от выбранного способа восстановления. Выбор любого из способов проводится по ряду критериев.

Критерий применимости равен

$$k_{\text{п}} = f_{\text{д}}(M_{\text{д}}, \Phi_{\text{д}}, D_{\text{д}}, I_{\text{д}}, H_{\text{д}}), \quad (99)$$

где $M_{\text{д}}$ — материал детали; $\Phi_{\text{д}}$, $D_{\text{д}}$ — соответственно форма и диаметр вос-

10. Технологические характеристики способов восстановления

Параметры способов	Наплавка в CO_2	Вибродуговая наплавка
Металлы и сплавы, по отношению к которым применим способ	Сталь	Сталь, серый ковкий чугун
Виды поверхностей, по отношению к которым применим способ	НЦП, ПП	НЦП, ВЦП
Применимость способа по отношению к деталям, испытывающим знакопеременные нагрузки	Применим	Не применим
Минимальный наружный диаметр, мм	10	15
Минимальный внутренний диаметр отверстия, мм	50	50
Наименьшая практическая толщина покрытия, мм	0,5	0,3
Наибольшая практическая толщина покрытия, мм	3,5	3,0
Снижение предела выносливости, %	15	50

Примечание. В данной таблице введены следующие сокращения: наружные плоские поверхности — ПП.

становливаемой поверхности детали; I_d — величина износа поверхности, подлежащей восстановлению; H_d — твердость поверхности согласно технической документации.

Некоторые технологические характеристики ряда способов восстановления приведены в табл. 10. Следует отметить, что постоянно происходит совершенствование способов восстановления и их технологические характеристики изменяются.

Пример. Необходимо по критерию применимости выбрать способы восстановления для оси лесопосадочной машины, диаметр которой 10 мм, работающий в условиях знакопеременных нагрузок. По табл. 10 могут быть применены наплавка в CO_2 , хромирование, клеевые композиции, ручная наплавка. Учитывая, что износ детали составляет 0,8 мм, исключается хромирование, так как наибольшая практическая толщина покрытия составляет 0,6 мм (табл. 10). Предел выносливости снижается в наименьшей степени при применении наплавки в углекислом газе и с применением клеевых композиций. Так как деталь имеет твердость по чертежу выше HRC₉ 45, по критерию применимости наиболее целесообразным является наплавка в CO_2 : клеевые композиции не обеспечивают получение заданной твердости.

Значительно чаще при оценке критерия применимости встречаются варианты, когда можно применять до десятка и более способов восстановления, тем более, что в настоящее время уже внедрено в ремонтном производстве свыше 40 основных способов восстановления и более 200 их разновидностей.

Критерий ресурса восстановленной детали, который определяется из формулы

$$K_p = f(k_{сц}, k_v, k_n), \quad (100)$$

где $k_{сц}$ — коэффициент прочности сцепления покрытия с основным материалом; k_v — коэффициент выносливости; k_n — коэффициент износостойкости.

Прочность сцепления, как указывает проф. А. М. Масин, является вполне достаточной при следующих численных значе-

Наплавка под флюсом	Металлизация	Хромирование	Железнение	Клеевые составы	Ручная наплавка
Сталь	Все материалы	Сталь	Сталь, серый чугун	Все материалы	Все материалы
НЦП, ПП	НЦП, ПП	НЦП, ВЦП	НЦП, ВЦП	НЦП, ВЦП, ПП	НЦП, ВЦП, ПП
Применим	Применим	Применим	Применим	Применим	Применим
35	30	5	12	5	10
50	50	40	40	8	40
1,5	0,3	0,05	0,1	0,1	1,0
5,0	8,0	0,6	3,0	3,0	6,0
15	25	20	25	0	30

цилиндрические поверхности — НЦП; внутренние цилиндрические поверхности — ВЦП;

ниях сцепляемости: наружных стальных поверхностей, воспринимающих значительные ударные и знакопеременные нагрузки,— 500 МПа; наружных стальных или чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные и знакопеременные нагрузки,— 200 МПа; внутренних посадочных поверхностей под подшипники, не воспринимающих знакопеременные и значительные ударные нагрузки, чугунных или из алюминиевых сплавов деталей,— 50 МПа; наружных или внутренних стальных и чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки слоем, характеризующимся пористостью, при работе сопряжения в условиях обильной смазки,— 40 МПа. Указанные численные значения могут быть приняты за эталонные, т. е. если у выбранного технологического процесса восстановления $k_{\text{сц}}$ ниже эталонного, то данный технологический процесс восстановления отвергается. Напомним, что, если k_p у восстановленной детали < 1 , то данный технологический процесс также исключается из рассмотрения.

Критерий производительности имеет важное значение при организации восстановления деталей применительно к конкретному ремонтному предприятию. Нормативное значение трудоемкости восстановления для ремонтного предприятия равно

$$t_n = \Phi_{p, r} / n_v, \quad (101)$$

где $\Phi_{p, r}$ — действительный годовой фонд рабочего времени; n_v — потребное количество восстанавливаемых деталей за год.

Выбранные технологические процессы восстановления проверяются на условие

$$t_{n_i} \leq t_n, \quad (102)$$

где t_{n_i} — трудоемкость выбранных способов восстановления.

Если трудоемкость рассматриваемых способов выше трудоемкости нормативной, то они исключаются из дальнейшего рассмотрения.

Критерий технико-экономической оценки способов восстановления деталей. Одним из важных критериев выбора способа (способов) восстановления является технико-экономическая оценка, так как она позволяет принять окончательное решение. В общем виде удельные приведенные затраты на восстановление детали не должны превышать цены данной детали как запасной части, т. е.

$$ПЗ_d < Ц, \quad (103)$$

где $ПЗ_d$ — удельные приведенные затраты на восстановление и устранение последствий отказа детали в условиях конкретного ремонтного предприятия.

Из каких составляющих складываются суммарные затраты на восстановление детали? Как правило, при восстановлении детали имеются дефекты, по которым не требуется решать задачу выбора способа восстановления. Например, при срыве резьбы на длине не более двух ниток резьба прогоняется метчиком. Обозначим эти затраты ПЗ_р. Кроме того, появление отказа в агрегате влечет его снятие с машины, транспортирование на технический обменный пункт (ТОП), затем на ремонтный завод, где производится его мойка, разборка на детали, дефектация и сортирование деталей; после восстановления детали проводятся сборка агрегата, его обкатка, покраска и транспортирование на ТОП, последующая транспортировка на ремонтное

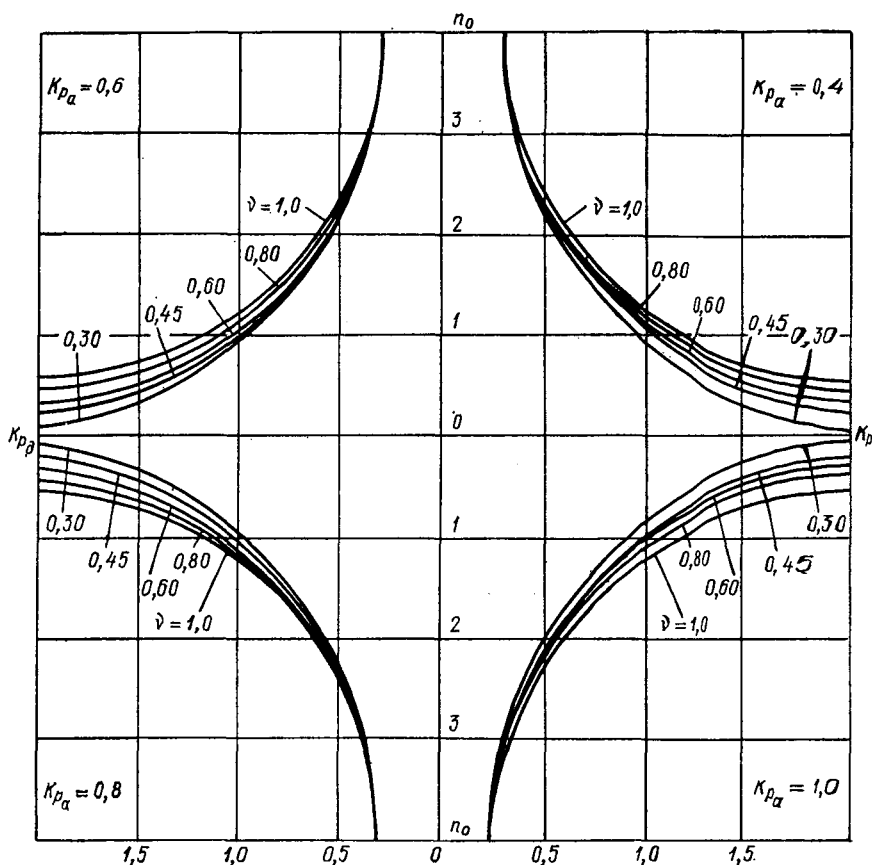


Рис. 48. Номограмма для определения числа отказов детали в агрегате за послеремонтный срок службы:

v — коэффициент вариации детали; K_{pa} — коэффициент ресурса агрегата; K_{pd} — коэффициент ресурса восстановленной детали

предприятие с постановкой на машину. Перечисленные затраты необходимо относить ко всем ремонтируемым деталям агрегата, так как отказы, как правило, являются зависимыми. Таким образом, удельные приведенные затраты, связанные с устранением постепенного отказа детали, каким является износ, равны

$$ПЗ_d = ПЗ_p + ПЗ_v + \frac{(ПЗ_a + ПЗ_t + ПЗ_c + ПЗ_m + ПЗ_n)n_o}{N_p \eta_v T_p}, \quad (104)$$

где $ПЗ_v$ — удельные приведенные затраты на восстановление детали в условиях конкретного ремонтного предприятия; $ПЗ_a$ — удельные приведенные затраты, связанные со снятием и установкой агрегата в условиях РММ; $ПЗ_t$ — удельные приведенные затраты, связанные с транспортировкой агрегата на ТОП, РМЗ и обратно в РММ; $ПЗ_c$ — удельные приведенные затраты, связанные с разборкой и сборкой агрегата на ремонтном заводе; $ПЗ_m$ — удельные приведенные затраты, связанные с мойкой деталей, дефектацией, сортировкой и т. д.; $ПЗ_n$ — удельные приведенные затраты, связанные с простоем машины по причине отказа агрегата; n_o — количество отказов по восстановленной детали за год; N_p — общее количество ремонтируемых деталей в агрегате; η_v — коэффициент ресурса отремонтированного агрегата; T_p — послеремонтный ресурс агрегата.

Для определения количества отказов в зависимости от коэффициента ресурса по агрегату можно воспользоваться номограммой, представленной на рис. 48. Если $ПЗ_d > Ц$, то экономически целесообразным является приобретение запасных частей.

8.2. Новые инструментальные материалы

При разработке технологических процессов ремонта важное место занимает механическая обработка. При ее проведении используются различные инструментальные материалы. В последние годы в ремонтной практике с успехом нашли применение композитные инструментальные материалы (эльбор-Р, гексанит-Р и др.), особенно для обработки восстанавливаемых деталей, твердость покрытий которых превышает HRC₃ 42.

Эльбор — синтетический материал на основе кубической модификации нитрида бора BN, представляет собой химическое соединение бора (43,6 %) и азота (56,4 %). Имеет кристаллическую решетку, близкую по строению и параметрам к алмазу. Твердость эльбора на 15 % ниже твердости алмаза, теплостойкость 1300...1600 °С. Опытами установлено, что при нагревании эльбора в воздушной среде до 1000 °С на поверхности кристаллов образуется тонкая пленка В₂О₃, которая служит защитным покрытием и препятствует дальнейшему окислению.

Высокие физико-механические свойства эльбора (высокая твердость и теплостойкость, химическая инертность к углероду) позволяют эффективно применять его при обработке закаленных сталей, чугунов и различных труднообрабатываемых мате-

риалов. При обработке закаленных деталей из стали и чугуна по режущим свойствам и износостойкости резцы из эльбора значительно превосходят резцы из твердых сплавов (Т15К6, ВК6 и др.). Высокая твердость и теплостойкость кубического нитрида бора позволяет инструментам из него даже при точении покрытий твердостью HRC₃ 64—68 длительное время сохранять высокие режущие свойства. Рекомендуемая геометрия режущей части инструмента приведена в табл. 11.

11. Рекомендуемые режимы резания и геометрия режущего инструмента

Способ получения покрытия	Марка электродной проволоки, твердость	Марка режущей части инструмента	Геометрия режущей части, град					
			γ	α	φ	φ_1	λ	r , мм
Наплавка:								
под флюсом	Нп-30ХГСА	ВК6	—17	10	50	5	+5	0,5
в СО ₂	Нп-30ХГСА	ВК8	—5	10	45	15	+4	1,0
	Нп-30ХГСА	Т15К6	+8	10	28	15	+5	1,0
вибродуговая	Нп-65Г	Т30К4	—10	6	30	15	+5	1,0
Железнение	До HRC ₃ 35	Т30К4	0	10	50	30	—5	1,5
	свыше HRC ₃ 35	Т30К4	0	10	60	30	+15	1,0
	HRC ₃ 48—56	Эльбор-Р	—10	15	30	5	0	0,3
Наплавка:								
электрокон-	Нп-30ХГСА	То же	—10	15	30	10	0	0,3
тактная								
порошковой	ПП-АН125	Гексанит-Р	—15	10	30	20	0	0,5
проволокой								

Примечание. γ — передний угол; α — задний угол; φ — главный угол в плане; φ_1 — вспомогательный угол в плане; λ — угол наклона главной режущей кромки; r — радиус закругления режущей кромки.

Наряду с высокими физико-механическими свойствами композитные инструментальные материалы имеют еще важное достоинство: при резании ими покрытий преобладает силовой фактор, а не тепловой. Преобладание силового фактора позволяет получать в поверхностных слоях обработанной детали остаточные напряжения сжатия. В отдельных случаях применения композитных материалов при обработке деталей на станках повышенной точности из технологического процесса восстановления можно исключить операцию шлифования. Рекомендуемые режимы резания (для диаметров деталей 50—90 мм) приведены в табл. 12.

В процессе обработки покрытий, имеющих твердость менее HRC₃ 30, целесообразно применять при точении наплавленных поверхностей «по корке» резцы с материалом режущей части из сплавов Т5К10, Т15К6, КТН-20; при получистовом точении — Т15К6, КНТ-16. Установлено, что сплавы КНТ-20, КНТ-16 и ТН-20 по износостойкости находятся соответственно на уровне

12. Рекомендуемые режимы резания

Способ нанесения покрытия	Марка материала инструмента	Стойкость, мин	Режим резания		
			Скорость резания v , м/с	Продольная подача s , мм/об	Глубина резания t , мм

Железнение	Эльбор-Р	40	1,65—1,60	0,07	0,3
Наплавка порошковой проволокой	Гексанит-Р	20	1,65—1,60	0,23	0,5
Вибродуговая наплавка	То же	20	1,65—1,60	0,074	0,5
Электроконтактная наплавка	Эльбор-Г	40	0,52—0,60	0,11	0,3

сплавов Т6К10, Т15К6, Т30К4. В связи с этим с целью экономии вольфрама, кобальта и титана при токарной обработке наплавленных поверхностей «по корке» целесообразно применять безвольфрамовый сплав КНТ-20, для полустачного точения — сплав КНТ-16, а для чистового точения — гексанит-Р. Применение резцов с покрытием рабочих поверхностей нитридом титана является эффективным методом и резервом повышения их износостойкости. Повышение стойкости режущего инструмента в 1,5—1,6 раза путем применения покрытия нитрида титана

13. Инструментальный материал, геометрические параметры режущей части ленточных поверхностей

Присадочный материал и защитная среда	Твердость наплавленной поверхности, НРС	Вид обработки — точение	Рациональная марка материала режущей части резцов
---------------------------------------	---	-------------------------	---

Проволока Нп-30ХГСА и флюс АН-348А	25—30	Черновое Полустачное Чистовое	КНТ-20 (Т15К6) КНТ-16 (Т15К6) Гексанит-Р (Т15К6)
Проволока Нп-30ХГСА и углекислый газ	22—27	Черновое Полустачное Чистовое	КНТ-20 (Т15К6) КНТ-16 (Т16К6) Гексанит-Р (Т15К6)
Проволока Нп-30ХГСА и водяной пар	20—25	Черновое Полустачное Чистовое	КНТ-20 (Т15К6) КНТ-16 (Т15К6) Гексанит-Р (Т15К6)

Примечание. В скобках указан сплав-заменитель; γ — передний угол; α и α_1 — ϕ — главный и вспомогательные углы в плане; r — радиус при вершине резца; v —

обеспечивает экономию вольфрамосодержащих твердых сплавов, уменьшает температуру в зоне резания, снижает усилие и мощность резания на 18—20 % и, следовательно, способствует экономии энергетических ресурсов.

Одним из резервов интенсификации токарной обработки наплавленных поверхностей является применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Наиболее эффективной СОЖ при обработке наплавленных поверхностей является 5 %-й водный раствор «Укринол-1», который позволяет повысить стойкость резцов в 1,5—2 раза, снизить шероховатость поверхности на 1—2 класса, уменьшить усилие и мощность резания в 1,2—1,5 раза. Твердость наплавленной поверхности по сравнению с исходной повышается на 15—20 %. Глубина упрочнения наплавленного материала колеблется в пределах 120—160 мкм.

В поверхностном слое на глубине 15—80 мкм имеют место напряжения растяжения, а в последующих слоях (80—300 мкм) — остаточные напряжения сжатия, что является резервом повышения ресурса деталей в процессе механической обработки. Геометрические параметры и режимы резания, рекомендуемые для обработки покрытий, имеющих твердость менее НРС₃₀, приведены в табл. 13. Обеспечение точности восстановления детали происходит при проведении операции шлифования, которая включает черновое и чистовое шлифование. Чистовое шлифование производят кругом 24A25CM1K7* при скорости вращения детали 10—20 м/мин и глубине резания 0,04 мм.

резцов и режимы резания, рекомендуемые при обработке точением наплав-

Геометрия режущей части резцов, град						Режим резания		
γ	$\alpha-\alpha_1$	λ	φ	φ_1	r , мм	v , м/с	s , мм/об	t , мм
—8	10	9	45	22	1,7	1,5	0,3	1—1,5
—5	8	0	45	22	1,2	1,6	0,21	0,5—1
2	6	—7	40	20	0,5	1,8	0,07	0,5—0,25
							0,12	
—7	10	9	45	22	1,7	1,5	0,43	1—1,5
—3	8	0	45	22	1,2	1,6	0,21	0,5—1
2	6	—7	40	20	0,5	1,8	0,07	0,5—0,25
							0,12	
—5	10	5	45	22	1,7	1,5	0,5	1—1,5
0	8	0	45	22	1,2	1,6	0,21	0,5—1
5	6	5	40	20	0,5	1,8	0,07	0,5—0,25
							0,12	

главный и вспомогательные задние углы; λ — угол наклона главной режущей кромки; φ и скорость резания; s — подача; t — глубина резания.

* 24A25CM1K7: 24A — марка абразивного материала — электрокорунд белый; 25 — группа зернистости — шлифзерно — зернистость 25; CM1 — группа твердости круга — средней мягкости первая; K — связка круга — керамическая; 7 — структура круга — средняя 7 (содержание зерен 48 %).

8.3. Расчет припусков и режимов обработки

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей путем деформирования и последующего отделения поверхностных слоев материала с образованием стружки. Слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов при восстановлении элемента детали, является припуском в процессе восстановления. Толщину наносимого слоя выбирают с учетом износов деталей и припуска на последующую механическую обработку. Толщина покрытия равна

$$h = U + a, \quad (105)$$

где U — износ детали, мм; a — припуск на механическую обработку.

Способы устранения дефекта	Минимальный односторонний припуск, мм
Восстановление деталей сваркой и наплавкой:	
ручная наплавка	2—3
наплавка под флюсом	1,0
Электроконтактная наплавка	0,8—1,0
Металлизация	0,4

При снятии припуска резанием необходимо стремиться к выбору режимов обработки, которые обеспечили бы высокую производительность и минимальные затраты электроэнергии режущего инструмента при минимальной себестоимости операции.

Для выбора режимов резания, отвечающих поставленным задачам, необходимо располагать следующими исходными данными: зависимостями факторов, определяющих качество обработки (P_z — тангенциальная сила; P_y — радиальная сила; P_x — осевая сила); шероховатостью поверхности — R_z ; стойкостью режущего инструмента — T ; удельным расходом электроэнергии — K и другими коэффициентами, зависящими от режимов резания. Данные зависимости определяются на основании экспериментальных работ и приводятся в специальной литературе или справочниках. В общем виде они имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} P_z &= C_{P_z} v^{x_{P_z}} s^{y_{P_z}} t^{z_{P_z}}, \\ P_y &= C_{P_y} v^{x_{P_y}} s^{y_{P_y}} t^{z_{P_y}}, \\ P_x &= C_{P_x} v^{x_{P_x}} s^{y_{P_x}} t^{z_{P_x}}, \\ R_z &= C_R v^{x_R} s^{y_R} t^{z_R}, \\ T &= C_T v^{x_T} s^{y_T} t^{z_T}, \\ K &= C_K v^{x_K} s^{y_K} t^{z_K}, \end{aligned} \right\} \quad (106)$$

где C_{P_z} , C_{P_y} , C_{P_x} , C_R , C_T , C_K — опытные коэффициенты, зависящие от при-

меняемого режущего инструмента и физико-механических свойств покрытия; x, y, z — коэффициенты, зависящие от режимов резания.

На данные факторы накладываются ограничения в зависимости от конкретной задачи. Например, согласно требованиям, предъявляемым к операции, шероховатость поверхности должна быть $R_z \leq 20$ мкм; необходимо, чтобы стойкость инструмента была больше 40 мин, тогда $T \geq 40$ мин и т. д.

К исходным данным относятся и технические возможности станка, на котором производится обработка. Например, при обработке детали на станке 16К20 мощность, затрачиваемая на резание, не должна превышать 10 кВт; продольная подача должна быть больше или равна минимальной и меньше или равна максимальной и т. д. Если припуск снимается за один проход, то глубина резания равна припуску. Таким образом, режим, обеспечивающий максимальную производительность, будет определяться произведением значений продольной подачи S и частотой вращения детали n . Но при увеличении режимов резания уменьшается стойкость режущего инструмента, что приводит к необходимости его переточки, а следовательно, возрастают затраты на эксплуатацию режущего инструмента и электроэнергию, которые в конечном итоге сказываются на технологической себестоимости операции.

Технологическая себестоимость операции, например токарной обработки, определяется по формуле

$$C_{т.с} = \left(C_3^ч + C_a^ч + C_p^ч + C_3^1 N_T \eta_{t_0} + \frac{C_n + C_{пер}^k}{T(k+1)} \right) t_n, \quad (107)$$

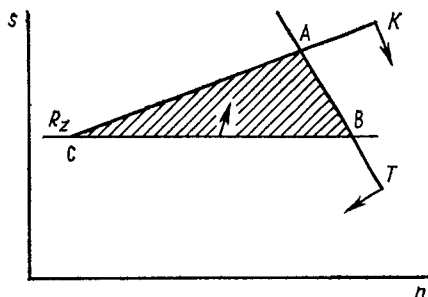
где $C_3^ч$ — тарифная ставка рабочего с начислениями, р./ч; $C_a^ч, C_p^ч$ — затраты на амортизацию и ремонт оборудования, р./ч; C_3^1 — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, р./(кВт·ч); N_T — технологическая мощность, затрачиваемая на процесс резания, кВт; η_{t_0} — коэффициент использования основного времени; t_0 — основное время резания, ч; C_n — стоимость инструмента, р.; k — количество переточек режущего инструмента; $C_{пер}$ — стоимость переточки, р.; T — стойкость режущего инструмента, ч; t_n — норма времени на обработку поверхности одной детали, ч.

Технологическая себестоимость зависит от режимов обработки. Для решения задачи выбора режима обработки составляется система линейных уравнений с ограничениями и решением системы определяются n и s .

Решение задачи можно проводить графоаналитическим методом или с применением электронно-вычислительной машины. При использовании ЭВМ применяется схема поиска в два этапа. На первом этапе находится режим с максимальной продольной подачей и фиксируется полученное значение. На втором этапе поиска ведется последовательный просмотр частот вращения детали при максимальной продольной подаче. Если не выполняется одно из условий ограничения, то счет прекращается и

Рис. 49. Техническая область ограничений:

AB — ограничение по стойкости режущего инструмента T ; BC — ограничение по шероховатости поверхности R_z ; AC — ограничение по удельному расходу электроэнергии K



начинается новый поиск при следующем значении частот вращения шпинделя. В результате расчетов выдаются следующие данные: n , s , N_T , K , t_o , t_{Σ} , $C_{т.с.}$

Чаще всего при решении данной задачи определяется область режимов обработки (рис. 49). Нахождение рационального режима обработки проводится методами математического программирования. Одним из таких методов является метод условного центра масс. Сущность метода заключается в следующем. Допустим, что точка A характеризует режим обработки исходя из минимального удельного расхода электроэнергии (n_k , s_k); точка B — режим обработки, обеспечивающий максимальную производительность (n_n , s_n); точка C — режим обработки, обеспечивающий минимальную технологическую себестоимость операции (n_c , s_c). Сначала определяется вклад каждого элемента в общую систему:

$$m_1 = [K(n_k, s_k) + K(n_n, s_n) + K(n_c, s_c)] / [K(n_k, s_k)], \quad (108)$$

$$m_2 = [\Pi(n_n, s_n) + \Pi(n_k, s_k) + \Pi(n_c, s_c)] / [\Pi(n_n, s_n)], \quad (109)$$

$$m_3 = [C(n_c, s_c) + C(n_k, s_k) + C(n_n, s_n)] / [C(n_c, s_c)], \quad (110)$$

где m_1 , m_2 , m_3 — соответственно центры масс по удельному расходу электроэнергии, производительности и технологической себестоимости.

С учетом вклада каждого элемента рациональный режим обработки равен

$$n = (n_k m_1 + n_n m_2 + n_c m_3) / (m_1 + m_2 + m_3), \quad (111)$$

$$s = (s_k m_1 + s_n m_2 + s_c m_3) / (m_1 + m_2 + m_3), \quad (112)$$

где n — частота вращения шпинделя, мин^{-1} ; s — продольная подача, об/мин .

8.4. Восстановление сопряжений с использованием ремонтных размеров и применением дополнительных деталей

Для увеличения срока службы некоторых сложных деталей при конструировании заранее предусматривают запас металла на изнашивающих поверхностях. Это дает воз-

возможность восстанавливать детали с использованием ремонтных размеров.

Способ ремонтных размеров. Сущность способа ремонтных размеров заключается в том, что восстановление посадки и сопряжения осуществляется изменением размеров детали. Под ремонтный размер восстанавливают сопряженные пары типа вал—втулка, поршень—цилиндр и др. Различают ремонтные размеры регламентированные (стандартные) и свободные. При регламентированных ремонтных размерах наиболее дорогостоящая деталь обрабатывается под один из ремонтных размеров. Величина и количество ремонтных размеров, допуски на них устанавливаются заводом-изготовителем. Данным способом восстанавливают шейки коленчатых валов, блоки, гильзы цилиндров, направляющие отверстия под толкатели, поршневые пальцы.

Свободные ремонтные размеры приводят к нарушению принципа взаимозаменяемости. Они применяются при ремонте в мелкосерийном и единичном производствах. Новый свободный ремонтный размер назначенной детали зависит от ее износа и припуска на обработку. Припуск на механическую обработку должен способствовать получению правильной геометрической формы изношенной детали после механической обработки без следов износа.

Введем обозначения: d_n — номинальный диаметр вала, мм; d_1, d_2, \dots, d_{p_n} — ремонтные размеры диаметра, мм; U — предельный износ на сторону, определяемый для каждой детали опытным путем, мм; a — припуск на обработку на сторону, мм.

Значения ремонтных размеров будут равны

$$d_{p_1} = d_n - 2(U + a), \quad (113)$$

$$d_{p_2} = d_n - 4(U + a) = d_{p_1} - 2(U + a), \quad (114)$$

$$d_{p_n} = d_n - 2n(U + a) = d_{p_{n-1}} - 2(U + a). \quad (115)$$

Число ремонтных размеров для валов равно

$$n = (d_n - d_{p_n}) / [2(U + a)]. \quad (116)$$

Удвоенная сумма предельного износа и припуска на обработку называется ремонтным интервалом. Обозначим ее через γ , т. е. $2(U + a) = \gamma$. Тогда общее количество ремонтных размеров детали выражается следующей зависимостью:

$$\text{для вала} \quad n_v = (d_n - d_{\min}) / \gamma, \quad (117)$$

$$\text{для отверстия} \quad n_o = (d_{\max} - d_n) / \gamma, \quad (118)$$

где d_{\min} — предельно допустимый минимальный диаметр, установленный для данного вала, мм; d_{\max} — предельно допустимый максимальный диаметр, установленный для данного отверстия.

Предельно допустимые значения диаметров определяются прочностными характеристиками детали. Практически уменьшение номинального диаметра, например, шеек коленчатых валов автотракторных двигателей находится в пределах от 1 до 8 мм, а ремонтный интервал — от 0,25 до 1 мм.

Таким образом, количество ремонтных размеров для шеек коленчатых валов равно 4—8. Следовательно, восстанавливая детали способом ремонтных размеров, увеличивается срок службы отремонтированных деталей. Значения ремонтных размеров, установленные стандартами, приведены в справочной литературе.

Восстановление сопряжений с применением дополнительных деталей. Одним из прогрессивных способов восстановления деталей является применение дополнительных спиральных вставок (рис. 50). Резьбовая спиральная вставка состоит из свернутого в спираль куска хромоникелевой стальной проволоки марки Х18Н9Т или Х18Н10Т ромбического сечения с углом при вершине 60° . В таком виде спираль представляет собой концентрическую внутреннюю резьбу. Установленная в деталь (в отверстие) спиральная вставка образует калиброванную резьбу. В свободном состоянии внешний диаметр резьбовой вставки больше наружного диаметра соответствующей резьбы, поэтому при заворачивании в резьбовое отверстие спиральная вставка находится в напряженном состоянии и плотно прижимается к виткам резьбы отверстия, что является причиной самотормо-

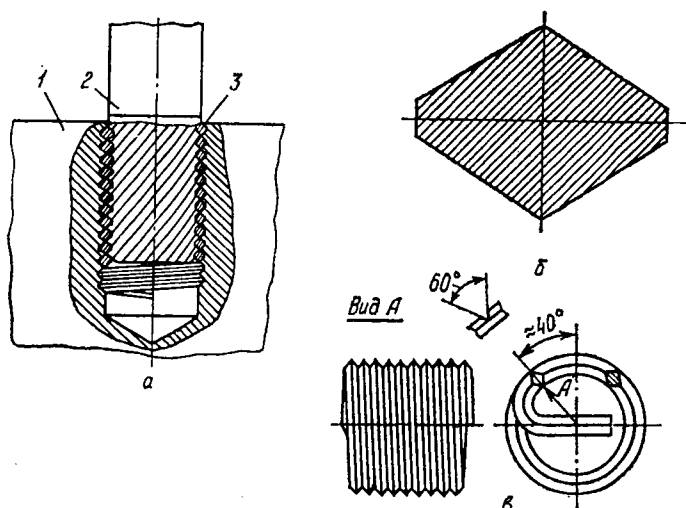


Рис. 50. Резьбовая вставка:

а — установка спиральной вставки в резьбовое отверстие: 1 — корпус; 2 — шпилька; 3 — спиральная вставка; *б* — сечение проволоки спиральной вставки; *в* — общий вид спиральной вставки

жения вставок в отверстия при вывертывании из них шпилек или болтов.

Резьба, образованная спиральной вставкой, имеет повышенную предельно допустимую нагрузку за счет более плотного прилегания боковых поверхностей спиральной вставки к резьбе отверстия детали, что способствует равномерному распределению нагрузки на отдельные витки и напряжений от резьбы шпильки (болта) на резьбу гайки. В результате значительно повышается стойкость резьбового соединения, увеличивается его износостойкость в связи с применением высококачественного материала вставок и наличием гладких поверхностей ромбической проволоки, из которой они изготовлены. Повышенная износостойкость позволяет резьбе выдерживать значительные нагрузки и обеспечивает целесообразность использования данного способа восстановления резьбы в материалах, прочность у которых меньше, чем у стали (алюминий, чугун, пластмассы).

8.5. Восстановление деталей пластической деформацией

Этот способ основан на возможности восстановления изношенных рабочих поверхностей путем перераспределения материала детали. В зависимости от износа и материала детали обработка может производиться как с нагревом восстанавливаемой детали, так и без нагрева.

В холодном состоянии обрабатывают детали из мягких малоуглеродистых сталей и цветных металлов. В горячем состоянии обрабатывают детали из стали, обладающие малой вязкостью. При нагреве пластические свойства металла повышаются, значительно снижается необходимое усилие давления. Верхний предел температуры нагрева должен составлять не более 0,9 температуры плавления данного металла. В противном случае происходят изменение структуры металла, коробление, появление окалины.

В зависимости от требуемой деформации δ и направления внешней действующей силы P_d восстановление деталей ведут следующими способами (рис. 51): осадкой, вытяжкой и вдавливанием (направление действующей силы и деформации взаимно перпендикулярны); обжатием, раздачей и правкой (направление действующей силы совпадает с направлением требуемой деформации); накаткой (направление действующей силы и направление деформации материала противоположны).

Осадку применяют для восстановления изношенной внутренней или наружной поверхности бронзовых втулок за счет уменьшения их высоты без нагрева.

Вытяжку применяют для увеличения длины тяг, стержней малого диаметра, штанг, рабочих органов почвообрабатывающих машин за счет уменьшения сечения.

Выдавливание заключается в перемещении части металла с нерабочих поверхностей деталей к изношенным. Этим способом восстанавливают тарелки клапанов при износе фаски, зубья шестерен и шлицы на валах, имеющих износ боковых поверхностей в пределах 0,5—1,5 мм, шаровые пальцы рулевых тяг при износе сферической поверхности и т. д.

Обжатие применяют для восстановления втулок при износе у них внутренней поверхности за счет уменьшения наружного диаметра. Обжатием ремонтируют втулки распределительных и других валов, звенья гусениц при износе проушин под пальцы, бошки рулевых сошек при износе конусных отверстий и другие детали.

Раздачу применяют для увеличения размеров изношенных наружных поверхностей пустотелых деталей: поршневых пальцев, посадочных мест под обоймы подшипников качения чашек дифференциалов, трубы рулевых колонок. В зависимости от материала детали и требуемой величины раздачи процесс ведется с нагревом или без него. Термически обработанные и поверхностно упрочненные детали предварительно отжигают или отпускают (при температуре 600...680 °С в течение 0,5—1 ч) для получения необходимой пластичности. Величина раздачи по диаметру составляет в среднем 0,5—0,8 мм.

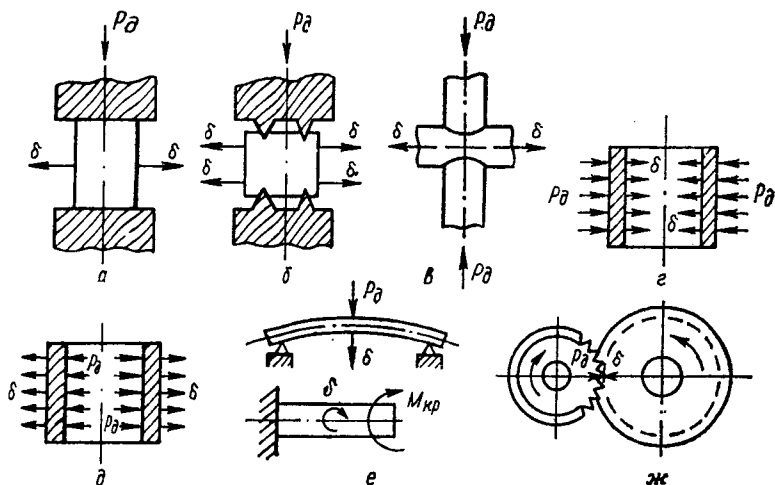


Рис. 51. Схема способов восстановления пластической деформацией:
а — осадка; б — выдавливание; в — вытяжка; г — обжатие; д — раздача; е — правка; ж — накатка

Правку используют при ремонте погнутых и скрученных деталей и производят как в холодном, так и в горячем состоянии. Правку применяют при восстановлении шатунов, коленчатых, распределительных и карданных валов, передних осей, рам, рулевых тяг.

Накаткой восстанавливают посадочные места валов и осей под подшипники качения. При необходимости после накатки деталь шлифуют для получения требуемого размера. Накатку используют также для восстановления упругости клапанных пружин. Пружину, надетую на оправку, устанавливают в патрон токарного станка, а приспособление — державку с роликом — на суппорт станка. Режим обработки: давление ролика 2—4 МПа, шаг подачи суппорта станка 14—16 мм, частота вращения шпинделя станка 90—100 мин⁻¹, число проходов 1—2.

8.6. Виды технологии, применяемые в ремонтном производстве

Ремонт деталей осуществляется по одному из трех видов технологии: подефектной, маршрутной, групповой.

Подефектная технология. Комплектование партии деталей производится только по наименованию и каждый дефект устраняется последовательно, независимо от способов исправления других дефектов. Разрабатывается столько технологий, сколько дефектов имеет деталь. При применении подефектной технологии ремонта деталей трудно предусмотреть правильную очередность устранения дефектов на деталях, так как их появление носит случайный характер. Неправильный порядок устранения дефектов приводит к появлению брака.

Кроме этого, подефектная технология имеет следующие недостатки: партию деталей невозможно восстанавливать по одному технологическому процессу; применяется в основном универсальное оборудование, что снижает производительность труда; увеличивается штат контролеров, чтобы не пропустить неустраненные дефекты на деталях. Его рекомендуется применять в единичном производстве.

Маршрутная технология. Эта технология, предложенная проф. К. Т. Кошкиным, основана на том, что дефекты деталей появляются закономерно в определенной последовательности и встречаются в повторяющихся сочетаниях. На основе изучения сочетаний дефектов и взаимосвязи их возникновения устанавливаются технологические маршруты.

Технологическим маршрутом называется последовательность прохождения заготовки, детали или сборочной единицы по подразделениям предприятия при выполнении технологического процесса изготовления или ремонта. При маршрутной техноло-

гии разрабатываются технологические процессы не на каждый дефект, а на комплекс дефектов. Например, при дефектации коленчатого вала двигателя наблюдаются следующие дефекты: 1 — износ коренных шеек; 2 — износ шатунных шеек; 3 — изгиб вала; 4 — износ гнезда под подшипник; 5 — износ отверстий под болты крепления маховика. На основе статистических данных выявлены следующие сочетания дефектов и их повторяемость по отношению к общему количеству подлежащих ремонту деталей:

Сочетание дефектов	Повторяемость дефектов по отношению к общему количеству ремонтируемых деталей, %
1, 2	31
1, 2, 3	42
1, 2, 4	16
1, 2, 5	5
1, 2, 4, 5	2,5

Из этих сочетаний вытекает необходимость разработки технологического процесса ремонта не на каждый дефект, как это делается согласно подефектной технологии, а на комплекс дефектов каждого сочетания, с которыми деталь поступает в ремонт. Каждое сочетание дефектов требует разработки своей технологии, так как наивыгоднейшая последовательность выполнения операций зависит от сочетания дефектов.

Из приведенных данных видно, что целесообразно разработать три маршрута:

Номер маршрута	1	2	3
Сочетание дефектов	1, 2	1, 2, 3	1, 2, 4

Если на детали есть дефект или сочетание дефектов, которое не входит ни в один из установленных для данной детали маршрутов, то она отмечается буквой Р, что означает редкий маршрут. Эти детали ремонтируют по подефектной технологии. Количество маршрутов для каждого наименования деталей должно быть минимальным (не более пяти). В противном случае усложняется сортировка деталей, требуется значительное количество стеллажей для их хранения.

Маршрутная технология по сравнению с подефектной создает условия непрерывности выполнения технологического процесса всей партии деталей, что повышает производительность труда, благоприятствует более четкому оперативному планированию и повышает качество ремонта машин. При маршрутной технологии для всех деталей в партии последовательность операций, составляющих процесс ремонта, является единой. Поэтому исключается возможность пропустить устранение какого-либо дефекта или нарушить последовательность выполнения технологических операций. Число деталей в одном маршруте рекомендо-

дуются накапливать не менее 100, и такая партия проходит в нерасчленном виде до конца ремонта. Ремонт деталей большими партиями по одному маршруту дает возможность перехода от единичного к серийному производству их ремонта.

Групповая технология. Разрабатывается для групп деталей, устранение дефектов которых производится одними и теми же способами с последующей механической обработкой, проводимой на однотипном оборудовании. Например, для ремонтируемых деталей шасси и ходовой части трелевочного трактора ТДТ-55А можно составить следующие группы деталей: корпусные детали, валы, оси (рис. 52). В группу валы трансмиссии входят: вал верхний, ось заднего хода, вал опорный, вал привода лебедки и др. В качестве эталона выбирается наиболее характерная деталь, структурные характеристики и дефекты которой полнее отражены по сравнению с другими деталями. Так, для группы валы трансмиссии представительной деталью является вал опорный. На типовой представитель разработывается технология ремонта с учетом последних достижений науки и практики. Для изношенных поверхностей выбираются наиболее эффективные способы восстановления (табл. 14) из числа рекомендуемых. Кроме того, разрабатываются и перспективные способы восстановления, которые могут быть в ближайшем будущем применены на предприятии. Таким образом, групповая технология является воплощением маршрутной технологии не для одной детали, а для группы деталей и является основанием для применения индустриальной технологии, принятой в машино-

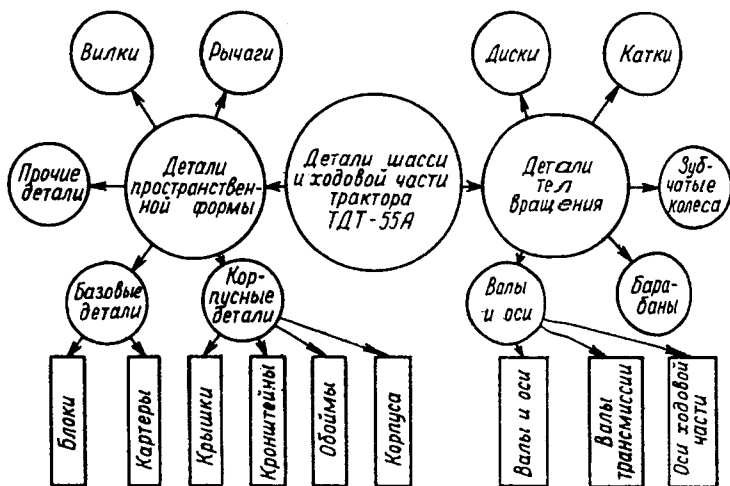


Рис. 52. Классификация ремонтируемых деталей шасси и ходовой части трелевочного трактора ТДТ-55А

14. Рекомендуемые способы восстановления для групп деталей

Сопряжение	Типичные восстанавливаемые детали	Рекомендуемые рациональные способы восстановления, упрочнения и механической обработки
Вал — подшипник качения	Оси катков и поддерживающие ролики, валы коробок передач	Наплавка в CO_2 (Нп-30ХГСА) + + точение + закалка ТВЧ + + шлифование + поверхностно-пластическое деформирование (ППД) Перспективные способы: электроконтактная наплавка лентой, газотермическое напыление порошками
Корпус — подшипник качения	Корпусные детали	1. Применение дополнительных ремонтных деталей 2. Применение полимерных покрытий Перспективные способы: электроконтактное приваривание ленты, газотермическое напыление порошками
Вал — подшипник скольжения	Коленчатые и распределительные валы двигателей	1. Наплавка порошковой проволокой ПП-АН122 + шлифование + ППД галтелей 2. Наплавка Нп-30ХГСА в среде ($\text{Ar} + \text{CO}_2$) + точение + двойная нормализация + закалка ТВЧ + шлифование + ППД галтелей
Шлицевое соединение	Валы сцеплений, ведущие колеса	Перспективные способы: применение электролитических покрытий, газотермическое напыление порошками
Вал — уплотнение	Шкивы коленчатых валов, валы сцеплений	Наплавка в CO_2 (Нп-30ХГСА) + + точение + фрезерование + + двойная нормализация + закалка ТВЧ
Шкив — тормозная поверхность Цапфа — втулка	Шкивы планетарных и остановочных тормозов Коленчатые оси, цапфы рам	1. Хромирование в саморегулируемом электролите + шлифование 2. Наплавка ПП-АН122 + шлифование + ППД Наплавка в CO_2 (Нп-30ХГСА) + + точение + ППД Наплавка в CO_2 (Нп-30ХГСА) + + точение + двойная нормализация + закалка ТВЧ + ППД галтелей
Каток — звено гусеницы	Опорные катки	1. Широкоослойная наплавка порошковыми проволоками по присадочной ленте 2. Электрошлаковая наплавка 3. Заливка жидким металлом

строении, т. е. появляется возможность применения поточных линий, станков с числовым программным управлением, гибких производственных систем, роботов и манипуляторов. Групповая технология применяется на участках, в цехах централизованного ремонта деталей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите критерии, по которым выбирается способ восстановления деталей.
2. Какие марки инструментальных материалов применяются для обработки покрытий?
3. От каких параметров зависит технологическая себестоимость токарной операции?
4. Определите в общем виде количество ремонтных размеров для валов.
5. Какие способы пластической деформации применяются при ремонте? Приведите конкретные примеры по деталям лесохозяйственных машин.
6. Перечислите преимущества маршрутной технологии ремонта деталей по сравнению с подефектной.

Глава 9 РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

Сваркой называется процесс соединения материалов, обусловленный сцеплением их атомов. Существующие способы сварки деталей можно подразделить на три основные группы: плавлением, давлением и притиранием.

В свою очередь каждая из этих групп содержит различные виды сварки, классификация которых приведена на схеме (рис. 53).

Сварка является универсальным способом восстановления деталей и получила широкое применение при ремонте изношенных и поврежденных деталей лесохозяйственных машин и обо-

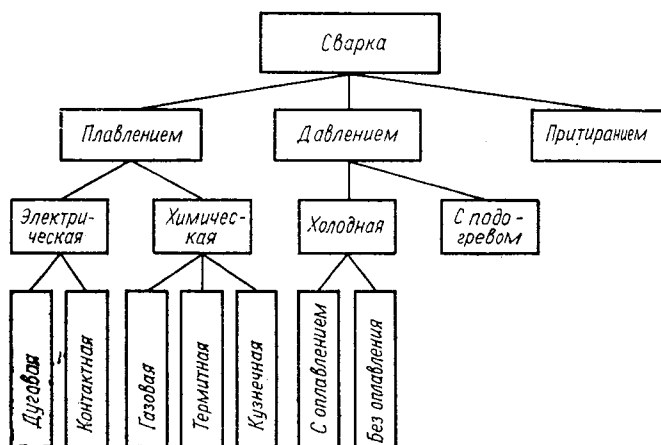


Рис. 53. Классификация способов сварки деталей

рудования. В ремонтном производстве получила распространение главным образом сварка электродуговая и газовая (ацетилено-кислородная).

Электродуговая сварка впервые была применена русскими инженерами Н. Н. Бенардосом (1885) и Н. Г. Славяновым (1890). Технологический маршрут ремонта деталей сваркой и наплавкой состоит из подготовки деталей к сварке, выбора присадочного материала и величины сварочного тока, процесса сварки (наплавки) и контроля качества сварочного шва.

9.1. Ручная электродуговая сварка

При подготовке к сварке деталь очищается от масла, грязи, ржавчины и производится разделка трещин под сварочный шов. При толщине детали до 5 мм разделку не делают, а ограничиваются зачисткой прилегающей к трещине поверхности; при толщине от 5 до 12 мм производят разделку трещины под V-образный шов; при толщине свыше 12 мм — под X-образный шов (рис. 54).

Качество наплавленного слоя и продолжительность процесса сварки или наплавки во многом зависят от материала электродов и их покрытий. Наибольшее применение в качестве электродного материала находит электродная сварочная проволока, которая выпускается промышленностью по специальным техническим условиям диаметром от 0,3 до 12 мм.

В ремонтной практике для изготовления электродов применяют проволоку: низкоуглеродистую — Св-08, Св-08А, Св-08А, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2, предназначенную для сварки и наплавки мало- и среднеуглеродистых сталей; легированную — Св-08Г2С, Св-08ХН2М и др., предназначенную для углеродистых и легированных сталей; высоколегированную — Св-12Х13, Св-06Х19М9Т — для сварки и наплавки деталей, изготовленных из нержавеющей, жаростойких и других специальных сталей.

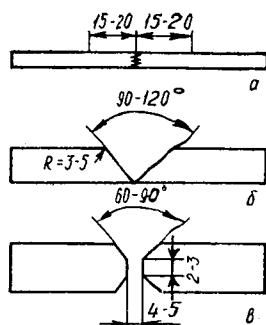
Индекс Св означает, что проволока предназначена для сварки. Цифры, следующие за индексом, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Каждая последующая буква указывает наименование химического элемента, входящего в состав проволоки, а цифра после нее — содержание этого элемента в процентах. Отсутствие цифры после буквы означает, что данного элемента содержится менее 1 %.

В целях защиты от насыщения кислородом и азотом воздуха расплавленного основного и присадочного металлов при сварке и наплавке применяются специальные покрытия для электродов: тонкие (толщиной 0,1—0,25 мм) или толстые (0,5—1,5 мм на сторону) обмазки.

Тонкие обмазки предназначены для поддержания устойчивости дуги. Такие обмазки называются стабилизирующими.

Рис. 54. Форма разделки трещин под заварку:

а — при толщине металла до 5 мм; б — при толщине металла 5—12 мм; в — при толщине металла более 12 мм



Они состоят из 80—85 % мела CaCO_3 и 20—15 % жидкого стекла Na_2CO_3 .

Толстые обмазки подразделяются на руднокислые — Р, рутиловые — Т, фтористо-кальциевые — Ф, органические — О и др., в состав которых могут входить следующие основные компоненты: газообразующие (крахмал, древесная мука, целлюлоза), шлакообразующие (мел, мрамор, полевой шпат, кварцевый песок), легирующие (феррохром, ферровольфрам, ферромolibден и др.), раскисляющие (ферросилиций, алюминий) и связующие (жидкое стекло, желатин).

В зависимости от химического состава покрытия электроды делятся на марки, а по назначению и механическим свойствам наплавленного металла — на типы.

В обозначение типа сварочного электрода входят буква Э и цифра, указывающая предел прочности шва на растяжение без термической обработки; наплавочные электроды обозначаются буквами ЭН и цифрой, показывающей число единиц твердости НРС наплавленного слоя без термической обработки.

Например, в марке Э-46А: Э — электрод; 46 — предел прочности металла шва на разрыв, МПа; А — гарантируются повышенные свойства металла шва; в марке ЭН-60: ЭН — электрод наплавочный; 60 — число единиц твердости наплавленного слоя без термической обработки.

С целью обеспечения единства измерений введены государственный специальный эталон и единая шкала твердости $\text{C}_\text{с}$ по Роквеллу (ГОСТ 8.064—79). Твердость, измеренную по шкале $\text{C}_\text{с}$, воспроизводимой этим эталоном, обозначают $\text{HRC}_\text{с}$ в отличие от обозначения НРС, ранее применявшегося в промышленности СССР. При использовании технической литературы, изданной в СССР, для перевода чисел твердости НРС в число твердости $\text{HRC}_\text{с}$ следует пользоваться специальными таблицами. Например, НРС 60 соответствует $\text{HRC}_\text{с}$ 61.

Для получения высокой твердости и износостойкости наплавленного слоя применяют различные твердые сплавы, выпускаемые или в виде электродов, или в порошке. Наиболее широкое применение в ремонтном деле получили сплавы, представляющие собой твердый раствор карбидов хрома в железе. К ним относятся сплавы сормайт (сормайт № 1 выпускается в виде электродов и порошка, сормайт № 2 — в виде электродов и

прутков), сплав Т-590 (в виде обычных электродов и порошка), а также порошковые сплавы УС-25, ФБХ-6-2.

Наплавку прутками или электродами осуществляют электродугой, преимущественно на постоянном токе. Порошковые сплавы наплавляют, как правило, угольными или графитовыми электродами.

Твердые сплавы применяют для наплавки кулачков распределителей, вилок переключения передач, шлицевых валов, при восстановлении различных деталей лесохозяйственного оборудования—лемехов плугов, дисков и зубьев борон, культиваторных лап и других быстроизнашивающихся стальных и чугуновых деталей.

Характеристика некоторых сварочных и наплавочных электродов для ремонта стальных деталей приведена в табл. 15 и 16.

15. Характеристика сварочных электродов

Тип	Марка электрода	Группа покрытия	Род тока	Основное назначение
Э-42	ОММ-5, ЦМ-5, Р	П	Постоянный и переменный	Для сварки малоуглеродистых сталей
Э-42А	УОНИ 13/45, Ф	Ф	Постоянный, обратной полярности	Для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей
Э-50А	УОНИ 13/55	Ф	То же	Для сварки конструкционных сталей повышенной прочности
Э-46	АНО-3, АНО-4	Т	Постоянный и переменный	Для сварки малоуглеродистых сталей

Диаметр электрода при электродуговой сварке выбирают в зависимости от толщины металла ремонтируемой детали:

Толщина металла, мм	1,5	2,0	3,0	4—5	6—8	9—12	13—15	16—20
Рекомендуемый диаметр электрода, мм	1,6	2,0	3,0	3—4	4,0	4—5	5,0	5—6

Величина сварочного тока зависит от диаметра электрода и определяется по эмпирическим формулам:
при диаметре электрода 4 и 5 мм

$$I = (40 - 60) d, \quad (119)$$

в остальных случаях

$$I = (\beta + \alpha d) d, \quad (120)$$

где d — диаметр электрода, мм; β и α — опытные коэффициенты; при сварке и наплавке можно принять $\beta = 20$ и $\alpha = 6$.

16. Характеристика наплавочных электродов

Тип	Марка	Основное назначение
ЭН-15ГЗ ЭН-18Г4	ОЗН-300 ОЗН-350	Наплавка деталей (осей, валов, кре- стовин), работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок
ЭН-У32Х25С2ГР ЭН-У32Х23С2ГТР	Т-590 Т-620	Наплавка деталей, работающих в ус- ловиях абразивного изнашивания и воспринимающих умеренные удар- ные нагрузки
ЭН-У30Х28С4Н4 Сормайт № 1 ЭН-У20Х15С2Н2	ЦС-1 ЦС-2	Наплавка деталей без последующей термической обработки
Сормайт № 2 ЭН-80Х4СГ	1ЗКН/ЛИИВТ	Наплавка деталей. Допускается тер- мическая обработка Наплавка рабочих поверхностей ле- мехов и других деталей, работающих в таких же тяжелых условиях

При сварке деталей толщиной более трех диаметров элект-
рода величину тока нужно увеличить на 10—15 %, а при тол-
щине менее 1,5 диаметра — уменьшить на такую же величину.

Производительность сварки и наплавки зависит от величины
сварочного тока, времени горения дуги и марки электрода. Ко-
личество наплавленного металла определится следующим об-
разом:

$$G = \alpha_n It, \quad (121)$$

где G — количество наплавленного электродного металла, г; α_n — коэффи-
циент наплавки, г/(А·ч) [для электродов с тонкими покрытиями $\alpha_n =$
 $= 8,2$ г/(А·ч), с толстыми — $\alpha_n = 10—12$ г/(А·ч)]; I — сила тока, А; t —
время горения дуги, ч.

Сварку тонкостенных деталей (кабин, крыльев, капотов ма-
шин) целесообразно вести в среде защитных газов (рис. 55).
В качестве защитных газов применяют углекислый газ, инерт-
ные газы — гелий, аргон и их смеси. Газ подается в зону горе-
ния дуги и защищает расплавленный металл и электрод от воз-
действия кислорода и азота воздуха, а также создает лучшие
условия для устойчивого горения дуги. Сварка этим способом
может производиться плавящимся и неплавящимся электродом.
В качестве неплавящегося электрода используют вольфрамовые
прутки ВА-1А диаметром от 0,8 до 6 мм. Присадочным материа-
лом служит проволока того же состава, что и свариваемый
металл. Для ручной аргодуговой сварки выпускаются уста-
новки УДАР-300, УДАР-500. Процесс сварки может быть меха-
низирован на установках типа УДГ-301, УДН-501 и др.

Сварка производится как постоянным, так и переменным
током. Постоянный ток используется при сварке тонкостенных

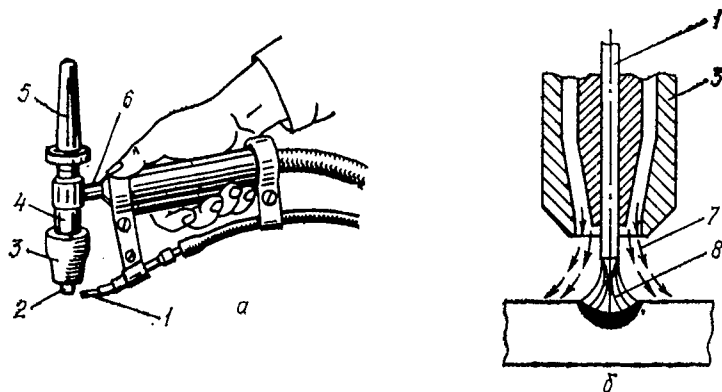


Рис. 55. Сварка в среде защитного газа:

а — общий вид горелки для сварки неплавящимся электродом; *б* — схема процесса сварки плавящимся электродом; 1 — проволока; 2 — неплавящийся электрод; 3 — сопло горелки; 4 — головка; 5 — колпак; 6 — корпус горелки; 7 — струя защитного газа; 8 — электрическая дуга

деталей (толщиной до 1 мм) и для сварки цветных металлов и сплавов.

Источники постоянного тока делятся на сварочные выпрямители (ВДГ-301, ВДГ-302 и др.) и сварочные преобразователи и агрегаты (ПСО-300, ПСО-500 и др.), состоящие из электродвигателя переменного тока и генератора постоянного тока.

На ремонтных предприятиях сварку целесообразно вести переменным током. Наибольшее применение получили трансформаторы типов СТН, ТС, ТСК, ТД и СТШ с рабочим напряжением до 65 В и силой тока от 70 до 700 А (СТН-300, ТД-500, ТСМ-500 и др.).

9.2. Газовая сварка и наплавка

Газовая (ацетиленокислородная) сварка и наплавка применяется для ремонта деталей, изготовленных из тонкого листового материала, а также для заварки трещин в деталях из чугуна и алюминиевых сплавов. Газовым пламенем наплавляют твердые сплавы на изношенные поверхности лемехов, культиваторных лап, дисковых ножей. В связи с тем, что твердость и износостойкость твердых сплавов выше основного металла деталей, лемеха и культиваторные лапы во время работы становятся самозатачивающимися. При газовой сварке металл плавится высокотемпературным газовым пламенем, получаемым при сгорании ацетилена в кислороде. В зависимости от соотношения объемов ацетилена и кислорода различают следующие виды пламени: нормальное или восстановительное — избыток кислорода 10—30 %; окислительное — избы-

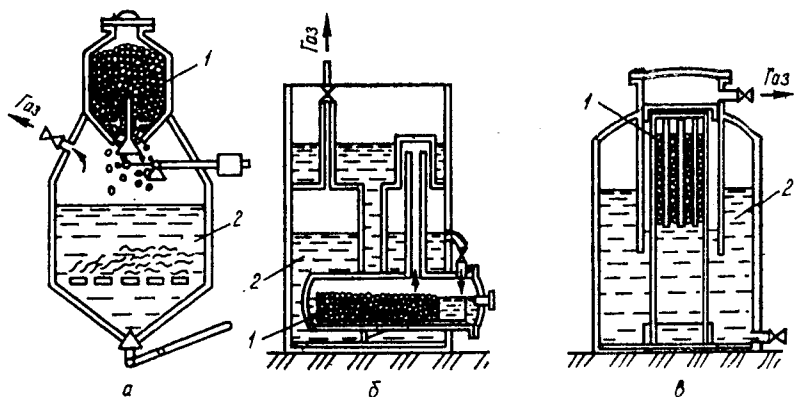


Рис. 56. Схемы ацетиленовых генераторов:

а — «карбид в воду»; б — «вода на карбид»; в — «контактная»; 1 — карбид кальция; 2 — вода

ток кислорода более 30 %; на углерода живающее — избыток ацетилена до 5 %.

Ацетилен смешивается с кислородом в сварочных горелках со сменными наконечниками. Номер наконечника горелки зависит от толщины свариваемого материала: с возрастанием толщины на горелку ставят наконечник большего номера. Номер наконечника выбирают по часовому расходу ацетилена

$$A = kb, \quad (122)$$

где A — расход ацетилена, $\text{м}^3/\text{с}$; k — опытный коэффициент (для чугуна, алюминия, малоуглеродистой стали $k \approx 100$, для красной меди $k \approx 140$, для легированных сталей $k \approx 75$); b — толщина свариваемого металла, мм.

Ацетилен получают в ацетиленовых генераторах путем разложения карбида кальция водой $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$. По способу действия генераторы подразделяются на следующие основные системы: «карбид в воду», «вода на карбид» и «контактные» (рис. 56). По давлению вырабатываемого ацетилена генераторы могут быть низкого давления — до 10 кПа (АНВ-1-68) и среднего давления — от 10 до 150 кПа (АСМ-1,25-3, АСВ-1,25-4, ГВР-3, МГ-65 и др.). В качестве присадочного материала применяются сварочная проволока, прутки, стержни, близкие по своему химическому составу к свариваемому металлу. Диаметр прутка d выбирается в зависимости от толщины b основного металла по формуле

$$d = b/2 + 1. \quad (123)$$

Для защиты расплавленного металла от окисления в качестве флюса применяют прокаленную буру, кремниевую и борную кислоты и другие вещества.

9.3. Особенности сварки чугуна, цветных металлов и сплавов

Известно, что около 50 % корпусных деталей машин и лесохозяйственного оборудования (блоки цилиндров, головки блоков, картеры маховиков, коробок передач и др.) изготовлены из серого и ковкого чугуна и алюминиевых сплавов. Восстановление таких деталей сваркой представляет определенные трудности, обусловленные свойствами чугуна и цветных металлов и сплавов.

Чугун практически непластичен и при нагреве сразу переходит из твердого состояния в жидкое, а при остывании наоборот. Кроме того, вследствие местного нагрева при сварке в деталях возникают внутренние напряжения, способствующие распространению трещин, а также образованию новых; быстрое охлаждение деталей после сварки часто приводит к отбеливанию чугуна.

Сварка чугуна производится горячим и холодным способами.

При горячей сварке трещину засверливают по концам сверлом диаметром 3—5 мм, разделяют под V-образный шов, деталь медленно нагревают до температуры 600...650 °С в нагревательных печах, производят заварку трещины и медленно охлаждают деталь. В процессе сварки деталь не должна охлаждаться ниже 500 °С, поэтому процесс производят в термоизоляционном кожухе, имеющем двойные стенки из тонкого (2—3 мм) листового железа со слоем асбеста между ними.

Электродуговую сварку ведут чугунами электродами с сердечником марок А и Б и покрытием ОМЧ, состоящим из мела (25 %), графита (41 %), ферромарганца (9 %) и полевого шпата (25 %). В качестве связующего материала используют жидкое стекло из расчета 100 г смеси на 70 см³ жидкого стекла.

Восстановление чугунных деталей может производиться и газовой сваркой нормальным пламенем или с небольшим избытком ацетиленом. В качестве присадочного материала в этом случае используют чугунный пруток марки А и специальный флюс ФСЧ-1.

При автоматической или полуавтоматической сварке используют специальную порошковую проволоку ППЧ-2, ППЧ-3. Сварку ведут открытой дугой или в среде защитных газов. Порошковая проволока представляет собой металлическую оболочку с наполнителем из порошкообразных легирующих элементов. В качестве наполнителей применяют смесь металлических порошков, ферросплавов, шлако- и газообразующих материалов. Чугунные детали сложной конфигурации (блоки цилиндров, картеры) после сварки рекомендуется подвергать отжигу для снятия внутренних напряжений.

Холодная сварка чугунных деталей осуществляется без предварительного подогрева всей детали, но с медленным охлаждением после сварки. Заварка трещины производится вразбежку участками длиной по 40—50 мм, чтобы избежать значительного разогрева детали.

Холодная сварка имеет несколько разновидностей:

1. Электродами из малоуглеродистой стали Св-08 и Св-08А (типа Э-34) с меловой обмазкой, многослойной наплавкой способом отжигающих валиков. Сущность этого способа заключается в подготовке деталей к сварке (разделке трещин и изломов) и технике наложения сварных швов с соблюдением определенного теплового режима сварки. Трещину разделяют по всей длине под V-образный шов с углом раскрытия кромок 90—100°. Обварку кромок производят отдельно, накладывая не менее двух швов. Каждый из валиков первого слоя наносится за два прохода и на $\frac{1}{3}$ длины предыдущего перекрывается следующим, отжигающим валиком. После заварки кромок дают им остыть до температуры всей детали.

2. Медными электродами марки ОЗЧ-1, состоящими из медного стержня М2, М3 с фтористо-кальциевым покрытием типа УОНИ с добавлением 50 % железного порошка в покрытие. Сварку ведут постоянным током обратной полярности с перерывами, охлаждая деталь до 50...60 °С.

Хорошие результаты при холодной сварке чугуна дают электроды марки АНЧ-1 со стержнями из проволоки Св-04Х19Н9Т, снабженными медной оболочкой и покрытием типа УОНИ-13/55.

3. Биметаллическими электродами МНЧ-1 или ЖНБ-1 с покрытием УОНИ, стержень которых изготовлен из монель-металла (Ni—63 %, Cu—37 %) или из железоникелевого сплава (Ni—55 %, Fe—45 %). При сварке этими электродами шов получается малой твердости, зона отбеленного чугуна почти отсутствует.

4. Самозащитной проволокой сплошного сечения ПАНЧ-11. Сварка осуществляется открытой дугой без дополнительной защиты расплавленного металла флюсом или газом; при этой сварке используют любые шланговые полуавтоматы (А-547, А-547У, А-525, А-1114), предназначенные для подачи проволоки диаметром 1—1,2 мм.

5. Наплавка порошковыми самофлюсующимися сплавами НПЧ-1, НПЧ-2, НПЧ-3 и НПЧ-4. Наплавленный металл плотный, поддается обработке резанием, по цвету близок к чугуну. Предел прочности при разрыве составляет 240—270 МПа.

Технологический процесс восстановления состоит из местного нагрева дефектной поверхности до температуры 400...450 °С и нанесения слоя порошкового сплава посредством специальной ацетиленовой горелки типа ГАЛ или ГН. После заплавления дефекта отремонтированное место и зону, прилегающую к нему,

прогревают пламенем горелки, а наплавленный металл проковывают.

Сварка алюминия и его сплавов затруднена тем, что при нагреве детали на ее поверхности образуется тугоплавкая пленка оксида, которая препятствует сварке. Температура плавления алюминия 657°C , а его оксида Al_2O_3 2050°C . Для изготовления ряда деталей машин и лесохозяйственного оборудования широко используются сплавы на основе алюминия и кремния, так называемые силумины (сплав АЛ-4, АЛ-5, ПЛ-11 и др.). Сварку таких деталей ведут электродугой плавящимся электродом, в среде защитных газов и ацетиленокислородным пламенем. Перед заваркой трещину разделяют под углом $60\text{--}90^{\circ}$ по всей ее длине и подогревают до температуры $200\text{...}350^{\circ}\text{C}$.

Электродугую сварку ведут постоянным током обратной полярности электродами ОЗА-2 со стержнями из проволоки алюминиево-кремнистого сплава марки Св-АКЗ и Св-АК10. При сварке в среде защитных газов (аргонодуговой) присадочным материалом является проволока АК, состоящая из 95 % алюминия и 5 % кремния. Сварку ведут переменным током при напряжении $11\text{--}15\text{ В}$. Силу тока принимают из расчета $30\text{--}50\text{ А}$ на 1 мм толщины свариваемой детали.

Ацетиленокислородная сварка ведется нормальным пламенем с использованием флюсов АФ-4А, АН-4А, АН-А201, содержащих в своем составе хлористый или фтористый литий — наиболее сильный растворитель оксида алюминия. Присадочным материалом служит проволока с содержанием 95 % алюминия и 5 % кремния.

Газовую сварку можно вести и без флюса, разрывая пленку оксидов в момент расплавления основного и присадочного материала стальным крючком.

Сварка латуни затруднена тем, что из нее при температуре 930°C испаряется цинк и шов получается пористым. Для уменьшения испарения цинка сварку ведут ацетиленокислородным окислительным пламенем (избыток кислорода до 15 %). В этом случае на поверхности расплавленного металла образуется тугоплавкая пленка оксида цинка, препятствующая его испарению. В качестве присадочного материала применяют латунные стержни того же состава, что и свариваемый металл. Флюсом служит переплавленная бура с примесью 4—5 % порошка магния. После сварки латунь отжигают при температуре $600\text{...}650^{\circ}\text{C}$.

9.4. Пайка при ремонте

Пайкой называется процесс прочного соединения металлических деталей путем введения между ними расплавленного припоя. В качестве припоев применяют сплавы цветных металлов. Припой подразделяются на мягкие и твердые.

К мягким относятся припой оловянно-свинцовые ПОС-40, ПОС-30, ПОС-18, ПОС-4-6 с температурой плавления ниже 400 °С. Цифра в марке припоя показывает процент содержания олова, остальное — свинец и до 2,5 % сурьмы.

К твердым относятся припой с температурой плавления выше 500 °С — медно-цинковые ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 и серебряные ПСр-70, ПСр-65, ПСр-45 и ПСр-20. Медно-цинковые припой содержат от 36 до 65 % меди (остальное цинк и примеси: 0,1 % железа и 0,5 % олова). Например, ПМЦ-36 содержит 36 % меди, 63,4 % цинка. Серебряный припой представляет собой сплав серебра с медью и цинком. Содержание серебра в припое в пределах 10—70 %. Например, ПСр-70 содержит 70 % серебра, 30 % меди и цинка.

При пайке применяют флюсы, которые служат для удаления окисных пленок с поверхности металлов. В качестве флюса при пайке мягкими припоями используют соляную кислоту, хлористый цинк $ZnCl_2$, хлористый аммоний (нашатырь) NH_4Cl , а при пайке твердыми припоями — буру $Na_2B_4O_7$ и смесь буры с борной кислотой H_3BO_3 и борным ангидридом B_2O_3 . Технологический процесс пайки протекает по следующим схемам (табл. 17).

17. Последовательность операции технологического процесса пайки

Мягкими припоями	Твердыми припоями
Зачистить место пайки напильником, наждачным полотном	Зачистить место пайки напильником, наждачным полотном
Смазать поверхность флюсом	Присыпать поверхность детали флюсом и распределить тонким слоем припой
Нагреть паяльник до 300 . . . 400 °С	Нагреть деталь до температуры размягченного припоя
Профлюсовать паяльник	Присыпать флюсом и довести припой до полного расплавления
Перенести припой паяльником и равномерно распределить по поверхности спа	Равномерно распределить припой с поверхности стальным скребком
Проверить качество пайки, удалить лишний припой	Проверить качество пайки, удалить лишний припой

Наиболее широко пайка применяется при ремонте электрооборудования: генераторов, стартеров, реле-регуляторов, аккумуляторных батарей, приборов зажигания.

9.5. Механизированные и автоматизированные способы наплавки

Наибольшее распространение в ремонтном производстве получили следующие механизированные способы наплавки: автоматическая под слоем флюса, вибродуговая в среде защитных газов, плазменно-дуговая, электрошлаковая и др.

Наплавка под слоем флюса. Широко применяется для восстановления изношенных поверхностей опорных катков, поддерживающих роликов и натяжных колес тракторов, полуосей, шлицев, различных валов.

Деталь для наплавки устанавливается в центрах или крепится в патроне токарного станка с понижающим редуктором (рис. 57, а). Электродная проволока автоматически подается в зону горения дуги специальной наплавочной головкой А-384, А-580 или подающим механизмом полуавтомата ПШ-5-1, ПШ-54, ПДШМ-500, установленным на суппорте станка. Наплавка производится под слоем флюса, который подается из бункера впереди дуги. Часть флюса плавится и создает оболочку вокруг дуги, которая защищает расплавленный металл от окисления, разбрызгивания и угара. Кроме того, флюс замедляет охлаждение наплавленного металла и легирует его.

Чтобы расплавленный металл присадочного материала успевал затвердеть и не стекал с детали, электродная проволока подводится к детали со смещением от зенита на 3—12 мм в сторону, противоположную вращению. Шаг наплавки выбирается так, чтобы каждый последующий валик перекрывал предыдущий на $\frac{1}{3}$ его ширины.

При наплавке используются высокомарганцовистые (плавленные флюсы, содержащие свыше 30 % MnO , такие, как АН-60, АН-348А, ОСЦ-45), а также керамические (неплавленные) флюсы АНК-18, АНК-19 и ЖСН-1. Керамические флюсы содержат в своем составе легирующие добавки, главным образом в виде ферросплавов — феррохром, ферротитан, которые придают наплавленному слою малоуглеродистой проволокой Св-08А высокую твердость и износостойкость.

Присадочными материалами является электродная сварочная проволока марки Св-30ХГСА, Св-18ХМА, Св-12Г2Х, наплавочная проволока марки Нп-10ГЗ, Нп-45Х4ВЗФ, а также самозащитные порошковые проволоки ПП-АН1, ПП-АНЗ, ПП-2Г13А, ПВС-1Л с рутил-органическим сердечником. Диаметр проволоки равен 1,2—3,0 мм.

Наплавка производится на постоянном токе при обратной полярности. Величина тока определяется по зависимости

$$I = 110d_{\text{пр}} + 10d_{\text{пр}}^2, \quad (124)$$

где $d_{\text{пр}}$ — диаметр электродной проволоки, мм.

Количество наплавленного металла в единицу времени определяется по формуле

$$G = \alpha_n I, \quad (125)$$

где G — количество наплавленного металла, г/ч; α_n — коэффициент наплавки, г/(А·ч) [при наплавке под слоем флюса принимается равным 14—16 г/(А·ч)].

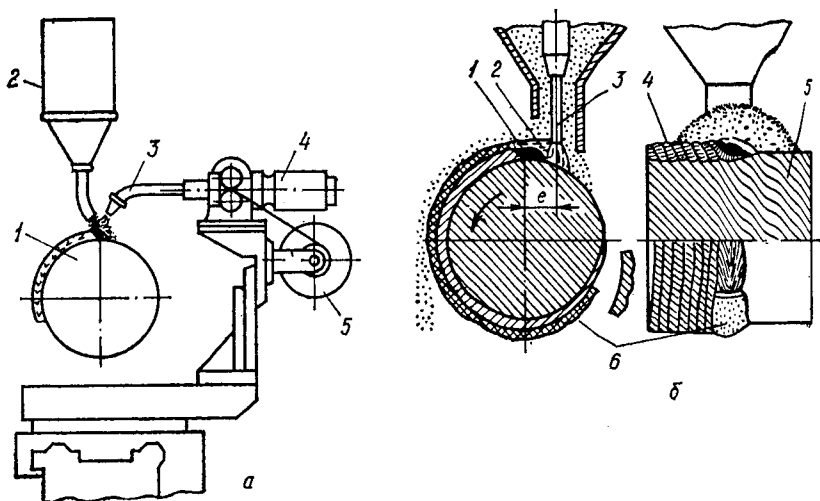


Рис. 57. Схема наплавки детали под флюсом:

a — установка для автоматической наплавки под слоем флюса: 1 — деталь; 2 — Бункер с флюсом; 3 — мундштук; 4 — электродвигатель; 5 — катушка со сварочной проволокой; *б* — схема наплавки поверхности: 1 — ванночка жидкого металла; 2 — расплавленный шлак; 3 — проволока-электрод; 4 — наплавленный слой; 5 — деталь; 6 — шлаковая корка; *e* — смещение электрода

С целью повышения производительности автоматической наплавки под слоем флюса разработаны способы широкослойной наплавки с применением дополнительного присадочного материала, многоэлектродной наплавки, наплавки ленточным электродом и др.

Вибродуговая наплавка. При этом способе электродуговая наплавка поверхности детали осуществляется вибрирующим электродом при помощи наплавочной головки в струе жидкости или защитных газов. Электрокинематическая схема установки представлена на рис. 58.

Деталь, как и при наплавке под слоем флюса, закрепляется в патроне или центрах токарного станка, а на суппорте монтируется наплавочная головка с механизмом подачи проволоки, вибратором и мундштуком. Вследствие вибрации конца электродной проволоки происходит замыкание и размыкание сварочной цепи, а следовательно, возбуждение и прерывание электрической дуги между проволокой и деталью. В связи с разрывом дуги происходит мелкокапельный переход металла с электрода на деталь.

Электродная проволока выбирается применительно к материалу детали и ее поверхностной твердости. При ремонте деталей лесохозяйственных машин применяется наплавочная проволока Нп-80, Нп-65Г, Нп-30ХГСА диаметром 1—3 мм, кото-

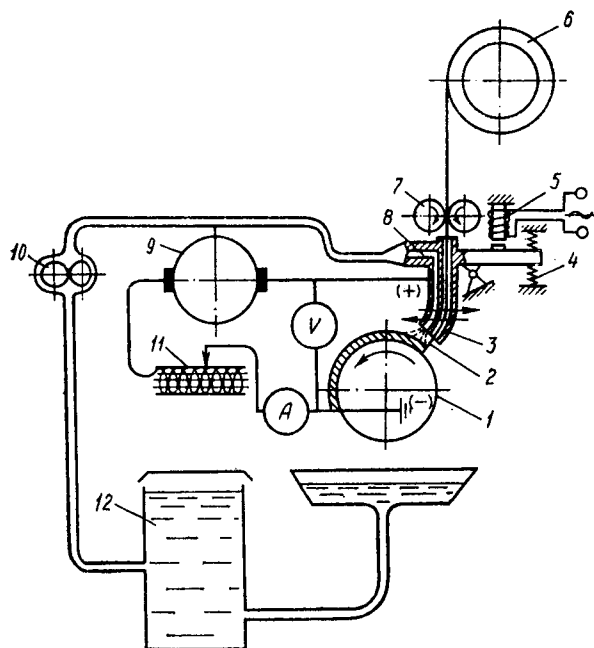


Рис. 58. Схема установки для вибродуговой наплавки деталей:

1 — деталь; 2 — электродная проволока; 3 — мундштук; 4 — пружина; 5 — вибратор; 6 — катушка с проволокой; 7 — ролик подающего механизма; 8 — подвод жидкости; 9 — источник тока; 10 — насос; 11 — индуктивное сопротивление; 12 — резервуар-отстойник

рый выбирают в зависимости от толщины наплавляемого слоя и мощности источника тока. Так, для наплавки слоя толщиной до 1 мм принимают проволоку диаметром 1—1,6 мм, толщиной 2 мм — диаметром 2,5 мм, более 2 мм — диаметром 2—3 мм.

В зависимости от требуемой толщины наплавленного слоя определяется и скорость наплавки по формуле

$$v_n = 0,785 d_{\text{пр}}^2 v_{\text{пр}} k / (ht), \quad (126)$$

где v_n — скорость наплавки, м/мин; $v_{\text{пр}}$ — скорость подачи электродной проволоки, м/мин; k — коэффициент перехода электродного металла в наплавленный слой ($k=0,8-0,9$); h — толщина наплавленного слоя без механической обработки, мм; t — шаг наплавки, мм (по данным исследований можно принять равным 1,1—1,2 от диаметра проволоки); $d_{\text{пр}}$ — диаметр проволоки, мм.

Большое влияние на качество наплавленного слоя оказывает скорость подачи электродной проволоки, которая определяется по формуле

$$v_{\text{пр}} = \alpha_n I / (60 q_{\text{пр}}), \quad (127)$$

где α_n — коэффициент наплавки электрода [7—12 г/(А·ч)]; q_{np} — масса электродной проволоки, г/м.

Хорошее качество наплавки обеспечивается при оптимальном соотношении скорости наплавки к скорости подачи электродной проволоки. Обычно $v_n = (0,4—0,8) v_{np}$. Для определения частоты вращения детали, позволяющего обеспечить заданную толщину наплавленного металла, пользуются формулой

$$n = v_n \cdot 10^3 / (\pi D). \quad (128)$$

где D — диаметр наплавляемой детали, мм.

Основным недостатком вибродуговой наплавки в струе охлаждающей жидкости в силу особенностей технологического процесса является возникновение в наплавленном слое микротрещин, что снижает усталостную прочность восстановленных деталей по сравнению с новыми. Для устранения этого недостатка разработаны способы вибродуговой наплавки в среде защитных газов, газожидкостной среде, в среде пара и др.

Вибродуговая наплавка в газозащитной среде производится постоянным током с обратной полярностью. В качестве защитной среды используют смесь кислорода с небольшим (0,3 л/г) количеством воды. Присадочным материалом служит проволока с повышенным содержанием кремния, марганца и углерода диаметром 1,6—1,8 мм.

Наплавка в среде пара может быть полуавтоматическая с использованием шланговых полуавтоматов ПШ-5 и автоматическая — с применением установок для наплавки под слоем флюса, но без его применения, или вибродуговым способом с подачей или без подачи охлаждающей жидкости. Схема установки для наплавки в среде водяного пара показана на рис. 59. Пар подается в зону наплавки через сопло от специального парообразователя непрерывного или периодического действия. Давление пара 0,015—0,020 МПа.

Парообразователь представляет собой корпус, изготовленный из листовой стали, в который через текстолитовую крышку

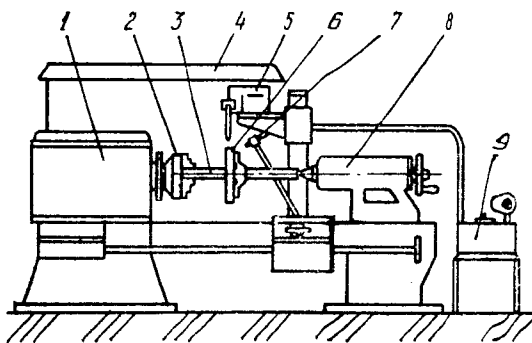


Рис. 59. Схема установки для наплавки в среде водяного пара:

1 — токарный станок; 2 — патрон; 3 — оправка; 4 — вытяжной зонт; 5 — наплавочная головка; 6 — деталь; 7 — сопло подачи пара; 8 — задняя бабка станка; 9 — парообразователь

опущены электрические нагреватели — пластинчатые или трубчатые электроды, изготовленные из нержавеющей стали.

Присадочным материалом служит проволока Св-08Г2С, Нп-40, Нп-65, Нп-30ХГСА и др. Процесс наплавки ведется при силе тока 180—200 А, напряжении 27—28 В. Толщина наплавленного слоя составляет 1—3 мм.

Электрошлаковая наплавка. В зону наплавки автоматически подаются электродная проволока и флюс, но процесс отличается от наплавки под слоем флюса тем, что при установившемся режиме отсутствует дуговой разряд.

В начальный период при включении источника тока между электродной проволокой и деталью возникает электрическая дуга, которая расплавляет флюс. При погружении проволоки в жидкий флюс дуга гаснет, и ток, проходящий через расплавленный флюс, подогревает его, поддерживая в нем высокую температуру. Температура жидкого флюса выше температуры плавления металла, в связи с чем под шлаковой ванной образуется слой расплавленного основного и присадочного материала. При вращении детали расплавленный металл равномерно распределяется по всей наплавленной поверхности.

Электрошлаковая наплавка применяется на ремонтных предприятиях в основном для восстановления изношенных опорных катков гусеничных тракторов (рис. 60), но может найти применение при ремонте и других деталей машин и лесохозяйственного оборудования. Для этой цели выпускаются специальные установки ОКС-7755. Наплавка на этих установках ведется двумя проволоочными электродами диаметром 3 мм, которые по мунштукам подаются в наплавочную ванну, образованную поверхностью детали, габаритными дисками и водоохлаждаемой формой. В начале процесса в наплавочную ванну заливается расплавленный флюс, после чего включается подача электродов и привод детали. Для получения износостойкого слоя в ванну из дозатора поступают легирующие добавки. По мере расплавления присадочного материала деталь с дисками поворачивается, и на ее поверхности формируется на-

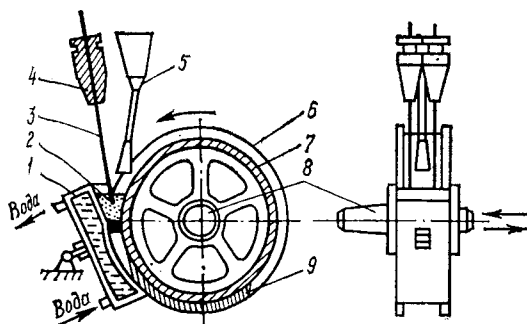


Рис. 60. Схема электрошлаковой наплавки:

1 — водоохлаждаемая форма; 2 — наплавочная ванна; 3 — электродная проволока; 4 — мунштук; 5 — дозатор легирующих добавок; 6 — габаритные диски; 7 — деталь; 8 — оправа; 9 — наплавленный слой

плавленый слой. Наплавка производится за один оборот детали.

Источником питания является трансформатор, рассчитанный на получение тока 600—1000 А при напряжении 30—50 В. В качестве присадочного материала применяют проволоку с содержанием легирующих элементов Св-08ГА, Св-10ГА. Для электрошлаковой наплавки выпускаются специальные флюсы АН-8, АН-8М и АН-22, которые имеют высокую температуру кипения и электропроводность в жидком состоянии, плохо поддерживают горение дуги, способствуя переходу дугового процесса в электрошлаковый.

Плазменно-дуговая сварка и наплавка. Основана на использовании тепловой плазменной дуги. Плазмой называется вещество, нагретое до такой температуры, когда пары находятся в сильно ионизированном состоянии. Устройство, в котором получают плазменную струю, называют плазменной горелкой, или плазмотроном. Для образования плазмы источником тепла в них служит электрическая дуга.

Плазмотрон (рис. 61) состоит из цилиндрического корпуса, в который вмонтирован медный электрод с неплавящимся вольфрамовым наконечником, и сопла, охлаждаемого водой и изолированного от корпуса. Источником питания служат преобразователи типа ПС-500, ПСО-300 или специальные полупроводниковые выпрямители ИПН-160/600. Номинальный рабочий ток 600 А, напряжение 30—70 В. Для регулирования тока в электрической цепи используют балластные реостаты РБ-300.

Плазмообразующий газ, в основном гелий, аргон, проходя под давлением через узкий канал горелки, в которой между двумя электродами создается дуговой разряд, сжимает столб дуги, что приводит к повышению его температуры до 10... 30 тыс. °С. Выделение большого количества тепла в малом пространстве приводит к ионизации газа, т. е. его распаду на положительно и отрицательно заряженные частицы-ионы, и созданию направленной плазменной струи.

В зависимости от схемы включения источника тока плазмотроны разделяются на прямого, косвенного и комбинированного действия.

В горелках прямого действия (рис. 61, а) дуга создается между вольфрамовым электродом и деталью. В этом случае направление плазменной струи совпадает со столбом дуги и имеет высокую температуру (до 30 тыс. °С). Такая схема применяется для резки металла и других операций, требующих повышенного нагрева детали.

В горелках косвенного действия (рис. 61, б) дуга возбуждается между электродом и соплом плазмотрона. В этом случае тепловая энергия от дуги к свариваемой детали пере-

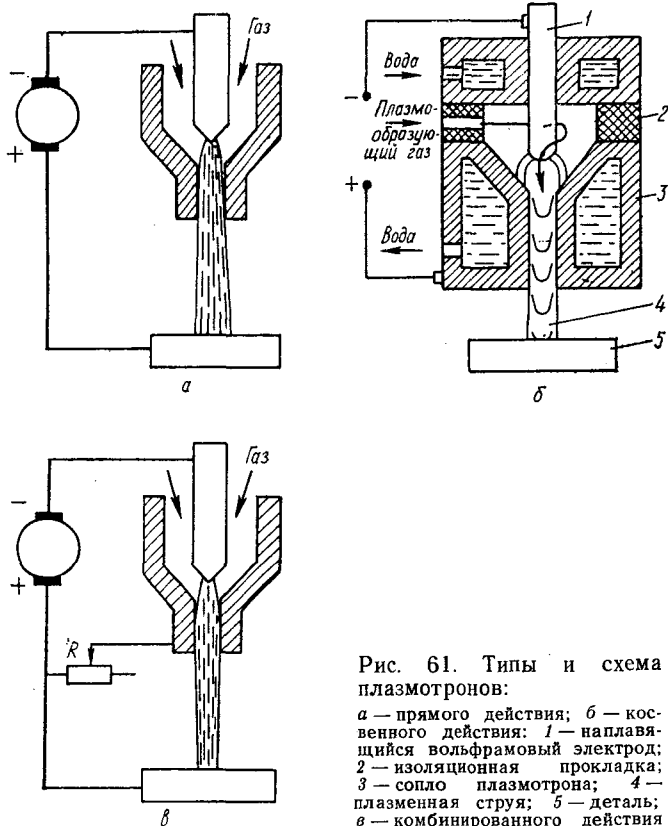


Рис. 61. Типы и схема плазмотронов:

а — прямого действия; б — косвенного действия: 1 — наплавляющий вольфрамовый электрод; 2 — изоляционная прокладка; 3 — сопло плазмотрона; 4 — плазменная струя; 5 — деталь; в — комбинированного действия

дается лишь факелом плазменной струи, которая имеет температуру до 16 тыс. °С. Такие плазмотроны применяют в тех случаях, когда необходимо обеспечить небольшой равномерный нагрев поверхности: при закалке, металлизации, напылении тугоплавких материалов.

При комбинированной схеме (рис. 61, в) горят две дуги: между электродом и деталью и между тем же электродом и соплом. Плазмотрой комбинированного действия дает возможность регулировать температуру плазменной струи. Он применяется при сварке, наплавке и резке металлов. Присадочный материал подается в плазменную струю в виде проволоки, ленты или порошка. Для защиты зоны сварки (наплавки) от вредного влияния атмосферы плазмотроны снабжены газозащитными соплами. В качестве защитного газа применяют аргон, гелий, азот, углекислый газ и их смеси.

Плазменная сварка и наплавка могут применяться на ремонтных предприятиях для восстановления широкой номен-

клатуры деталей. Этим способом можно сваривать детали толщиной от 0,01 до 10 мм, а также наплавлять слой металла толщиной от 0,3 до 3,5 мм за один проход. Плазменная наплавка дает высокое качество наплавленного металла и достаточную износостойкость.

9.6. Восстановление деталей металлизацией

Металлизацией называется процесс нанесения на поверхность детали расплавленного и распыленного металла. Металл в виде проволоки расплавляется в специальных аппаратах — металлизаторах. Расплавленный металл распыляется струей сжатого воздуха, нейтрального газа или плазмы, выходящей из металлизатора при давлении 0,5—0,6 МПа, мельчайшие частицы его со скоростью 80—200 м/с наносятся на поверхность детали (рис. 62). Толщина наносимого слоя колеблется от 0,3 до 12 и более мм.

Соединение распыленных частиц между собой и с поверхностью детали происходит за счет механических и частично молекулярных связей. Наилучшая сцепляемость частиц обеспе-

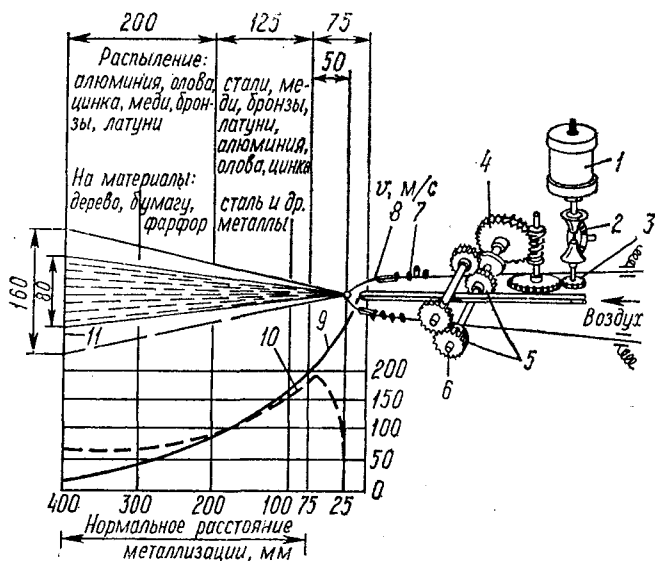


Рис. 62. Кинематическая схема электродугового металлизатора и процесс распыления металла:

1 — электродвигатель; 2 — фрикционный редуктор; 3, 6 — зубчатые передачи; 4 — червячная пара; 5 — проволокоподающий механизм; 7 — направляющие ролики; 8 — проволока; 9 — кривая изменения скорости воздуха; 10 — кривая изменения скорости частиц; 11 — металлизуемая поверхность

чивается при расстоянии от сопла металлизатора до детали 200 мм. Прочность сцепления напыляемого слоя с основанием зависит прежде всего от подготовки поверхности детали. Поверхность промывают в горячем, с температурой 85...90 °С, щелочном моющем растворе МЛ-51, МС-8, «Лабомид-102», придают ей шероховатость путем пескоструйной обработки, обдувки металлической крошкой, нарезания «рваной резьбы» и обезжиривают. Между подготовкой детали и металлизацией допускается разрыв не более 1,5—2 ч.

Необходимое основное время на металллизацию цилиндрических деталей может быть определено по формуле

$$T = 6 \cdot 10^{-3} \pi d l h \gamma / (q k), \quad (129)$$

где T — время на металллизацию, мин; d — диаметр детали, см; l — длина металлизируемой детали с учетом перебега аппарата, см; h — толщина покрытия, мм; γ — плотность металлизационного покрытия, г/см³; q — производительность аппарата, кг/ч; k — коэффициент полезного использования проволоки с учетом потерь металла при распылении ($k=0,7-0,8$).

Металллизационные аппараты по способу получения тепловой энергии для нагрева распыляемого материала подразделяются на электродуговые, газовые, высокочастотные и плазменные.

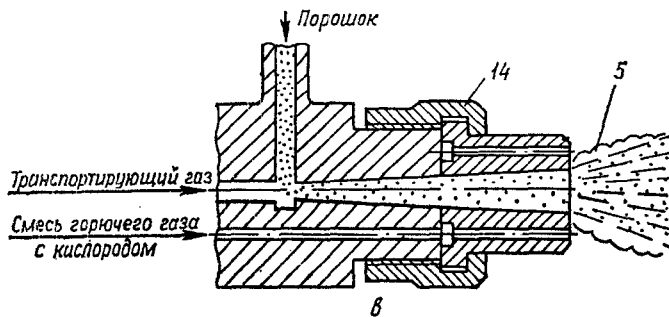
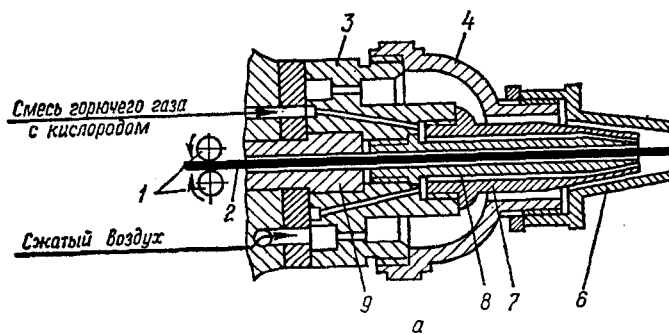
В электродуговых аппаратах плавление проволоки осуществляется электрической дугой. Две проволоки (изолированные одна от другой) подаются специальным механизмом в зону горения дуги. Скорость подачи проволоки колеблется от 0,04 до 0,06 м/с.

Температура и скорость расплавленных частиц по мере удаления их от сопла металлизатора падают, однако с расстояния 200 мм от сопла скорость движения частиц металла становится выше скорости воздуха. Высокая конечная скорость частиц, обладающих большим запасом кинетической энергии, обеспечивает плотный контакт их с поверхностью детали и между собой на расстоянии до 400 мм. Зависимость температуры частиц от расстояния до поверхности детали характеризуется следующими величинами:

Расстояние от сопла до детали, мм	50	100	200
Температура частиц металла, °С	1050	980	900

Для электродуговой металллизации применяют аппараты марок ЭМ-3А, ЭМ-9, ЭМ-10, ЭМ-12-67 (ручные) и ЭМ-6, ЭМ-12 и МЭС-1 (станочные).

При газовой металллизации плавление проволоки происходит в специальной головке аппарата ацетиленокислородным пламенем (рис. 63, а). Газоплазменная металллизация производится аппаратами ГИМ-2М, МГИ-1, МГИ-2 и др. и позволяет полу-



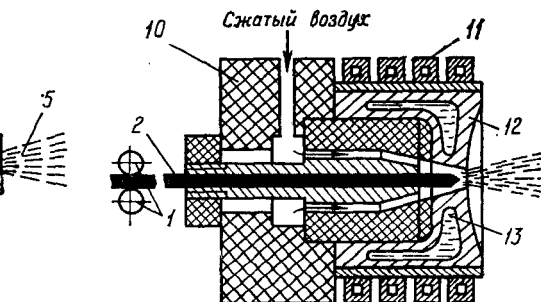


Рис. 63. Принципиальное устройство распылительных головок металлизатора:

a — газового проволочного; *б* — высокочастотного; *в* — порошкового; *1* — проволокподающий механизм; *2* — проволока; *3* — газосмеситель; *4* — воздушный колпак; *5* — факел газового пламени; *6* — распылительная головка; *7* — газовый конус; *8* — проволочное сопло; *9* — штуцер; *10* — камера для сжатого воздуха; *11* — индуктор; *12* — концентратор вихревых токов; *13* — камера для охлаждения; *14* — сопло

чать сравнительно высокое качество покрытий при незначительном выгорании легирующих элементов. В зависимости от состава проволоки можно наносить покрытия с твердостью до 35—60 HRC_a. Разновидностью газовой металлизации является нанесение на изношенную поверхность детали металлических порошков (рис. 63, в), они могут наноситься тремя способами: газопламенным напылением, когда деталь в процессе нанесения покрытия нагревается не выше 200 °С;

газопорошковой наплавкой, когда деталь и порошковый материал разогревают до 90...110 °С;

комбинированным — на холодную деталь наносят порошок из самофлюсующегося материала и затем оплавливают его пламенем горелки.

Для газопламенного напыления и наплавки выпускаются различные порошки. Характеристика некоторых из них приведена в табл. 18.

18. Характеристика порошковых материалов

Марка порошка	Способ нанесения	Свойства покрытия		Основное назначение
		Твердость, HRC _a	Прочность сцепления, кг/см ²	
ПГ-10Н-01	Газопорошковая наплавка	55—62	40—45	Восстановление деталей, работающих при ударных нагрузках
ПГ-10Н-04	То же	100—150 НВ	40—45	Для деталей, работающих в условиях трения скольжения
ПГ-10К-01	»	45—50	40—45	
ПГ-19М-01	Газопламенное напыление без оплавления	74—82 НВ	1,8—2,5	
ПТ-19Н-01		35—40	1,8—2,5	
ПТ-19НВК-01				
ПГ-12Н-01	То же	46—50	1,8—2,5	
ПГ-12Н-02	Газопламенное напыление с последующим оплавлением	35—44	30—35	Для деталей прессовых соединений
ПС-12НВК-01		45—54	30—35	
		57—64	30—35	

Технологический процесс газопламенного напыления (без оплавления) аналогичен процессу газовой металлизации; при газопорошковой наплавке очищенные поверхности деталей прогревают наплавочной горелкой (или в нагревательных печах) до температуры 350...380 °С. На прогретую поверхность наносят слой порошка и оплавливают его пламенем пропанокислородной горелки. Дальнейшее нанесение порошка производят на слой жидкого металла, поддерживаемого в этом состоянии пламенем горелки. За один проход наплавки можно получить слой толщиной до 1 мм. При необходимости получения слоя большей толщины цикл повторяют.

При комбинированном способе нанесения покрытий восстанавливаемую поверхность нагревают пламенем газовой горелки до температуры 100...150 °С для удаления с нее следов влаги и равномерно наносят порошок. При достижении требуемой толщины покрытия подачу порошка прекращают, оплавливают пламенем и сплавляют его с основным металлом.

Характеристика аппаратов для восстановления деталей напылением и наплавкой порошковых материалов приведена в табл. 19.

19. Характеристика установок для напыления и наплавки порошковых материалов

Тип установок	Назначение	Используемые газы
Л-5405Л, 011-1-01 (ОКС-5522) 011-1-09 (ОКС-5612), УПН-8	Газопламенное напыление без оплавления и с последующим оплавлением	Ацетилен, кислород
ПОСТ 01.05-148 с горелкой ГН-2 или ГАЛ-4	Газопорошковая наплавка	Пропан, кислород

Порошковыми материалами восстанавливают коренные и шатунные шейки коленвалов, опорные шейки и поверхности кулачков распределительных валов, тарелки и торцовые поверхности стержня клапанов д. в. с., посадочные места валов корбков передач, редукторов и др.

В высокочастотном металлизаторе распыливаемая проволока нагревается токами высокой частоты. Принципиальное устройство головки высокочастотного металлизатора показано на рис. 63, б. Проволока специальным механизмом подается непрерывно в направлении конусного отверстия концентратора вихревых токов. Попадая в отверстие, проволока плавится и распыляется сжатым воздухом. Процесс ведется металлизаторами типа МВЧ-1, МВЧ-2 и МВЧ-3. При высокочастотной металлизации можно применять проволоку значительно большего диаметра (5—6 мм вместо 1—1,5 мм); процесс можно вести на более близком расстоянии от аппарата до детали; можно применять чугунные прутки и прутки из твердых сплавов.

Плазменное напыление основывается на расплавлении проволоки или порошковых сплавов плазменной дугой и применяется для нанесения покрытий из тугоплавких материалов, а также различных карбидов (хрома, вольфрама и др.). Плазменной металлизацией можно нанести покрытия практически из любых материалов в связи с высокой температурой процесса. Для получения износостойких покрытий применяют проволоку Нп-30ХГСА, Св-08Г2С, Нп-65Г, самофлюсующиеся хромборникелевые порошки ПГ-ХН80СР4 и СНГН-60, а также порошки на железной основе ФБХ-6-2, КХБ, Т-590, УС-25 и др.

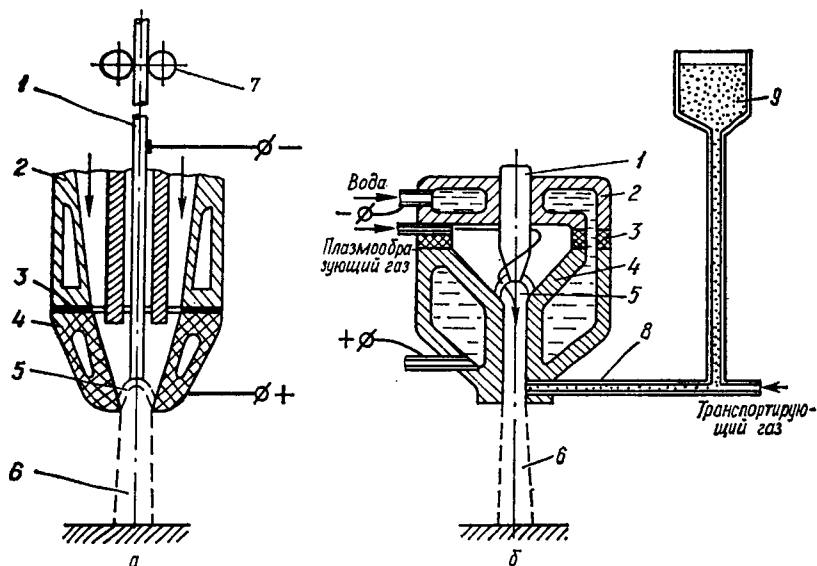


Рис. 64. Схема плазмотронов для плазменной металлизации:

а — с распылением проволоки; *б* — с распылением порошка; 1 — электродная проволока или неплавящийся электрод; 2 — корпус плазмотрона; 3 — изоляционная прокладка; 4 — сопло плазмотрона; 5 — электрическая дуга; 6 — плазменная струя; 7 — проволокоподающий механизм; 8 — труба для подачи порошка; 9 — порошок питатель

Проволоку или порошок подают в плазменную струю на выходе из сопла (рис. 64).

Для плазменного напыления выпускаются установки УПУ-3, УПУ-3М, УМП-5-68, УМП-5, АПР-403, комплектуемые плазмотронами ГН-5М (для проволоки), ГН-5Р (для порошка), ПП-25 и ПМ-25.

Контрольные вопросы

1. Для каких работ при ремонте машин применяется ручная электродуговая сварка?
2. Что означает следующее обозначение электрода ЭН-62?
3. От каких параметров зависит производительность сварки и наплавки?
4. Назовите особенности сварки деталей из чугуна.
5. Почему затруднена сварка алюминия и его сплавов?
6. Как производится электрошлаковая наплавка изношенных опорных катков гусеничных тракторов?
7. Из каких основных частей состоит плазмотрон?
8. Какие вспомогательные материалы применяются при газоплазменном напылении?

10.1. Электрофизические способы обработки деталей

В основе электрофизических способов обработки деталей лежит явление электрической эрозии — местное разрушение материала под воздействием импульсного электрического разряда. В зависимости от средств генерирования импульсов электрические способы подразделяются на электроискровую, электромеханическую и анодно-механическую обработку.

Электроискровая обработка производится по бесконденсаторной и конденсаторной схемам. Способ обработки по бесконденсаторной схеме в свою очередь подразделяется на контактный и бесконтактный. Принципиальные схемы электроискровых установок приведены на рис. 65. В конденсаторных установках (рис. 65, а) при помощи электромагнитного вибратора инструмент (катод) совершает возвратно-поступательное движение и во время опускания соприкасается с деталью. При движении инструмента вверх конденсатор заряжается. Импульсы тока возникают в момент разрядки конденсатора при замыкании цепи разрядного контура. В момент искрового разряда на отдельных участках малой площади ($0,05$ — 1 мм^2) развивается температура до $10\,000$... $11\,000^\circ\text{C}$, в результате чего металл расплавляется и частично испаряется. Конденсаторные электроискровые установки работают при напряжении 100 — 250 В , силе тока $0,1$ — 40 А и емкости батареи конденсаторов до 500 мкФ .

В бесконденсаторных установках при контактном способе (рис. 65, б) инструмент совершает возвратно-поступательное, а при бесконтактном (рис. 65, в) — вращательное движение при напряжении 6 — 36 В , силе тока до 200 А и скорости перемещения поверхностей более 8 м/с . При обработке на бесконденсаторных установках при низком напряжении и большой силе тока имеет место кратковременный прерывистый дуговой разряд. В момент возникновения контактов между микровыступами происходят мгновенное их расплавление и испарение.

Чтобы исключить перенос отрываемых частиц металла с поверхности детали на электрод-инструмент, процесс электроискровой обработки ведется в жидкой среде, для чего обрабатываемую деталь помещают в ванну с рабочей жидкостью или деталь поливают ею. В качестве рабочей жидкости применяют керосин, дизельное топливо, минеральные масла и другие жидкости, не проводящие электрический ток.

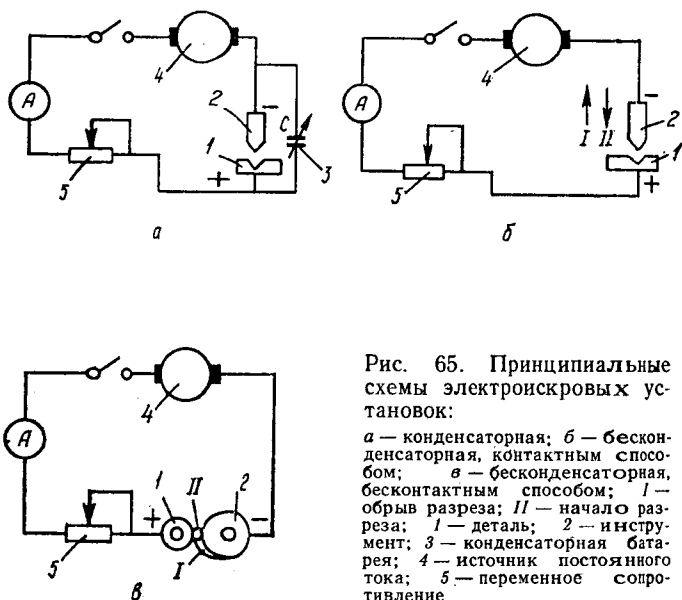


Рис. 65. Принципиальные схемы электродисковых установок:

а — конденсаторная; *б* — бесконденсаторная, контактным способом; *в* — бесконденсаторная, бесконтактным способом; 1 — обрыв разреза; II — начало разреза; 1 — деталь; 2 — инструмент; 3 — конденсаторная батарея; 4 — источник постоянного тока; 5 — переменное сопротивление

Электродисковую обработку применяют для резки, удаления обломанных крепежных деталей и инструмента, прошивки отверстий в деталях с высокой твердостью, упрочнения и наращивания изношенных поверхностей.

Материалом электрода-инструмента обычно являются латунь ЛС59, графит ЭГ, а также медно-графитовая масса в виде стержней любого сечения.

Для электродисковой обработки выпускаются специальные станки модели 4Д721, 5431П, 4532ФЗ и др. Наибольшее распространение получили установки ЛКЗ-15, ЛКЗ-18, ЭИС-1, ЭИС-3 (рис. 66). В качестве источника постоянного тока используют генераторы типа ПН-100, ПН-145 и др. мощностью 4—11 кВт и напряжением 24—230 В или селеновые выпрямители типа ВСА-3М, ВСА-4, ВСА-6, ВСА-7.

Режимы обработки зависят от величины тока в разрядной цепи и делятся на три группы: жесткие — сила тока свыше 11 А; средние — от 1 до 10 А; мягкие — до 1 А. Чем выше жесткость, тем больше производительность, но ниже чистота обработки.

Большой практический интерес представляет электродисковое наращивание изношенных поверхностей (рис. 67). Наращивание и упрочнение металла на деталях осуществляется на конденсаторных установках по схеме обратной полярности тока, при котором электрод-инструмент является анодом, а наращиваемая деталь — катодом. Работа прово-

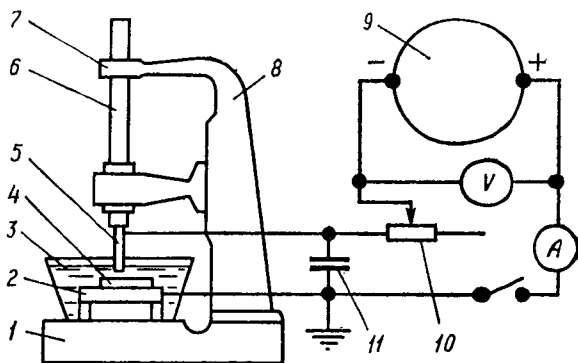


Рис. 66. Схема электроискровой установки типа ЛКЗ-15:

1 — стол станка; 2 — подставка под деталь; 3 — бак с жидкостью; 4 — деталь; 5 — инструмент; 6 — ползун; 7 — направляющие; 8 — станина станка; 9 — источник постоянного тока; 10 — переменное сопротивление; 11 — конденсаторная батарея

дится без применения жидкой среды. Выброшенный с анода материал откладывается на катоде, образуя с его поверхностью прочное сцепление.

В качестве присадочного материала применяют твердые сплавы ВК-3, ВК-6, Т15К6, Т30К4, сормайт и др. Эти материалы обеспечивают легирование металла, повышение твердости и износостойкости восстанавливаемых поверхностей. Возможная толщина наращиваемого слоя достигает 0,5 мм. Нанесенный слой обладает высокой стойкостью против коррозии при работе деталей с высокой температурой. Износоустойчивость деталей увеличивается в 5—6 раз.

Режим работы при электроискровом наращивании деталей сплавом сормайт приведен в табл. 20.

При электроискровом упрочнении и наращивании применяются установки УПР-2, УПР-3, ИАС-2М, ИАС-3, ЭФИ-10М, ЭФИ-25 и др.

Упрочнению и наращиванию подвергаются боковые поверхности

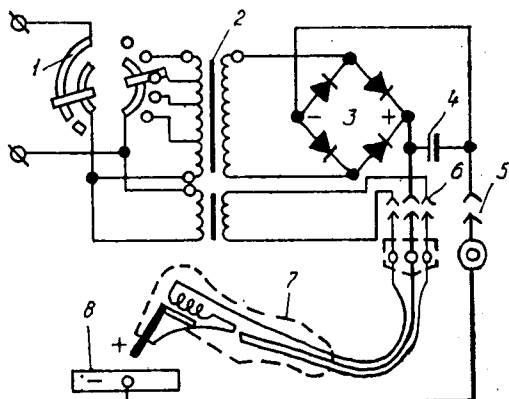


Рис. 67. Схема установки для электроискрового наращивания деталей:

1 — переключатель; 2 — трансформатор; 3 — выпрямитель; 4 — конденсаторная батарея; 5, 6 — разъемные соединения; 7 — электромагнитный вибратор; 8 — деталь

шлиц валов, кулачки распредвалов, фаски и торцовые части клапанов, гнезда под подшипники качения, рабочие органы лесохозяйственных машин (лапы культиваторов, сегменты и др.). Работу можно выполнять ручным и механическим способами.

20. Режимы электронского наращивания деталей сплавом сормайт

Параметры	Режим		
	жесткий	средний	мягкий
Напряжение, В	140—220	100—150	70—80
Сила тока, А	1,5—2,5	1,0—1,5	0,5—0,8
Емкость, мкФ	200—250	80—130	40—80

Электромеханическая обработка заключается в искусственном нагреве металла в зоне обработки с помощью электрического тока. Для нагрева применяются трансформаторы, со вторичной обмотки которых можно получить ток в 400—1100 А при напряжении 2—6 В.

Инструментом служит пластинка из твердого сплава, укрепленная в державке, которая постоянно находится в контакте с вращающейся деталью (рис. 68, а). Проходя через весьма малую площадь контакта, ток мгновенно нагревает металл в контактной зоне до температуры 800...850 °С. Выделившееся тепло подплавляет поверхность детали, и в зависимости от профиля инструмента контактные участки поверхности сглаживаются или высаживаются (рис. 68, б).

Количество тепла, выделяющегося в месте контакта инструмента с деталью, подсчитывается по формуле

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{P_{\text{н}} v}{427} + 0,24 I^2 R t, \quad (130)$$

где Q_1 — количество тепла, выделяемого в результате механической работы, Дж; Q_2 — количество тепла, выделяемого электрическим током, Дж; $P_{\text{н}}$ — усилие на инструменте, Н; v — скорость деформирования, м/с; I — сила тока, А; R — сопротивление в зоне контакта, Ом; t — время обработки, с.

Примерные режимы электромеханической обработки углеродистых сталей приведены в табл. 21. Электромеханическая

21. Примерные режимы электромеханической обработки деталей

Параметры	Незакаленных		Закаленных	
	Высадка	Сглаживание	Высадка	Сглаживание
Сила тока, А	450—550	400—450	550—600	500—550
Скорость, м/мин	4—6	12—15	1,5—2,5	8—12
Подача, мм/об	1,5	0,4	1,5	0,4
Число проходов	1—2	2—3	1—3	2—3

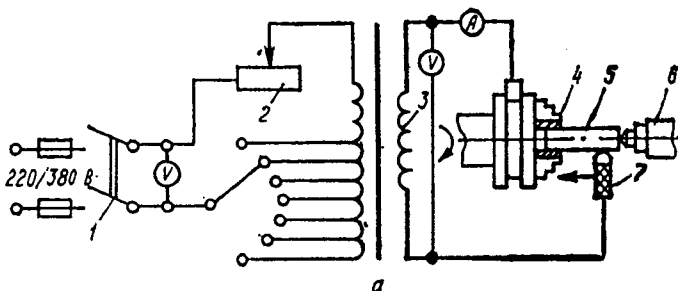
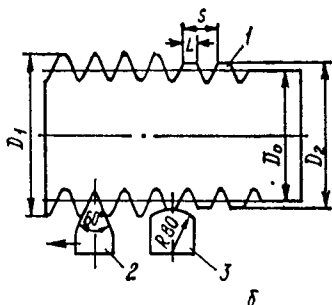


Рис. 68. Электро-механическая обработка детали:



а — схема установки для электро-механической обработки: 1 — рубильник; 2 — реостат; 3 — вторичная обмотка трансформатора; 4 — патрон станка; 5 — деталь; 6 — задняя бабка; 7 — инструмент; б — схема высадки и сглаживания: 1 — деталь; 2 — высаживающая пластина; 3 — сглаживающая пластина; D_0 — начальный диаметр (до высадки); D_1 — диаметр после высадки; D_2 — диаметр после сглаживания; S — шаг высадки; L — ширина высадки

обработка применяется для восстановления неподвижных посадок, подвижных сопряжений, затачивания инструмента, упрочнения изношенных поверхностей деталей.

Анодно-механическая обработка основана на снятии слоя, образующегося в электролите на поверхности металлической детали, включенной в качестве анода. На рис. 69 представлены принципиальные схемы анодно-механической обработки деталей. В процессе обработки на деталь подается электролит, образующий на ее поверхности нерастворимую защитную пленку из твердых кремнекислых отложений, оказывающую большое сопротивление прохождению электрического тока. В качестве электролита применяются жидкости, содержащие водные растворы силиката натрия Na_2SiO_3 или калия K_2SiO_3 с плотностью 1,36—1,38 мм³/с.

Расход электролита определяется по формуле

$$Q = 0,07kb\sqrt{W}, \quad (131)$$

где k — коэффициент, учитывающий избыток расхода жидкости (при обдирке $k=1,5$, при шлифовке $k=1,3$, при доводке $k=1,2$); b — ширина инструмента, мм; W — потребляемая мощность тока, Вт.

В среднем расход электролита составляет 0,18—0,20 мм³/с. Инструмент в виде чугунного, стального или медного диска

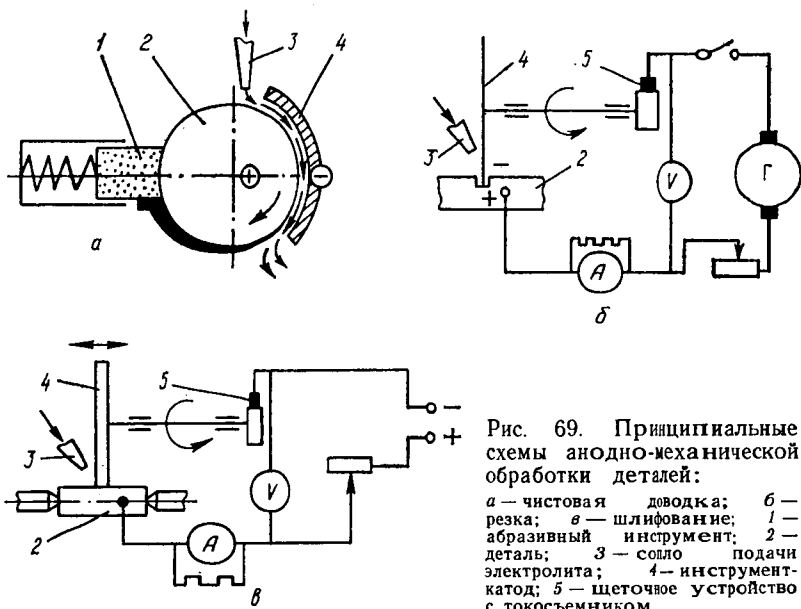


Рис. 69. Принципиальные схемы анодно-механической обработки деталей:

а — чистовая доводка; *б* — резка; *в* — шлифование; *1* — абразивный инструмент; *2* — деталь; *3* — соленоид подачи электролита; *4* — инструмент-катод; *5* — щеточное устройство с токосъемником

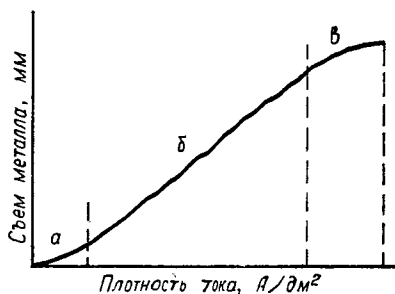
является катодом и во время вращения срывает с детали пленку, соприкасаясь с выступами и вызывая короткое замыкание. В результате этого резко повышается температура, частицы металла оплавляются, отрываются от детали и выбрасываются давлением образующихся газов и вращающимся диском.

Процесс анодно-механической обработки зависит от плотности тока, скорости движения инструмента, напряжения, давления и других связанных между собой параметров. Величина плотности тока определяет интенсивность объема металла и качество обрабатываемой поверхности (рис. 70). При малой плотности тока (участок *а*) обрабатываемая поверхность детали получается гладкой, с высотой неровностей не более 0,3 мкм; повышенная плотность (участок *б*) увеличивает производительность, но ухудшает качество обработки (высота неровностей достигает 80—100 мкм). При дальнейшем повышении плотности (участок *в*) процесс нарушается, происходит повышенный нагрев рабочей зоны, и возникает стационарная дуга.

В ремонтном производстве анодно-механическая обработка применяется для доводки цилиндров взамен хонингования, заточки твердосплавного инструмента, чистового шлифования деталей, а также для резки металла. Для анодно-механической резки металлов промышленность выпускает станки модели 4820, 4822, 4823 и т. д.

Рис. 70. Зависимость съема металла от плотности тока при анодно-механической обработке:

a — малая плотность; *б* — большая плотность; *в* — высокая плотность



Режим некоторых видов анодно-механической обработки приведен в табл. 22.

22. Режимы анодно-механической обработки

Параметры	Резка металла сечением до 300 мм ²	Заточка инструмента	Шлифование		
			черновое	чистовое	отделочное
Напряжение, В:					
холостое	24—32	20—24	20—24	11—20	6—24
рабочее	20—28	10—22	16—20	14—16	4—5
Плотность потока, кА/м ²	7—50	0,1—0,25	0,8—15	0,3—0,7	0,05—0,1
Скорость перемещения инструмента, м/с	15—20	12—20	20—30	20—30	0,5—1,0
Удельное давление, МПа	0,05—2,0	0,02—0,15	0,05—0,15	0,05—0,15	0,05—5,0
Материал инструмента	Сталь	Чугун	Сталь, медь	Чугун, сталь	Чугун, сталь
Интенсивность съема, мм ³ /мин	2000—6000	1—200	10—300	2—15	2—3

10.2. Восстановление деталей электролитическими покрытиями

Восстановление деталей электролитическими покрытиями получило широкое применение в ремонтном деле. Оно имеет ряд преимуществ перед другими видами наращивания поверхности изношенных деталей: не вызывается структурное изменение в металле детали, так как она при восстановлении практически не нагревается; возможно восстановление деталей с относительно небольшим износом; покрытия обладают хорошей сопротивляемостью действию кислот и сернистых соединений, высокой износоустойчивостью, имеют низкий коэффициент трения.

На ремонтных предприятиях наиболее широкое применение нашли электролитическое хромирование, железиение, реже никелирование, меднение и цинкование.

Электролитическое хромирование. В основу процесса положен электролиз металлов — химический процесс, протекающий

в электролите при пропускании через него постоянного электрического тока.

В качестве электролита при хромировании используется хромовая кислота, получаемая из хромового ангидрида, в других случаях — растворы солей, содержащие ионы металла, который подлежит осаждению на детали. Катодами являются детали, подлежащие покрытию, а анодами — металлические пластины или стержни (при хромировании — нерастворимые свинцово-оловянистые и свинцово-сурьмяные сплавы, при железнении — из мягкой малоуглеродистой стали марок Ст2, Ст3 и т. п.).

Явления электролиза подчиняются законам Фарадея, которые выражаются зависимостью

$$G_T = cIt, \quad (132)$$

где G_T — теоретическое количество металла, выделившегося на катоде, г; c — электрохимический эквивалент металла, г/(А·ч); I — сила тока, А; t — продолжительность электролиза, ч.

Действительное количество металла, осажденное на детали, всегда будет меньше теоретического, так как какая-то часть электроэнергии затрачивается на выделение водорода, кислорода и протекание других процессов. Отношение массы действительно полученного металла G_d к теоретически возможному G_T , выраженное в процентах, называется выходом металла по току α , %:

$$\alpha = G_d/G_T \cdot 100 \quad (133)$$

откуда

$$G_d = G_T \alpha = cIt\alpha. \quad (134)$$

Электрохимический эквивалент c можно определить по зависимости

$$c = (a/b) 26,8, \quad (135)$$

где a — атомная единица массы осаждаемого металла; b — валентность металла; $a/b - 26,8$ — количество электричества, необходимое для осаждения 1 грамм-эквивалента любого вещества, А·ч (константа Фарадея).

Продолжительность электролиза, необходимая для получения покрытия заданной толщины, определяется по формуле

$$t = 1000h\gamma/(cD_K\alpha), \quad (136)$$

где t — время электролиза, ч; h — толщина покрытия, мм; γ — плотность металла покрытия, г/см³; D_K — плотность тока на катоде, А/дм².

Перед электролитическим покрытием поверхность детали подвергается ряду подготовительных механических и химических операций:

механическая обработка — шлифование с целью удаления следов износа и придания поверхности детали правильной геометрической формы;

промывка в бензине — удаление загрязнений;

изоляция мест, не подлежащих покрытию, цапонлаком, перхлорвиниловым лаком или клеями БФ (шпоночные канавки, отверстия закрываются свинцовыми пробками);

монтаж деталей на подвеску; эта операция должна обеспечить надежный контакт между деталью, подвеской и токонесущими штангами и равные расстояния между отдельными участками поверхности детали и анодами;

обезжиривание поверхности электролитическим или химическим способом; электролитическое обезжиривание проводится в 10 %-м растворе едкого натра NaOH с добавлением 2—3 г жидкого стекла Na_2SiO_3 при температуре 80 °С, плотности тока $D_k = 3\text{—}10 \text{ А/дм}^2$ в течение 5—6 мин на катоде (анодами служат пластины из малоуглеродистой стали), затем в течение 1—2 мин на аноде; при химическом обезжиривании детали промывают в бензине, протирают венской известью, представляющей собой смесь оксидов кальция и магния, разведенную в воде до густоты кашицы, с добавкой до 1,5 % едкого натра или 3 % соды или выдерживают в нагретом до 60... 70 °С щелочном растворе в течение 3—5 мин; раствор состоит из 40—50 г/л тринатрийфосфата $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 10—12 г/л едкого натра, 25—35 г/л жидкого стекла и 2—5 г/л препарата ОП-7 или ОП-10; после обезжиривания детали вместе с подвесками промывают в проточной воде для удаления остатков раствора;

декапирование (при хромировании) или пассивирование (при железнении); декапирование производят в ванне с хромовым электролитом при $D_k = 20\text{—}25 \text{ А/дм}^2$ в течение 30—50 с (деталь служит анодом); при этом происходят растравливание поверхности детали и снятие оксидной пленки; пассивирование проводят в электролите, состоящем из 30 % водного раствора серной кислоты при $D_k = 10\text{—}70 \text{ А/дм}^2$ в течение 2—4 мин; при пассивировании на поверхности детали образуется пассивная пленка, которая защищает металл от окисления; после обработки детали промывают в холодной, затем в горячей воде и переносят в ванну железнения, где выдерживают без тока в течение 10—20 с для разрушения пассивной пленки.

Хромирование. В качестве электролита при хромировании применяется водный раствор хромового ангидрида CrO_3 с добавлением химически чистой серной кислоты. Концентрация CrO_3 может колебаться от 100 до 400 г/л, а серной кислоты — от 1 до 4 г/л. Соотношение $\text{CrO}_3 : \text{H}_2\text{SO}_4$ должно находиться в пределах 90÷120. В этом случае процесс электроосаждения идет устойчиво и с наиболее полным КПД.

Составы наиболее распространенных электролитов, различающихся между собой концентрацией компонентов (табл. 23), и режимы электролиза (табл. 24) приведены ниже.

23. Состав электролитов, г/л

Компонент	Электролит		
	малоконцентрированный	универсальный	концентрированный
Хромовый ангидрид	120—150	200—250	350—400
Серная кислота	1,2—1,5	2,0—2,5	3,5—4,0

24. Режимы электролиза

Параметры	Электролит		
	малоконцентрированный	универсальный	концентрированный
Температура электролита, °C	50—65	45—55	40—50
Плотность тока на катодe, А/дм ²	40—100	20—60	15—30
Выход по току, %	16—18	13—15	10—12

Малоконцентрированный электролит рекомендуется применять для восстановления изношенных деталей; универсальный — для получения износостойкого покрытия; концентрированный — для декоративного хромирования.

Изменяя соотношение между плотностью тока и температурой электролита, можно получить три вида хромовых осадков, различных по цвету и механическим качествам (рис. 71):

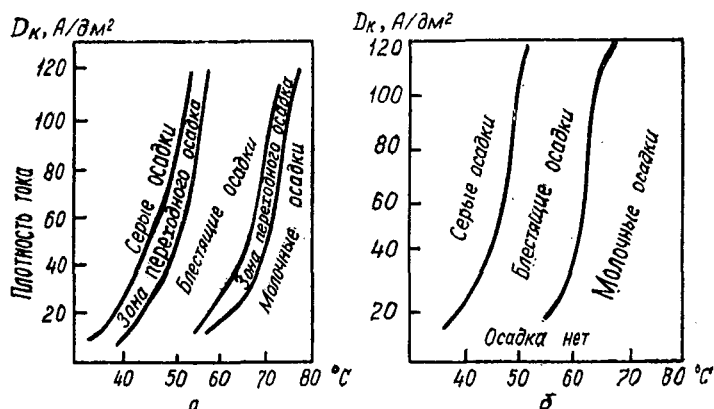


Рис. 71. Распределение зон хромовых осадков:

а — для малоконцентрированного электролита; б — для универсального электролита

матовые (серые) — имеют высокую твердость до НВ 1200 и хрупкость, для восстановления деталей не применяются;

блестящие — обладают высокой твердостью (НВ 600—900), повышенной хрупкостью и износостойкостью, их наносят на поверхности деталей, работающих на износ;

молочные — наиболее пластичны, обладают высокой износостойкостью, твердость достигает НВ 400—600, их рекомендуют наносить на поверхности деталей, работающих при больших удельных давлениях и знакопеременной нагрузке.

Основными недостатками процесса хромирования являются низкий выход металла по току (10—18 %); ограниченная толщина осаждаемого слоя (не более 0,3 мм на сторону); необходимость частого корректирования (восстановления процентного содержания компонентов) электролита вследствие неустойчивости состава. Эти недостатки могут быть устранены применением новых составов электролитов и способов усовершенствования процесса хромирования.

Хромирование в саморегулирующемся электролите в 2 раза повышает производительность процесса, дает возможность осаждения слоя хрома толщиной до 1,5 мм, увеличивает выход металла по току до 18—22 %.

Саморегулирующий электролит обладает свойством при определенной температуре растворять такое количество сернокислого стронция и кремнефтористого калия, которое необходимо для нормального протекания процесса хромирования (например, если электролит содержит $250 \text{ кг/м}^3 \text{ CrO}_3$, то в растворе будет содержаться $2,5 \text{ кг/м}^3 \text{ SrSO}_4$). Так как эти вещества в электролите представлены в избыточном количестве, то часть их выпадает из раствора в осадок на дно ванны. При работе ванны количество CrO_3 в электролите будет падать. При этом автоматически будут уменьшаться и содержание SrSO_4 и K_2SiF_6 . Когда концентрация CrO_3 падает ниже допустимой нормы (200 кг/м^3), в электролит вводят дополнительное количество хромового ангидрида. При этом вновь происходит автоматическое регулирование состава электролита за счет растворения находящихся на дне ванны в твердом состоянии SrSO_4 и K_2SiF_6 .

Наиболее широкое применение получил электролит следующего состава (г/л): 200—300 хромового ангидрида, 18—20 кремнефторида калия и 5,5—6,5 сульфата стронция. Оптимальный режим работы ванны: плотность тока 60—90 А/дм², температура электролита 55... 65 °С.

Безванное хромирование повышает выход металла до 20—22 %. Это достигается применением высокой плотности тока (до 150—200 А/дм²) и ведением процесса при движении электролита относительно хромируемой поверхности детали. Различают три способа безванного нанесения покрытий: про-

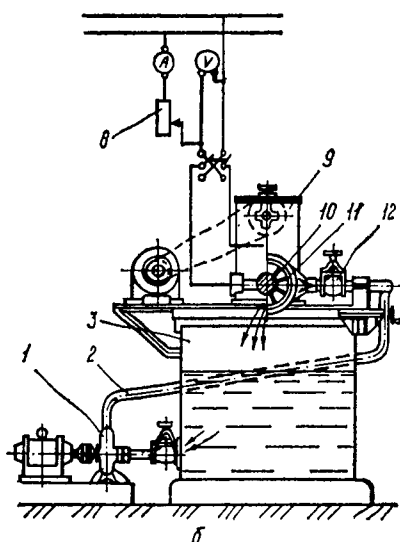
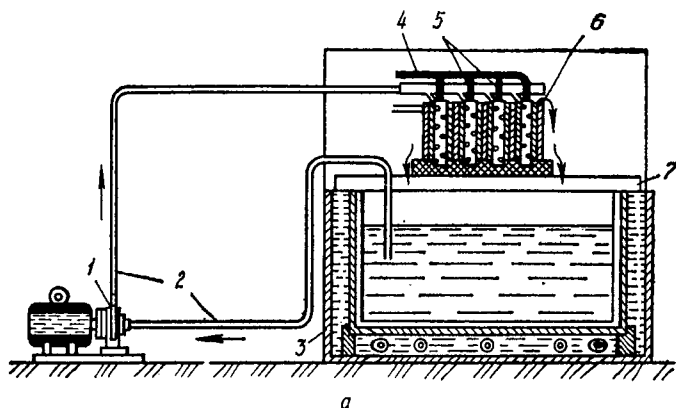


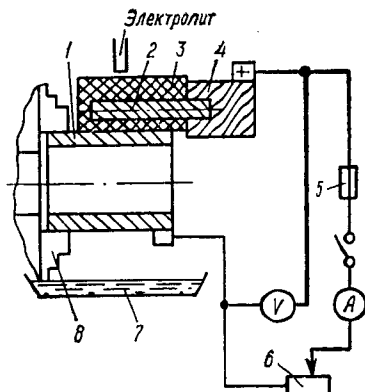
Рис. 72. Схема установок для хромирования крупногабаритных деталей:

а — установка для хромирования зеркала цилиндров в проточном электролите; *б* — установка для анодно-струйного хромирования; 1 — насосная установка; 2 — трубопровод; 3 — ванна; 4 — проводники; 5 — аноды; 6 — шайбы; 7 — подставка; 8 — реостат; 9 — вариатор; 10 — деталь; 11 — насадка-анод; 12 — кран

точный, струйный и натиранием. Их применяют при восстановлении цилиндров блока двигателя, шеек коленвалов, отверстий в корпусных деталях под подшипники качения, посадочных мест валов и осей. Принцип проточного и струйного способов заключается в том, что в зоне хромируемой поверхности создается местная хромировочная ванна, через которую циркулирует электролит (рис. 72). Сущность электронатирания

Рис. 73. Схема электролитического натирания:

1 — деталь; 2 — токопроводящий стержень; 3 — тампон; 4 — держатель анода; 5 — предохранитель; 6 — реостат; 7 — ванна с отработанным электролитом; 8 — патрон



заключается в том, что электролиз происходит при относительном перемещении поверхности детали и нерастворимого анода. Натирание производится смачивающим элементом анодной головки, который легко прижимается к поверхности детали (рис. 73).

Анодом служит угольный стержень, который обертывают специальным абсорбирующим материалом, насыщенным электролитом.

Существенными недостатками хромовых покрытий являются наличие в осажденном слое напряжений растяжения, что приводит к отслаиванию хрома в процессе эксплуатации, и плохая смачиваемость гладкого хрома маслом, поэтому детали плохо прирабатываются и быстро изнашиваются. Для устранения плохого прирабатывания применяется слоистое хромирование. При этом способе хром откладывается с перерывами. После отложения слоя толщиной около 0,005 мм наращивание прекращают и деталь охлаждают. Процесс повторяют до получения слоя необходимой толщины.

Для устранения быстрого изнашивания поверхностей деталей, работающих в условиях недостаточной смазки и при высоких удельных давлениях и температурах, применяют пористое хромирование, которое заключается в обработке отложенного гладкого хрома в том же электролите в течение 5—10 мин. Этот способ применяют при восстановлении шеек коленвалов, поршневых пальцев и колец, клапанов и других деталей.

После нанесения хромовых покрытий детали промывают в непроточной, а затем в холодной и горячей проточных водах. Обезвоживание выполняют в масляной ванне или сушильном шкафу при температуре 150...180 °С в течение 2—3 ч.

Железнение. Этот способ имеет ряд преимуществ перед хромированием: низкая стоимость компонентов, входящих в состав электролита; высокая производительность процесса (выход металла по току составляет 75—95 %); высокая скорость осаждения металла, так как электрохимический эквивалент железа [1,042 г/(А·ч)] примерно в три раза больше, чем у хрома [0,323 г/(А·ч)]; возможность получения осадков толщиной до

2—3 мм. Покрытие характеризуется хорошей износостойкостью вследствие высокой микротвердости осадков.

Для железнения применяют сернокислые и хлористые электролиты, как горячие ($t=60\ldots95\text{ }^{\circ}\text{C}$), так и холодные ($t<50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Наибольшее применение находят горячие хлористые электролиты, которые различаются по составу и по концентрации входящих в них компонентов (табл. 25, 26). Они позволяют получать покрытия различной твердости.

25. Составы электролитов, г/л

Компонент	Тип электролита			
	I	II	III	IV
Двухлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	400—460	300—360	300—360	250
Соляная кислота HCl	2,0	1,5	1,5	1,5—2
Хлористый марганец $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	60	—	60	—
Хлористый никель $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	—	—	—	50
Гипофосфит натрия NaH_2PO_2	—	—	—	1,5—2

26. Режимы железнения

Параметры	Тип электролита			
	I	II	III	IV
Температура электролита, $^{\circ}\text{C}$	80—85	65—80	65—80	65—80
Плотность тока, $\text{A}/\text{дм}^2$	10—15	10—40	10—40	20—30
Твердость осадка, HRC_3	30—35	35—48	50—52	60—62

С целью повышения качества электролитического покрытия при железнении, так же как и при хромировании, применяются способы безванного нанесения покрытий, слоистое и пористое железнение. Большое практическое значение в ремонтном производстве имеет холодное железнение на асимметричном переменном токе, который получается наложением переменного тока промышленной частоты на постоянный (рис. 74).

При катодном токе на деталь осаждается металл, при анодном — осажденное покрытие частично растворяется. Разность между силой тока катодного полупериода I_k и силой тока анодного полупериода I_a называется эффективной силой тока. Изменяя только параметры переменного тока, а следовательно, и плотность тока, можно регулировать процесс наращивания покрытий и получать различную их структуру и свойства.

Характеристикой режима электролиза в данном случае является значение асимметрии тока β , которое определяется как отношение значений плотности катодного тока D_k к плотности анодного тока D_a :

$$\beta = D_k/D_a. \quad (137)$$

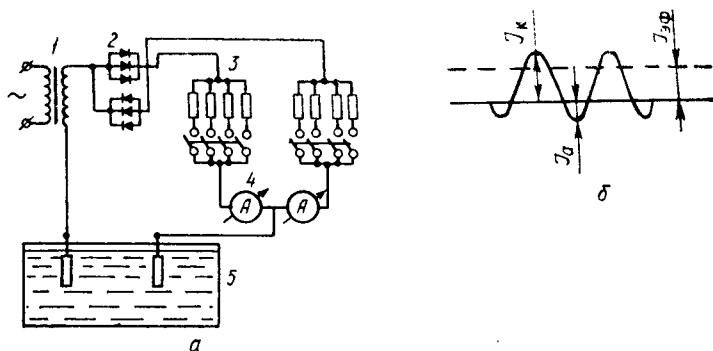


Рис. 74. Схема установки для получения асимметричного переменного тока: а — схема установки для холодного железнения на асимметричном переменном токе: 1 — трансформатор; 2 — кремниевые диоды; 3 — рубильниковые реостаты; 4 — амперметры постоянного тока; 5 — ванна; б — получение асимметричного переменного тока: I_a — амплитудный анодный ток; I_k — амплитудный катодный ток; $I_{эф}$ — величина эффективного тока

Железнением восстанавливают стержни клапанов, толкатели, поворотные цапфы, шкворни, посадочные места под подшипники качения в корпусных деталях лесохозяйственных машин.

Контрольные вопросы

1. Перечислите электрофизические способы, которые применяются при ремонте деталей.
2. Можно ли упрочнять поверхности деталей электронским наращиванием?
3. Для каких целей в ремонтной практике используется электрохимическая обработка?
4. Какие виды хромовых осадков можно получить и какими свойствами они обладают?
5. Перечислите преимущества и недостатки железнения перед хромированием.

Глава 11 ПЛАСТМАССЫ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ КЛЕИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕМОНТЕ

11.1. Характеристика полимерных материалов

Пластическими массами называют синтетические материалы, основу которых составляют природные или искусственные высокомолекулярные соединения (полимеры), способные при повышенной температуре и давлении переходить в пластическое состояние и при понижении температуры устойчиво сохранять приданную им форму.

Пластмассы представляют собой либо чистые полимеры, либо композиции, состоящие из полимера и компонентов (наполнители, пластификаторы, красители и отвердители), придающих пластмассам требуемые свойства.

Наполнителями служат металлические порошки, графит, асбест, стекловолокно, древесная мука и т. п. Они улучшают механические свойства материала и снижают стоимость пластмасс.

Пластификаторы повышают эластичность и ударную вязкость состава. Обычно используют для этого дибутилфталат, глицерин, камфору.

Пластмассам определенный цвет придают красители: охра, нигрозин, сурик. Часто пластмассы применяют без красителей, а готовые изделия окрашивают снаружи.

Отвердители способствуют переходу полимеров в твердое состояние. Чаще всего применяют полиэтиленполиамин, малеиновый и фталевый ангидриды.

Пластмассы делятся на две группы: термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты). Первые при нагревании плавятся, легко деформируются и способны к повторному размягчению; вторые при нагревании претерпевают существенные химические изменения и пластические свойства теряют.

К наиболее распространенным термопластам относятся амидопласты, этиленопласты, винилопласты, фторопласты, стиропласты, акрилопласты; к реактопластам — эпоксиласты, фенопласты, аминопласты и эфиропласты.

Наибольшее применение в ремонтном производстве получили амидопласты — полиамидные смолы П-54, П-68, П-548, АК-7, поликапролактам (капрон) и отходы и эпоксиласты — составы на основе эпоксидной смолы ЭД-5, ЭД-6, ЭД-16 или ЭД-20.

Кроме того, для восстановления деталей машин применяются полиэтилен, фторопласт Ф-4, стиракрил ТШ, акрилат АСТ-Т, порошковая пластмасса ПФН-12, ТПФ-37 и др.

Полимерные материалы широко используются в ремонтном производстве для восстановления изношенных деталей лесохозяйственных машин и орудий, замены этими материалами быстрознашивающихся деталей или участков самих деталей, склеивания их синтетическими клеями, заделки трещин в корпусных деталях (эпоксидными пастами), а также в качестве заменителей антифрикционных материалов.

11.2. Ремонт деталей полимерными материалами

Восстановление изношенных деталей полимерными материалами может производиться нанесением тонкослойных наплавочных покрытий и способом опрессовки.

Наплавочные покрытия. Сущность способа заключается в том, что порошкообразные полимеры подвергаются оплавлению путем соприкосновения их с нагретыми покрываемыми поверхностями деталей. Наплавочные покрытия могут быть нанесены тремя методами: напылением, оплавлением, погружением и опрессовкой.

Напыление может быть газопламенным и вихревым.

При газопламенном напылении порошок наплавляемого материала, взвешенный в струе воздуха, проходит с большой скоростью через пламя газовой горелки, нагревается до температуры плавления и, ударяясь о покрываемую поверхность, растекается и прилипает к ней, образуя сплошное покрытие.

Технологический процесс *газопламенного* напыления состоит из следующих основных операций: подготовки детали (пескоструйная очистка, промывка, обезжиривание); нагрева детали пламенем горелки до температуры 160...180 °С; нанесения покрытия; укатки нанесенного слоя металлическими гладилками; контроля качества напыления.

Покрываемая поверхность должна быть очищена от грязи, масла, коррозии и подогрета до температуры на 30...40 °С выше температуры плавления порошка. Способом газопламенного напыления можно наносить покрытия толщиной до 3 мм.

Напыление ведется при помощи установок типа УПН с горелкой ГЛН-4. Установка (рис. 75) состоит из двух основных узлов, соединенных между собой шлангами: питательного бака, в который загружается порошок ПФН-12 или ТПФ-37; нагревательно-распылительной горелки. Горелка снабжена ацетиленовым и воздушным вентилями. Питание установки сжатым воздухом осуществляется от компрессора; давление воздуха должно быть не ниже 0,3—0,6 МПа. Этот способ применяется для выравнивания поверхностей кузовов, кабин, оперения тракторов и автомобилей.

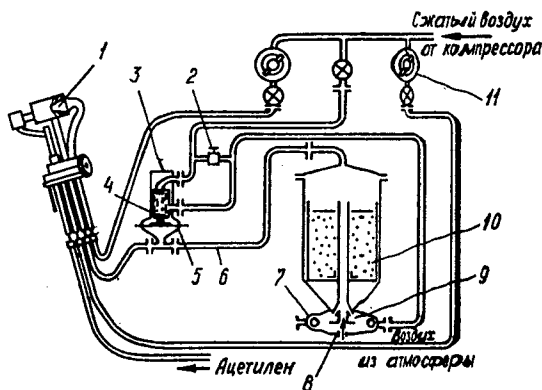


Рис. 75. Схема установки для полимерного газопламенного напыления:

1 — распылительная горелка; 2 — кран; 3 — корпус клапана; 4 — игла клапана; 5 — пневматический диафрагменный клапан; 6 — шланг воздушно-порошковой смеси; 7 — вибратор; 8 — штуцер; 9 — смесительная камера; 10 — питательный бак с полимером; 11 — регулятор давления

При *вихревом* напылении деталь, нагретая выше температуры плавления напыляемого порошка на 30...50 °С, помещается в сосуд с взвихренным слоем порошкообразной пластмассы, который состоит из двух камер, разделенных микропористой перегородкой (рис. 76). В верхнюю камеру засыпается порошок полимера, а в нижнюю подается воздух или инертный газ, который приводит порошок во взвихренное, т. е. псевдосжиженное, состояние. Деталь выдерживается в псевдосжиженной среде 8—10 с, толщина покрытия до 1,0 мм. Для напыления используются порошки из полиамидов, полиэтилена, полистирола и др.

Разновидностью вихревого напыления является вибрационный способ нанесения полимерных материалов на детали. При этом способе предварительно нагретая деталь опускается в резервуар с порошком, который поддерживается во взвешенном состоянии вследствие вибрации. Опытами установлено, что наиболее эффективной частотой колебаний является частота 50—100 Гц, создающая ускорение частиц свыше 30 м/с². Ударяясь о разогретую поверхность детали, частицы порошка плавятся, образуя слой пластмассового покрытия. Поверхности, не подлежащие покрытию, изолируют жидким стеклом или лентой из тонкой фольги, отверстия заделывают пробками. Вихревым напылением порошковых пластмасс восстанавливают изношенные стержни клапанов, рабочие поверхности шаровых опор, рычагов переключения передач, подшипников скольжения сеялок, культиваторов, лесопосадочных и других лесохозяйственных машин и орудий, втулок коромысел д. в. с., шейки валиков водяных насосов и др.

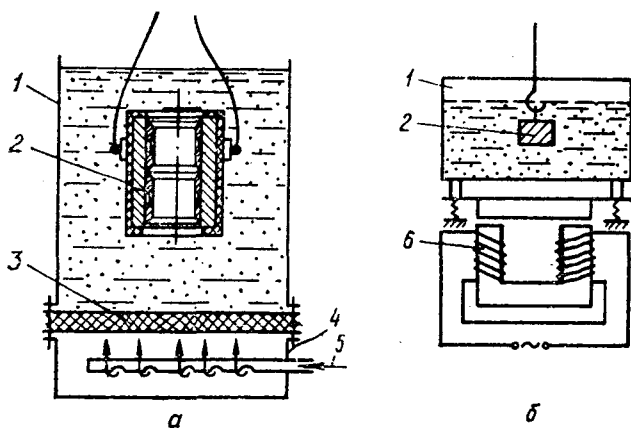


Рис. 76. Схема напыления полимерного материала в псевдосжиженном слое: а — вихревой способ; б — вибрационный способ; 1 — камера с порошком полимера; 2 — деталь; 3 — микропористая перегородка; 4 — нижняя камера; 5 — воздух или инертный газ; 6 — вибратор

Довольно широкое применение в узлах трения колес плугов и культиваторов, в сошниках сеялок находят вкладыши, изготовленные из прессованной древесины (ДП). Подшипники из ДП могут работать при разовой смазке в течение одного сезона без ее пополнения.

Оплавление применяется при нанесении покрытий на крупные детали. Метод состоит в том, что порошок полимера при помощи пистолета или шланга наносится на поверхность предварительно нагретой детали. Порошок при этом оплавляється и прилипает к поверхности. После нанесения слоя необходимой толщины деталь подогревается до более высокой температуры и покрытие оплавляється. Для наплавки применяется в основном полиэтилен.

Сущность метода оплавления способом погружения состоит в том, что нагретую деталь погружают в порошок полимера. Порошок прилипает к детали, а затем его оплавливают в печи или горелкой. Преимущество этого метода по сравнению с предыдущим состоит в том, что поверхность детали покрывается полностью независимо от ее формы.

Опрессовка. При этом способе изношенную деталь устанавливают в пресс-форму, которая изготовлена с учетом номинальных размеров детали, и в образовавшееся пространство под давлением 4—5 МПа впрыскивают расплавленный полимерный материал. Если деталь восстанавливают термопластичным материалом, применяется литьевая машина; если термоактивным, опрессовывают на гидравлическом прессе.

Технологический процесс восстановления опрессовкой состоит из следующих основных операций: подготовки поверхности детали; нагрева детали и пресс-формы; опрессовки (выдержка под давлением); термообработки.

Изношенная поверхность детали очищается от масла, грязи, ржавчины и обезжиривается ацетоном или другим растворителем. Для улучшения сцепления поверхности детали придают шероховатость, нарезают мелкую резьбу и т. д. Нагрев детали производят в термопечах до температуры 150...180 °С, а пресс-формы — до 90...100 °С. Для снятия внутренних напряжений и улучшения структуры полимера готовую деталь подвергают термической обработке, для чего ее выдерживают в ванне с маслом при температуре 185...190 °С в течение 10—15 мин.

Опрессовкой на поверхность детали наносят покрытия толщиной 1—5 мм. Этим способом можно восстанавливать втулки, крыльчатки водяных насосов, шестерни, шкивы, а также изготавливать некоторые быстроизнашивающиеся детали или их участки (втулки рессор, оси педали тормоза, шайбы, кольца, пробки и др.).

Сущность нанесения покрытий на литьевых машинах заключается в том, что разогретый термопластичный материал

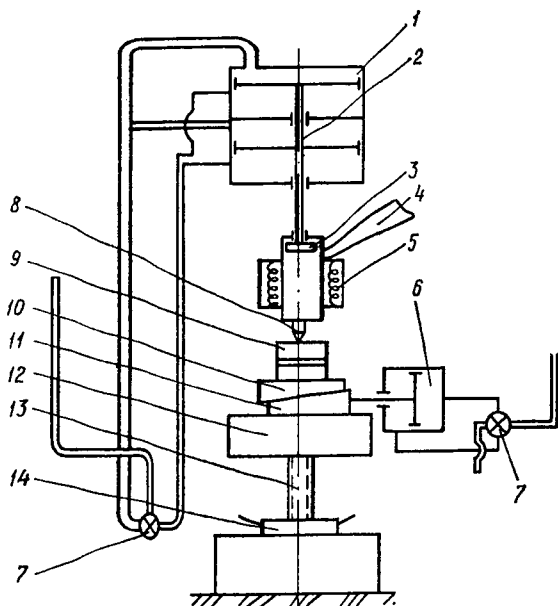


Рис. 77. Схема пневматической литьевой машины:

1 — сдвоенный пневмоцилиндр; 2 — шток; 3 — рабочий цилиндр для плавки полимера; 4 — воронка; 5 — электроспираль; 6 — вспомогательный пневмоцилиндр; 7 — четырехходовые краны; 8 — литьевой мундштук; 9 — пресс-форма; 10, 11 — верхний и нижний клинья; 12 — подвижный стол; 13 — винт; 14 — гайка

впрыскивается в предварительно подогретую пресс-форму и покрывает изношенную поверхность установленной в нее детали. В случае изготовления новой детали расплавленный полимер заполняет пресс-форму и после остывания выталкивается из ее формующей полости. На рис. 77 приведена принципиальная схема пневматической литьевой машины для восстановления и изготовления деталей.

Пресс-форма 9 устанавливается на верхний клин 10 подвижного стола 12. При помощи штока вспомогательного пневмоцилиндра 6 нижний клин 11, перемещаясь в горизонтальном направлении, поднимает пресс-форму. Последняя давит на литьевой мундштук 8 и открывает отверстие для впрыскивания расплавленного полимера. Полимерную крошку засыпают в рабочий цилиндр 3 через воронку 4.

Способ опрессовки на прессах состоит в том, что под действием температуры полимерный материал размягчается в пресс-форме до вязкотекучего состояния и под действием давления напрессовывается на деталь, находящуюся в пресс-форме.

На ремонтных предприятиях применяют литьевые машины

(термопласт-автоматы) типа ТП-8, ТП-16, ТП-63, ТП-500 и др.; цифра показывает объем отливки в см³; гидравлические прессы — типа П472Б, П483, П478 и др. — с усилием от 63 до 250 т.

11.3. Синтетические клеи и их применение при ремонте деталей машин

Синтетическими клеями называют клеи, основу которых составляют полимеры.

В ремонтном производстве применяются различные клеевые составы типа БФ, ВС-10Т, ВС-350, ПУ-2, ВК-5, КЛН-1, К-153, 88Н для заделки трещин в баках аккумуляторов, приклеивания фрикционных накладок муфт сцепления и колодок тормозов, заделки трещин и пробоев в головках блока и водяной рубашке двигателей внутреннего сгорания, пробоев и отверстий в топливных баках, восстановления различной арматуры и т. д. Наиболее широкое применение в практике ремонтных предприятий нашли клеи марок ВС-10Т, ВС-350 и эпоксидный клей.

Процесс склеивания требует соблюдения определенной технологии: подготовки поверхностей, приготовления и нанесения клея, сушки, контроля качества и окончательной обработки. Во всех случаях поверхности склеивания должны быть тщательно очищены от загрязнений механическим способом и обезжирены различными органическими растворителями. Клей наносят пульверизатором, кистью, шпателем и другими приспособлениями.

Клей ВС-10Т представляет собой раствор синтетических смол в органических растворителях и применяется для склеивания металла, стеклотекстолитов и других материалов. Наиболее эффективно его применение для приклеивания фрикционных накладок к колодкам тормозов и дискам сцепления. Клеевые соединения стойки к действию нефтепродуктов; прочность их при 200 °С сохраняется в течение 200 ч, а при 300 °С — в течение 5 ч. Однако практически такая температура при торможении возникает на очень короткое время.

Технологический процесс приклеивания фрикционных накладок (колодок) состоит из следующих основных операций: зачистки поверхностей склеивания металлической щеткой, наждачной бумагой, шлифовальным кругом;

обезжиривания поверхностей бензином, ацетоном, уайт-спиритом и выдержки на воздухе в течение 5—10 мин до полного улетучивания растворителя;

нанесения клея на подготовленные поверхности ровным слоем толщиной 0,1—0,2 мм и выдержки на воздухе при температуре 18...20 °С в течение 15—20 мин (операцию повторяют два раза);

установки накладок или колодок в зажимное приспособление (удельное давление сжатия 0,2—0,3 МПа) и термообработки клеевого соединения при температуре $(180 \pm 10)^\circ\text{C}$ в течение 1—1,5 ч;

охлаждения деталей на воздухе до температуры 20...30 °C (производится в зажатом состоянии) и освобождения из зажимного приспособления;

контроля качества приклеивания и дефектовки клеевого шва.

Для определения дефектов (трещины, раковины, пористость и т. п.) применяют вибродефектоскопию, акустический, ультразвуковой методы и др.

Клей **ВС-350** многокомпонентный, применяется для склеивания деталей из стали, дюралюминия, стеклотекстолита, пенопластов, для приклеивания фрикционных накладок и колодок.

Устойчивость к действию окружающей среды и технология склеивания аналогичны клею **ВС-10Т** с той лишь разницей, что термостойкость клеевого соединения без снижения прочности составляет при температуре 200 °C 500 ч; при 300 °C — 10 ч и при 350 °C — 5 ч.

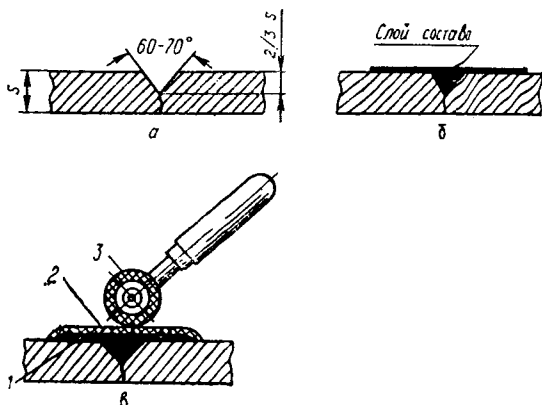
Клеи типа **ВС** выпускаются промышленностью в готовом для употребления виде, срок их хранения в закрытой таре при комнатной температуре не менее 6 мес.

Эпоксидный клей. Главным связующим компонентом клея является эпоксидная смола. Наиболее широкое применение получила смола марки ЭД-6. Для приготовления эпоксидного клея (пасты) на 100 весовых частей эпоксидной смолы берется 15—18 весовых частей пластификатора, наполнителя — 50—150, отвердителя — 7—9. Пластификатором обычно служит слегка желтоватая маслянистая жидкость — дибutilфталат. С добавлением ее повышаются эластичность и ударная прочность отвержденного состава. В качестве наполнителя применяются стальные и чугунные порошки, алюминиевая пудра, графит, портландцемент. Введение наполнителей способствует улучшению механических свойств состава, уменьшению осадки и текучести, повышению способности материала поглощать удары и вибрацию. Для отверждения эпоксидной смолы наибольшее распространение на практике получил полиэтиленполиамин — вязкая маслянистая жидкость разных оттенков (от светло-желтого до темно-бурого). Он превращает эпоксидные составы из жидкого или тестообразного состояния в необратимое твердое вещество.

Эпоксидный клей применяется для восстановления внутренних и наружных изношенных поверхностей деталей, резьбовых сопряжений, для закрепления установленных ремонтных втулок, а также для заделки трещин и пробоин в блоках цилиндров, головок блока, корпусах коробок передач и др. Для эпоксидных

Рис. 78. Заделка трещины:

a — разделка поверхности трещины; *S* — толщина детали; *б* — заполнение трещины эпоксидным клеем; *в* — прикатывание накладки роликом; *1* — слой эпоксидного клея; *2* — накладка; *3* — полиэтиленовый ролик



клеев характерны высокая механическая прочность и стойкость к действию масел и топлива.

Поверхность, подлежащая ремонту, зачищается до металлического блеска на расстоянии 40—50 мм по обе стороны трещины или пробоины. Сама трещина разделяется под углом 60—70° на глубину, равную $\frac{2}{3}$ толщины детали, и концы ее заворачиваются сверлом диаметром 3—3,5 мм. После обезжиривания ацетоном и подогрева места ремонта до температуры 30...40 °С наносится слой клеевой пасты. При заделывании трещин на ответственных и сильно нагруженных корпусных деталях применяют накладки из стеклоткани (рис. 78). Пробойны заделывают внахлестку или заподлицо (рис. 79).

Клей 88Н. Для склеивания резины и приклеивания резины к металлу, дереву и другим материалам применяются резиновые клеи. Для практического применения удобен самовулканизирующий клей 88Н. Процесс вулканизации происходит в течение суток при комнатной температуре. Механическая прочность клеевого соединения повышается, если склеивание вести при температуре 50 °С. Недостатком клеев является нестойкость их к действию нефтепродуктов.

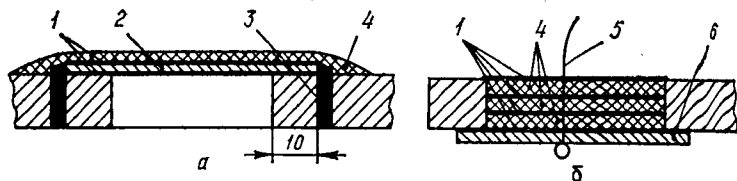


Рис. 79. Заделка пробоины:

a — внахлестку; *б* — заподлицо; *1* — эпоксидный клей; *2* — металлическая накладка; *3* — клеевая заклепка; *4* — стеклоткань; *5* — проволока; *6* — металлическая пластина

Контрольные вопросы

1. Какие материалы называются пластическими массами?
2. Из каких основных компонентов состоят пластмассы?
3. Из каких основных операций состоит процесс газопламенного напыления пластмассы?
4. В чем заключается сущность нанесения покрытий на литевых машинах?
5. Какой материал применяется для отверждения эпоксидных смол?
6. Перечислите клеи, применяемые в ремонтной практике.

Глава 12 РЕМОНТ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

12.1. Ремонт деталей цилиндрической формы

В лесохозяйственных машинах применяют гладкие, ступенчатые и шлицевые валы и оси, основными дефектами которых являются погнутость и скручивание, износ и смятие поверхностей трения под подшипники и детали; смятие шпоночных канавок и износ шлицев; повреждение центровых отверстий и резьбы; трещины и поломки.

Наличие дефектов устанавливают внешним осмотром и измерениями. Измерениями определяют размеры шеек, их овальность и конусность, погнутость и скрученность. Предельные величины износа и деформации валов и осей устанавливаются техническими условиями на контроль и ремонт. Способ ремонта валов и осей выбирают исходя из возможностей ремонтного предприятия, условий работы вала, величины износа, а также термической обработки.

Технологический процесс ремонта валов и осей должен быть построен так, чтобы вначале выполнялись сварочные и слесарные операции, а при необходимости и термические, потому что при выполнении этих операций возможны дополнительная деформация и повреждение поверхностей. Затем валы и оси подвергают правке и предварительной механической обработке. Чистовая обработка рабочих поверхностей вала должна вестись в последнюю очередь.

При незначительной погнутости (до 0,01 длины вала) вал диаметром до 50 мм правят в холодном состоянии с помощью прессы или скоб. Вал на прессе устанавливают выпуклостью вверх и правят, выгибая его в противоположную сторону на величину погнутости. Ход правки контролируют при помощи индикатора. Вал необходимо выправить так, чтобы остаточная величина погнутости не превышала 0,02—0,03 мм.

Тонкие и длинные валы можно править на токарном станке. Для этого вал закрепляют в центрах и выгибают оправкой, расположенной в резцедержателе поперечного суппорта.

Установлено, что правка валов в холодном состоянии не дает

хороших результатов, так как в нем сохраняются остаточные напряжения, которые через некоторое время частично восстанавливают погнутость. Для снятия внутренних напряжений вал после правки нагревают до температуры 400...450 °С и выдерживают в течение 0,5—1 ч. Значительную погнутость валов большего диаметра устраняют под прессом при предварительном нагреве места правки до температуры 600 °С.

Ремонт посадочных мест валов и осей производят различными способами. При износах не более 0,2 мм на сторону применяют хромирование, железнение, электрохимическое восстановление, плазменное и газопламенное напыление, восстановление эпоксидными пастами. Поверхности с износами более 0,2 мм восстанавливают наплавками. Наибольшее распространение имеют вибродуговая и автоматические наплавки под слоем флюса и в среде защитных газов. При этом во избежание коробления и закалки первых сварных валиков желательно вал нагреть до температуры 250...300 °С.

При ручной электродуговой наплавке шеек валов валики сначала накладывают кольцевые, а затем вдоль оси. Валики должны перекрываться по ширине примерно на $\frac{1}{3}$. Для наплавки слоя до 2 мм принимают диаметр электрода 3 мм, сварочный ток 100—120 А, а для слоя до 5 мм — диаметр электрода 4 мм и сварочный ток 150—200 А. Марку электродов выбирают в зависимости от материала вала и способа термообработки.

Обработку наплавленных поверхностей ведут резцами, оснащенными пластинками из твердых сплавов при твердости металлопокрытий до HRC₃ 42. Для обработки металлопокрытий, имеющих твердость более HRC₃ 42, применяют композитные инструментальные материалы (эльбор-Р, гексанит-Р).

В тех случаях, когда на деталях наблюдаются при дефектации явления схватывания, заключительной операцией является вибрационное обкатывание. Сущность способа заключается в том, что в процессе обработки на поверхность вращающейся детали действует шарик наконечника вибрационной головки, совершающий сложное движение — поступательное (продольная подача) и колебательное (в горизонтальной плоскости). Шарик выдавливает на поверхности детали регулярно расположенные канавки синусоидального характера.

Вновь образуемые микронеровности, являющиеся наплывами металла, выдавленного по краям канавок, имеют радиусы закругления вершин на 1—2 порядка больше, чем создаваемые традиционными способами обработки.

Образование нового микрорельефа с системой канавок и пластическая деформация поверхностного слоя, связанная с явлениями наклепа и упрочнения, позволяют увеличить площадь контакта сопряженных деталей и маслосъемность их

поверхностей, снизить температуру в зоне трения, повысить износостойкость, усталостную прочность и коррозионную стойкость деталей.

Способ вибрационного обкатывания позволяет образовывать частично регулярные микрорельефы с некасающимися, касающимися и пересекающимися канавками (рис. 80, *I—III*) и регулярные, полностью новые микрорельефы (рис. 80, *IV*). В частично регулярных микрорельефах между канавками сохраняются участки исходной поверхности (профилограмма рис. 80, *а*), в регулярных микрорельефах вся площадь исходной поверхности деформируется и сглаживается (профилограмма рис. 80, *б*).

Вид микрорельефа зависит главным образом от величины продольной подачи инструмента и частоты вращения детали. Чем меньше подача s и частота вращения детали n , тем ближе ряды канавок. Обработке могут подвергаться наружные и внутренние поверхности. Например, микрорельеф *I* вида рекомендуется в большинстве случаев для поверхностей охватываемых деталей (валы, оси, поршневые кольца и др.); микрорельефы *II* и *III* вида — для охватывающих деталей (кольца, цилиндры); микрорельефы *IV* вида — для деталей, обеспечивающих гидроплотность, и для прецизионных деталей (штоки и цилиндры пневмопривода, плунжеры, торцовые уплотнения и др.).

Все детали не представляется возможным разделить по группам с определенными видами микрорельефов. Оптимальный вид микрорельефа для рабочей поверхности каждой детали подбирается индивидуально в результате исследований в зависимости от материала и условий работы. Так, для поверхностей поршневых пальцев рекомендуется *II* вид микрорельефа, для гильз

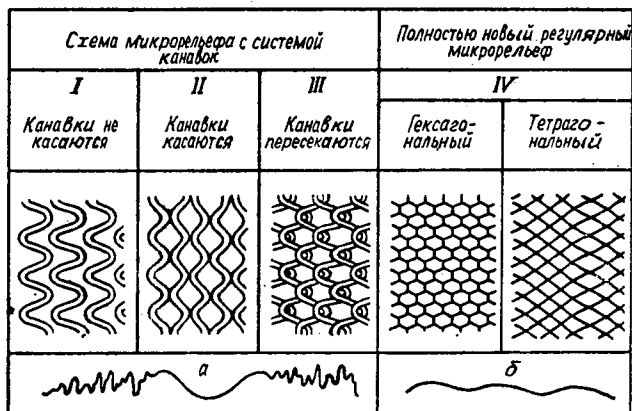


Рис. 80. Виды микрорельефов поверхности, получаемых вибрационным обкатыванием:

а — микрорельеф поверхности с канавкой; *б* — новый регулярный микрорельеф поверхности; *I—IV* — микропрофили поверхности деталей

цилиндров двигателей грузовых автомобилей — II и IV виды микрорельефов.

Изношенные шлицы валов восстанавливаются раздачей, наплавкой изношенных поверхностей шлицевых выступов, сплошной заваркой шлицевых впадин и поверхностей выступов. Независимо от способа ремонта окончательный размер шлицев получают механической обработкой под номинальный или увеличенный размер, позволяющий компенсировать износ шлицев в сопрягаемом отверстии. При ремонте шлицев раздачей их отжигают, после чего раздают с помощью ролика, изготовленного из стали У6 или У7. В результате этого ширина шлицев увеличивается на 0,5—1 мм. В зависимости от величины износа раздачу шлицев производят по краю изношенной поверхности или по краям выступа. Пазы, образованные на шлицах, заправляют электросваркой или зачищают, а сами шлицы подгоняют по сопряженной детали механической обработкой. Наплавку целесообразно производить электродами ЦН-250 или ЦН-300, обеспечивающими высокую износостойкость шлицев без последующей термической обработки. После наплавки вал протачивают до заданного размера, подрезают наплывы с торца и снимают фаску. Обработывают шлицы на зубофрезерных станках червячными фрезами или на горизонтально-фрезерных станках дисковыми или фасонными фрезами. В небольших ремонтных мастерских шлицы обрабатывают на токарных станках с помощью специального зуборезно-шлиценарезного приспособления.

При ремонте изношенных шпоночных соединений поврежденную шпонку заменяют новой нормальной или увеличенного размера. В связи с этим ремонт шпоночных пазов на валу рекомендуется производить расширением изношенного шпоночного паза (на 10—15 %) под шпонку увеличенного размера; фрезерованием шпоночного паза под шпонку нормального размера в другом месте, смещенном на 90 или 120° к поврежденному пазу; наплавкой стенок изношенных пазов с последующим фрезерованием их под нормальный размер.

Незначительно поврежденные резьбы исправляют на токарном станке или слесарной обработкой. Резьбу, потерявшую свой профиль вследствие износа или срыва, восстанавливают наплавкой. При этом старую резьбу удаляют проточкой на токарном станке, после чего полученную поверхность наплавляют, обтачивают и вновь нарезают резьбу требуемого размера.

Если позволяет конструкция детали, изношенную резьбу удаляют и нарезают резьбу ремонтного размера. Если в детали имеется отверстие, которое имеет дефектную резьбу, то ее удаляют и на ее место ставят свертыш, который запрессовывают или приваривают к детали.

12.2. Ремонт корпусных деталей

Основное влияние на интенсивность изнашивания и срок службы агрегатов и узлов машин для лесного хозяйства оказывает качество ремонта корпусных деталей. К корпусным деталям относятся блок цилиндров, головка блока, картеры и др. Основным материалом для корпусных деталей являются различные марки чугуна.

Типичными дефектами корпусных деталей могут быть трещины, изломы и пробойны; износы посадочных мест под подшипники или наружные обоймы; срыв резьбы. Возможность ремонта и выбраковки корпусных деталей регламентируется техническими условиями на контроль и сортировку.

Для устранения трещин применяются сварка, эпоксидные составы, фигурные вставки. Институтом электросварки им. Е. О. Патона АН УССР предложен перспективный способ устранения трещин для деталей из серого, ковкого, высокопрочного и легированного чугуна самозащитной электродной проволокой ПАНЧ-11. Сваривают чугун в холодном состоянии открытой дугой проволокой малого диаметра (1,2 мм) из сплава на основе никеля, обладающего самозащитными свойствами. При этом получается пластичный шов из аустенитного металла с твердостью не более НВ 170—180, который легко проковывается. Предел прочности металла до 550 Н/мм^2 , текучести — до 350 Н/мм^2 , удлинения — до 25 %.

Перед сваркой поверхность очищают от земли, пригара, накали, масла и других загрязнений. У тонкостенных деталей особенно важно точно определить границы трещины и произвести сквозные сверления диаметром 3—4 мм на расстоянии 6—10 мм от видимого конца основной трещины и ее ответвлений. Волосявидные трещины на тонких стенках достаточно надежно выявляются простукиванием или небольшим местным нагревом газовой горелки. Разделка сквозной трещины должна быть односторонней или двухсторонней в зависимости от толщины стенок детали и удобства выполнения разделки и сварки.

Трещины заваривают участками длиной 50—70 мм с проковкой металла шва и охлаждением до $50 \dots 70^\circ \text{C}$. Последовательность заварки показана на рис. 81. Скорость сварки выбирают такой, чтобы при этом ширина валика была возможно меньшей, но обеспечивалось бы хорошее сплавление с кромками трещины и отсутствовали подрезы и свищи. При узкой разделке кромок поперечные колебания электродной проволоки не обязательны.

Пробойну или отверстие заваривают вразброс по контуру заплаты или вставки участками длиной 40—50 мм. При сварке чугуна со сталью дугу следует направлять главным образом на чугун. Каждый участок проковывают во время остывания несколькими несильными, но частыми ударами. Мелкие дефекты

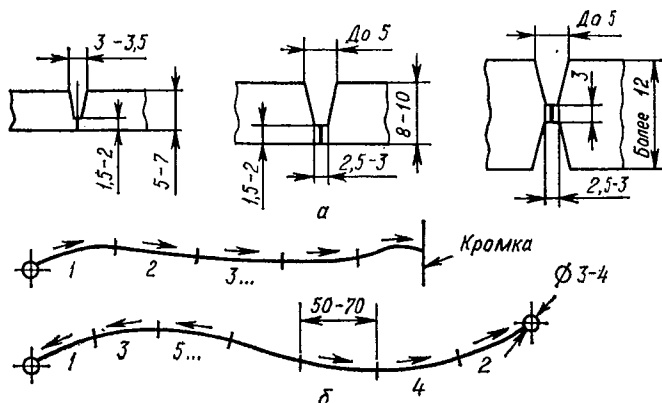


Рис. 81. Подготовка и последовательность заварки трещин электродом ПАНЧ-11:

а — рекомендуемые формы и размеры разделок основных трещин при различной толщине поврежденной детали; *б* — последовательность и направление заварки трещин

(раковины, поры) заваривают без обрыва дуги до заполнения разделки также с последующей проковкой. Сварку проволокой ПАНЧ-11 выполняют открытой дугой на постоянном токе прямой полярности (минус на электродной проволоке). Скорость подачи проволоки 100—130 м/ч, вылет электрода 15—20 мм, а величины сварочного тока, напряжения на дуге и скорость сварки при диаметре электрода 1,2 мм соответственно: $I_{св}=90—120$ А, $U_d=14—18$ В, $v_{св}=8—10$ м/ч.

Для сварки проволокой ПАНЧ-11 рекомендуется использовать сварочные полуавтоматы А-547, А-547У, А-825, А-1114 в комплекте с соответствующими выпрямителями, рассчитанными на токи до 300 А, с жесткой или пологопадающей характеристикой (ВС-300, ВСНС-303 и т. д.) и горелками с шлангами для проволоки диаметром 0,6—1,2 мм.

Корпусные детали с трещинами, пробоями, обломами и другими дефектами восстанавливают при помощи пасты-замазки на основе эпоксидных смол и порошковой пластмассы ПФН-12 или ТПФ-37. Применение подобных паст позволяет заделывать трещины длиной до 600 мм и пробоины диаметром до 70 мм, а также различного рода раковины и разрыв. Состав рекомендуемых паст приведен в табл. 27.

Приведенные в таблице пасты применяют в следующих случаях: № 1 — для заделки трещин, крупных пробоев и обломков; № 2 — для устранения менее крупных дефектов; № 3 и 4 — для деталей, работающих при температурах 100...120 °С; № 5 — 8 — для ремонта корпусных деталей типа кабин и кузовов; № 9—11 — для заделки трещин в корпусных деталях типа редукторов.

27. Рецептура эпоксидных паст для восстановления корпусных деталей

Компонент	№ пасты и содержание компонентов, массовых частей										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Смола ЭД-6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Дибутилфтолат	20	20	20	—	60	50	—	—	15	15	15
Полиэтилен-полиамин	—	—	8,5	—	10	10	—	—	7	7	7
Метафенилен-диамин	15	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Малеиновый ангидрид	—	—	—	35	—	—	—	—	—	—	—
Отвердитель	—	—	—	—	—	—	8,5	8,5	—	—	—
Стеклоткань	5	—	5	5	—	—	—	—	—	—	—
Асбест мелкий № 7	—	40	40	75	—	—	—	100	—	—	—
Сажа	—	—	—	—	35	—	—	—	—	—	—
Слюдавая пыль	—	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—

Крупногабаритные детали ремонтируют при помощи газопламенного напыления порошковой полимерной массой ПФН-12, что удешевляет стоимость ремонта на 80 % по сравнению с ремонтом пастами.

После заделки дефектов отремонтированную деталь выдерживают не менее 3 суток при температуре 18...20 °С. Ускорить сушку после 24 ч выдержки при температуре 20 °С можно нагревом детали до 40 °С и выдержкой ее в течение 24 ч, до 60 °С — 4 ч, до 80 °С — 3 ч и нагревом до 100 °С и выдержкой в течение 2 ч.

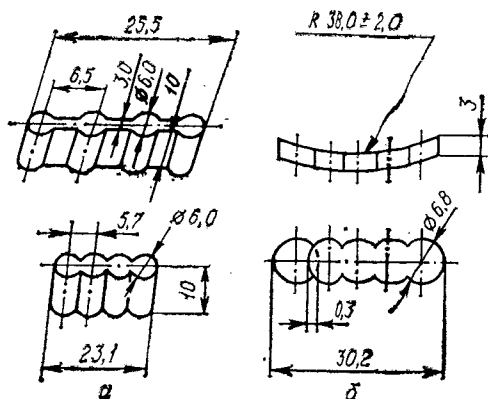
Для заделки трещин с успехом применяют эластомер ГЭН-150В, представляющий собой сочетание каучука СКН-40 со смолой ВДУ. Его выпускают в виде отвальцованных листов толщиной 2—5 мм. Эластомер рекомендуется применять для ремонта деталей, работающих при повышенных температурах и динамических нагрузках.

Ремонт неподвижных и резьбовых сопряжений в корпусных деталях при нарушении посадки и образовании зазора до 0,1 мм проводится постановкой деталей на пасте № 3. В случае износа резьбовых отверстий их поверхность и поверхность шпильки или болта покрывают пастой № 9 при зазоре больше 0,3 мм и пастой № 11 при ремонте алюминиевых деталей.

Способ ремонта трещин фигурными вставками состоит из следующих операций: очистки и мойки корпусных деталей; дефектации корпусных деталей; подгонки паза под фигурную вставку; установки фигурной вставки в паз; зачистки отремонтированного участка; контроля качества ремонта.

Сущность процесса заключается в изготовлении вдоль и поперек трещин специальных пазов, в которые устанавливают стальные фигурные вставки. Стягивающие вставки (рис. 82, а)

Рис. 82. Фигурные вставки:
 а — стягивающая; б — уплотняющая



позволяют стягивать боковые кромки трещины на толстостенных деталях (с стенками толщиной 15—30 мм) в местах с малой длиной трещины. Уплотняющие вставки (рис. 82, б) применяют для заделки трещины длиной более 50 мм с обеспечением герметичности как толстостенных, так и тонкостенных деталей.

Контроль качества ремонта осуществляется гидравлическим испытанием на стенде КИ-4805 ГОСНИТИ в течение 3 мин под давлением 0,4 МПа. При этом в зоне ремонта течь не допускается.

12.3. Ремонт гусеничных и колесных ходовых систем

В ходовой части гусеничных тракторов наибольшему износу подвергаются опорные катки и поддерживающие ролики, ведущие и направляющие колеса, пальцы и звенья гусениц.

Основными дефектами опорных катков и поддерживающих роликов являются износ беговых дорожек, наружных и внутренних поверхностей буртов, цилиндрических отверстий; смятие и срыв резьбы. Данные детали являются массовыми, и внедрение технологических процессов их восстановления должно проводиться на основе тщательного технико-экономического анализа.

Самым простым и доступным способом восстановления буртов является приварка колец, изготовленных из выбракованных пальцев звеньев гусениц. Кольца отковывают в нагретом состоянии сечением прямоугольной формы. Обтачивают торцы обода колеса и катка. Приваривают кольца соответствующих размеров с обеих сторон обода в трех точках электродом Э-42А диаметром 4 мм. Окончательную приварку колец по всему периметру стыков с двух сторон (наружной и внутренней) производят сварочной проволокой Св-08 диаметром 2,5 мм под слоем флюса А-348 А. После этого заваривают стыки колец.

Кроме данного способа, поверхность беговых дорожек и буртов восстанавливают наплавками под флюсом и в среде защитных газов, порошковыми проволоками, заливкой жидким металлом, электрошлаковой наплавкой. При применении заливки жидким металлом поверхность обода катка тщательно очищают, зачищают до металлического блеска. На изношенную поверхность наносят слой толщиной 1—2 мм специального флюса (флюс АНШ-200, АНШ-400, разведенный на лаке № 302) и просушивают. Каток или ролик нагревают до 350...900 °С и устанавливают в чугунную форму (кокиль), также предварительно подогретую до 200...250 °С, и заливают расплавленный металл.

Износ цилиндрических отверстий под бронзовые и чугунные втулки устраняют механической обработкой отверстий под ремонтные размеры. Изношенные гнезда подшипников качения растачивают под запрессовку стальных втулок, или поверхность гнезд наплавляют с последующей механической обработкой под номинальный размер.

Помятость и срыв резьбы устраняют прогонкой или нарезанием резьбы номинального размера в новом месте.

Ведущие колеса отливают из сталей 30ГЛ, 50Г, 35Л. Возможны следующие дефекты: износ зубьев по толщине, износ отверстий под шпильки крепления.

При износе зубьев по толщине их восстанавливают наплавкой или заливкой жидким металлом в кокиле. Наплавку осуществляют ручной электродуговой сваркой электродами УОНИ 13/55 по шаблону или на сварочных полуавтоматах в среде углекислого газа, используя в качестве шаблона новое ведущее колесо. Шаблон устанавливают на ступицу колеса и закрепляют кольцом. Зубья наплавляют по кромкам с обеих сторон шаблона, а затем, сняв шаблон, по всему профилю электродами ОМЧ-1. Изношенные отверстия под шпильки крепления рассверливают или развертывают под шпильки увеличенного размера. При большом износе отверстия заваривают и на новом месте сверлят отверстия под шпильки нормального размера.

Направляющие колеса отливают из сталей 30ГЛ, 50Г, 35Л.

Основные дефекты направляющих колес: износ обода и торцовых поверхностей; износ посадочных отверстий под ступицы; трещины на ободе; износ посадочных поверхностей ступицы под ободья, поверхностей под подшипники и т. д.

При износе обода и торцовых поверхностей восстановление их размеров производится автоматической наплавкой под слоем флюса. При большом износе на обод напрессовывают кольцо (бандаж) из стальной полосы толщиной 8—10 мм.

Трещины у наружной поверхности обода заваривают электродуговой сваркой электродом Э-42 диаметром 4—5 мм с на-

ложением заплат из листовой стали толщиной 5—6 мм с внутренней стороны.

Посадочные отверстия обода под ступицу восстанавливают автоматической наплавкой под слоем флюса с дальнейшей механической обработкой под номинальный размер.

Посадочные поверхности ступицы для ободов восстанавливают наплавкой с дальнейшей механической обработкой под номинальный размер или напрессовкой кольца.

Посадочные поверхности ступицы под подшипники восстанавливают железнением, наплавкой под слоем флюса с дальнейшей расточкой под номинальный размер.

У звеньев гусениц износу подвергаются следующие элементы: проушина, беговая дорожка и цевка.

Для восстановления изношенных проушин электронаплавкой рекомендуется универсальная установка У-203. Специальный лежачий электрод АНН-4 вставляют через все отверстия одной стороны звена гусеницы, закрепленного в кантователе установки, и укладывают на изношенную часть отверстий. Дуга расплавляет металл электрода, который заполняет изношенную часть отверстий. В установке предусмотрено автоматическое перемещение электрода от одной проушины к другой до конца наплавки всех проушин одной стороны. Затем звено поворачивают на 180° и наплавляют проушины другой стороны. При этом наплавляется одинаковый слой металла во всех проушинах, и так как износ отверстий в звеньях различен, то затруднена последующая сборка полотна гусеницы. Поэтому перед наплавкой необходима сортировка звеньев по размеру износа отверстий проушин. Несмотря на сравнительную простоту этот способ не получил широкого применения, так как даже при сортировке звеньев не обеспечивается достаточная соосность отверстий проушин, а обрабатывать их из-за высокой твердости наплавленного слоя нельзя.

Изношенные проушины могут быть отремонтированы электронаплавкой с одновременной калибровкой отверстий диаметром $22^{+1,3}_{-0,2}$ мм на станке ЦНИИМЭ ЛВ-53 или методом заливки жидким металлом по технологии ГОСНИТИ. Для этого предварительно в стенках проушин со стороны наибольшего износа прожигают технологические отверстия диаметром 10—12 мм; в проушины вставляют технологический палец, формирующий отверстие, а со стороны торцов устанавливают прижимы, препятствующие вытеканию металла. Расплавленный металл заливают через технологическое отверстие в полость проушин, где он кристаллизуется и образует втулку, фиксирующуюся своеобразной заклепкой — стержнем в технологическом отверстии и неровностями изношенной части проушины. Так как расплавленный металл заливают в холодную проушину,

то он при охлаждении получает закалочную структуру, обеспечивающую его высокую износостойкость.

Изношенную беговую дорожку и почвозацепы звена наплавляют вручную или автоматической наплавкой под слоем флюса на специальных приспособлениях.

Изношенные отверстия под пальцы и втулки гусениц тракторов типа Т-130 восстанавливают осадкой звеньев кузнечным способом в специальных приспособлениях и потом растачивают под размер, обеспечивающий необходимый натяг при запрессовке пальцев и втулок.

Втулки и пальцы при одностороннем износе поворачивают на 180° , а при двухстороннем заменяют новыми.

Изношенные отверстия в звеньях и башмаках под болты крепления заваривают и по кондуктору сверлят новые отверстия.

Изношенные почвозацепы башмаков наплавляют под слоем флюса в специальных приспособлениях. Для получения необходимой твердости применяют флюс АНК-18 или легированную проволоку и флюс АН-348А.

12.4. Ремонт гидравлических систем

Гидравлические приводы получают все большее применение в машинах для лесного хозяйства. К основным элементам гидравлических приводов относятся шестеренчатые и аксиально-поршневые насосы, распределители, цилиндры, предохранительные клапаны, регуляторы, трубопроводы и т. д.

Ремонт шестеренчатых насосов. Шестеренчатые насосы (типа НШ) могут иметь следующие дефекты: износы корпуса, рабочих поверхностей колодцев, втулки, шестерни, крышки, резиновых колец, манжет. В большинстве случаев ремонту подвергаются корпус, шестерни и крышки.

Характерные дефекты корпуса: износ стенок со стороны всасывающей полости и дна колодца; износ или срыв резьбы под болты крепления крышек. Можно рекомендовать следующие способы ремонта корпусов при износе поверхностей колодцев: слесарно-механический с применением дополнительных деталей, пластических деформаций (обжатием) и с применением синтетических материалов.

Износ или срыв резьбы под болты крепления крышек в корпусах устраняют путем рассверливания отверстий и нарезания в них резьбы ремонтного размера.

Ремонт шестерен насоса. Ведущую и ведомую шестерни изготавливают из стали 18ХГТ, подвергают цементации на глубину 0,9—1,5 мм и закалке до твердости HRC₆₂ 58—62. Шестерни изнашиваются по торцовым плоскостям зубьев, по наружному диаметру цапф и наружной поверхности головок зубьев шестерен.

Незначительные износы шестерен в пределах толщины термообработанного слоя позволяют восстанавливать их шлифованием изношенных поверхностей цапф, торцов и наружной поверхности головок зубьев шестерен. Износы зубьев по толщине незначительны и практически не оказывают влияния на работу гидронасоса. Для устранения износа устанавливают шестерню в центрах шлифовального станка, проверяют биение цапф шестерен. Оно не должно превышать 0,01 мм.

Цапфы шестерен шлифуют до выведения конусности и эллипсности. Шестерни под уменьшенные размеры колодцев корпусов шлифуют по окружности головок зубьев до ремонтных размеров. После шлифования поверхности цапф шестерен подвергают суперфинишированию. Изношенные торцы зубьев шестерен восстанавливают шлифовкой в центрах на шлифовальном станке. После ремонта шестерни делят по длине зуба на размерные группы через 5 мкм.

Перед сборкой насосов пары втулок и пары шестерен комплектуют по соответствующим размерным группам.

Крышки могут иметь следующие дефекты: износ торцевой поверхности со стороны корпуса насоса; забоины и задиры; срыв буртика в гнезде сальника, удерживающего стопорное кольцо. Износ торцевой поверхности восстанавливают проточкой на токарном станке. Задир и забоины на привалочной плоскости, а также коробление ее проверяют на чугунной плите. Устранить эти дефекты можно, наложив на плиту шкурку и шлифуя о нее поверхность.

При срыве буртика в гнезде сальника крышку восстанавливают постановкой стального кольца. При обжатии корпуса насоса изменяют расстояния между отверстиями под болты крепления крышки. Поэтому отверстия в крышке под болты рассверливают до диаметра 11 мм.

Сборка шестеренчатого насоса производится в специальном приспособлении. Из скомплектованных деталей гидронасос собирают с учетом направления вращения валика ведущей шестерни (правое или левое вращение). Собранную крышку устанавливают на насос и закрепляют болтами. После сборки насоса вал ведущей шестерни должен проворачиваться плавно, без заеданий. Присоединительные муфты привертывают болтами. Под муфты устанавливают уплотнительные кольца.

Обкатка и испытание — одна из основных операций ремонта. От ее качества зависит надежность работы насоса. Обкатку и испытание шестеренчатого насоса после ремонта проводят на стенде КИ-4200 или КИ-4815, используя соответствующую рабочую жидкость при температуре (50 ± 5) °С. По объему жидкости и количеству импульсов, определяемым по шкалам счетчиков, рассчитывают фактическую производительность насоса при номинальном противодавлении.

Подтеки масла и подсос воздуха сквозь уплотнения насоса в процессе обкатки и испытания не допускаются.

Фактическая производительность измеряется при испытании на стенде, а теоретическая (расчетная) определяется по технической характеристике насоса или по соответствующим формулам. Принятые после испытания и снятые со стенда насосы обезжиривают, закрывают входные и выходные отверстия резиновыми пробками, окрашивают маслостойкой краской. После окраски и сушки насосы пломбируют и сдают на склад.

Ремонт распределителей. Распределители подлежат ремонту, если при внешнем осмотре и испытании без разборки обнаружены трещины деталей, повреждения резьбы, течь масла, износы деталей, превышающие допустимые, не включаются рычаги или не фиксируются золотники в рабочих положениях, нарушены регулировки.

Корпус распределителя изготавливают из серого чугуна. При дефектации могут быть обнаружены следующие неисправности: износ рабочих поясков под золотники; износ отверстий под перепускной клапан и его гнездо; трещины и износ резьбы. Корпуса, имеющие трещины, проходящие через внутренние каналы, задиры на рабочих поверхностях колодцев золотников, сколы в местах отверстий под штуцера подлежат выбраковке.

Резьбовые отверстия восстанавливают прогонкой, а при срыве резьбы более двух ниток нарезают резьбу ремонтного размера. Поверхности колодцев под золотники обрабатывают притиркой, вначале 30-микронной пастой до удаления следов износа, после чего тщательно промывают 2—3 % -м содовым раствором и авиационным бензином. Доводку осуществляют 5-микронной пастой и вновь промывают. Эллипсность и конусность поверхности не должны быть более 0,003 мм.

При ремонте диаметры рабочих поясков колодцев под золотники у корпуса разбивают на 20 ремонтных групп. Каждая группа включает размеры в пределах 4 мк. Диаметры отверстий колодцев замеряют пневмокалибром, определяя группу и выбивая номер группы на торце колодца.

Золотники изнашиваются по поверхности поясков, сопрягаемых с отверстием корпуса, направляющей брусера, гнездом клапана, проушиной. Изношенные проушины восстанавливают запрессовкой втулок. Наружную поверхность золотника шлифуют, затем рихтуют обкаткой роликом и вновь шлифуют под размер, после чего золотники разбивают по размерным группам. В заключение проводят притирку золотника совместно с корпусом и их подгонку. Притирку проводят вначале 20-микронной пастой, затем 7-микронной пастой. Размеры проверяют пассиметром или рычажным микрометром с ценой деления 0,002 мм на призме и разбивают на группы. Эллипсность и конусность допускаются не более 0,003 мм.

Ремонт верхней и нижней крышек сводится к заварке трещин, ремонту резьбовых отверстий и сферических поверхностей под рычаги переключения.

Ремонт клапанов и посадочных гнезд выполняют протачиванием с последующей шлифовкой конусных поверхностей шероховатостью Ra 0,4 мкм. Гнезда клапанов обрабатывают до появления острой кромки. Отремонтированные клапаны проверяют на герметичность на стенде КИ-4200 на дизельном масле при температуре $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Испытание и регулировку распределителей проводят на стендах КИ-4200, КИ-4815 и др., проверяя герметичность золотников и всех соединений, давление срабатывания автоматов и регулировку предохранительных клапанов.

Технологические операции, проводимые при испытании распределителей, изложены в заводских инструкциях. Показатели давления срабатывания автомата и предохранительного клапана должны соответствовать техническим условиям.

В результате эксплуатации детали поршневых гидроцилиндров изнашиваются, на внутренней поверхности цилиндров появляются риски, задиры, внутренние диаметры цилиндров изменяются, появляется конусность и овальность. В поршнях изнашиваются главным образом канавки для поршневых колец и сами поршневые кольца. На штоке появляются овальность и конусность. Продольные риски глубиной более 0,5 мм и поперечные более 0,2 мм не допускаются по длине свыше 50 мм. Неравномерный износ (овальность и конусность) внутренней поверхности гильзы не должен превышать 0,25 мм на всей ее длине.

Царапины и риски на гильзе цилиндра ремонтируют шлифованием: при длине цилиндра до 800 мм до выведения следов выработки, а при большей длине растачивают на расточном (или токарном) станке при небольших оборотах, оставляя припуск 0,1—0,15 мм. После расточки цилиндр полируют наждачной бумагой на деревянной оправке или хонингуют. После проверки гильзу тщательно промывают чистым дизельным топливом.

Поршни с износом рабочей поверхности более 0,1 мм, овальностью и конусностью более 0,02 мм бракуют и заменяют новыми с размерами, соответствующими диаметру цилиндра. При этом зазор между поршнем и гильзой цилиндра при уплотнениях круглого сечения должен быть 0,12—0,3 мм. В цилиндрах с воротниковыми манжетами зазор должен составлять 1,3—1,5 мм, а в цилиндрах с уплотнениями елочного типа (цилиндр зажима в автолесовозе) — 1,5—1,6 мм. Характер сопряжения поршень — шток зависит от того, имеется ли в сопряжении резиновое уплотнение. В цилиндрах без уплотнения (цилиндры наклона автопогрузчиков 4043М, 4045 и др.) поршень соеди-

няется со штоком с натягом 0,01 мм, а в цилиндрах с уплотнительным резиновым кольцом (цилиндры наклона автопогрузчиков 4022) — с зазором 0,1—0,2 мм.

Штоки с прогибом более 0,15 мм правят в холодном состоянии, а единичные незначительные царапины на штоках заливает припоем ПОС-30 и зачищают заподлицо. При продольных царапинах глубиной 0,05 мм и поперечных до 0,5 мм на длине 50 мм, а также износе более 0,1 мм шток ремонтируют хромированием и шлифованием с последующей доводкой. Овальность и конусность штока допускаются до 0,02 мм. Рабочая поверхность штока должна быть хромированной, без шелушения и отслаивания покрытия. Изношенную резьбу наплавляют и вновь нарезают до номинального размера.

Уплотнительные резиновые кольца заменяют новыми при потере ими эластичности. При замене кольца должны выступать над поверхностью центрирующих поясков крышек цилиндра не менее чем на 0,25 мм. Пружины перепускного клапана гидроцилиндров при потере упругости заменяют новыми. Не подлежат ремонту седла и шарики клапана при изменении их формы и размеров.

Пальцы гидроцилиндров изготавливают из стали 45, имеющих поверхностную твердость HRC₂ 50—58. Допустимый износ, позволяющий использовать пальцы без ремонта, не более 0,16 мм. При износе более 0,16 мм пальцы восстанавливают по следующей схеме технологического процесса: предварительное шлифование или точение, вибродуговая наплавка проволокой 1,6Нп-50, точение, закалка в воде после нагрева ТВЧ до температуры 850... 870 °С, отпуск, шлифование.

У плунжерных цилиндров могут быть следующие дефекты: трещины, износ и срыв резьбы в штуцерах, повреждения сварных швов, износ рабочих поверхностей плунжера и втулки, повреждения и износ уплотнительных манжет.

Трещины и повреждения гильз и плунжеров не допускаются, и такие детали выбраковываются.

Изношенную наружную поверхность плунжера восстанавливают до номинального размера хромированием или вибродуговой наплавкой проволокой 12Х1810Т диаметром 2—5 мм под смесью флюсов АН-26С (75 %) и АН-60А (25 %). При наплавке плунжеров диаметром 200 мм и более следует применять флюс АН-26С.

Для наплавки можно использовать специально оборудованный токарный станок модели 165, у которого шпиндель через червячный редуктор РМ-350 и клиноременную передачу, приводится во вращение от двигателя постоянного тока П-41.

Перед наплавкой один из концов плунжера зажимают в трехкулачковом патроне, а другой — укладывают в роликовый люнет. После наплавки одной части плунжер переворачивают, на-

девают на наплавленную часть и закрепляют болтами переходную муфту, которая исключает соприкосновение наплавленного слоя с роликами люнета. Применение муфты позволяет наплавливать плунжеры, длина которых превышает длину станка. Сила постоянного (длительного) тока установки до 600 А, напряжение 28—35 В. Втулки плунжера обычно не ремонтируют, а изготавливают вновь с номинальными размерами.

Перед сборкой цилиндров все детали тщательно очищают и промывают в дизельном масле.

Испытывают цилиндры на стендах КИ-4200, КИ-4815 или КИ-1774 на дизельном (Дп-11) или индустриальном (20) масле при температуре 45...55 °С. Прочность поршневого цилиндра проверяют в двух крайних положениях, а плунжерного и цилиндров подъема автолесовоза — в одном крайнем положении при давлении в 1,5 раза выше номинального с выдержкой 1—1,5 мин. Наружную герметичность гидроцилиндров проверяют осмотром при давлении рабочей жидкости, равном не менее 1,25 номинального, и при давлении на холостом ходу — после 3 ходов под нагрузкой. Появление жидкости через неподвижные соединения не допускается.

Внутренние утечки проверяют при номинальном давлении через 30 с после остановки поршня в двух конечных положениях. У цилиндров подъема автолесовозов, для того чтобы масло не вытекало через перепускной клапан, поршень при проверке не должен доходить до нижней крышки цилиндра на расстояние не менее 28 мм. Для этого на стенде устанавливают съемный упор.

Качество сборки гидроцилиндров проверяют также перемещением плунжера или поршня из одного крайнего положения в другое при нагнетании в цилиндр масла. Поршень должен свободно и плавно перемещаться и поворачиваться по всей длине цилиндра, причем ход поршня должен соответствовать размеру, указанному в технической документации.

Подавая поочередно в обе полости цилиндров под одним и тем же давлением масло, определяют его вынос штоком и плунжером. При испытаниях продолжительность до 50 двойных ходов не должно наблюдаться выноса масла.

Следующий этап — испытания на внутренние утечки. Для этого присоединяют к цилиндру шланг от установленного на стенде распределителя и производят несколько перемещений поршня цилиндра, заполнив обе его полости маслом. Затем устанавливают шток с таким расчетом, чтобы поршень находился в крайнем переднем положении. Отсоединив шланг передней полости цилиндра от штуцера распределителя, опускают его в мерный бачок или мензурку. Штуцер распределителя заглушают пробкой и подают масло в заднюю полость цилиндра под давлением 10—16 МПа. При этом рабочая жидкость должна

вытекать из шланга в мерный бачок. Допустимой считается утечка, равная $(0,08—0,1)D$, см³/мин, где D — диаметр цилиндра, мм.

Наиболее распространенные повреждения металлических трубопроводов — это трещины и вмятины. Продольные и поперечные трещины можно заваривать медью или латунным припоем Л-62 газовой сваркой. Вмятины глубиной более 2 мм в легкодоступных местах правят медным молотком на оправке, предварительно нагрев поврежденный участок трубопровода. Можно править металлические трубопроводы, проталкивая стальной шар соответствующего диаметра.

Основные дефекты гибких рукавов высокого давления: нарушение герметичности соединения рукава с металлическим наконечником, трещины внешней резиновой оболочки и вздутия. Рукава высокого давления ремонтируют различными способами, суть которых заключается в удалении поврежденного участка; соединении двух кусков металлической арматуры; замене наконечников. Отремонтированные рукава испытывают на герметичность: рукава низкого давления — под давлением 1,5 МПа; рукава высокого давления — на стенде КИ-4200 под давлением, на 20 % превышающим номинальное, в течение 2—3 мин.

Опрессовку наконечников шлангов высокого давления можно осуществлять с помощью слесарного трубореза, в котором режущий ролик заменяют специальным из стали У8А твердостью НРС, 57—61. Наружная поверхность ролика должна быть обработана с радиусом 2—3 мм. Два направляющих ролика трубореза не изменяют.

Опрессовку производят либо на токарном станке, либо в тисках. В тисках опрессовка осуществляется вращением трубореза с одновременной радиальной подачей деформирующего ролика. Для того чтобы закатать один ручей, достаточно 6—7 оборотов трубореза. На одном наконечнике шланга должно быть 3—4 ручья.

12.5. Ремонт рабочих органов лесохозяйственных машин

Ремонт ковшей и отвалов. Ковши и отвалы могут иметь износ зубьев, режущей полукруглой кромки, проушин, режущей кромки ножей, днища и запорного устройства.

Зубья ковшей экскаваторов имеют значительный износ, превышающий 10—15 мм. Ремонт производят наплавкой стержневыми или порошковыми электродами. Изношенные зубья наплавляют непосредственно на ковше. Если имеются сломанные зубья, то их удаляют и заменяют новыми, проводя одновременно сварку и наплавку изношенных, предварительно установив их

в специальные кондукторы, обеспечивающие горизонтальность наплавляемых поверхностей.

Полукруглые режущие кромки ковшей наплавляют в порядке профилактики с двух сторон. При незначительном износе режущую кромку наращивают с помощью электродов ОЗН-300 или Э-50А до устранения площади износа на нескошенной поверхности и получении заостренной кромки, а потом наплавляют износостойкими сплавами. При значительном износе режущей кромки необходимо восстановить ее геометрическую форму, для чего к козырьку приваривают фасонную приставку из полосовой стали. Затем поверхность фасонной приставки и козырька наплавляют электродами Т-590 и Т-620, причем с верхней стороны — один слой, с нижней — два. Работу контролируют визуальным осмотром, а также измерительной линейкой длиной 500 мм и шаблоном-угломером. Угол заострения кромки проверяют шаблонами. Размеры шаблона выбирают в зависимости от величины ковша.

Изношенные проушины срезают ацетиленовой горелкой, заваривают в них отверстия, зачищают и просверливают новые отверстия. Затем проушины подгоняют, вставляют в отверстия двух проушин контрольный палец и приваривают проушины к ковшу. Ремонт днища заключается в замене листа днища или изломанной петли.

Отвалы имеют следующие дефекты: износ груди, полевого обреза и носка, отлом носка и крыла отвала. При наличии износов выполняют наплавку последовательным наложением валиков электродами Т-590. Наплавленный металл зачищают наждачным кругом, проверяя правильность формы шаблоном.

При обломе носка груди отвала восстановление проводят приваркой отломанной части. Для этого производят вырубку для заменяемой части. Для заменяемой части используют материал старого отвала. Заготовку нагревают до температуры 800...950 °С, производят закалку (в воде), нагрев до 220 °С и отпуск (на воздухе). Затем заготовку приваривают стык к отвалу электродами Э-42 диаметром 3—4 мм. После приварки шов зачищают с рабочей стороны.

Ремонт лемехов. Лемехи могут иметь следующие дефекты: затупление лезвия, износ лезвия по ширине, изгиб и коробление поверхности, выкрашивание лезвия. При затуплении лезвия его затачивают с рабочей стороны до толщины не менее 1 мм при ширине фаски 5—7 мм и угле заточки 25—40°. При износе ширины лемеха до размера менее 108 мм его восстанавливают кузнечной оттяжкой до нормального профиля за счет металла его тыльной стороны. Оттяжку проводят не более 4 раз.

При ручной оттяжке лемех нагревают со стороны лезвия до температуры 900...1200 °С и осаживают ударами молотка. Поверхность оттянутого лемеха должна быть ровной, без трещин.

Размеры оттянутого лемеха проверяют по шаблону. Затем его затачивают и закаливают по всей длине на ширину 20—45 мм. Для проведения закалки лезвие нагревают до температуры 830 °С и охлаждают в теплой подсоленной воде (30...40 °С).

При ремонте лемеха оттяжкой и наплавкой износостойким материалом для получения самозатачивающегося лезвия выполняют следующие операции: оттягивают лезвие лемеха; нагревают его с тыльной стороны нейтральным пламенем до температуры 1000 °С и присыпают прокаленной, размолотой бурой; наплавляют с тыльной стороны лезвия износостойкий слой шириной 25—30 мм на прямом участке лезвия и 55—65 мм на носке и толщиной 1,7—2 мм. Износостойкий материал наплавляют на торцевой части полевого обреза лемеха. Затачивают лезвие с лицевой стороны под углом 20—30°, носок лемеха закаливают на длине 150—170 мм нагревом до температуры 827 °С, охлаждением в теплой подсоленной воде и последующим отпуском при температуре 297 °С.

Самозатачивание лемеха обеспечивается при оптимальном соотношении толщины лезвия лемеха и толщины слоя сплава, которое должно быть в пределах 1:1,2. При изменении этого соотношения, приводящего к уменьшению толщины лезвия, наплавленный слой будет обнажаться и отламываться. При обратном соотношении твердый сплав будет быстрее изнашиваться, на лезвии образуется фаска, и оно быстро начинает затупляться. При централизованном ремонте лемехов приварка лезвия производится по следующему технологическому процессу: отжиг лемеха в печи; правка на прессе с обрезкой изношенной части на ножницах; изготовление заготовок для новых лезвий и носков лемеха; автоматическая сварка лезвия и корпуса лемеха под слоем флюса; сварка носка лезвия и лемеха; нагрев лезвия и носка лемеха до температуры 1000 °С и покрытие их прокаленной бурой; наплавка лезвия и носка сплавом сормайт № 1 на установке ТВЧ; заточка лемеха с лицевой стороны. Для изготовления лемехов используют в основном углеродистые стали Л53, Л65 и 65Г.

Повысить работоспособность самозатачивающегося лемеха в 2,5—3,5 раза удалось только при использовании в качестве основного материала высокопрочного чугуна с наплавкой лезвия порошковой проволокой.

Наплавку лезвия производят с тыльной стороны лемеха порошковой проволокой диаметром 2,8—3,0 мм. Ее изготавливают из стальной ленты Ст 08КП марки ОМ-НТ-2-0 сечением 0,6×15 мм протягиванием через волокна уменьшающихся диаметров на 6-барабанном протяжном стане. В состав порошковой проволоки входят графит, ферротитан, ферромарганец, ферросиликокальций и железный порошок. Наплавку лемехов

производят на полуавтомате А-765. Источник питания постоянного тока — выпрямитель ВС-600 с пологопадающей внешней характеристикой. Режим наплавки: сила тока — 280—320 А; напряжение — 26—34 В; скорость наплавки — 5—6 м/ч; вылет электрода — 20—25 мм. Род тока постоянный, полярность прямая.

Лемех размечается на пять частей. Последовательность наплавки следующая: износостойкий слой наносится на лезвие носовой части, затем центральной и задней частей; в последнюю очередь износостойкий слой наносится на часть лезвия, прилегающую к носовой и задней. Ширина износостойкого слоя составляет 35—40 мм, толщина — 1,5—2,5 мм.

Ремонт лап культиваторов. Рыхлительные лапы изготавливают толщиной 5—7 мм из Ст5 и Ст6 на ширине лезвия 25—30 мм с твердостью HRC₃ 42—52; стрелчатые лапы различных типов и окучники — из стали 70Г. Лапы могут иметь следующие дефекты: затупление лезвий, погнутость, износ носка и лезвий лапы.

Большинство рабочих органов культиваторов (кроме рыхлительных лап) изготавливают самозатачивающимися, наплавленными с тыльной стороны сплавом сормайт № 1. Рыхлительные лапы восстанавливают заточкой сверху до толщины режущих кромок не более 1 мм. При наличии значительного износа, затупления трещин и сколов металла на лезвии стрелчатые лапы могут восстанавливаться постановкой сменных лезвий (рис. 83, а) на потайных заклепках или приваркой (рис. 83, б).

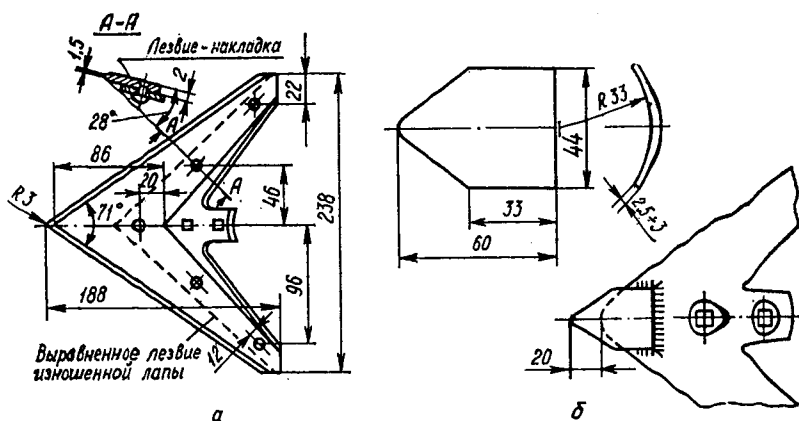


Рис. 83. Восстановление лап культиватора:

а — постановкой сменных лезвий; б — приваркой накладки на носок

Наплавленные стрельчатые лапы при износе носка восстанавливают приваркой накладки (рис. 83, б), изготовленной из выбракованных сегментов жаток (или косилок) или из дисков сошников сеялок. После приварки на выступающую часть накладки с тыльной стороны наплавляют газовой сваркой слой сплава сормайт № 1 толщиной 0,7—1,0 мм, затем зачищают наплавку и затачивают лезвие.

Изогнутые и скрученные стойки лап подвергают правке в нагретом состоянии.

12.6. Ремонт сеялок и высевальных механизмов

При ремонте универсальных сеялок чаще всего приходится устранять дефекты сошников и высевальных аппаратов.

Клиновидные сошники. Они имеют следующие наиболее распространенные дефекты: затупление лезвия; изгиб крыла лапы и стойки. Режущую кромку лезвия восстанавливают несколькими способами: заточкой, оттяжкой, наплавкой твердым сплавом, а также износостойким сплавом с последующей заточкой. Лезвие затачивают с лицевой стороны до толщины 0,4—0,5 мм на заточном станке. Изгибы крыла лапы устраняют правкой с предварительным нагревом, изгибы стойки — правкой в холодном состоянии и с нагревом.

Дисковые сошники. Они могут иметь следующие дефекты: зазор в точке схода дисков достигает 15 мм (предельный допустимый зазор без ремонта равен 5 мм); износ диска по диаметру; затупление и смятие лезвия; износ подшипников и внутренней поверхности ступиц под подшипники; нарушение сварного шва осей в корпусе; износ чистиков семянправителей и делительных воронок; износ резьбы осей, гаек, болтов; трещины, изломы, изгибы деталей; коробление дисков; износ дисков в зоне прилегания к вкладышу; повреждения окрасочных покрытий.

Дисковые сошники разбирают и собирают на стенде (рис. 84). Если коробление диска более 3 мм, его рихтуют. Целесообразно рихтовать незакаленные диски на установке ОПР-7546, а закаленные — термофиксацией. Диск сошника укладывают на прижимную плиту установкой, после чего пневмоцилиндром прижимают к роликам. Ролики, прокатываясь по диску сошника, его рихтуют. При рихтовке термофиксацией диски отделяют от ступицы, при этом заклепки срубают зубилом. Диски собирают в пакет между двумя параллельными плитами. На верхнюю плиту устанавливают груз и помещают ее в электропечь, которую нагревают до температуры 450...480 °С. Затем электропечь вместе с пакетом медленно охлаждается.

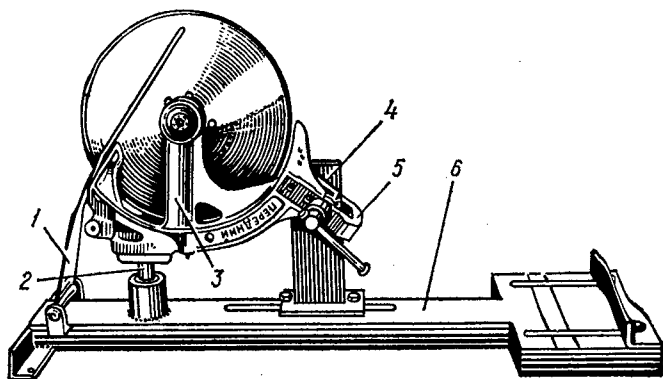


Рис. 84. Стенд для сборки дисковых сошников:

1 — пластина-отражатель; 2 — сменная оправка для установки корпуса сошника; 3 — корпус собираемого сошника; 4 — стойка; 5 — струбцина; 6 — основание (плита) стенда

Отрихтованный и собранный диск затачивают на токарном станке (рис. 85), используя приспособление. Для оттяжки лезвия и упрочнения незакаленных дисков вместо резца устанавливают оправку с шариком или роликом.

Высевающие аппараты. Основные дефекты высевающих аппаратов следующие: износ накладки, розетки и боковины (стенки); прогиб вала; выкрашивание кромок (ребра) катушек. При износе накладки изношенную поверхность наплавляют в среде углекислого газа до толщины 1,2—1,5 мм и калибруют. Поверхность розетки (при износе до 1 мм) также наплавляют с последующей зачисткой наплывов металла. После восстановления изношенных поверхностей собирают боковину и ставят на заклепки. При выкрашивании кромок у катушек их заменяют новыми. У собранного высевающего аппарата катушки и муфты должны легко перемещаться рычагом регулятора высева, валы высевающих аппаратов должны свободно вращаться. Зазор между розеткой и катушкой, а также между муфтой и отверстием корпуса допускается не более 1 мм. Неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами не должна превышать $\pm 5\%$. После сборки семенного ящика высевающие аппараты подлежат обкатке на стенде в течение 10 мин при частоте вращения 120 мин⁻¹.

У дисковых высевающих аппаратов имеются износы в сопряжениях: валик — кронштейн; большая коническая шестерня — опорная поверхность дна, кромки окон высевного диска; рабочие поверхности зуба-отражателя и зуба-выталкивателя.

При зазоре между осью ведущей конической шестерни и отверстием в кронштейне высевающего аппарата более 1,2 мм

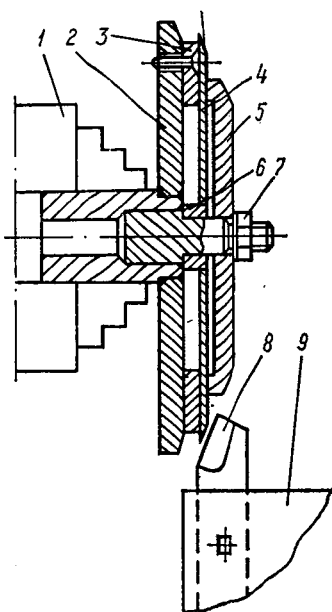


Рис. 85. Приспособление для заточки дисков:
1 — патрон токарного станка; 2 — корпус с хвостовиком; 3 — кольцо; 4 — диск сошника; 5 — прижимной диск; 6 — центрирующая втулка; 7 — гайка; 8 — резец с пластиной из твердого сплава; 9 — резцедержатель

ось восстанавливают или заменяют, а отверстие рассверливают и ставят втулку. Для устранения износа у дна высевающего аппарата, что приводит к дроблению семян, к нему приваривают накладку из листовой стали. Кромки высевных отверстий притупляют напильником до закругления радиусом 1,5 мм. Износ зуба-отражателя и выталкивающего выступа зуба-выталкивателя восстанавливают газовой наплавкой чугунами электродами. После сборки высевающие аппараты должны быть проверены прокручиванием на стенде высевающего диска в течение 5 мин при частоте вращения 30 мин^{-1} .

Семяпроводы. Зазор между витками спирально-ленточных семяпроводов допускается не более 2 мм. Семяпровод с деформированными участками и вмятинами на воронке надевают на оправку и ударами молотка выравнивают. Разрывы в местах точечной сварки устраняют сваркой в среде углекислого газа после очистки от грязи и ржавчины. Прорезиненный семяпровод при повреждении или разрыве заменяют новым.

Семяпроводы должны быть подвижными и при любом положении обеспечивать без потерь прохождение семян и удобрений в сошники. Семяпроводы при помощи мундштука должны легко устанавливаться на корпусе высевающих аппаратов. Самопроизвольное отсоединение семяпроводов не допускается. При подъеме и опускании сошников семяпроводы не должны заклиниваться или выталкиваться из воронок корпусов сошника. Мундштук должен быть прочно прикреплен к виткам семяпровода. Чтобы проверить качество семяпроводов, их скручивают на 360° и сгибают пополам. Исправный семяпровод после освобождения должен вернуться в исходное положение, на нем не должно быть следов скручивания или перегиба.

Сеялки после сборки обкатывают с включенным механизмом передачи в течение 15 мин при частоте вращения $15—25 \text{ мин}^{-1}$ ходовых колес. При обкатке не должно быть заеда-

ния и деформации в деталях и ослабления их крепления. Работу автоматов проверяют трехкратным подъемом и опусканием сошников.

Контрольные вопросы

1. С какой целью на поверхности восстановленных деталей производят вибрационное обкатывание?

2. Как производят ремонт трещин на корпусных деталях с помощью фигурных вставок?

3. Как производится ремонт звеньев гусениц?

4. Какие дефекты имеют детали шестеренчатых насосов и как они устраняются?

5. Как производится ремонт ковшей экскаваторов лесомелиоративных машин?

6. Перечислите основные дефекты деталей высевающих аппаратов и способы их устранения.

Раздел 3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 13 ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Техническое обслуживание автомобилей, тракторов, лесохозяйственных машин и орудий должно выполняться в соответствии с Руководством по организации технического обслуживания машин в лесном хозяйстве [30].

Для автомобилей предусмотрено выполнение ежесменного технического обслуживания (ЕТО), первого технического обслуживания (ТО-1), второго технического обслуживания (ТО-2) и сезонного технического обслуживания (СТО).

Для тракторов установлены ЕТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3 и СТО.

Для лесохозяйственных машин и орудий предусмотрено проведение ЕТО и послесезонного технического обслуживания. Для более сложных машин (корчевателей, кусторезов с лебедками и др.) предусмотрены два или три вида обслуживания: ЕТО, ТО-1 и ТО-2.

Все виды ТО должны выполняться в установленные сроки для обеспечения безотказной работы машин и механизмов в пределах установленных периодичностей. Периодические виды ТО являются основой планово-предупредительной системы. В состав плановых видов ТО, имеющих больший порядковый номер, входят все операции видов ТО с меньшим номером, включая ЕТО.

Периодичность видов ТО устанавливают в часах (моточасах) работы, километрах пробега, килограммах израсходованного топлива, обработанных физических или условных гектарах. Допускается отклонение от установленной периодичности выполнения ТО на $\pm 10-20\%$.

13.1. Корректирование нормативов ТО и текущего ремонта автомобилей

Нормативы ТО и текущего ремонта (ТР), установленные Положением о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [26], относятся к определенным условиям эксплуатации, называемым эталонными. За эталонные условия принята работа автомобиля, имеющего пробег с начала эксплуатации в пределах 50—75 % от нормы пробега до капитального ремонта в умеренной климатической зоне с умеренной агрессивностью окружающей среды.

При работе в иных, отличных от эталонных условиях эксплуатации изменяются показатели надежности автомобилей. Поэтому нормативы ТО и ТР корректируются.

Принята классификация, включающая пять категорий условий эксплуатации, которые характеризуются типом дорожного покрытия, рельефом местности и условиями движения.

К районам СССР с высокой агрессивностью окружающей среды относятся прибрежные зоны морей с шириной полосы до 5 км.

Первый вид корректирования (ресурсный). Он имеет целью корректирование нормативов в зависимости от показателей надежности автомобилей, работающих в различных условиях. При этом показатели предприятий, работающих в различных условиях, становятся сопоставимыми.

Этот вид корректирования определяется пятью факторами: категория условий эксплуатации — учитывается с помощью коэффициента K_1 и влияет на периодичность ТО, пробег до капитального ремонта (K_1 изменяется от 1,0 до 0,6), удельную трудоемкость ТР (K_1 изменяется от 1,0 до 1,5) и расход запасных частей (K_1 изменяется от 1,0 до 1,65);

модификация подвижного состава и особенно организации его работы (автомобили с прицепами, самосвалы и т. д.) — учитываются коэффициентом K_2 , который применяется для корректирования трудоемкости ТО и ТР (K_2 изменяется от 1,0 до 1,25), пробега до капитального ремонта (K_2 изменяется от 1,0 до 0,75) и расхода запасных частей (K_2 изменяется от 1,0 до 1,30);

природно-климатические условия — учитываются с помощью коэффициента K_3 ($K_3 = K'_3 K''_3$) и влияют на периодичность ТО (K'_3 изменяется от 0,8 до 1,0), удельную трудоемкость ТР (K'_3 изменяется от 0,9 до 1,3), пробег до капитального ремонта (K'_3 изменяется от 0,7 до 1,1) и расход запасных частей (K'_3 изменяется от 1,0 до 1,4); высокая агрессивность окружающей среды учитывается коэффициентом K''_3 : $K''_3 = 0,9$ при корректировании периодичности ТО и пробега до

капитального ремонта и $K''_3 = 1,1$ при корректировании удельной трудоемкости ТР и расхода запасных частей;

изменение трудоемкости ТР автомобилей в зависимости от пробега автомобиля с начала эксплуатации — K_4 изменяется от 0,4 (для пробега, составляющего 25 % и менее ресурса автомобиля до капитального ремонта) до 2,1 и более при пробеге автомобиля, превышающем в 2 раза ресурс до капитального ремонта. В зависимости от пробега с начала эксплуатации до капитального ремонта изменяется и продолжительность простоев автомобиля на ТО и ремонте, что учитывается коэффициентом K_4' , равным 0,7—1,4. При пробеге, превышающем норматив до первого капитального ремонта, K_4 принимается равным 1,4 для легковых автомобилей и автобусов и 1,3 для грузовых автомобилей;

количество обслуживаемых автомобилей и технологически совместимых групп — учитывается коэффициентом K_5 , который применяется для корректирования трудоемкости ТО и ТР и изменяется от 0,8 до 1,3.

Результирующий коэффициент корректирования нормативов получается перемножением отдельных коэффициентов: периодичность ТО — $K_1 K_3$; пробег до капитального ремонта — $K_1 K_2 K_3$; трудоемкость ТО — $K_2 K_5$; трудоемкость ТР — $K_1 K_2 K_3 K_4 K_5$; расход запасных частей — $K_1 K_2 K_3$.

Второй вид корректирования (оперативный). Он проводится непосредственно на предприятии и имеет целью повысить работоспособность автомобилей путем изменения состава операций ТО с учетом конструкции, условий работы автомобилей и особенностей предприятия. Оперативное корректирование осуществляется только после внедрения на предприятии исходных нормативов, установленных Положением. Этот вид корректирования основывается на объективных данных действующей системы учета по отказам и неисправностям, затратам на ТО и ремонт, а также результатам контрольно-диагностических работ. Основным методом корректирования является совместный анализ фактически выполняемых на данном предприятии операций ТО, диагностирования и возникающей при этом потребности в ТР, которые непосредственно связаны с режимом и качеством выполнения профилактических работ. При этом в перечень профилактических операций могут переноситься часто повторяющиеся операции ТР, снижающие работоспособность автомобиля. Вместе с тем могут быть исключены нехарактерные в данных условиях эксплуатации операции ТО. Целесообразность корректирования оценивается технико-экономическим методом.

При этом учитываются периодичность вида ТО $l_{\text{ТО}}$, наработка на случай текущего ремонта $l_{\text{ТР}}$ и ее вариация v , а также коэффициент относительных затрат $K_{\text{п}}$:

$$K_n = d/S,$$

(138)

где d — стоимость предупредительного (профилактического) ремонта; S — стоимость ремонта при пропуске отказа.

Положение по ТО и ремонту и практический опыт свидетельствуют о целесообразности выполнения в отдельных случаях предупредительного ремонта, например, по предупреждению отказов, влияющих на безопасность работы или вызывающих значительные убытки при их возникновении.

Для определения нормативов ТО и ТР лесовозных автомобилей, работающих в лесном хозяйстве, может быть использовано Положение о техническом обслуживании и ремонте лесозаготовительного оборудования [25], которое предусматривает корректирование только нормативов межремонтного пробега и удельной трудоемкости ТР в зависимости от климатических условий.

13.2. Нормативы ТО и ТР тракторов, лесохозяйственных машин и орудий

Эти нормативы устанавливаются в соответствии с Руководством по организации технического обслуживания машин в лесном хозяйстве. Нормативы, приведенные в Руководстве, корректированию первого вида не подлежат. Оперативное корректирование второго вида может осуществляться с учетом конкретных производственных и эксплуатационных условий предприятий и с учетом коэффициента относительных затрат.

Периодичность ТО для тракторов и машин на их базе устанавливается в моточасах или килограммах израсходованного топлива (табл. 28).

Периодичность ТО трелевочных тракторов ТДТ-55А и его модификаций составляет: 100 (ТО-1), 300 (ТО-2) и 900 мото-ч (ТО-3). Периодичность ТО других тракторов составляет: 60 (ТО-1), 240 (ТО-2) и 960 мото-ч (ТО-3).

Нормативы трудоемкости ТР скорректированы с учетом старения оборудования после наработки, соответствующей первому капитальному ремонту.

В условиях лесного хозяйства за 1 ч рабочего времени тракторы вырабатывают 0,6—0,7 мото-ч, поэтому ТО-1 необходимо проводить 2 раза в месяц, ТО-2 — 1 раз в 1,5—2 месяца, а ТО-3 — через 8 месяцев работы. СТО проводится 2 раза в год при переходе к весенне-летней и осенне-зимней эксплуатации и обычно совмещается с выполнением очередного ТО-2 или ТО-3.

Для лесохозяйственных машин и орудий ЕТО необходимо проводить через каждые 8—10 ч работы перед началом смены или после нее одновременно с ЕТО трактора, с которым они

агрегатируются. ТО-1 проводится через 60 ч работы, а ТО-2 — через 240 ч. Послесезонное техническое обслуживание проводят после окончания сезона полевых работ перед постановкой машин на длительное хранение.

28. Периодичность технического обслуживания тракторов по количеству израсходованного топлива, кг

Трактор	Периодичность видов технического обслуживания		
	ТО-1	ТО-2	ТО-3
К-701	2 300	9 200	36 800
К-700А, К-703	1 600	6 400	25 600
Т-150, Т-150К, Т-130, ТТ-4М	1 200	4 800	19 200
ЛТ-157			
ТТ-4, Т-4	950	3 800	15 200
Т-100М	850	3 400	13 600
ДТ-75М	700	2 800	11 200
ДТ-75, Т-74	650	2 600	10 400
ТДТ-55А, ТБ-1, ЛХТ-55	1 080	3 240	9 720
ДТ-54А	500	2 000	8 000
МТЗ-80/82	550	2 200	8 800
МТЗ-50/52, ЮМЗ-6Л	400	1 600	6 400
Т-40А, Т-40АМ, Т-28М	350	1 400	5 600
Т-25А	180	750	2 900
Т-16М	130	500	2 000

В связи с непрерывно происходящими изменениями конструкции и показателей надежности лесохозяйственных машин конкретные нормы ТО, определяемые основополагающими нормативными документами, изменяются с периодичностью примерно 5 лет.

13.3. Особенности технического обслуживания лесохозяйственных машин и орудий

При выполнении технического обслуживания почвообрабатывающих, посадочных и посевных машин в конце рабочей смены их очищают от почвенных, растительных и древесных остатков. Машинно-тракторный агрегат устанавливают на ровную площадку и опускают агрегатируемую машину на специальные подставки. Наружным осмотром проверяют техническое состояние всех узлов и деталей, особое внимание необходимо обратить на крепление рабочих органов (лемехов, ножей, дисков, лап и т. д.). Для большинства машин рабочие органы необходимо затачивать или заменять новыми при толщине режущей кромки более 3 мм. У дисковых рабочих органов проверяют радиальное биение и осевое перемещение, у опорных ко-

лес — осевой разбег. Измеренные параметры технического состояния сравнивают с допустимыми и предельными значениями и выполняют необходимые регулировки.

Навесное устройство регулируют таким образом, чтобы сила тяги орудия совпадала с продольной осью трактора и лесохозяйственная машина в рабочем состоянии находилась бы в горизонтальной плоскости и обеспечивала бы заданную глубину и качество обработки почвы. На рис. 86 показана схема навесного устройства плуга ПКЛ-70. Глубину вспашки регулируют, вставляя продольные тяги механизма навески трактора в соответствующее отверстие.

Нижнее *Н*, среднее *С* и верхнее *В* отверстия в кронштейнах *1* навесного устройства плуга обеспечивают глубину вспашки 12, 18 и 24 см соответственно. Окончательная настройка глубины вспашки производится регулировочным винтом *3* центральной тяги механизма навески трактора.

Глубину обработки почвы фрезой ФЛУ-0,8 регулируют, устанавливая ползки на кронштейнах по высоте относительно фрезерного барабана и фиксируя их специальными штырями с быстросъемными шпинтами.

Перестановка ползка *1* (рис. 87) на каждое последующее отверстие *8* вниз соответствует глубине 50, 70, 90, 100, 130 и 150 мм.

Во время работы почвообрабатывающих фрез необходимо периодически проверять степень нагрева редукторов и предохранительных фрикционных муфт. При чрезмерном нагреве (более 60 °С) необходимо выяснить и устранить причины перегрева; в случае необходимости отрегулировать осевой люфт ведомой шестерни редуктора.

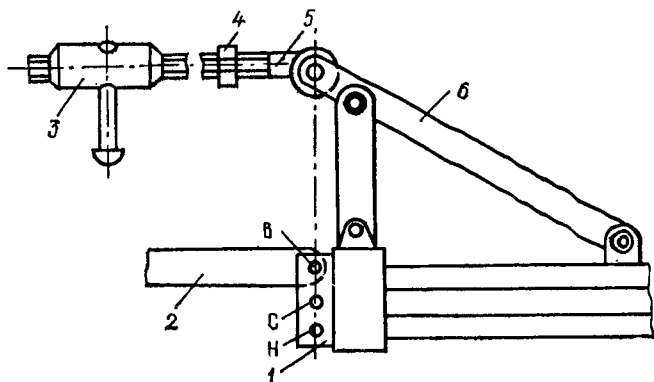


Рис. 86. Схема навесного устройства плуга ПКЛ-70:

1 — кронштейн; *2* — продольная тяга механизма навески трактора; *3* — регулировочный винт центральной тяги механизма навески трактора; *4* — контргайка; *5* — тяга; *6* — навесное устройство плуга; *Н*, *С*, *В* — соответственно нижнее, среднее и верхнее отверстия для регулировки глубины вспашки

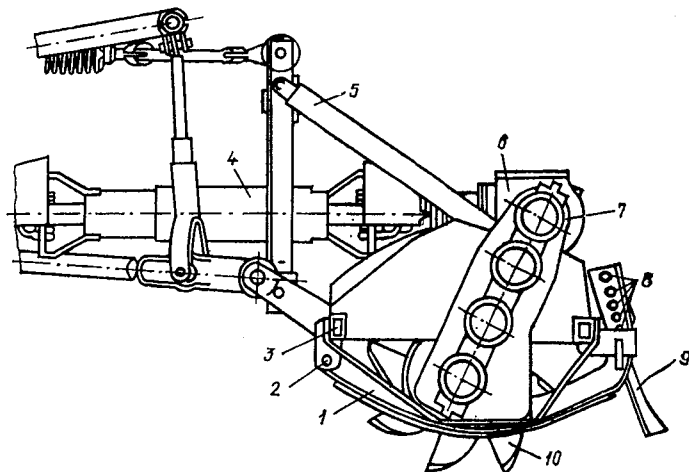


Рис. 87. Схема навешивания фрезы ФЛУ-0,8 на трактор и регулировка глубины обработки почвы:

1 — полозок; 2 — шарнир; 3 — рама; 4 — карданная передача; 5 — навесное устройство; 6 — редуктор конический; 7 — редуктор цепной; 8 — регулировочные отверстия механизма заглубления; 9 — грабли; 10 — фрезерный рабочий орган

У лесопосадочных машин необходимо проверять исправность сигнализации и правильность регулировок посадочного аппарата. Посадочные секции лесной двухрядной сажалки СЛ-2 устанавливают на необходимую величину междурядья винтовым механизмом 3 (рис. 88) путем перемещения кронштейна 8 с секцией в нужное положение, предварительно освободив крепление посадочной секции 2 на поперечном бруске 1. Оптимальный угол атаки дискового сошника устанавливают двумя регулировочными винтами на кронштейне стойки сошника.

Обод заделывающего катка должен идти во время работы над корневой системой сеянцев, не приминая их.

Направляющее опорное колесо 11 регулируют по высоте, переставляя палец 13 вилки колеса прицепного устройства на соответствующее отверстие регулировочной стойки 14. Длина цепей 15 должна быть такой, чтобы посадочные секции свободно копировали неровности рельефа и не зависали на цепях во время работы, а при повороте агрегата в конце гона поднимались в транспортное положение с достаточным дорожным просветом. Положение зоны контакта эластичных подающих дисков регулируют так, чтобы сеянец освобождался эластичными дисками в момент опускания пласта.

У корчевальных машин необходимо обратить особое внимание на герметичность гидрооборудования и работу механиз-

необходимо промыть в чистом дизельном топливе или неэтилированном бензине и пропитать моторным маслом; втулки и цапфы навесного оборудования и подшипники головок гидроцилиндров смазать пластичной смазкой.

При выполнении послесезонного ТО почвообрабатывающих, посадочных и посевных машин наружным осмотром проверяется их комплектность и техническое состояние рамы, сварных швов, упрочняющих раскосов, рабочих органов, посадочных аппаратов, амортизаторов, защитных ограждений и других узлов и деталей. Изношенные или деформированные детали ремонтируют или заменяют на новые. Проверяют и регулируют зазоры в подшипниках и зубчатых зацеплениях, ослабляют предохранительные пружины. Смазывают подшипники, втулки, валы и оси. Ступицы колес и дисков, картеры редукторов и коробок передач промывают и заполняют свежей смазкой. Снимают и сдают на склад маслопроводы, гидроцилиндры, захваты посадочных аппаратов, резиновые и пластмассовые семяпроводы, сиденья и приборы. Зачищают и подкрашивают места с поврежденной окраской. На неокрашенные металлические поверхности рабочих органов и других деталей наносят защитную смазку.

При выполнении ТО опрыскивателей и опыливателей необходимо обеспечить герметичность систем питания и подачи рабочей жидкости, работоспособность сигнализации и световых приборов.

Особое внимание следует обратить на выполнение регулировок, обеспечивающих дозировку и высокое качество распыления рабочей жидкости.

Для проверки диафрагмы воздушного вибрационного клапана аэрозольного аппарата РАА-1 необходимо снять клапан вместе с приемным конусом и проверить, не проходит ли воздух из камеры наружу. Количество воздуха, подаваемого в камеру сгорания, регулируют подвижным диском 4 (рис. 89), к которому пружина прижимает диафрагму. Вращая гайку, изменяют зазор между дисками 3 и 4, что обеспечивает изменение количества воздуха.

Безотказность работы обратного клапана РАА-1 зависит от состояния пружины 4 (рис. 90). Если клапан не работает, то пружину прижимают или отпускают регулировочным винтом 2, который стопорится гайкой 10.

В процессе выполнения послесезонного ТО у опрыскивателей и аэрозольных генераторов с индивидуальным приводом выполняют операции очередного периодического ТО двигателя внутреннего сгорания, снимают двигатель и устанавливают его на хранение в закрытое сухое помещение. Удаляют из резервуара опрыскивателя рабочую жидкость и скопившиеся на дне осадки, промывают резервуар, шланги, трубы, краны и про-

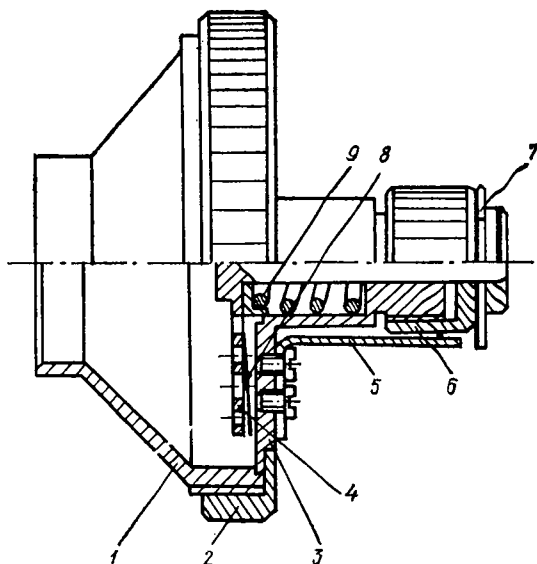


Рис. 89. Воздушный вибрационный клапан аэрозольного генератора РГА-1:
1 — корпус; 2 — гайка; 3 — неподвижный диск; 4 — подвижный диск; 5 — фиксатор; 6 — гайка специальная; 7 — шплинт; 8 — диафрагма; 9 — пружина

кладки. Слитую рабочую и промывочную жидкость необходимо надежно захоронить в специально отведенном месте.

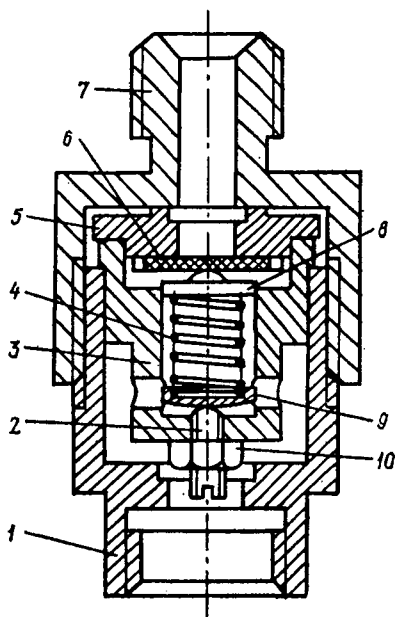
При выполнении ТО машин для очистки и сортировки лесных семян освобождают сборники от семян и отходов, наружным осмотром проверяют исправность щеток, решетных барабанов, вентиляторов, приводных ремней, подшипников, защитных кожухов и ограждений. Проверяют заземление электродвигателей и состояние электропроводки и приборов. При выполнении послесезонного ТО снимают рабочие барабаны, прочищают сетки и решета, устраняют обнаруженные неисправности. Сетки и решета смазывают тонким слоем масла и ставят на место или сдают на хранение на склад, если машина не хранится в закрытом сухом помещении. Сдать на склад необходимо также электродвигатели, приборы и приводные ремни.

У полосопрокладывателей и грунтометов, предназначенных для борьбы с лесными пожарами, особое внимание необходимо обратить на регулировку предохранительных фрикционных муфт, которые служат для предотвращения поломки трансмиссии при возрастании усилия на рабочем органе.

Правильно отрегулированная муфта должна обеспечить пробуксовку дисков грунтомета ГТ-3 при достижении крутя-

Рис. 90. Обратный клапан аэрозольного генератора:

1 — корпус; 2 — винт; 3 — седло клапана; 4 — пружина клапана; 5 — крышка; 6 — прокладка; 7 — штуцер; 8 — клапан; 9 — стакан; 10 — гайка



щего момента 1200 и 600 Н·м у полосопрокладывателя ПФ-1. Проверка осуществляется с помощью специального тарировочного рычага длиной 1 м, устанавливаемого на валу рабочего органа. На конец тарировочного рычага навешиваются грузы до начала пробуксовки дисков муфты. Регулировка муфты осуществляется изменением осевого усилия пружин с помощью регулировочных болтов.

У грунтометов типа ГТ-3 регулировка дальности метания грунта осуществляется с помо-

щью гидроцилиндра путем изменения угла наклона направляющего кожуха.

У полосопрокладывателей типа ПФ-1, применяемых для создания защитных полос при борьбе с лесными пожарами, регулировка глубины хода рабочего органа 6 (рис. 91) осуществляется перестановкой катка 1 по высоте относительно корпуса 9 и дополнительно центральной тягой механизма навески трактора. Для навешивания орудия на тракторе имеется устройство, представляющее собой треугольник с точками навески для определенной марки трактора. Навешивание орудия на определенный трактор осуществляется в соответствии со схемой присоединения центральной и продольной тяг механизма навески трактора, показанной на рис. 91.

При техническом обслуживании пожарных мотопомп необходимо проверять герметичность всех соединений и регулировку редукционного клапана. Через каждые 100 ч работы мотопомпы необходимо смазать подшипники насоса пластичной смазкой с помощью шприца через пресс-масленку на корпусе насоса. Техническое обслуживание двигателей мотопомп производится в соответствии с инструкциями и нормативами ТО бензомоторного инструмента.

Степень распыла струи пожарной мотопомпы регулируют поворотом на брандспойте наконечника 4 (рис. 92). При этом

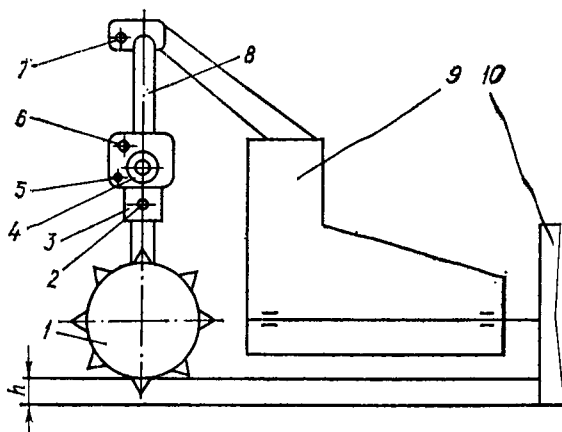


Рис. 91. Схема агрегирования покровосдирателя ПФ-1 и регулировка глубины хода рабочих органов:

1 — каток; 2 — фиксатор катка; 3 — цапфа; 4 — отверстие для продольной тяги тракторов Т-4, ДТ-75, Т-74; 5 — отверстие для продольной тяги трактора Т-80Л; 6 — отверстие для продольной тяги трактора ЛХТ-55; 7 — отверстие для центральной тяги всех тракторов; 8 — стойка вертикальная; 9 — корпус; 10 — рабочий орган

изменяется положение клапана 1 по отношению к насадке 2, проходное сечение распылителя увеличивается или уменьшается.

Техническое обслуживание всех лесохозяйственных машин и орудий должно выполняться в каждом хозяйстве по установленным графикам и в строгом соответствии с технологическими картами, разработанными Всесоюзным научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ).

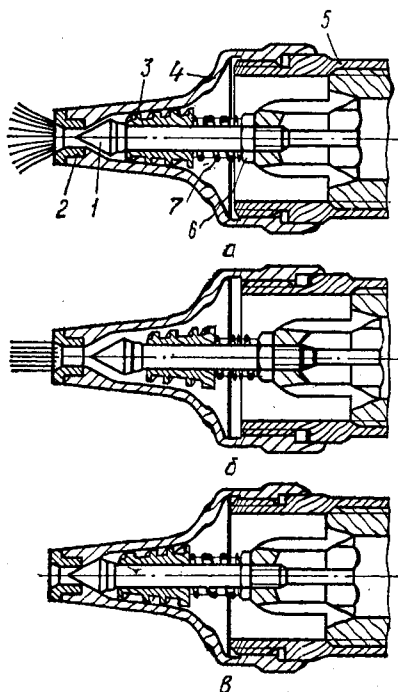


Рис. 92. Схема регулировки степени распыла струи брандспойта пожарной мотопомпы:

а — распыленная струя: 1 — клапан; 2 — насадка; 3 — распылитель; 4 — наконечник; 5 — корпус; 6 — гайка; 7 — пружина; б — сосредоточенная струя; в — перекрытие сопла брандспойта

Контрольные вопросы

1. Какие виды ТО предусмотрены для автомобилей, тракторов и лесохозяйственных машин и орудий?
2. Назовите факторы, которые необходимо учитывать при ресурсном корректировании нормативов ТО и ТР.
3. Какие задачи решаются оперативным корректированием нормативов ТО и ТР?
4. Назовите основные нормативы ТО лесохозяйственных машин и орудий.
5. В чем заключаются особенности ТО почвообрабатывающих и посадочных машин?
6. Каково назначение сезонного обслуживания лесохозяйственных машин?

Глава 14 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА МАШИН

Технической диагностикой называется отрасль знаний, изучающая и классифицирующая признаки неисправностей машин без их разборки, методы и средства определения технического состояния с целью прогнозирования ресурса работы и выявления необходимых профилактических работ для поддержания эксплуатационной надежности.

Диагностированием называется технологический процесс определения технического состояния машин без их разборки по совокупности обнаруженных признаков путем измерения параметров, характеризующих состояние машин, и сопоставления этих параметров с нормативами. Диагностирование обеспечивает систему ТО и ремонта индивидуальной информацией о техническом состоянии каждой из машин и является элементом этой системы.

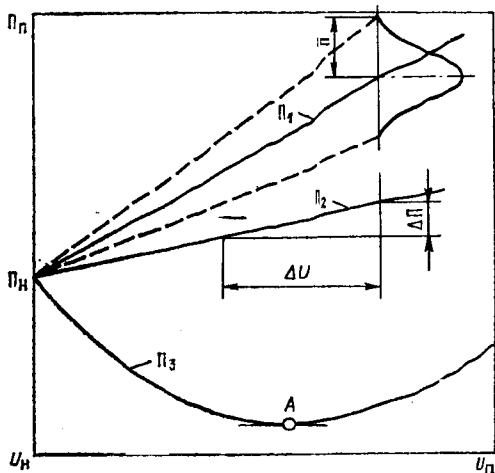
14.1. Диагностические параметры и нормативы

Связи и взаимодействие между элементами любой машины, а также между элементами и средой (например, гусеницей трактора и почвой) определяются их геометрическими размерами, механическими и другими величинами. Эти величины называются параметрами технического состояния, или структурными параметрами.

Возможность прямого измерения структурных параметров без разборки машин и механизмов весьма ограничена. Поэтому при диагностике структурные параметры, как правило, оценивают косвенно, используя рабочие и сопутствующие процессы, характеризующие техническое состояние машины. Эти процессы называются диагностическими признаками. При диагностике часто используют такие признаки, как эффективность работы машины, тепловое состояние, герметичность и др. Каждому диагностическому признаку можно дать количественную оценку при помощи диагностических параметров. Так, например, эффективность работы трактора можно оценить по разви-

Рис. 93. Схема характеристик диагностических параметров:

\bar{P} — математическое ожидание, характеризующее стабильность параметра P ; $\Delta P/\Delta U$ — чувствительность параметра P ; A — экстремум, характеризующий неоднозначность параметра P в диапазоне $U_n \dots U_p$; U_n и U_p — соответственно начальное и предельное значения структурного параметра



ваемому им тяговому усилию и расходу топлива. Герметичность форсунки можно оценить по времени падения давления топлива на величину,

установленную нормативами. Таким образом, диагностические параметры являются физическими величинами, которые могут быть измерены и которые связаны с параметрами технического состояния машины или механизма. Закономерности изменения диагностических параметров в функции наработки машины аналогичны закономерностям изменения параметров ее технического состояния. Для обеспечения достоверности и экономичности диагностирования параметры должны быть чувствительны, однозначны, стабильны и информативны (рис. 93).

Чувствительность K_χ диагностического параметра P , т. е. его приращение ΔP при изменении параметра технического состояния ΔU , будет равна

$$K_\chi = \Delta P / \Delta U. \quad (139)$$

Однозначность диагностического параметра означает отсутствие экстремума ($\Delta P / \Delta U = 0$) в диапазоне от начального U_n до предельного U_p значений параметра технического состояния.

Стабильность диагностического параметра определяется вариацией его значений при многократном измерении на объектах, имеющих одну и ту же величину структурного параметра. Ее оценивают с помощью среднеквадратичного отклонения

$$\sigma_{P(n)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [P_{(n)} - \bar{P}_{(n)}]^2 / (n-1)}. \quad (140)$$

Нестабильность диагностического параметра снижает его фактическую чувствительность. Поэтому для оценки тесноты

связи диагностического и структурного параметров используют отношение

$$K'_q = K_q / \sigma_p. \quad (141)$$

Информативность является одним из важнейших свойств диагностического параметра. Она характеризует достоверность диагноза, получаемого в результате измерения значений параметра.

При общем диагностировании, когда выявляется неисправность объекта в целом, информативность определяют, анализируя плотности распределения значений параметра $f_1(\Pi)$ и $f_2(\Pi)$, соответствующие заведомо исправным и неисправным объектам (рис. 94).

Чем меньше степень перекрытия распределений, тем меньше ошибок будет при использовании данного параметра для постановки диагноза, т. е. тем информативнее этот параметр.

Показанный на рис. 94 параметр Π достаточно информативен, в то время как параметр Π'' неинформативен, так как распределения практически не отличимы; параметр Π' является малоинформативным и занимает промежуточное положение.

Для количественной оценки информативности в рассматриваемом случае необходимо подсчитать величину площади перекрытия, т. е. вероятности ошибки диагноза. Эта величина будет тем меньше, чем заметнее отличаются средние значения параметров Π_1 и Π_2 для исправного и неисправного состояний объекта и чем меньше разброс значений параметра для каждого состояния. Следовательно, для оценки информативности параметра можно использовать величину

$$I(\Pi) = |\bar{\Pi}_1 - \bar{\Pi}_2| / (\sigma_1 + \sigma_2). \quad (142)$$

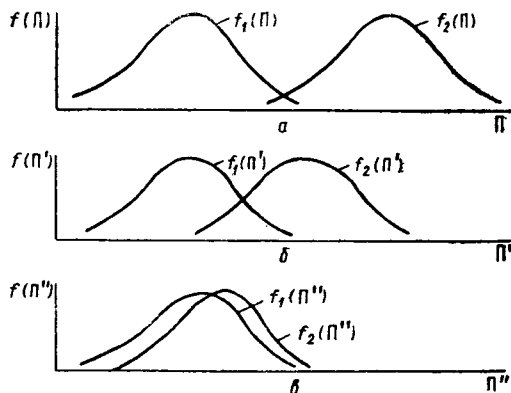


Рис. 94. Схема сравнительной информативности диагностических параметров:

а — информативного Π ; б — малоинформативного Π' ; в — неинформативного Π'' ; f_1 и f_2 — функции распределения параметров соответственно исправных и неисправных объектов

Чем выше информативность диагностического параметра, тем точнее заключение о техническом состоянии объекта при использовании этого диагностического параметра.

Задачей диагностики является не только определение технического состояния механизма в определенный момент, но и прогнозирование его безотказной работы в течение межконтрольной наработки или определение остаточного ресурса. Для решения этой задачи необходимо сопоставить текущее значение диагностического параметра с величинами диагностических параметров, которые устанавливаются ГОСТами и другой технической документацией.

К диагностическим нормативам относятся начальное P_n , предельное P_p и допустимое P_d значения норматива.

Начальный норматив P_n соответствует величине диагностического параметра нового объекта. При эксплуатации этот норматив используют как величину, до которой необходимо довести измеренное значение параметра путем технического обслуживания или текущего ремонта.

Предельный норматив P_p соответствует такому состоянию объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна или недопустима по технико-экономическим соображениям. Предельный норматив используется для прогнозирования остаточного ресурса объекта в случае встроенного, непрерывного диагностирования (например, указатель предельной запыленности воздушного фильтра трактора К-701).

Допустимый норматив P_d является основным диагностическим нормативом планово-предупредительной системы ТО и определяет заданный или экономически допустимый уровень вероятности отказа в течение очередной межконтрольной наработки. При сопоставлении текущего значения диагностического параметра с допустимым нормативом принимается решение о необходимости выполнения профилактических ремонтных и регулировочных операций.

Допустимый норматив состоит из начального значения P_n и допустимого отклонения D (рис. 95). Если текущее значение диагностического параметра $P(t)$ выходит из допустимого норматива P_d , то это значит, что хотя объект и является работоспособным, но его не следует допускать к дальнейшей работе без соответствующих регулировок или ремонта из-за высокой вероятности отказа или снижения технико-экономических свойств.

Допустимый норматив определяется ужесточением предельного норматива на величину ΔP , обеспечивающую безотказную работу объекта в течение очередной межконтрольной наработки.

Например, масса чистого ротора центрифуги двигателя СМД-14БН составляет 1280 г (P_n), допустимая масса осадка

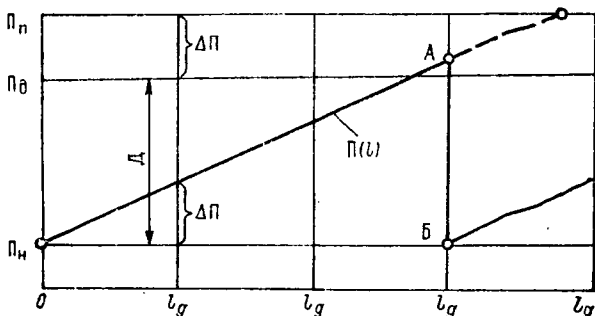


Рис. 95. Схема формирования диагностических нормативов при линейном изменении параметра в зависимости от наработки l :

D — допустимое отклонение параметра; AB — профилактическое восстановление объекта; l_d — периодичность планового диагностирования; ΔP — приращение параметра за межконтрольный пробег

загрязнений в роторе 570 г (D) и допустимый норматив (P_d) — 1850 г. Грязеемкость ротора равна 1140 г, что определяет величину предельного норматива $P_n = 1280 + 1140 = 2420$ г. Если масса ротора с осадком больше 1850 г, его следует разобрать и прочистить.

14.2. Процесс, методы и средства диагностирования

Для организации объективного диагностирования необходимо обеспечить заданный тестовый режим (скоростной, нагрузочный, тепловой) в реальных эксплуатационных условиях или же при помощи стационарных средств и передвижных устройств.

Процесс диагностирования заключается в восприятии диагностических параметров (P_1, P_2, \dots, P_n), измерении их величин, определяющих в известном масштабе параметры технического состояния (X_1, X_2, \dots, X_n) и выдачи заключения на основе сопоставления измеренных величин с допустимыми ($P_{d1}, P_{d2}, \dots, P_{dn}$) или предельными ($P_{p1}, P_{p2}, \dots, P_{pn}$) нормативами.

Схема процесса диагностирования показана на рис. 96. В процессе работы объекта O на тестовом режиме (или в условиях эксплуатации) параметр его технического состояния X проявляется в виде диагностического параметра P , который воспринимается при помощи какого-либо одного или нескольких датчиков D . От датчика параметр в измененном виде (P') поступает в устройство $У$ для усиления или разделения сигнала и далее в виде P'' — в устройство A для измерения пара-

метра технического состояния X в определенном масштабе a или же анализа и синтеза полученной информации.

Постановка диагноза в простейшем случае заключается в сравнении измеренного параметра с нормативными его значениями.

Простые механизмы диагностируют, как правило, по одному наиболее характерному признаку. Диагностика сложных механизмов осуществляется либо по одному признаку путем анализа полученной информации, либо одновременно по нескольким параметрам путем синтеза сведений о состоянии объекта. Диагностирование методом синтеза осуществляется при помощи локальных, относительно простых датчиков. Его недостатком является необходимость применения логического устройства, а также большая трудоемкость монтажа и демонтажа датчиков. Диагностирование методом анализа не имеет этих недостатков, но для его реализации требуются специальные анализаторы, обеспечивающие разделение диагностических сигналов.

При логической обработке информации необходимо учитывать, что каждый структурный параметр, достигнув предельного значения, может вызвать одновременно несколько разных диагностических параметров соответствующей величины. При этом различные неисправности могут частично сопровождаться одинаковыми диагностическими параметрами. Так, например, снижение давления конца сжатия в цилиндрах двигателя может быть вызвано значительным износом цилиндропоршневой группы, нарушением герметичности посадки клапанов или повреждением прокладки головки блока.

Дальнейшая детализация процессов диагностирования осуществляется с помощью алгоритмов и технологических карт.

Алгоритм диагностирования представляет собой структурное изображение вывода объекта на тестовый режим, а также рациональной последовательности диагностических, регулировочных и ремонтных операций.

Технологическая карта дает окончательную детализацию диагностирования в виде, пригодном для производства. Она включает порядковые номера операций и переходов, трудоемкость операций, применяемое оборудование и материалы, исполнителей, коэффициенты повторяемости.

Методы диагностирования машин и механизмов определяются сущностью измеряемых параметров (рис. 96). Один из

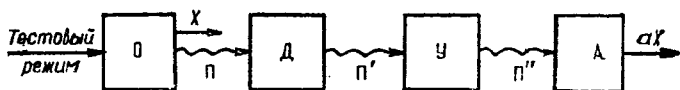


Рис. 96. Схема процесса диагностики

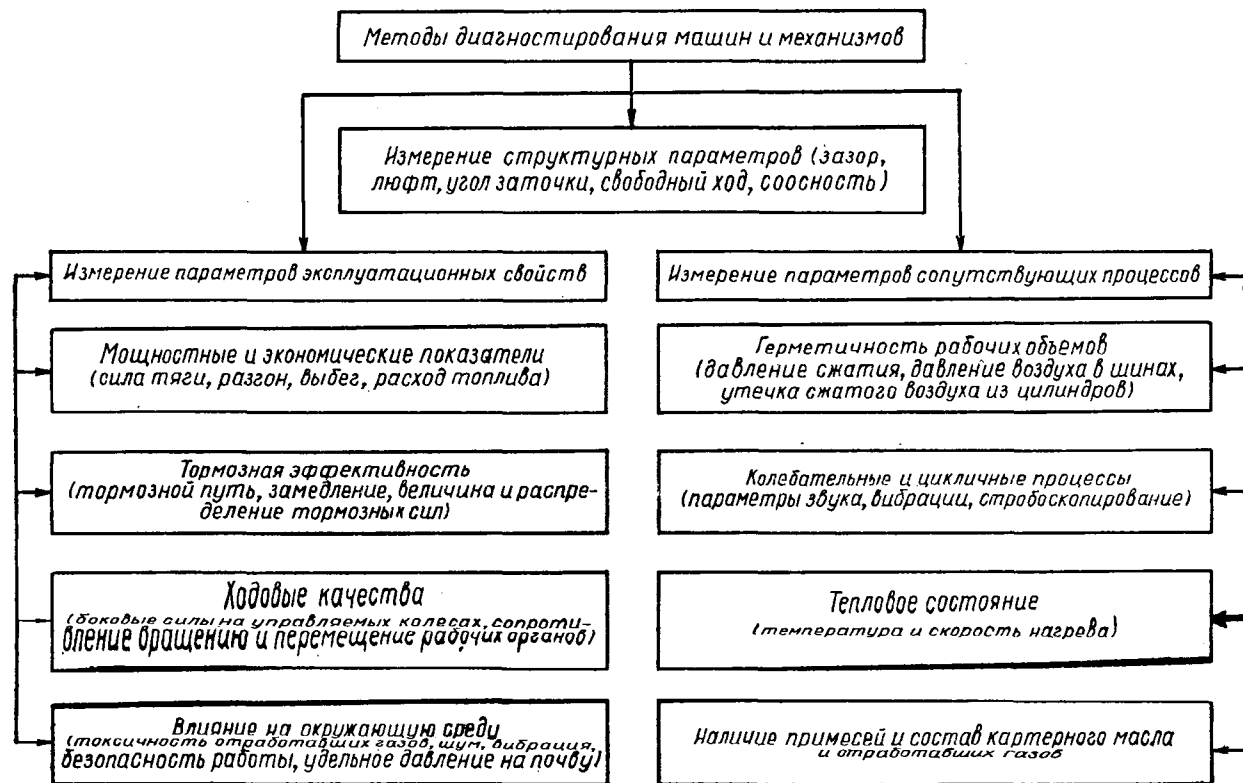


Рис. 97. Методы диагностирования машин и механизмов

методов решает задачу измерения параметров эксплуатационных свойств машин и механизмов (динамичности, топливной экономичности, безопасности работы, влияния на окружающую среду и др.). Второй направлен на измерение параметров процессов, сопутствующих функционированию машин и механизмов (нагрев, вибрация, шум и др.). Третий метод диагностирования обеспечивает измерение геометрических величин, непосредственно характеризующих техническое состояние узлов, агрегатов и механизмов.

Если первый метод позволяет оценить работоспособность и эксплуатационные свойства машин и механизмов в целом, то второй и третий дают возможность выявить конкретные причины неисправностей.

Для таких сложных машин, как автомобиль или трактор, сначала применяют первый метод, осуществляя общее диагностирование, затем для конкретизации их технического состояния — второй и третий методы, осуществляя локальное диагностирование.

Для подавляющего большинства более простых лесохозяйственных машин и орудий задачи определения их технического состояния решаются вторым и третьим методами. Например, техническое состояние рабочих органов почвообрабатывающей машины определяется толщиной и углом заточки режущих кромок лемехов, дисковых и черенковых ножей, рыхлительных лап. Кроме этого, диагностируются радиальное биение, осевое перемещение дисковых органов и осевой разбег опорных колес.

Средства диагностирования представляют собой устройства, предназначенные для измерения диагностических параметров тем или иным способом. К ним относятся устройства, задающие тестовый режим; датчики (механические, магнитоупругие, пьезоэлектрические, индукционные и др.), воспринимающие диагностические параметры в виде, удобном для обработки или непосредственного использования; устройства для обработки сигнала (усиления, анализа, фильтрации), для постановки диагноза, индикации результатов или передачи в органы управления.

Средства диагностирования бывают внешними, т.е. не входящими в конструкцию машины, и встроенными, являющимися элементами их конструкции (рис. 98).

К внешним средствам диагностирования относятся стационарные стенды, переносные приборы и передвижные станции, укомплектованные необходимыми измерительными устройствами. На крупных предприятиях в условиях централизации технического обслуживания могут быть созданы посты диагностирования, основу которых составляют специализированные стенды, обеспечивающие необходимые тестовые режимы

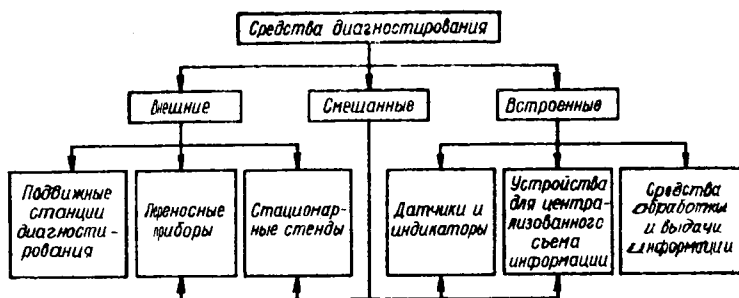


Рис. 98. Схема средств диагностирования

работы агрегатов и механизмов. Одновременно применяется и оборудование переносного типа, что позволяет эффективнее использовать пост без излишних перемещений машины в процессе диагностирования.

В условиях лесхозов и леспромхозов, когда большое количество машин и механизмов работает в отрыве от базы, следует шире применять передвижные станции диагностирования и переносные диагностические средства.

Внешние средства диагностирования обеспечивают получение и обработку информации о техническом состоянии машин и механизмов, необходимой для их обслуживания и ремонта.

Встроенные средства диагностирования позволяют осуществлять непрерывное или периодическое измерение диагностических параметров и сравнение их с нормативными значениями. Эти средства являются элементами конструкции машины. Примером простейших средств встроенного диагностирования являются датчики и регистрирующие (измерительные) приборы, смонтированные на приборном щитке оператора. Более сложные средства встроенного диагностирования позволяют оператору выбирать наиболее экономичные и безопасные режимы работы и предотвращать аварийные ситуации. Наличие встроенных средств диагностирования позволяет оператору своевременно устранять мелкие неисправности непосредственно в процессе работы.

Диагностические средства смешанного типа представляют собой комбинацию встроенных и внешних средств. В этом случае используются встроенные датчики с выводами диагностических сигналов к общему штепсельному разъему и внешние средства для регистрации сигналов, их измерения, обработки и индикации полученной информации.

Недостатком сложных средств встроенного диагностирования является увеличение стоимости машины. По этой причине

применение таких средств диагностирования целесообразно только на машинах сложной конструкции, требующих обеспечения повышенной безотказности.

14.3. Диагностирование общего состояния лесных машин

Общее состояние машины оценивается показателями мощности и экономичности, безопасностью работы и влиянием на окружающую среду. Оценка этих показателей в эксплуатационных условиях не всегда может быть осуществлена с достаточной точностью. Более эффективным является диагностирование на стационарных стендах, позволяющих имитировать любые скоростные и нагрузочные режимы работы машины.

Диагностирование машин по показателям мощности, экономичности и влияния на окружающую среду. Стационарные стенды для диагностирования машин по этим показателям состоят из опорно-приводного и нагрузочного устройства, пульта управления и вентилятора.

Опорно-приводное устройство может быть барабанного типа (для колесных машин) или ленточного (для гусеничных). Опорно-приводное устройство с беговыми барабанами представляет собой раму с барабанами под одну или две ведущие оси машины. Наиболее широко распространенными являются опорно-приводные устройства с двумя барабанами, расположенные под каждым ведущим колесом. Эти устройства снабжены тормозами и подъемниками, расположенными между барабанами, для обеспечения съезда машины со стенда. Радиус барабана r_6 и межосевое расстояние l_0 выбирают с учетом радиуса колеса r_k , минимального сопротивления вращению колес (чем меньше r_6 и больше l_0 , тем выше сопротивление) и обеспечения невыезда машины во время испытаний при полной реализации силы тяги P_t по сцеплению (рис. 99):

$$l_0 = 2(r_k + r_6) \sin \alpha, \quad (143)$$

где α — угол невыезда (по сцеплению).

Для стальных гладких барабанов при коэффициенте сцепления 0,5 принимают $r_6 = 0,5—0,7 r_k$. Один из барабанов соединяют с измерителем скорости движения (спидометром), другой — с нагрузочным устройством.

Ленточное опорно-приводное устройство реализует принцип обратимости движения и состоит из станины, двух замкнутых гусениц, опорных катков, каткодержателей и приводных звездочек натяжной станции. Приводные звездочки являются связующими звеньями между гусеницами стенда и нагрузочными устройствами.

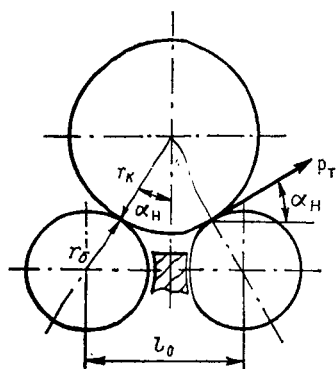


Рис. 99. Схема сил, действующих на колесо машины на стенде

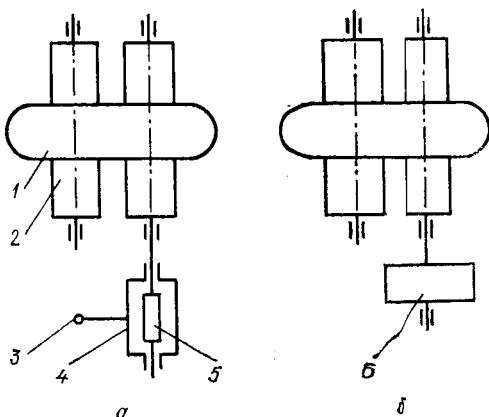


Рис. 100. Типы нагрузочных устройств:
а — балансирное; б — инерционное; 1 — колесо машины; 2 — барабан; 3 — датчик реактивного момента; 4 — тормоз (гидравлический, индукторный, электрический); 5 — ротор; 6 — маховик

Нагрузочные устройства служат для создания заданного режима работы диагностируемой машины путем притормаживания барабанов или приводных звездочек. Нагрузочное устройство барабанных стендов состоит из балансирного тормоза или маховых масс (рис. 100). Первый вариант применяют для стендов силового типа, а второй — для инерционных стендов. Комбинированные стенды оснащают и балансирным тормозом, и маховыми массами. Между тормозом и барабаном возможна установка редуктора.

В силовых стендах для проверки тяговых качеств применяют гидравлический тормоз; электродвигатель постоянного или переменного тока, работающий в режиме генератора; индукторный (электродинамический) тормоз. Все эти тормоза состоят из ротора, соединенного с беговым барабаном, и балансирно подвешенного статора. Передача крутящего момента от ротора, жестко соединенного с барабанами, которые вращаются колесами машины, к статору осуществляется в зависимости от вида нагрузочного устройства следующим образом: в гидравлическом тормозе — за счет затрат энергии на перемещение воды между статором и ротором; в электрическом — за счет преодоления сил взаимодействия вращающегося ротора электродвигателя с электромагнитным полем обмоток статора; в индукторном — за счет эффекта вихревых токов, возникающих в роторе при вращении его в магнитном поле катушек статора.

Увеличение или уменьшение нагрузки достигается в первом случае большим или меньшим заполнением гидротормоза водой, во втором и третьем — путем изменения силы тока в обмотках возбуждения статора. В результате на статоре возникает реактивный момент, равный или пропорциональный крутящему моменту, развиваемому колесами машины. Этот момент фиксируется при помощи датчика давления, на который опирается конец рычага балансирно подвешенного статора. Сравнивая нагрузочные устройства по широте диапазона скоростных и нагрузочных режимов, предпочтение следует отдать индукторному тормозу. Кроме того, этот тормоз меньше остальных по габаритам, дешевле, прост в эксплуатации и экономичен в потреблении энергии. Определенным преимуществом электрических тормозов является возможность использования их электродвигателей для измерения момента сопротивления трансмиссии машины, а также возможность рекуперации электроэнергии в сеть во время их работы в режиме генератора (тормоза).

В инерционных стендах в качестве маховых масс используют массы барабанов стенда и специальные маховики, соединенные с барабанами непосредственно или через редуктор.

При разгоне барабанов ведущими колесами машины маховые массы оказывают сопротивление, равное моменту инерции стенда. Чем больше колесная мощность машины, тем меньше путь S_p и время t_p разгона инерционных масс в установленном диапазоне скоростей. Измеряя эти величины и сравнивая их с нормативом, определяют показатели мощности машины. Маховые колеса могут быть сменными.

В качестве нагрузочного устройства на стендах для диагностики гусеничных машин чаще всего используют порошковые тормоза (ПТ), связанные с приводными звездочками посредством карданных валов и повышающих редукторов. Величина нагрузки определяется силой тока в обмотках статора ПТ.

Измерительное устройство представляет собой стационарный или подвижный пульт с удобно наблюдаемыми индикаторами силы тяги, скорости, расхода топлива (для инерционных стендов — пути или продолжительности разгона в установленном диапазоне скоростей машины и пути ее наката), а также органами управления стенда. Возможно автоматическое и дистанционное (параллельное) управление стендом с места водителя диагностируемой машины.

Вентилятор стенда выполняют в виде передвижного агрегата, обеспечивающего дополнительное охлаждение двигателя. Для этого вентилятор устанавливают перед машиной и подают воздух на ее радиатор.

Технология диагностирования. При помощи силового стенда показатели мощности колесных машин определяют, измеряя реактивный момент на статоре балансирно подвешенного нагрузочного устройства на прямой передаче. Испытания проводят на двух режимах: максимального крутящего момента и максимальной мощности двигателя. На этих же режимах измеряют расход топлива, а для дизельных двигателей определяют дымность отработавших газов.

Диагноз по мощности уточняют, исключая механические потери в трансмиссии и влияние пробуксовки сцепления. Если силовой стенд в качестве нагрузочного устройства имеет электродвигатель, то сопротивление трансмиссии измеряют, прокручивая колеса машины барабанами при нейтральном положении рычага в коробке передач. При гидравлическом и индукторном нагрузочных устройствах потери в трансмиссии измеряют выбегом машины.

Имеются конструкции стендов с гидротормозом и вспомогательным, балансирно подвешенным электродвигателем небольшой мощности для прокручивания трансмиссии и измерения механических потерь в ней. Пробуксовку сцепления выявляют под нагрузкой, освещая стробоскопическим пистолетом карданный вал. Если пробуксовка отсутствует, то карданный вал кажется неподвижным.

Гусеничные машины для диагностирования заезжают на опорные поверхности 7 и гусеницы стенда 6 до ограничительного упора 4 (рис. 101). Машину закрепляют на стенде натяжным устройством 2 при помощи штурвала. Затем осуществляется снятие мощностных показателей и расхода топлива на каждой передаче без нагрузки и с номинальной нагрузкой. Одновременно проверяется работа сцепления, коробки передач, главной и бортовых передач.

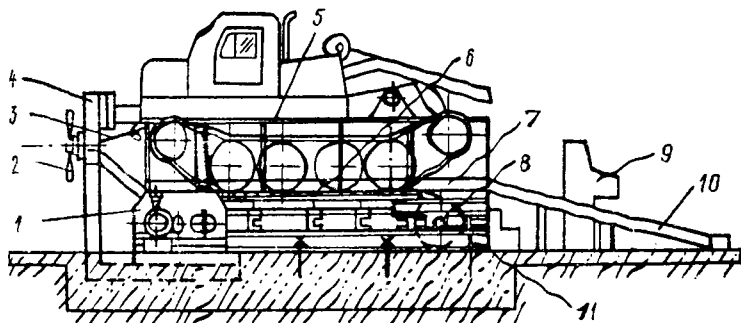


Рис. 101. Стенд для диагностирования трелевочных тракторов:

1 — редуктор с тормозом; 2 — натяжное устройство; 3 — натяжная цепь; 4 — упор; 5 — настиль; 6 — гусеница стенда; 7 — опорная поверхность; 8 — ведомое колесо; 9 — пульт управления; 10 — трап; 11 — рама стенда

Диагностирование машин по показателям эффективности тормозной системы. Диагностическими параметрами тормозной системы являются: при общем диагностировании тормозной путь, замедление, тормозные силы и их разность на колесах каждой оси; при поэлементном диагностировании — сила нажатия на тормозную педаль, скорость нарастания и спада тормозных сил, время срабатывания тормозных механизмов, ход штоков тормозных камер, свободный ход педали, производительность компрессора и некоторые другие.

Диагностические параметры измеряют с помощью ходовых испытаний и стационарных тормозных стендов.

Ходовые испытания применяют в основном для оценки тормозных качеств машины в общем. Испытания могут проводиться визуально по тормозному пути и синхронности начала торможения колес при резком однократном нажатии на педаль при выключенном сцеплении, а также с помощью переносных приборов — деселерометров. Диагностирование по тормозному пути должно проводиться на ровном, сухом, горизонтальном участке дороги.

Тормозной путь, т. е. путь, пройденный за время непосредственного торможения, определяется выражением

$$S_T = k_3 v_m^2 / (26g\varphi), \quad (144)$$

где v_m — скорость машины в момент начала торможения, км/ч; k_3 — коэффициент эксплуатационных условий, учитывающий совместное влияние нагрузки автомобиля и технического состояния тормозов (для легковых автомобилей — 1,44; для грузовых — 2,0—2,44); g — ускорение свободного падения, м/с²; φ — коэффициент сцепления шин с дорогой; для грузовых автомобилей и автобусов (при $v_m = 30$ км/ч) он составляет, в зависимости от грузоподъемности, 9,5—11,0 м, а для легковых автомобилей — 7,2 м.

Диагностирование тормозов по замедлению с использованием деселерометров осуществляется также на ровном горизонтальном участке дороги. Автомобиль разгоняется до скорости 10—20 км/ч, производится торможение однократным нажатием на педаль при выключенном сцеплении и замеряется отрицательное ускорение:

$$j_{\max} = v_m^2 / (26S_T). \quad (145)$$

Подставляя из уравнения (144) значение S_T , получим

$$j_{\max} = \varphi g / k_3. \quad (146)$$

Из формулы видно, что j_{\max} не зависит от скорости машины. Для легковых автомобилей оно составляет не менее 5,8 м/с², а для грузовых в зависимости от грузоподъемности — от 5,0 до 4,2 м/с². Для ручных тормозов замедление автомобиля должно быть в пределах 1,5—2,5 м/с².

Принцип работы деселерометра заключается в перемещении подвижной инерционной массы прибора относительно его кор-

пуса, неподвижно закрепляемого на автомобиле. Это перемещение происходит за счет силы инерции, возникающей при торможении машины и пропорциональной ее замедлению. Инерционной массой деселерометра может служить поступательно движущийся груз, маятник (рис. 102), жидкость или датчик ускорения, а измерителем предельного или установленного замедления — стрелочное устройство, шкала, сигнальная лампа, самописец или компостер.

Общий контроль технического состояния тормозов у гусеничных тракторов в эксплуатационных условиях осуществляют установкой трактора на крутом (20°) склоне и, если в этом положении тормоза надежно удерживают машину, то их признают исправными.

Силовые тормозные стенды предназначены для имитации движения машин и измерения при этом параметров эффективности их тормозов.

Ролики служат для передачи крутящего момента от приводного электродвигателя к колесам машины с использованием сил сцепления. Для реализации полного тормозного момента при помощи сил сцепления ролики соединены цепью, а поверхность самих роликов делают рифленой. Для этой же цели их радиус делают относительно малым ($r_p \approx 0,25 r_k$), а межосевое расстояние — достаточно большим, обеспечивающим и хорошее сцепление, и невозможность самопроизвольного выезда автомобиля при измерении максимального тормозного момента. Выезд машины со стенда обеспечивается торможением роликов при помощи подъемников или муфт свободного хода.

Один ролик из каждой пары соединен через редуктор с приводным, балансирно подвешенным электродвигателем (рис. 103). Статор электродвигателя при помощи рычага опирается на датчик измерительного устройства. Мощность W (кВт) приводного электродвигателя определяется окружной скоростью v_t (км/ч) роликов в режиме максимального тормозного момента:

$$W = 9,81 k P_t v_t / (3600 \eta_{ст}), \quad (147)$$

где k — коэффициент, учитывающий возможность кратковременной перегрузки электродвигателя; P_t — максимальная тормозная сила, Н; $\eta_{ст}$ — КПД стенда.

У современных силовых стендов скорость вращения роликов составляет 2—10 км/ч.

Технология диагностирования на силовом тормозном стенде. Машина устанавливается колесами одной из осей на ролики стенда, включаются приводные электродвигатели и, вращая колеса роликами стенда, постепенно нажимают на тормозную педаль. Возникающие при этом тормозные силы P_t измеряют по

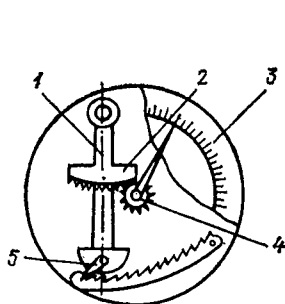


Рис. 102. Принципиальная схема маятникового деселерометра:

1 — маятник; 2 — зубчатый сектор; 3 — шкала замедлений; 4 — малая шестерня со стрелкой; 5 — храповой механизм, фиксирующий маятник

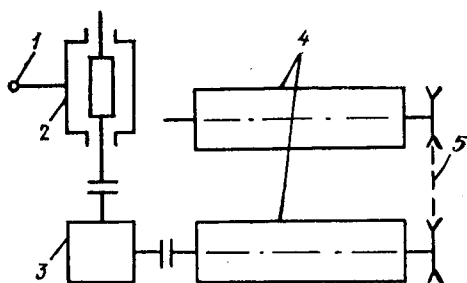


Рис. 103. Схема силового тормозного стенда:

1 — датчик тормозной силы; 2 — электродвигатель; 3 — редуктор; 4 — ролик; 5 — цепная передача

величине реактивных моментов на статорах электродвигателей. Одновременно измеряют ряд других диагностических параметров: зависимость изменения тормозной силы от силы давления на педаль (при гидравлическом приводе); время срабатывания тормозных механизмов и др. Измеренные величины сопоставляют с нормативными.

Инерционные тормозные стенды могут быть барабанные и платформенные. При диагностике на барабанном стенде эффективность тормозов определяют, сопоставляя их работу с кинетической энергией вращающихся масс стенда, а на платформенном стенде — с кинетической энергией поступательно и вращательно движущихся масс машины.

Опорно-приводное устройство может быть с приводом как от ведущих колес машины, так и от электродвигателя. В первом случае оно состоит из четырех опорно-приводных агрегатов, кинематически связанных между собой (рис. 104, а) и обеспечивающих одновременно проверку тормозов обеих осей машины. Выключение электромагнитных муфт в момент нажатия на тормозную педаль позволяет измерить тормозные силы на каждом из колес машины.

Во втором случае опорно-приводное устройство включает в себя два агрегата (под каждое колесо одной оси). Кроме рамы и барабанов, агрегат имеет электродвигатель для раскрутки инерционных масс, барабанов и колес машины (рис. 104, б). Для диагностирования тормозов машин с двумя ведущими осями (не имеющими блокировочных устройств) опорно-приводные агрегаты снабжают опорными барабанами или рольгангами.

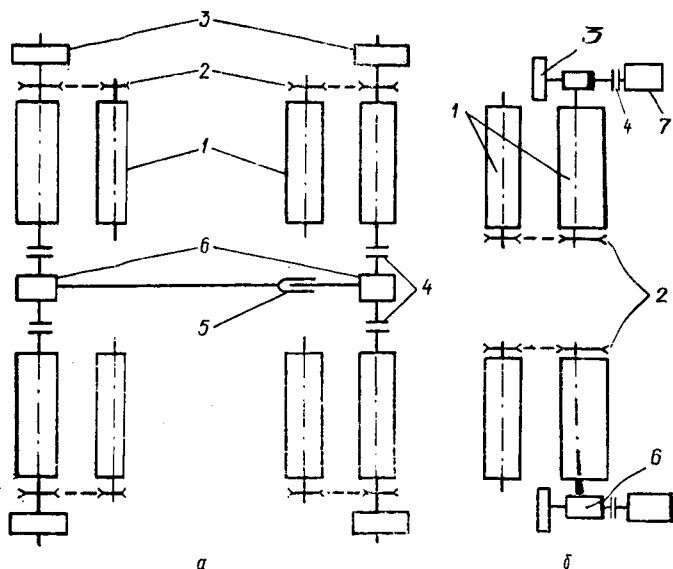


Рис. 104. Инерционные тормозные стенды с беговыми барабанами:

а — с приводом от ведущих колес машины; б — с приводом от электродвигателя; 1 — ролик; 2 — цепная передача; 3 — маховик; 4 — соединительные электромагнитные муфты; 5 — передаточный вал; 6 — редуктор; 7 — электродвигатель

Беговые барабаны инерционного тормозного стенда конструктивно аналогичны беговым барабанам инерционного стенда для проверки тягово-экономических показателей.

Принцип работы всех инерционных стендов с использованием сил сцепления одинаков. Если стенд имеет электропривод, то колеса машины приводятся во вращение от барабанов стенда, а если не имеет, то от двигателя машины. В этом случае ведущие колеса машины приводят во вращение барабаны стенда, а от них при помощи механической передачи — и передние, ведомые, колеса.

При диагностировании машин на инерционном тормозном стенде окружную скорость колес доводят до 50—70 км/ч и резко тормозят, одновременно разобрав все каретки стенда путем выключения электромагнитных муфт. При этом в местах контакта колес с барабанами стенда возникают силы инерции, противодействующие тормозным силам. Через некоторое время вращение барабанов стенда и колес машины прекращается. Пути, пройденные каждым колесом за это время, будут эквивалентны тормозным путям и тормозным силам.

Тормозной путь определяют по числу оборотов барабанов стенда, фиксируемому счетчиком, или по продолжительности их вращения, измеряемой секундомером. Возможно и прямое

измерение тормозного момента по величине реактивного крутящего момента на валу стенда между маховиком и барабаном.

Платформенный инерционный стенд предназначен для общего экспрессного диагностирования тормозов. Он состоит из четырех подвижных платформ с рифленой поверхностью, на которые машина наезжает колесами со скоростью 6—12 км/ч и останавливается при резком торможении. Под влиянием возникающих при этом сил инерции машины и сил трения между шинами и поверхностью платформ происходит их перемещение. Величина перемещения каждой платформы (пропорциональная тормозной силе) воспринимается жидкостными, механическими или электронными датчиками и фиксируется измерительными приборами.

К недостаткам платформенного стенда относятся большая площадь, занимаемая стендом (с учетом места, необходимого для предварительного разгона машины); зависимость результатов от точности заезда машины на платформы; нестабильность коэффициентов сцепления; необходимость повторных заездов для контроля после регулировок.

14.4. Диагностирование двигателей внутреннего сгорания

Диагностирование общего состояния двигателей осуществляется по мощностным и топливно-экономическим показателям, а также на основе анализа шумов, вибрации, цвета отработавших газов и содержащихся в картерном масле примесей.

Определение мощности двигателя. Мощность двигателя колесной машины может быть определена в процессе диагностирования машины на барабанном стенде по мощностным и экономическим показателям. По измеренной колесной мощности машины N_k при работе двигателя на номинальном режиме вычисляют соответствующую мощность двигателя с учетом механических потерь в трансмиссии машины и на стенде:

$$N_d = N_k / (\eta_{тр} \eta_{ст}), \quad (148)$$

где $\eta_{тр}$ и $\eta_{ст}$ — соответственно КПД трансмиссии и стенда.

Определение мощности методом выключения из работы цилиндров заключается в замере снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя под нагрузкой, создаваемой поочередным выключением из работы его цилиндров. У дизельных двигателей это достигается прекращением подачи топлива последовательно в каждый цилиндр, а у карбюраторных двигателей — отключением зажигания от цилиндра. Выключенные цилиндры нагружают двигатель за

счет компрессии. Чем ниже мощность отключенного цилиндра, тем меньше снижается частота вращения коленчатого вала. Сравнивая снижение частоты вращения вала с нормативом, выявляют цилиндры двигателя, не развивающие установленной мощности, и находят ее потери в процентах. Затем суммируют полученные результаты и таким образом определяют мощность двигателя в целом.

Метод определения мощности двигателя при свободном его разгоне без нагрузки заключается в измерении интенсивности ускорения коленчатого вала при полной подаче топлива от минимально устойчивой частоты его вращения на холостом ходу до максимальной. При этом нагрузка двигателя осуществляется за счет сил инерции движущихся масс, являющихся для каждого двигателя постоянной величиной. При этих обстоятельствах эффективный крутящий момент M_e определяется из выражения

$$M_e = I d\omega / (dt), \quad (149)$$

где I — момент сопротивления вращению масс двигателя, приведенный к оси коленчатого вала; $d\omega/dt$ — ускорение вращения коленчатого вала.

Умножая эффективный крутящий момент на частоту вращения коленчатого вала, получаем эффективную мощность двигателя.

На этом принципе основаны приборы типа ИМД-2М, состоящие из индуктивного датчика угловой скорости, электронного устройства, преобразующего импульсы частоты вращения коленчатого вала в показатели мощности двигателя (при данном моменте инерции), и соответствующих измерительных приборов.

Диагностирование по шумам и вибрациям, т. е. по колебательным процессам упругой среды, возникающим при работе механизмов, используют для виброакустической диагностики двигателя и других агрегатов машины. Источником этих колебаний являются газодинамические процессы (сгорание, выпуск, впуск), регулярные механические соударения в сопряжениях за счет зазоров и неуравновешенности масс, а также хаотические колебания, обусловленные процессами трения. При работе двигателя все эти колебания накладываются друг на друга и, взаимодействуя, образуют случайную совокупность колебательных процессов, называемую спектром. Это усложняет виброакустическую диагностику из-за необходимости подавления помех, выделения полезных сигналов и расшифровки колебательного спектра.

Распространение колебаний в упругой среде (твёрдые тела, жидкости, газы) носит волновой характер. Параметрами колебательного процесса являются частота (периодичность), уровень (амплитуда) и фаза, т. е. положение импульса колеба-

тельного процесса относительно опорной точки цикла работы механизма (например, в. м. т.).

Уровень колебаний определяется смещением, скоростью или ускорением частиц упругой среды, давлением (в паскалях), возникающим в ней, или же мощностью (в децибелах) колебательного процесса; частота измеряется в герцах. Между перечисленными параметрами уровня колебаний существуют переводные масштабы. Воздушные колебания называют шумами (стуками), а колебания материала, из которого состоит механизм, — вибрациями. Шумы воспринимают при помощи микрофона, параметры вибрации — при помощи пьезоэлектрических датчиков. Полученные таким образом сигналы усиливают, измеряют по масштабу и регистрируют. Средством регистрации может быть осциллоскоп (при визуальном наблюдении за процессом) или предельный индикатор, например устройство, в котором при достижении заданного уровня колебаний загорается контрольная лампа.

Для прослушивания шумов применяются стетоскопы, которые могут быть механическими, электронными или ультразвуковыми. Электронный стетоскоп представляет собой усилитель с пьезокристаллическим датчиком, двумя элементами питания, телефоном и наконечником. Наконечник прикладывают к участкам зоны прослушивания, а телефон закрепляют на ухе.

Шумы подвержены значительным искажениям под влиянием внешней среды. Вибрации воспринимаются непосредственно на поверхности диагностируемого механизма, благодаря чему дают более достоверную информацию о его техническом состоянии.

Возможность осуществления виброакустической диагностики двигателя, т. е. возможность расшифровки колебательных процессов, обусловлена следующими положениями: колебания, возникающие при соударениях сопряженных деталей, по своим параметрам резко отличаются как от колебаний газодинамического происхождения, так и от колебаний, обусловленных трением; каждая соударяющаяся пара порождает свои собственные колебания; при изменении зазоров мощность колебаний резко изменяется вследствие изменения энергии соударения, при этом также изменяется длительность соударений; принадлежность колебаний соударяющихся пар может быть определена по фазе относительно опорной точки (в. м. т., посадка клапана и др.); величина параметров сигнала изменяется от скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя.

Существует несколько методов виброакустической диагностики. Одним из них является регистрация при помощи осциллоскопа уровня колебательного процесса (рис. 105) в виде мгновенного импульса в функции времени (или угла поворота

коленчатого вала). Чтобы подавить помехи и конкретизировать наблюдение, процесс регистрируют:

в полосе частот, в которой неисправность данного механизма проявляется наиболее сильно;

на узком участке, вблизи опорной точки (например, в. м. т.);

используют наиболее выгодные для диагностики скоростные и нагрузочные режимы и места установки датчиков.

О неисправностях диагностируемого сопряжения судят по уровню и характеру спада колебательного процесса, сравнивая его с нормативным.

Другим, более универсальным методом виброакустической диагностики являются регистрация и анализ всего спектра, т. е. всей совокупности колебательных процессов. Анализ спектра заключается в группировке по частотам его составляющих колебательных процессов при помощи фильтров (подобно настройке радиоприемника на соответствующие волны). Колебательный спектр снимают на узком, характерном, участке процесса при соответствующем скоростном и нагрузочном режимах работы диагностируемого механизма. Дефект выявляют по максимальному или среднему уровню колебательного процесса в полосе частот, обусловленной работой диагностируемого сопряжения. Полученные результаты сравнивают с нормативами (эталоны). Нормативы определяют экспериментально, путем искусственного введения дефектов или путем накопления истатической обработки результатов эксплуатационных наблюдений.

При автоматизированном диагностическом заключении измеренные величины амплитуд и их смещений сравнивают при помощи логического устройства с эталонами, хранящимися в блоке памяти машины.

Диагностирование по составу и цвету отработавших газов. Содержание токсичных веществ в отработавших газах (ОГ) определяется техническим состоянием систем питания и зажигания, износом цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма.

Так, например, содержание оксида углерода CO в отработавших газах изношенного карбюраторного двига-

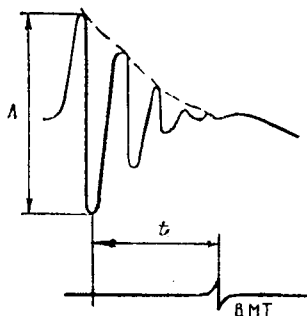


Рис. 105. Осциллограмма колебательного импульса от шатунного подшипника двигателя (в функции времени):

A — амплитуда; t — фаза

теля увеличивается более чем в 3 раза по сравнению с отрегулированным и неизношенным двигателем. Нарушение зазоров в газораспределительном механизме увеличивает содержание углеводородов CH до 50 %.

Токсичность отработавших газов двигателей проверяют на холостом ходу. Для карбюраторных двигателей при этом используются газоанализаторы, а для дизельных — фотометры (дымометры) или специальные фильтры.

В газоанализаторе использован оптико-абсорбционный метод, основанный на измерении поглощения энергии инфракрасного излучения анализируемым компонентом газа. Вследствие поглощения этой энергии исследуемая газовая смесь нагревается до некоторой температуры. Степень нагрева зависит от состава смеси. Температурные колебания газа с помощью оптико-абсорбционного датчика преобразуются в электрические сигналы, фиксируемые измерительным прибором. Показания прибора характеризуют содержание CO в отработавших газах.

Для проведения замеров газоотборник прибора вставляется в выпускную трубу. Газ засасывается с помощью насоса, размещенного в корпусе прибора, проходит через фильтр и поступает в оптический блок измерения.

Дымность отработавших газов оценивается по оптической плотности отработавших газов, которая представляет собой количество света, поглощенного частицами сажи и другими светопоглощающими дисперсными частицами, содержащимися в газах. Она определяется по шкале прибора, основой которого является прозрачная стеклянная труба, которую пересекает световой поток. Степень поглощения света зависит от задымленности газов.

Измерение дымности проводится при ТО после ремонта или регулировки топливной аппаратуры на неподвижно стоящей машине в двух режимах работы двигателя на холостом ходу: свободного ускорения (т. е. разгона двигателя от минимальной до максимальной частоты вращения вала) и максимальной частоты вращения вала. Температура отработавших газов не должна быть ниже 70°C .

Дымность отработавших газов у автомобилей КамАЗ, МАЗ, КрАЗ и их модификаций в режиме свободного ускорения не должна превышать 40 %, а на максимальной частоте вращения — 15 %. Для автомобилей МАЗ, КрАЗ, выпущенных до 1 июля 1976 г., допускается увеличение дымности на режиме свободного ускорения до 15 %.

Анализ цвета отработавших газов. Установлено, что существует зависимость между техническим состоянием отдельных систем двигателя и цветом ОГ. Синие оттенки ОГ свидетельствуют о повышенном расходе масла на угар

вследствие износа цилиндропоршневой группы и газораспределительного механизма. Белый дым свидетельствует о наличии воды в цилиндрах вследствие образования трещин, коробления головки блока и прогара прокладки. Черный дым указывает на неполное сгорание топлива и свидетельствует об износе двигателя, разрегулировке топливной аппаратуры или неудовлетворительном состоянии воздухоочистителя.

О неисправностях некоторых узлов и систем двигателя можно судить также по цвету отпечатков на бумаге, оставляемых отработавшими газами. Серо-желтый цвет отпечатка свидетельствует о чрезмерном угаре картерного масла, серо-бурый цвет указывает на недостаточную компрессию и неисправность форсунок. Наличие в дыме коричневых частиц копоти указывает на неисправность топливной аппаратуры, засорение воздухоочистителя, снижение компрессии. Капли воды на отпечатках свидетельствуют о прогаре прокладки или наличии трещин в головке блока и нарушении уплотнений гильз цилиндров.

Диагностирование по параметрам картерного масла дает возможность определить темп изнашивания деталей двигателя, качество работы воздушных и масляных фильтров, герметичность системы охлаждения, а также годность самого масла. Для этого необходимо периодически отбирать из картера пробы масла, измерять концентрацию в нем кремния и продуктов износа, определять вязкость и содержание воды. Превышение допустимых норм концентрации в масле металлов укажет на неисправную работу сопряженных деталей: превышение нормы содержания кремния — на неисправность фильтров; присутствие воды — на неисправность системы охлаждения; пониженная вязкость позволит судить о годности масла.

Для диагностирования двигателя по концентрации продуктов износа в картерном масле (каждого металла в отдельности) применяют спектральный анализ, обладающий весьма высокой чувствительностью.

Спектральный анализ заключается в следующем. Пробу картерного масла сжигают в высокотемпературном пламени вольтовой дуги и регистрируют спектр при помощи спектрографа или автоматизированной фотоэлектрической установки. Пары продуктов износа дают линейчатый спектр, который подвергают качественному и количественному анализу.

Качественный анализ состоит в обнаружении спектральных линий, свидетельствующих о присутствии в картерном масле металлов изнашивающихся деталей, а количественный — в определении интенсивности почернения спектральных линий. Плотность почернения линий измеряют при помощи микрофотометра. Полученный результат переводят в абсолютные единицы концентрации, используя тарировочные графики, которые строят для каждого элемента по результатам анализа эталонов (проб

масла с известным содержанием элемента). В современных спектральных установках все эти процессы автоматизированы.

При отклонении от нормы параметров, характеризующих общее состояние двигателя, не всегда возможно точное установление причины. В этих случаях выполняют поэтапное диагностирование систем и механизмов двигателя.

14.5. Диагностирование агрегатов и механизмов трансмиссии, ходовой части и управления

Диагностирование агрегатов трансмиссии. Механизм сцепления диагностируют по величине свободного хода педали, полноте выключения сцепления, определяемой легкостью включения передач, и моменту пробуксовки. На динамометрическом стенде пробуксовку сцепления можно выявить, затормаживая колеса машины барабанами стенда при помощи нагрузочного устройства и освещая стробоскопической лампой карданный вал. При отсутствии пробуксовки сцепления карданный вал, освещаемый вспышками лампы, кажется неподвижным, поскольку он работает с коленчатым валом как одно целое.

Биеение карданного вала можно определить при помощи неподвижно закрепленного механического индикатора (оно не должно превышать 2 мм). Износы сопряженных деталей шарниров карданного вала и его шлицев определяют визуально по их относительному смещению при покачивании.

Коробку передач, раздаточную коробку и ведущий мост машины диагностируют по люфтам, вибрациям и тепловому состоянию. Для диагностики по люфтам используют люфтомер-динамометр (рис. 106), позволяющий измерять люфты трансмиссии под воздействием заданного момента (20—25 Н·м). Зев динамометрического ключа прибора накладывают на крестовину карданного вала, указатель закрепляют зажимом на шейке отражателя вала главной передачи, а шкалу — на фланце заднего моста. Опыты показывают, что увеличение люфта связано с наработкой машины линейной зависимостью. Суммарный люфт трансмиссии должен быть не выше 70°, люфт редуктора ведущего моста не должен превышать 65°, люфт коробки передач — 15° и люфт карданного вала — 6°.

Более точно коробку передач, раздаточную коробку и ведущий мост можно диагностировать по параметрам вибрации. Для этого на диагностируемом агрегате закрепляют пьезодатчик, соединенный с приборами для преобразования и фиксации получаемых сигналов, аналогичных тем, которые применяют для виброакустической диагностики двигателя. Измерения ведут при работе машины на динамометрическом стенде с уста-

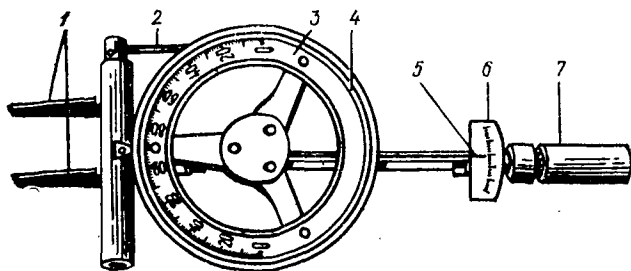


Рис. 106. Люфтомер КИ-4832:

1 — губки зажима; 1 — вороток; 3 — градуированный диск; 4 — полукольцо подкрашенной жидкости в полистиленовой трубке; 5 — стрелка; 6 — шкала динамометрической рукоятки; 7 — рукоятка

новленной нагрузкой и скоростью. При упрощенной виброакустической диагностике датчик монтируют в шупе, что обеспечивает легкий доступ к различным участкам агрегатов трансмиссии.

По тепловому состоянию редукторы трансмиссии можно диагностировать при помощи прибора, состоящего из датчика (терморезистора с магнитным держателем) и измерительного устройства. Нагружая машину, установленную на силовом стенде, измеряют температуру проверяемого агрегата и, сравнивая с нормативной, делают заключение о техническом состоянии.

Диагностирование ходовой части колесных и гусеничных машин. Ходовые качества, а вместе с ними интенсивность изнашивания шин, расход топлива и управляемость колесной машины в большой степени зависят от параметров установки управляемых колес: схождения, развала, продольного и поперечного наклона шкворня, состояния колес, амортизаторов и др.

Общее диагностирование переднего моста автомобиля в динамике выполняется по интегральному параметру — боковой силе, действующей в области контакта колеса с дорогой (стендом).

Боковая сила главным образом зависит от схождения колес и статистически тесно связана с расходом топлива и изнашиванием шин. Одним из важнейших качеств показателя являются возможность измерения его в динамике и использование при регулировке схождения колес. В результате применения этого метода при регулировке схождения колес грузовых автомобилей износ шин и расход топлива снижаются на 3—5 %.

Диагностирование по боковой силе осуществляется на стенде (рис. 107), состоящем из двух беговых барабанов, подвешенных на серьях к двум рамам под каждое колесо оси; двух электродвигателей, размещенных внутри барабанов и обеспечивающих их вращение; устройства для фиксации машины на

стенде (для однобарабанных стенов); измерительного устройства и пульта управления. Стенд монтируют на осмотровой канаве для обеспечения регулировочных работ в процессе диагностирования. При вращении беговых барабанов электродвигателями в местах контакта колес с барабанами возникают боковые силы, под действием которых барабаны перемещаются в осевом направлении. Величина перемещения, пропорциональная боковой силе, фиксируется индукционным датчиком и передается на измерительный прибор.

Для измерения боковых сил машина закрепляется на стенде, включаются электродвигатели. Затем при помощи рулевого колеса, наблюдая за приборами, добиваются равенства боковых сил на обоих колесах. Если значения измеренных сил несоответствуют норме, то оператор, не останавливая стенда, регулирует сходжение, изменяя длину рулевой тяги.

Этот тип стенда может иметь не два, а четыре барабана (по два на каждое колесо). Тогда не нужно крепить машину на барабанах за переднюю балку. На таких стендах величина боковой силы измеряется либо по осевому перемещению одного из барабанов, либо по перемещению измерительного ролика, расположенного между барабанами.

При невозможности отрегулировать сходжение до нормы, а также при значительных колебаниях боковых сил (что свидетельствует о боковом биении колес или больших зазорах в механизмах переднего моста) делается заключение о необходимости поэлементного диагностирования. После проверки зазоров и устранения люфта в шкворневых соединениях и подшипниках ступиц колес, а также после проверки давления воздуха в шинах и крепления дисков колес контролируются углы установки управляемых колес (рис. 108).

Угол развала колес α представляет собой угол между вертикальной плоскостью и плоскостью колеса. Этот угол создают

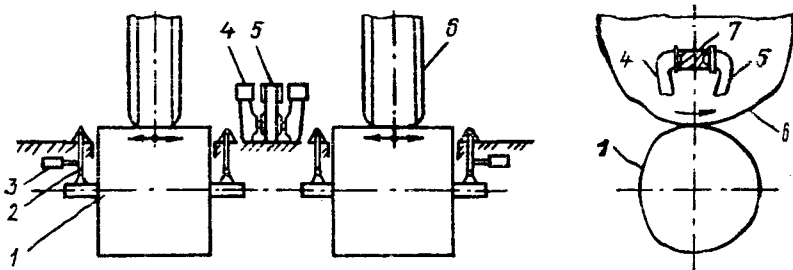


Рис. 107. Схема стенда с беговыми барабанами силового типа для проверки и регулировки установки передних колес:

1 — беговой барабан; 2 — маятниковая подвеска (серьга); 3 — индуктивный датчик боковой силы перемещения барабана; 4, 5 — передний и задний захваты; 6 — колесо машины; 7 — балка переднего моста

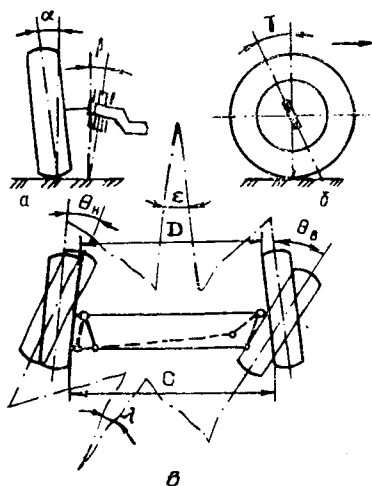


Рис. 108. Углы установки управляемых колес:

a — развал колеса и поперечный наклон шкворня; *b* — продольный наклон шкворня; *в* — схождение колес

установкой поворотных кулаков с наклоном цапф вниз. При наклоне верхней части колеса наружу от машины угол α считается положительным. Назначение развала колес — обеспечить вертикальное положение колес при движении, несмотря на возможные деформации деталей переднего моста и наличие зазоров в подшипниках цапф и втулках шкворней ($\alpha = 0-2^\circ$).

При качении колеса с большим положительным развалом внешняя часть покрышки изнашивается интенсивнее и приобретает коническую форму, а при отрицательном развале изнашивается внутренняя ее часть.

Угол поперечного наклона шкворня β обуславливает автоматический самовозврат колес к прямолинейному движению после поворота.

Стабилизирующий момент на управляемых колесах, возникающий вследствие поперечных наклонов шкворней, зависит от угла наклона и массы, приходящейся на управляемые колеса машины, и не зависит от скорости ее движения. Эти углы относительно велики и составляют $6-10^\circ$.

Угол продольного наклона шкворней γ обеспечивает смещение нижних концов шкворней вперед относительно вертикали. Назначение угла γ — обеспечить сохранение прямолинейности движения при значительных скоростях. Угол γ обычно составляет $1-5^\circ$ и зависит от боковой эластичности шин.

Схождение колес обычно определяется по разности расстояний C и D между колесами (рис. 108), измеряемых на высоте их осей между краями ободьев (дисков). Эта разность составляет от 1 до 8 мм, что соответствует углам схождения ϵ , не превышающим 1° . При качении колес с большим положительным (а также отрицательным) схождением в области контакта шины с дорогой возникает боковое проскальзывание, увеличивающее износ протектора. Аналогичное явление происходит при неправильной работе рулевой трапеции, когда не соблюдается необходимое соотношение углов поворота внутреннего и

внешнего колес, при этом износ кромки протектора имеет пилообразный характер.

Для определения углов α , β и γ применяют жидкостный переносный прибор М-2142 с ватерпасом. Ватерпас имеет на лицевой стороне два взаимно перпендикулярных уровня с тремя шкалами, каждая из которых служит для определения одного из этих углов.

Наиболее простым прибором для замера схождения передних колес является телескопическая линейка (рис. 109), раздвигающаяся под действием пружин. При замере схождения линейку устанавливают спереди колес так, чтобы ее наконечники 8 упирались в покрышки около закраины обода, а концы цепочек 11 касались пола. После этого нулевое деление подвижной шкалы 3 линейки совмещают с неподвижным указателем и фиксируют ее положение стопорным винтом 2. Затем машину перекачивают вперед, пока линейка не займет симметричного положения за передней осью. Перемещение шкалы относительно неподвижного указателя позволяет определить линейную величину схождения колес.

Схождение колес регулируют изменением длины поперечной рулевой тяги. На машинах с разрезной передней осью (с независимой передней подвеской) схождение колес регулируют, изменяя длину левой и правой рулевых тяг на одну и ту же величину одновременно, поскольку несимметричность трапеции вызывает интенсивный износ шин даже при правильной величине схождения.

Для оценки управляемости машины важно знать соотношение углов поворота колес (θ_n — наружного и θ_v — внутреннего). Наибольшей величины угол расхождения λ достигает при больших значениях углов поворота, поэтому соотношение углов поворота определяется при повороте одного из колес на угол, близкий к максимальному. Обычно внутреннее колесо поворачивают на 20° , тогда θ_n должен быть от $16^\circ 30'$ до $18^\circ 30'$, в зависимости от марки машины.

Для измерения углов установки большое применение получили стационарные стенды с оптическими системами модели

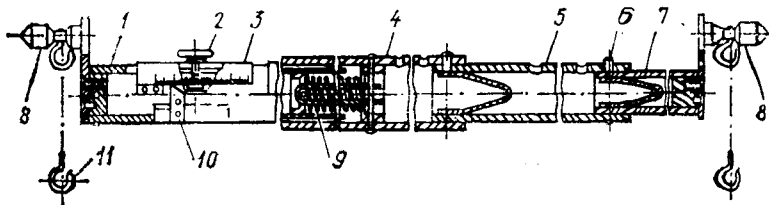


Рис. 109. Линейка для замера схождения колес:

1 — подвижная труба; 2 — фиксирующий винт; 3 — шкала; 4 — неподвижная труба; 5 — промежуточная труба; 6 — фиксатор; 7 — удлинитель; 8 — наконечник; 9 — пружина; 10 — стрелка; 11 — цепочка

1119М, а также электрооптические стенды К-111, которые позволяют, кроме контроля всех углов установки колес, определять правильность положения задней оси относительно передней (параллельное смещение) и правильность установки передних колес по отношению к продольной оси машины или их перекос.

Проверка параметров установки колес производится проекционным методом с помощью электрооптической системы, состоящей из двух проекторов, двух экранов с разметкой шкал (α , β , γ , ϵ), на которых указаны оптимальные значения этих углов.

Диагностирование ходовой части гусеничных машин складывается из определения качества регулировки натяжения гусеничных цепей, величины зазоров в подшипниках направляющих колес и опорных роликов, величины износа гусеничных цепей и проверки герметичности уплотнений.

Натяжение гусеничных цепей проверяют замером стрелы провисания между верхними поддерживающими роликами. Полученные значения стрелы провисания сравниваются с номинальными, имеющимися в заводских инструкциях.

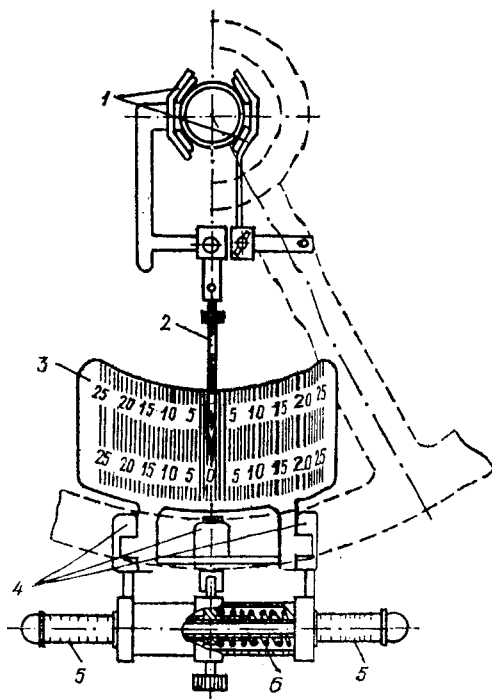
Для установки величины зазора в подшипниках направляющих колес и опорных роликов, а также осевого перемещения каретки применяют прибор КИ-4950, а степень герметичности уплотнений устанавливают приспособлением ПГСК-1, присоединяемым к шлангу тракторного маслonaгнетателя. Наконечник приспособления присоединяют к каналу, служащему для подачи в камеру подшипника масла. Герметичность уплотнения оценивают по величине давления масла, при которой оно начинает просачиваться.

Износ гусеничных цепей определяют замером длины растянутого и состоящего из 10 звеньев куска гусеничной цепи и ее сравнением с номинальной. Регулировку натяжения гусениц проверяют по величине стрелы их провисания. Применяемое с этой целью устройство КИ-8913 позволяет определять износ гусеничной цепи трактора класса тяги 30 кН и его модификаций замером участка.

Диагностирование механизмов управления. Диагностическими признаками неисправностей рулевого управления служат свободный ход (люфт) рулевого колеса, усилие, потребное для перемещения рулевого колеса (после выбора люфта), а также относительные перемещения деталей, обусловленные ослаблением креплений. Люфт рулевого колеса не должен превышать для легковых автомобилей 10—12°, а для грузовых — 10—15° в положении, соответствующем прямолинейному движению автомобиля. Усилие, прикладываемое к ободу рулевого колеса при снятой продольной рулевой тяге, должно быть в пределах: для грузовых автомобилей — 13—23 Н; для легковых — 7—12 Н; при соединенной тяге и вывешенных колесах — 40—60 Н.

Рис. 110. Динамометр-люфтомер:

1 — захваты рулевой колонки; 2 — указательная стрелка, закрепляемая на рулевой колонке; 3 — шкала люфтомера; 4 — элементы зажимов для крепления на рулевом колесе; 5 — динамометрические рукоятки со шкалами прикладываемых усилий; 6 — пружины динамометра



Диагностика рулевого управления заключается в определении люфта рулевого колеса и усилия, потребного для его поворота при вывешенных колесах (потерь на трение), а также в проверке крепления и состояния шарнирных сочленений тяг рулевого привода. Люфт рулевого колеса определяют при помощи динамометра - люфтомера (рис. 110), закрепляемого на его ободу. При этом люфт рулевого колеса (его угловое перемещение) определяют под действием силы, равной 10 Н, приложенной к ободу. Это необходимо для того, чтобы при измерении люфта исключить неточность за счет упругих деформаций деталей. На машинах с гидравлическим усилителем рулевого управления люфт измеряют при работающем двигателе.

Кроме люфта рулевого колеса, необходимо проверить зазоры в шарнирных соединениях рулевых тяг (по относительному перемещению шаровых пальцев и наконечников или головок тяг при резком повороте рулевого колеса в обе стороны). Зазор в подшипниках червяка рулевого механизма измеряют по осевому перемещению ступицы рулевого колеса относительно колонки. Зазоры в зацеплении ролика и червяка рулевого механизма проверяют по продольному перемещению вала рулевой сошки при отъединенной рулевой тяге.

Силы трения в механизмах контролируют по усилию, прикладываемому к динамометру-люфтомеру. На автомобиле ЗИЛ-130 с гидравлическим усилителем рулевого управления усилие на ободу колеса проверяют при отъединенной рулевой тяге в трех положениях: после двух оборотов рулевого колеса (от среднего положения), в среднем положении и повторно

в среднем, но после регулировки зацепления между сектором и рейкой.

Исправная работа гидроусилителя рулевого управления зависит от уровня масла в бачке и давления, развиваемого насосом во время работы двигателя.

В пневматическом гидроусилителе рулевого управления контролируют герметичность воздухопроводов и работу следящего механизма включения.

При диагностировании рулевого управления в эксплуатационных условиях необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

люфт рулевого колеса, превышающий нормативные значения, указывает на повышенный износ деталей шарниров рулевых тяг, ослабление крепления картера рулевого механизма и поворотных рычагов к цапфам;

люфт рулевого колеса, но при отсутствии люфта в соединениях рулевых тяг и при зафиксированном картере рулевого механизма свидетельствует о сверхнормативном износе подшипников червяка и червячной пары рулевого механизма;

прослушивание стуков и наличие люфта при покачивании вывешенных передних колес машины показывает на износ шкворней и их втулок;

необходимость значительных усилий для поворота рулевого колеса свидетельствует о заедании шкворней поворотных цапф или рулевого механизма;

трудность удержания прямолинейного движения машины показывает на искривление деталей ходовой части и рулевого управления;

отсутствие усиления указывает на потерю натяжения ременной приводной передачи насоса усилителя.

Механизмы поворота гусеничных машин диагностируются наблюдением за прямолинейностью их движения. Отклонения от движения по прямой линии свидетельствуют об износе и замасливание фрикционных дисков, а также о нарушении их регулировки.

К основным показателям, характеризующим техническое состояние механизмов управления поворотом гусеничных машин, относятся степень изношенности муфт поворота и упругость нажимных пружин; свободный и полный ход рычагов управления поворотом; степень изношенности тормозов и ход тормозных педалей. У гусеничных машин непосредственным замером проверяют ход рычагов и педалей управления.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит суть технической диагностики машин?
2. Какими свойствами должны обладать диагностические параметры?
3. В чем заключается процесс диагностирования?

4. Назовите основные методы и средства диагностирования.
5. Какими показателями оценивается общее состояние машин при диагностировании?
6. Назовите методы диагностирования общего состояния двигателей.
7. Какие методы и средства применяются при диагностировании трансмиссии?
8. Назовите основные диагностические параметры, используемые при диагностировании ходовых систем и механизмов управления.

Глава 15 ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

Практически все виды топлив, смазочных материалов, охлаждающих и других специальных жидкостей, методы их получения и оценки качества, а также область применения стандартизированы.

Научно обоснованный выбор топлива, смазочных и других эксплуатационных материалов, рациональное их использование и хранение, правильная организация заправочных и смазочных работ во многом определяют показатели надежности, производительность и топливную экономичность лесохозяйственных машин.

15.1. Топливо для двигателей внутреннего сгорания

Эксплуатационные свойства топлива для двигателей должны обеспечивать:

хорошую прокачиваемость, надежное смесеобразование и воспламеняемость в различных климатических условиях;

нормальное, по возможности, полное сгорание и минимальное содержание токсичных и канцерогенных продуктов в отработанных газах;

минимальную коррозионную активность и склонность к образованию нагара и отложений в камере сгорания;

достаточную стабильность всех показателей качества при длительном хранении и транспортировании.

Автомобильные бензины. Предназначены для двигателей внутреннего сгорания с искровым зажиганием.

Прокачиваемость топлива из бака в двигатель может нарушаться вследствие наличия в нем механических примесей и воды или образования в топливной системе паровоздушных пробок.

Механические примеси и воду удалить сравнительно легко, используя тканевые и другие фильтры. Избавиться от паровоздушных пробок значительно сложнее, так как процесс их образования связан с температурой в подкапотном пространстве.

Паровоздушные пробки, образующиеся при температуре, превышающей температуру начала кипения топлива, препятствуют движению бензина в карбюратор. Обычно это происходит или на линии всасывания в топливный насос, или в самом насосе, где этому способствует не только высокая температура топлива, но и пониженное его давление.

Между бензонасосом и карбюратором возникает образование паровоздушных пробок происходит реже, так как на этом участке давление топлива выше.

Склонность бензина к образованию паровоздушных пробок зависит от содержания в нем легкоиспаряющихся фракций и характеризуется в основном давлением насыщенных паров.

Давлением насыщенных паров называют давление паров бензина, находящихся в равновесии с жидким бензином, при условии равенства температур обеих фаз. Этот качественный показатель определяют при температуре 38 °C и соотношении фаз пара и жидкости 4 : 1.

Перебои в работе двигателей по причине образования паровоздушных пробок обычно наблюдаются жарким летом или при работе машины в высокогорных условиях, а также при повторных пусках перегретого двигателя.

Испаряемость является одним из важнейших свойств бензинов.

Образование горючей смеси начинается в смесительной камере карбюратора и заканчивается в цилиндрах двигателя. Основной процесс испарения бензина и перемешивания его паров с воздухом происходит во впускном трубопроводе. На процесс смесеобразования отводится всего 0,01—0,02 с.

Для улучшения смесеобразования бензин, вытекающий через калиброванные отверстия жиклеров и распылители в зону диффузоров, подхватывается потоком всасываемого воздуха и распыливается. Основная часть распыленного топлива уносится потоком воздуха во впускной трубопровод, где мелкие капли испаряются, а крупные оседают на стенках, образуя жидкую пленку. При нормально протекающем процессе смесеобразования топливная пленка успевает полностью испариться в конце впускного трубопровода или при соприкосновении с горячим впускным клапаном. В противном случае она попадает в цилиндры двигателя, где при благоприятных условиях испарение может закончиться за такты впуска и сжатия рабочей смеси.

Неиспарившийся бензин затягивает время процесса горения и служит источником нагарообразования. Стекая по стенкам цилиндров, он смывает с них смазку и способствует изнашиванию цилиндро-поршневой группы. Неиспарившаяся пленка бензина ухудшает, кроме того, распределение его по цилиндрам двигателя. В одни цилиндры топливо попадает в большем количестве, а рабочая смесь оказывается обогащенной, в дру-

гие цилиндры топливо поступает в меньшем количестве, и рабочая смесь в них получается обедненной. И то, и другое уменьшают скорость горения смеси, приводят к падению мощности и снижению экономичности двигателя.

Испаряемость топлива, т. е. его способность быстро переходить из жидкого состояния в парообразное, обычно оценивают по двум показателям: теплоте испарения и фракционному составу.

Удельной теплотой испарения называют количество тепла, необходимое для превращения 1 кг жидкости в пар при данной температуре.

Для ускорения испарения в конструкции двигателей предусматривается подогрев впускного трубопровода отработавшими газами или горячей жидкостью из системы охлаждения. Подогрев впускного трубопровода должен быть оптимальным, так как перегрев горючей смеси приводит к уменьшению наполнения и падению мощности двигателя, а недостаточный нагрев — к неполному испарению бензина.

При пуске холодного двигателя тепло, необходимое для испарения бензина, отнимается от всасываемого воздуха, топлива, карбюратора и впускного трубопровода. В результате температура деталей системы смесеобразования и самой рабочей смеси оказывается на 6...10 °С ниже температуры окружающего воздуха. В этих условиях поданный карбюратором бензин не успевает полностью испариться и образовавшаяся горючая смесь оказывается обедненной. Поэтому при пуске холодного двигателя необходимо прикрывать воздушную заслонку карбюратора, чтобы уменьшить количество поступающего воздуха.

При охлаждении системы смесеобразования до отрицательных температур влага, содержащаяся в поступающем воздухе, конденсируется и замерзает, образуя на диффузорах, распылителях и дроссельной заслонке ледяной нарос. В результате этого явления проходные сечения уменьшаются и снижается наполнение цилиндров двигателя, а в некоторых случаях происходит примерзание дроссельной заслонки, и двигатель теряет управление подачей топлива.

Обледенение карбюратора обычно происходит в сырую погоду, при относительной влажности 80—100 % и температуре воздуха не выше 4...8 °С. Чаще всего обледенение наблюдается в районах с влажным климатом в осенний и весенний периоды при эксплуатации машин на зимних (легкоиспаряющихся) бензинах.

Фракционный состав является основным показателем испаряемости любого топлива и определяет зависимость между температурой и количеством топлива, выкипающего при данной температуре. Этот показатель определяет вид бензина (летний или зимний).

В стандарте на бензины нормированы характерные точки. К ним относятся температура начала кипения и температура, при которой выкипает 10, 50 и 90 % топлива (по объему). Кроме того, нормированы температура конца кипения и остаток топлива в колбе после окончания перегонки.

Температура начала кипения $t_{н.к}$ не должна быть меньше 35 °С для всех марок бензина летнего вида. Это условие исключает возможность образования паровоздушных пробок при хранении в то же время пусковых свойств топлива.

Кроме того, дальнейшее снижение этой температуры, особенно летом, увеличило бы потери бензина от испарения при хранении и транспортировке, а также пожарную опасность при его применении. Температура выкипания 10 % бензина t_{10} , так же как и температура начала кипения, характеризует пусковые свойства топлива и должна быть не выше определенной стандартом температуры, например для летнего вида автомобильных бензинов не выше 70 °С, а для зимних — не выше 55 °С. Фракции топлива, выкипающие до температуры перегонки 10 % объема топлива, условно называют «пусковыми», так как они определяют температуру окружающего воздуха, при которой возможен пуск непрогретого двигателя.

Зная температуру перегонки 10 % объема топлива и температуру начала кипения, можно определить приближенно по эмпирической формуле предельную температуру воздуха t_{min} , ниже которой пуск двигателя практически уже невозможен:

$$t_{min} = 0,5t_{10} - 50 + [(t_{н.к} - 50)/3]. \quad (150)$$

Для стандартных автомобильных бензинов зимнего вида эта формула дает значение t_{min} примерно —28 °С. В реальных условиях эксплуатации предельная температура воздуха, при которой возможен пуск холодного двигателя, может отличаться от расчетной, так как зависит от многих факторов, таких, как вязкостно-температурная характеристика масла, пусковая характеристика карбюратора, частота вращения коленчатого вала двигателя и др.

Температура перегонки 50 % объема топлива t_{50} определяет скорость прогрева двигателя и его приемистость, т. е. способность быстро увеличивать частоту вращения коленчатого вала при резком открытии дроссельной заслонки. Чем ниже температура t_{50} , тем быстрее прогревается двигатель и тем лучше его приемистость. В соответствии с действующим стандартом t_{50} для летних видов бензина должна быть не выше 115 °С, а для зимних — не выше 100 °С. При таких значениях t_{50} все современные двигатели как с жидкостным, так и с газовым подогревом впускного трубопровода быстро прогреваются и имеют хорошую приемистость. Дальнейшее снижение температуры t_{50} дает незначительное улучшение этих показателей.

Температура t_{90} , при которой перегоняется 90 % топлива, и температура конца кипения $t_{к.к}$ характеризуют полноту его испарения и необходимую интенсивность подогрева впускного трубопровода. Полнота испарения топлива во многом определяет топливную экономичность двигателя, его мощность, токсичность отработавших газов и износ цилиндро-поршневой группы.

Для автомобильных бензинов летнего вида в соответствии с требованиями стандарта $t_{90} \leq 180^\circ\text{C}$, а $t_{к.к} \leq 195^\circ\text{C}$; для бензинов зимнего вида эти температуры должны быть соответственно не более 160°C и 185°C . Уменьшение температуры конца кипения современных бензинов в сравнении со снятыми с производства дало возможность уменьшить износ цилиндро-поршневой группы на 20—25 %.

Детонационная стойкость. Одним из основных путей повышения мощности и экономичности двигателей внутреннего сгорания является увеличение степени сжатия, что позволяет улучшить условия сгорания, повысить максимальное и среднее эффективное давление и уменьшить потери тепла с отработавшими газами.

Однако при повышении степени сжатия более определенной величины, а также под влиянием некоторых других условий нормальное сгорание горючей смеси нарушается и переходит в детонационное, при котором ухудшаются все показатели работы двигателя.

Процесс детонации и механизм ее возникновения очень сложны. Главный критерий детонации — скорость распространения фронта пламени. При нормальном сгорании пламя распространяется со скоростью 30—50 м/с, при детонации скорость возрастает до 2000—2500 м/с.

Детонирует обычно небольшая часть топлива, сгорающая в последнюю очередь, когда ее температура достигает критической величины. Воспламенение происходит по всему объему за столь короткое время, что сгорание приобретает характер взрыва. От очага воспламенения с высокой скоростью распространяется ударная волна, постепенно затухающая на линии выпуска индикаторной диаграммы (рис. 111). Характерный металлический стук, сопровождающий детонацию, является результатом многократных периодических отражений ударной волны от стенок камеры сгорания.

Значительное повышение температуры при детонации приводит к подгоранию выпускных клапанов и прокладок головки блока цилиндров, а иногда и к прогоранию поршней. Интенсивная и продолжительная детонация ведет к быстрому разрушению двигателя и совершенно недопустима.

Ведущая роль в создании фундаментальной теории детонации принадлежит советским ученым и в первую очередь акаде-

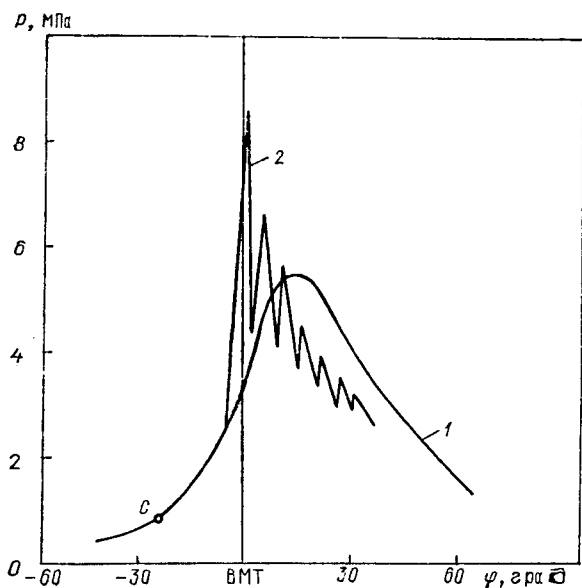


Рис. 111. Индикаторная диаграмма процесса сгорания в карбюраторном двигателе:

1 — нормальное сгорание; 2 — сгорание при детонации; С — момент зажигания

мику Н. Н. Семенову. Главной причиной возникновения детонации является склонность топлива к образованию перекисных соединений, которые, являясь крайне неустойчивыми, мгновенно распадаются с выделением большого количества тепла. Концентрация перекисей зависит от тепловой напряженности двигателя и качества топлива.

Детонация усиливается, если при прочих равных условиях повышена степень сжатия, увеличен диаметр цилиндра, применены чугунные головки и поршни. Эти факторы определяются конструктивными особенностями двигателей.

Детонация также увеличивается, если при постоянной частоте вращения коленчатого вала увеличивается нагрузка двигателя или при постоянной нагрузке уменьшается частота вращения; если увеличивается угол опережения зажигания, возрастает температура охлаждающей жидкости, уменьшается влажность воздуха, увеличивается слой нагара в камере сгорания. Эти факторы являются эксплуатационными.

Важнейшим показателем качества топлива является его детонационная стойкость, которая оценивается октановым числом (ОЧ).

Для оценки ОЧ автомобильных бензинов применяют два метода — моторный и исследовательский, которые различаются

режимами работы специальных моторных установок с переменной степенью сжатия.

Для бензинов А-72 и А-76 ОЧ определяют по моторному методу (ОЧМ). Для бензинов АИ-93 и АИ-98 ОЧ определяют обоими методами (ОЧМ и ОЧИ). При оценке качества бензина по документам необходимо иметь в виду, что ОЧИ одних и тех же бензинов получается на 4—10 ед. выше, чем ОЧМ. Это обстоятельство объясняется менее жестким режимом исследовательского метода.

Требуемое октановое число бензина (ОЧИ) может быть определено по следующей формуле:

$$\text{ОЧИ} = 125,4 - 413/\varepsilon + 0,183D, \quad (151)$$

где ε — степень сжатия; D — диаметр цилиндра, мм.

Условия эксплуатации лесохозяйственных машин вносят свои поправки в требования к величине ОЧ бензина. Повышение температуры воздуха на каждые 10 °С свыше 15...20 °С в зависимости от степени сжатия двигателя требует увеличения ОЧ на 0,5—1,5 ед. Повышение температуры охлаждающей жидкости с 80 до 110 °С (в герметичных системах охлаждения) требует увеличения ОЧ на 2,5—3 ед. При эксплуатации машин в горных условиях ОЧ бензина может быть ниже на 2 ед. на каждый километр высоты над уровнем моря. Это объясняется обогащением горючей смеси при понижении барометрического давления.

Знать зависимость требуемого ОЧ бензина от температуры двигателя и окружающего воздуха, условий местности и других факторов необходимо для правильного понимания взаимозависимости конструкции, условий эксплуатации и качества топлива. На практике корректировка ОЧ бензина на местах проводится очень редко. В основном используются стандартные бензины при соответствующих регулировках систем зажигания и питания двигателей.

Способы повышения детонационной стойкости. Повышения ОЧ топлива можно достигнуть тремя основными способами. Первый заключается в применении современных технологий получения топлив, например каталитического крекинга и риформинга.

Второй способ заключается в добавлении в базовые бензины высокооктановых компонентов, таких, как изооктан или бензол, которые имеют ОЧМ около 100 ед. Таких компонентов добавляют в базовый бензин до 40 %.

Третий способ заключается в добавлении к топливу антидетонаторов, которые при незначительной их концентрации (десять доли грамма на 1 кг топлива) существенно увеличивают его детонационную стойкость. Действие антидетонаторов основано на их способности обрывать цепные реакции образования

перекисей и таким образом прекращать или смягчать детонационное сгорание рабочей смеси.

Самым известным и эффективным антидетонатором является тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$. Эффективность тетраэтилсвинца (ТЭС) в 600 раз выше, чем у бензола. Большим недостатком ТЭС является высокая его токсичность, что требует самых строгих мер предосторожности и защиты обслуживающего персонала и окружающей среды.

В процессе сгорания ТЭС образуются нелетучие соединения свинца, которые откладываются на поверхности камер сгорания, днищах поршней, клапанах и электродах свечей зажигания. Для обеспечения выброса соединений свинца с отработавшими газами используют смесь ТЭС с выносителями, механизм действия которых заключается в преобразовании соединений свинца в летучие вещества. Эти смеси называются этиловыми жидкостями, самой распространенной из которых является жидкость марки Р-9. В состав этиловой жидкости входят не менее 54 % ТЭС, около 40 % выносителя (бромистый этил, C_2H_5Br) и некоторые другие добавки, в том числе красители.

Несмотря на присутствие выносителей часть свинцовых соединений все же остается в двигателе в виде нагара, ухудшая его работу и снижая ресурс.

Значительно более токсичными становятся и отработавшие газы, которые содержат остатки ТЭС и других ядовитых соединений свинца, образовавшихся в процессе горения. Поэтому использование этилированных бензинов в городах с интенсивным автомобильным движением, а также в курортных зонах запрещено.

Иногда применяют и другие антидетонаторы, например циклопентадиенилтрикарбонил марганца (ЦТМ). По своим антидетонационным свойствам ЦТМ не уступает тетраэтилсвинцу, но по токсичности он не опаснее обычного неэтилированного бензина. Основным недостатком ЦТМ является интенсивное образование оксида марганца на электродах свечей, быстро приводящее к замыканию искрового промежутка и отказам свечей зажигания.

Неуправляемое воспламенение. Возрастание количества тепла, выделяющегося в единицу времени в камерах сгорания современных форсированных двигателей, приводит к значительному повышению общей тепловой напряженности двигателей, а в ряде случаев — к появлению местных перегревов выпускных клапанов, свечей зажигания, кромок прокладок и поверхностей камер сгорания.

Появление горячих точек в камере сгорания вызывает неуправляемое воспламенение рабочей смеси вне зависимости от времени образования искры свечей зажигания. Это явление получило название *калильного зажигания*. Калильное зажигание

по своему характеру принципиально отличается от детонационного сгорания, хотя оба этих явления тесно переплетаются при работе бензинового двигателя.

Вероятность возникновения калильного зажигания во многом определяется температурой изолятора и центрального электрода свечи. Для обеспечения правильного выбора свечей в их маркировку введен такой показатель, как калильное число. Чем больше абсолютное значение цифрового индекса, тем более холодной, т. е. менее склонной к образованию калильного зажигания, является свеча.

Калильное число — величина безразмерная, пропорциональная среднему индикаторному давлению, при котором во время испытания свечей на специальной моторной установке возникает калильное зажигание.

Другим, наиболее вероятным источником возникновения калильного зажигания является нагар. Нагары в отличие от металлических деталей являются активным горючим материалом. Наибольшую опасность для возникновения калильного зажигания представляют нагары, в состав которых входят соединения свинца. Температура воспламенения этих нагаров обычно составляет 200...300 °С, в то время как плотный нагар, состоящий из чистого углерода, имеет температуру самовоспламенения более 500 °С.

При определенных условиях частицы нагара в процессе выпуска не охлаждаются, а продолжают разогреваться в присутствии кислорода, поступающего со свежей смесью. Это создает повышенную опасность возникновения калильного зажигания.

Для предупреждения калильного зажигания в высокооктановые бензины иногда вводят антинагарные присадки, обычно фосфорсодержащие. Действие этих присадок связано с их способностью реагировать с продуктами сгорания ТЭС с образованием фосфатов свинца, которые имеют значительно более высокую температуру самовоспламенения.

Особенности применения этилированных бензинов. В присутствии выносителя полного выноса продуктов сгорания ТЭС из двигателя не происходит, поэтому при работе на этилированном бензине будет повышенное нагарообразование. С повышением концентрации ТЭС в бензине количество нагара увеличивается. Отложение нагаров свинца снижает температуру самовоспламенения нагара, что сопровождается появлением калильного зажигания. Надежность работы свечей зажигания снижается, так как электрическое сопротивление нагара, содержащего соединения свинца, падает при повышении температуры. Это приводит к перебоям в работе свечей вследствие замыкания электродов, и срок службы свечей снижается.

Отложения соединений свинца нарушают нормальную посадку клапанов, что приводит к прорыву горячих газов в выпускную систему двигателя. В местах прорыва газов температура клапана резко возрастает, при этом фаска клапана может обгореть. С этим явлением борются путем подбора соответствующих сплавов и улучшения конструкции системы выпуска, применяя, например, натриевое охлаждение клапанов.

При испарении этилированного бензина количество ТЭС и выносителя, попадающее в цилиндры двигателя, оказывается неодинаковым. Так как температура кипения бромистого этила (выносителя) равна 34 °С, то выноситель испаряется вместе с легкокипящими фракциями, тогда как ТЭС остается с высококипящим и фракциями в жидкой пленке. В тех цилиндрах, где не хватает выносителя, наблюдаются ухудшение выноса продуктов сгорания ТЭС и повышение нагарообразования. Избыток выносителя приводит к увеличению коррозии деталей двигателя, так как выноситель, реагируя с водой, образует кислоты.

ТЭС при обычных температурах хранения и применения подвергается окислению кислородом воздуха с образованием нерастворимых в бензине продуктов, что приводит к помутнению бензина. Разложение ТЭС ускоряется под действием солнечного света и приводит к снижению детонационной стойкости бензинов. Кроме того, образующийся осадок препятствует нормальному использованию бензина вследствие засорения фильтров, бензопроводов, жиклеров. Начавшееся разложение ТЭС в бензинах прогрессивно ускоряется. Бензины, в которых разложение ТЭС только началось, могут быть использованы в качестве топлива только после тщательной фильтрации. После фильтрации бензин должен быть немедленно израсходован, так как разложение ТЭС будет продолжаться.

Этиловая жидкость, так же как и чистый ТЭС, является стойким ядом, сильно действующим на организм человека. В связи с этим бензин этилируют только на заводах, где имеется специальное оборудование. В этиловую жидкость добавляют красители, чтобы предотвратить ее использование не по назначению. Для удобства пользования разные марки бензина окрашивают в разные цвета.

Марки бензинов. В настоящее время стандартизировано пять марок бензинов: А-72, А-76, АИ-93, АИ-98 и бензин «Экстра». Буква А обозначает целевое назначение бензина — автомобильный; буква И — исследовательский метод определения октанового числа. Цифровой индекс выражает минимально допустимое ОЧ: для бензинов А-72 и А-76 — по моторному методу; для бензинов АИ-93 и АИ-98 — по исследовательскому. Для бензина «Экстра» в марке ОЧ не указано, но его фактическое значение должно быть не ниже 95.

Специальная маркировка бензинов по признаку сезонности не предусмотрена. Но в период с 1 апреля по 1 октября все бензины, кроме АИ-98 и «Экстра», выпускаются летнего вида, а с 1 октября по 1 апреля — зимнего вида. Бензины зимнего вида можно применять в любое время года в северных и северо-восточных районах, а бензины летнего вида — в южных районах страны. Сезонность бензина определяется только двумя показателями его качества — фракционным составом и давлением насыщенных паров.

Бензины А-72 и «Экстра» выпускаются только неэтилированными. Бензины марок А-76, АИ-93 и АИ-98 могут быть как этилированными, так и неэтилированными. Этилированные бензины окрашиваются в следующие цвета: А-76 — желтый; АИ-93 — оранжевый; АИ-98 — синий.

При эксплуатации подавляющего большинства автомобилей в лесном хозяйстве используются бензины марок А-72 и А-76. Бензин марки АИ-93 используется автомобилями УРАЛ-375 и легковыми автомобилями. Для бензомоторных пил, пусковых двигателей, пожарных мотопомп и некоторых других лесохозяйственных механизмов в качестве топлива используется смесь неэтилированных бензинов А-72 и А-76 с моторным маслом в пропорции 15:1.

Дизельные топлива. Высокая степень сжатия, необходимая для воспламенения топлива, является основным фактором, определяющим топливную экономичность дизелей, которая на 30—40 % выше, чем у карбюраторных двигателей. Это обстоятельство способствует самому широкому применению дизелей во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в лесном хозяйстве.

Тракторный парк лесного хозяйства полностью, а автомобильный — частично оснащены дизельными двигателями.

Прокладываемость дизельного топлива определяется его вязкостью, низкотемпературными свойствами, а также наличием воды, механических и других примесей.

Чем меньше вязкость дизельных топлив, тем надежнее их подача, лучше фильтруемость и низкотемпературные свойства. Однако при слишком малой вязкости (меньше 2,5—3 мм²/с при 20 °С) начинает заметно сказываться перетекание топлива через зазоры прецизионных пар ТНВД и форсунок, и коэффициент подачи насоса уменьшается. При этом ухудшаются смазывающие свойства топлива, что приводит к увеличению износа прецизионных пар.

С понижением температуры вязкость дизельных топлив возрастает, затрудняя наполнение секций насоса высокого давления. На рис. 112 показаны вязкостно-температурные характеристики дизельных топлив.

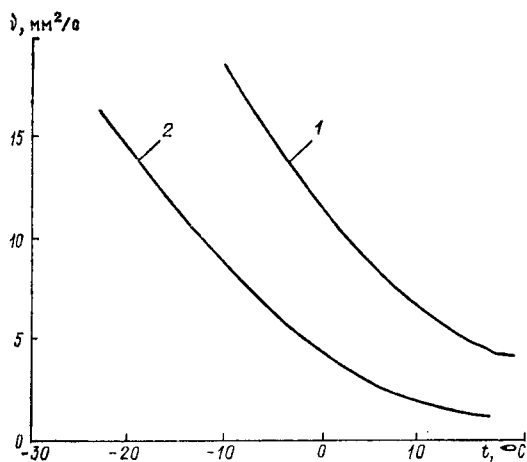


Рис. 112. Вязкостно-температурные характеристики дизельных топлив: 1 — летнего; 2 — зимнего

Нарушение подачи топлива наступает только при температуре ниже температуры его помутнения. Помутнение топлива связано с образованием в нем при охлаждении микрокристаллов парафина, имеющих высокую температуру застывания. При дальнейшем понижении температуры количество и размеры кристаллов увеличиваются, они начинают срашиваться и образовывать структурные решетки. Текучесть топлива постепенно уменьшается, и топливо застывает.

Применять дизельное топливо можно только до его помутнения. При помутнении кристаллики парафина постепенно забивают фильтры, и подача топлива прекращается. Температура помутнения топлива на 5...10 °C выше температуры его застывания. Если в топливе имеется хотя бы в небольших количествах вода, помутнение (вследствие образования кристалликов льда) начинается при температуре ниже 0 °C.

В целях понижения температуры застывания в топливо добавляют депрессоры, т. е. вещества, которые благодаря своей высокой поверхностной активности обволакивают тончайшей пленкой микрокристаллы парафина, предотвращая таким образом их дальнейший рост и сраживание. Снижение температуры застывания дает возможность перекачивать и сливать топлива при низкой температуре.

Депрессоры не предотвращают образование кристаллов парафина и не снижают температуру помутнения, а также опасность забивания фильтров парафином и кристалликами льда.

Эффективным средством улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив является депарафинизация, т. е. ча-

стичное или полное удаление парафинов вымораживанием с последующим отделением застывших парафинов на специальных фильтрах. Депарафинизацию проводят только для арктических марок топлива, температура застывания которых не должна быть выше -60°C .

Испаряемость. Дизельные топлива по сравнению с бензином обладают более низкой испаряемостью. Поэтому для успешного смесеобразования в цикле необходима большая поверхность испарения, что достигается тщательным его распыливанием. Вблизи оси факела распыла располагаются капли более крупного размера, движущиеся с наибольшей скоростью. К периферии размер, плотность и скорость капель уменьшаются. При движении в среде сжатого горячего воздуха капли топлива испаряются, их пары перемешиваются с воздухом, и образуется горячая смесь.

Дизельные топлива имеют более тяжелый фракционный состав, чем бензины. Начало их кипения находится в интервале температур (или несколько ниже), в котором кончают испаряться бензины. Диапазон кипения дизельных топлив обычно $150 \dots 360^{\circ}\text{C}$.

Фракционный состав дизельных топлив характеризуется температурами, при которых выкипает 10, 50 и 96 % топлива (t_{10} , t_{50} , t_{96}):

t_{10} — сравнительно низкокипящие фракции, которые хорошо испаряются, но плохо воспламеняются (поэтому их содержание в топливе ограничивают);

t_{50} — в некоторой степени характеризует пусковые свойства (снижение t_{50} до определенного предела улучшает пусковые свойства);

t_{96} — конец перегонки, показывает содержание в топливе трудноиспаряющихся фракций, ухудшающих смесеобразование и влекущих неполное сгорание. Этот показатель фракционного состава ограничивают верхним пределом температуры.

Воспламеняемость. Одним из основных показателей качества дизельных топлив является его воспламеняемость, которая оценивается цетановым числом (ЦЧ). Цетановое число определяют на специальных одноцилиндровых моторных установках с переменной степенью сжатия методом совпадения вспышек испытуемого и эталонного топлив. За эталонное топливо принимается смесь цетана, воспламеняемость которого принята за 100 ед., и α -метилнафталина, воспламеняемость которого принята за 0.

Топливо при впрыске в камеру сгорания воспламеняется не сразу, всегда имеет место некоторая задержка воспламенения. Значение ЦЧ достаточно полно характеризует период задержки воспламенения, от которого зависит скорость нарастания давления в цилиндре, а следовательно, и жесткость работы дизеля.

Чем выше ЦЧ, тем меньше период задержки воспламенения и тем мягче работа дизеля.

На рис. 113 показана индикаторная диаграмма процесса сгорания в дизеле. При малом периоде задержки воспламенения τ_1 основная масса впрыскиваемого топлива сгорает по мере его поступления в камеру сгорания. В таких условиях процесс сгорания топлива зависит от закона его подачи и, следовательно, может быть управляемым. При большом периоде задержки воспламенения τ_2 первые порции впрыскиваемого топлива не воспламеняются, топливо накапливается в камере сгорания, а затем сразу сгорает в очень короткий промежуток времени, вызывая быстрое нарастание давления и жесткую работу дизеля (кривая 2). В этом случае топливная экономичность двигателя ухудшается вследствие неполноты сгорания топлива, в отработавших газах появляется черный дым.

Чем выше ЦЧ, тем меньше период задержки воспламенения и тем мягче работа двигателя, но нет смысла увеличивать ЦЧ выше 50—60, так как в этом случае задержка воспламенения настолько мала, что очаг горения после впрыска топлива образуется уже вблизи головки форсунки и воздух, находящийся далее от места впрыска, почти не участвует в процессе горения. В результате топливо сгорает не полностью, топливная экономичность двигателя ухудшается.

Для улучшения воспламеняемости в дизельные топлива вводят присадки, ускоряющие процессы окисления и снижающие температуру воспламенения, что сокращает период задержки воспламенения. Одной из самых распространенных и эффективных присадок является изопропилнитрат. Введение в топливо 1 % этой присадки позволяет повысить ЦЧ на 8—12 ед., что позволяет использовать в качестве дизельного топлива многие углеводороды, обладающие низкой воспламеняемостью.

Для современных дизелей вполне достаточно ЦЧ топлива, равное 45; для дизелей, имеющих частоту вращения 5000—6000 мин⁻¹, необходимы топлива с более высокими ЦЧ.

Коррозионная активность и склонность к образованию нагара. Основной причиной коррозионного воздействия дизельных топлив на металлы являются содержащиеся в них соединения серы.

В двигателе возможны два вида воздействия соединений серы на интенсивность коррозионного износа:

высокотемпературный, действующий в полости цилиндра, где происходит газовая коррозия, которую вызывают образующиеся при сгорании топлив сернистый и серный ангидриды SO_2 и SO_3 . Коррозионное воздействие SO_3 в несколько раз выше, чем SO_2 ;

низкотемпературный, обусловленный образованием сернистой и серной кислот, которые накапливаются в картерном масле и в низкотемпературных отложениях.

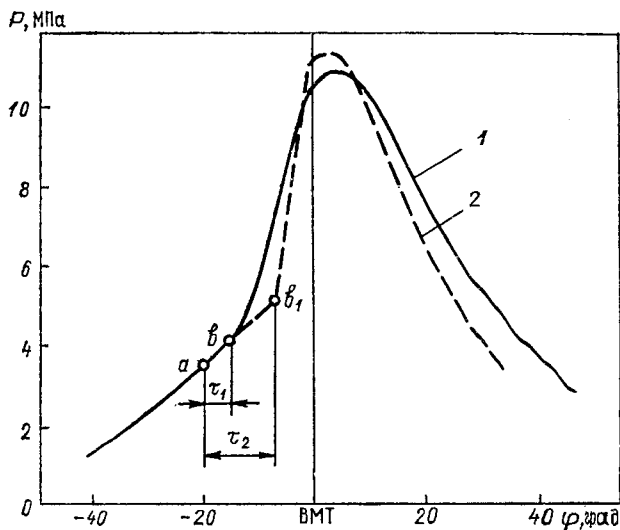


Рис. 113. Индикаторная диаграмма процесса сгорания в дизеле:
1 — мягкая работа; 2 — жесткая работа; а — начало впрыска топлива; b и b₁ — начало воспламенения топлива; τ₁ и τ₂ — период задержки воспламенения топлива

По данным ряда исследований, при повышении содержания серы в топливах с 0,2 до 0,6 % износ гильз цилиндров и поршневых колец увеличивается в среднем на 15 %, а при содержании 1,0 % серы износ этих деталей возрастает не менее чем в 1,5—3 раза.

Наряду с серой коррозионное воздействие на металлы оказывают и содержащиеся в топливе водонерастворимые кислоты, количество которых оценивается показателем кислотности топлива. По действующим нормам кислотность дизельных топлив не должна превышать 5 мг КОН на 100 мл топлива. Кислотность топлива влияет не только на изнашивание деталей топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы, но и на количество нагара и закоксованность распылителей форсунок.

Образование нагара на деталях двигателя, омываемых горячими газами, ухудшает его экономические и мощностные показатели.

В реальных условиях существует равновесное состояние, при котором количества образующегося и выгорающего нагара становятся равными, и его рост на поверхности камеры сгорания, распылителях форсунок и других деталях прекращается. Основное влияние на равновесное состояние оказывает режим работы двигателя. Чем больше нагрузка двигателя и выше его температурный режим, тем при более тонком слое нагара уста-

навливается его равновесное состояние. При определенных условиях нагар может почти полностью выгорать и образоваться вновь.

Увеличение содержания в топливе серы с 0,06 до 0,85 % повышает количество нерастворимых примесей в масле и нагара на поршневых кольцах и канавках примерно в 2,5 раза.

Присутствие в топливе смол также увеличивает нагар и закоксованность колец. В зависимости от марки дизельного топлива содержание смол не должно превышать 30—50 мг на 100 мл топлива.

Достаточно полно определяет влияние топлива на образование нагара показатель его коксуемости, который должен быть не более 0,30 %, а для некоторых топлив повышенного качества — не более 0,035 %.

Для ограничения и контроля негорючих компонентов в стандарты введен показатель зольности, которая в дизельных топливах не должна превышать 0,01 %.

Таким образом, чем больше в топливе серы, смол, золы, тем выше его коксуемость, тем интенсивнее при прочих равных условиях будет происходить образование нагара на деталях двигателя.

Марки дизельных топлив и область их применения. В настоящее время стандартизированы три марки топлива для быстроходных дизелей и газотурбинных двигателей. Маркировка топлив характеризует прежде всего сезонность или географическую область применения: Л — летнее топливо; З — зимнее; А — арктическое. Кроме того, для каждой марки отдельно обусловлена климатическая зона — умеренная или холодная, а также виды топлив — I и II. Дизельные топлива I вида всех марок являются малосернистыми, в них содержание серы не должно превышать 0,2 %. Топлива II вида являются сернистыми, в них содержание серы должно быть не более 0,5 % (для топлива А — не более 0,4 %). Климатическая зона применения дает возможность подразделить топливо одной и той же марки по температуре помутнения и застывания. Топлива для умеренной климатической зоны имеют более высокую температуру помутнения и застывания, для холодных климатических зон — более низкую. Это дает возможность правильно распределить ресурсы топлив, учитывая большой диапазон климатических условий на территории нашей страны.

Топливо Л предназначено для применения летом в умеренной и холодной климатических зонах при условии, что температура окружающего воздуха даже временно не опускается ниже 0 °С; топливо З — для двух климатических зон: для умеренной с температурой воздуха не ниже —20 °С и для холодной — с температурой воздуха не ниже —35 °С. Топливо А имеет температуру застывания —55 °С, температура помутне-

ния для него не нормируется, так как это топливо подвергается глубокой депарафинизации.

В соответствии со стандартом при обозначении летнего топлива указываются предельное содержание серы и температура вспышки, допустимые для дизельного топлива, например топливо дизельное Л 0,2—40. Норма серы показывает вид топлива, а температура вспышки — область применения, в данном случае для быстроходных дизелей. Топливо, предназначенное для тепловозных и судовых дизелей, а также для газовых турбин, должно иметь температуру вспышки на 25...45°C выше.

Температуру вспышки принято считать показателем пожароопасности при транспортировке, хранении и применении. В зависимости от условий работы двигателя и расположения топливных баков нормы на величину температуры вспышки различны. Для автотракторного парка эти требования минимальны, так как эксплуатация двигателей, хранение и заправка топлива происходят на открытом воздухе. Топлива с повышенным содержанием легких фракций быстро испаряются, являются пожароопасными и непригодны для применения на судовых, стационарных и тепловозных дизелях, работающих в закрытых помещениях.

При обозначении зимнего топлива вместо температуры вспышки указывают температуру его застывания, например топливо дизельное З 0,2—35. При обозначении арктического топлива указывают только предельное содержание серы, например топливо дизельное А 0,4.

Для средне- и малооборотных дизелей выпускается топливо двух марок — ДТ и ДМ. Топливо ДТ используют в дизельных установках без предварительного подогрева, сепарационной очистки и фильтрации. Топливо ДМ специальную подготовку должно проходить обязательно, для лучшей фильтруемости и распыливания это топливо подогревают до температуры 60...70°C.

Содержание серы в топливе ДТ может достигать до 1,5%, а в топливе ДМ — до 3%.

В перспективе наиболее выгодным будет применение единого для всех видов дизелей топлива широкого фракционного состава (ТШФС). Это топливо, выкипающее в диапазоне температур 60...360°C. Получить такое топливо можно методом прямой перегонки нефти. Не исключается также возможность добавки низкооктановых фракций бензина как продукта термического и каталитического крекинга. Производство единого ТШФС представляет особый интерес для лесного хозяйства и лесной промышленности, эксплуатирующих большое количество дизелей различных размеров, целевого назначения и быстроходности.

Из особенностей применения ТШФС следует отметить пониженную способность этих топлив к самовоспламенению. ЦЧ

этих топлив зависит от исходного сырья и составляет 35—40 ед. Для оценки воспламеняемости низкооктановых фракций бензина как компонента ТШФС может быть использована известная зависимость

$$\text{ЦЧ} = 60 - \text{ОЧ}/2. \quad (152)$$

Многие существующие дизели могут достаточно мягко работать при ЦЧ 40 ед. При дальнейшем уменьшении ЦЧ жесткость работы дизелей становится недопустимо высокой, поэтому придется использовать специальные присадки для повышения цетанового числа ТШФС.

Вязкость ТШФС вполне достаточна для нормальной работы дизельной топливной аппаратуры и практически всегда превышает допустимый нижний предел этого показателя. Особенно выгодно отличается ТШФС от обычных дизельных топлив своими низкотемпературными свойствами. Присутствие в нем легких фракций улучшает фильтруемость и прокачиваемость и понижает температуру застывания, что особенно важно для северных и северо-восточных районов нашей страны.

Газообразные топлива. Газообразное топливо приобретает все большее значение для многих отраслей народного хозяйства, являясь удобным и эффективным энергоносителем.

Газообразные топлива классифицируют по агрегатному состоянию, способу получения, теплоте сгорания. Газы могут быть природными и промышленными, сжатыми и сжиженными.

Переработке нефти сопутствует выделение большого количества газа, представляющего собой смесь углеводородных соединений, главным образом пропана и бутана. Выход такого газа как побочного продукта составляет до 30 % от количества полученного бензина.

Природный газ, содержащий большую долю метана, не связан с переработкой нефти. Его запасы и добыча весьма значительны.

Газообразные топлива принято разделять на две группы: газы с относительно высокой критической температурой, сжижаемые при обычной температуре и давлении 0,2—0,85 МПа; газы с низкой критической температурой, сжижаемые только при очень низких температурах (хранить и перевозить их приходится при давлении 20 МПа).

Сжиженные газы получили довольно широкое распространение в качестве моторного топлива. К ним относятся в первую очередь пропанбутановые фракции нефтяных газов. Пропан C_3H_8 переходит в жидкое состояние при температуре 20 °С под давлением 0,85 МПа. Бутан C_4H_{10} переходит в жидкое состояние при той же температуре под давлением 0,2—0,3 МПа. ОЧМ пропанбутановой смеси составляет 90—98 ед. в зависимости от процентного соотношения этих компонентов.

Сжиженный газ легко транспортировать, а для заправки им автомобилей нужны сравнительно простые и дешевые установки. Обычно запас сжиженного газа перевозится на автомобиле под низким (1,6 МПа) давлением в относительно легких баллонах. Давление 1,6 МПа обеспечивает жидкое состояние даже чистого пропана при температуре до 50 °С. Избыточное давление в баллоне должно быть не менее 0,05 МПа для надежной подачи топлива к двигателю.

Зимой используют смесь, состоящую из 70 % пропана и 30 % бутана; летом — из 30 % пропана и 70 % бутана.

При заправке сжиженного газа в баллон необходимо учитывать коэффициент его объемного расширения при повышении температуры. Так, в баллон вместимостью 250 л (автомобиль ЗИЛ-138) заправляется 225 л сжиженного газа при ожидаемом увеличении температуры в баллоне не более чем на 20—30 %, так как объем 1 кг жидкого топлива при изменении температуры от 0 до 50 °С увеличивается с 1,88 до 2,17 л.

Плотность сжиженных газов около 600 кг/м³, поэтому их очень удобно применять в качестве топлива для двигателей с искровым зажиганием, но для этого необходимо заменить бензиновый бак специальным тонкостенным баллоном, а карбюратор — смесителем, установить редуктор-дозатор и небольшой теплообменник для испарения сжиженного газа.

В сжатом виде в основном используется метан CH_4 . Его применение в качестве моторного топлива дает возможность использовать огромный энергетический потенциал газовых месторождений. ОЧМ метана составляет 104 ед.

Перевод в жидкое состояние метана связан с большими трудностями, так как это возможно при температуре ниже —82 °С и давлении 4,5 МПа. Для сжижения метана при атмосферном давлении необходима температура —161 °С. Поэтому пока наиболее реально перевозить его в сжатом (до 20 МПа) состоянии в толстостенных, довольно массивных баллонах. Баллоны вместе с другой газовой аппаратурой увеличивают на 14—16 % массу автомобиля и на ту же величину снижают его грузоподъемность. Кроме того, надо иметь в виду, что станции для заправки этим топливом должны располагаться около магистральных газопроводов и иметь компрессорную установку. Сооружение таких станций связано со значительными материальными затратами.

Меньшая теплота сгорания газозоудушной смеси и снижение коэффициента наполнения уменьшают мощность бензинового двигателя при переводе его на природный газ на 16—20 %. Самым простым способом компенсации потери мощности является увеличение степени сжатия до 8,5—9 и более, что позволяет использовать высокую антидетонационную стойкость метана. Более сложный и дорогой путь — применение турбонаддува.

При переходе с бензина на сжиженный пропанбутановый газ мощность двигателя снижается всего на 7—10 % ; уменьшение мощности может быть компенсировано повышением степени сжатия до 8—8,5.

Перевод дизелей на газообразное топливо сопровождается некоторым увеличением мощности благодаря возможности использовать богатую горючую смесь без дымления и одновременным ухудшением топливной экономичности из-за обогащения горючей смеси и вынужденного уменьшения степени сжатия (до 8—9).

Перевести дизель на газообразное топливо можно двумя методами:

вместо дизельной топливной аппаратуры устанавливают систему зажигания, в отверстия для форсунок — свечи, на впускном трубопроводе монтируют смеситель с дроссельным патрубком, между блоком и головкой цилиндров ставят прокладку для уменьшения степени сжатия;

в цилиндры вместо воздуха подают газоздушную смесь определенного состава, а она воспламеняется в результате впрыска небольшого количества дизельного топлива, не превышающего 10—20 % его расхода при дизельном цикле; этот метод не требует серьезного переоборудования дизеля, к тому же при желании можно быстро перевести двигатель опять на дизельный цикл.

Использование газообразного топлива автомобилями и другими машинами, работающими в лесном хозяйстве, весьма перспективно, особенно в лесных районах, на территории которых осуществляются добыча и переработка нефти, или же там, где проходят магистральные газопроводы.

Широкое использование относительно дешевого газообразного топлива позволяет сохранить для химической промышленности такое ценнейшее сырье, как нефть, а также заметно увеличить моторесурс двигателей и снизить выброс в окружающую среду токсичных веществ.

15.2. Смазочные материалы

Основные требования к смазочным материалам следующие:

образование надежных и прочных масляных пленок на поверхностях трения для снижения механических потерь и интенсивности изнашивания;

надежное поступление к сопряжениям, охлаждение трущихся поверхностей и вынос продуктов износа и частиц углерода из зоны трения;

предохранение трущихся поверхностей и других деталей от коррозии и ржавления;

химическая стабильность и отсутствие склонности к окислению и образованию нагара и лаковых отложений в условиях высоких температур;

обеспечение в некоторых случаях уплотнения зазора (например, в сопряжении поршневое кольцо — цилиндр двигателя).

Первое требование является самым важным и удовлетворяется полностью только при условии выполнения остальных требований.

Моторные масла. Форсирование современных двигателей как по среднему эффективному давлению, так и по частоте вращения коленчатого вала приводит к повышению их тепловой напряженности.

В двигателе можно выделить по условиям применения масла три характерные зоны: камера сгорания, цилиндропоршневая группа и картер двигателя. Эти зоны значительно отличаются по уровню температуры, количеству масла и концентрации кислорода.

В камере сгорания на масло действуют высокие температуры (до 2000°C) в присутствии кислорода воздуха. Основным продуктом окисления масла и воздействия на него высокой температуры является нагар.

В цилиндропоршневой группе тонкий слой масла нагревается до $150\ldots 300^{\circ}\text{C}$, и продуктом разложения масла является лак. Температура масла в картере зимой составляет $50\ldots 70^{\circ}\text{C}$, а летом нередко повышается до $100\ldots 120^{\circ}\text{C}$. Основными продуктами окисления масла в картере являются кислоты.

Вязкость и ее зависимость от температуры являются важнейшими показателями качества моторных масел. От вязкости масла зависит его способность обеспечить жидкостное, гидродинамическое трение в подшипниках, а значит, и снижение изнашивания коленчатого вала и вкладышей подшипников. От вязкости масла зависит количество теплоты, отводимой от узла трения. Чем меньше вязкость, тем лучше охлаждается подшипник, так как через него прокачивается больше масла, а следовательно, и больше теплоты отводится вместе с ним из зоны трения.

Кроме пределов вязкости, классификация нормирует величину индекса вязкости — условного показателя, характеризующего зависимость вязкости масла от температуры. Чем выше индекс вязкости, тем меньше изменение вязкости при изменении температуры. Высокий индекс вязкости всесезонных масел обусловлен наличием в их составе специальных вязкостных присадок, которые больше загущают масло при высоких температурах, чем при низких. Загущая маловязкое минеральное масло высокомолекулярными полимерами или сополимерами, получают моторные масла, пригодные к применению в автотракторных двигателях зимой и летом, а также специ-

альные северные масла для эксплуатации транспортных машин при очень низкой температуре окружающей среды.

Современный стандарт, который распространяется на моторные масла с присадками для двигателей автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных и дорожных машин, тепловозов, морских и речных судов и др., предусматривает 11 классов вязкости (табл. 29).

29. Классификация вязкости моторных масел

Класс вязкости	Предел вязкости, мм ² /с, при температуре		Индекс вязкости
	+ 100 °С	-18 °С	
6	6±0,5	Не нормируются	90
8	8±0,5	» »	90
10	10±1	» »	90
12	12±0,5	» »	90
14	14±1	» »	90
16	16±1	» »	90
20	20±2	» »	90
4 ₃ /6	6±0,5	1 300—2 600	125
4 ₃ /8	8±0,5	1 300—2 600	125
4 ₃ /10	10±0,5	1 300—2 600	125
6 ₃ /10	10±0,5	2 600—10 400	125

Для обозначения всесезонных загущенных масел предусмотрены четыре класса вязкости, в которых, кроме основного класса, указываемого в знаменателе, в числителе указан условный класс с индексом 3, что означает загущенное. Для этих масел разработаны дополнительные требования к вязкости при температуре —18°С.

Существующим стандартом предусмотрены также шесть основных групп моторных масел по области их применения: А, Б, В, Г, Д и Е (табл. 30).

Кроме шести основных групп, предусмотрены три группы масел для карбюраторных двигателей (Б₁, В₁, Г₁) и три группы для дизельных двигателей (Б₂, В₂ и Г₂). Группы масел Б, В и Г являются едиными для карбюраторных и дизельных двигателей.

Примеры расшифровки условных обозначений моторных масел:

М-8Б₁ — моторное масло вязкостью 8 мм²/с при температуре 100°С, группа Б, предназначено для малофорсированных карбюраторных двигателей;

М-6₃/10Г₂ — моторное загущенное масло вязкостью 10 мм²/с при температуре 100°С и вязкостью в пределах 2600—10 400 мм²/с при температуре —18°С, группа Г, предназначено для высокофорсированных дизельных двигателей; класс вяз-

кости в этом случае можно расшифровать проще: показатель вязкости в числителе примерно соответствует вязкости загущенной основы при 100 °С.

Хотя действующая система маркировки и классификации моторных масел более информативна, чем старая, но все же не подчеркивает некоторых важных особенностей той или иной маркировки.

30. Классификация моторных масел по области применения

Группа	Назначение
А	Для бензиновых, авто обильных и мотоциклетных нефорсированных двигателей
Б	Для малофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей
В	Для среднефорсированных карбюраторных и дизельных двигателей
Г	Для высокофорсированных карбюраторных и дизельных двигателей
Д	Для высокофорсированных дизельных двигателей, работающих в тяжелых условиях
Е	Для малооборотных дизелей с лубрикаторной системой смазки, работающих на тяжелом топливе с содержанием серы 3—3,5 %

Например, для возможности применения топлив с высоким содержанием серы были разработаны специальные масла М-16Е30 и М-16Е60. В этих маслах цифры 30 и 60 показывают щелочность масел. Масло со щелочностью 30 позволяет работать на топливе с содержанием серы до 2 %, а со щелочностью 60 — на топливе с содержанием серы до 4,5 %.

Рекомендуемые области применения моторных масел различных групп даны в стандарте без количественной характеристики понятий — малофорсированный, среднефорсированный и высокофорсированный двигатель.

Уточнение выбора группы масла в зависимости от степени форсирования двигателя можно сделать по графикам, приведенным на рис. 114.

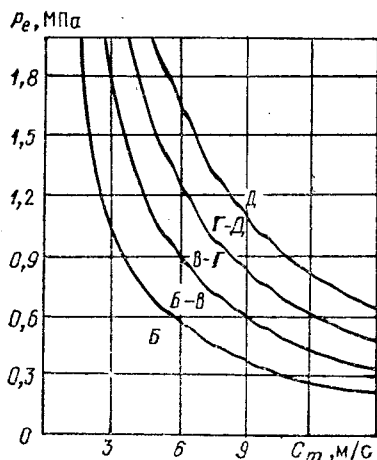


Рис. 114. Выбор группы масла по критерию форсирования двигателя:

Б, В, Г, Д — группы масел

Произведение средней скорости поршня C_m на среднее эффективное давление P_e называется критерием форсирования двигателей. Он является показателем жесткости условий работы масла в двигателе. Построены четыре графика равных критериев форсирования и получены пять областей в координатах P_e — C_m . Каждый из четырех графиков построен по критерию форсирования моторной установки, применяемой для классификации испытаний масел данной группы.

В каждой области указаны группы масел, применяемые для двигателей, критерий форсирования которых попадает в данную область. При этом следует отметить, что масло низшей группы применимо в сочетании с топливом, содержащим до 0,4 % серы, а масло более высокой группы работоспособно при содержании серы в топливе до 1 %. Для двухтактных двигателей критерий форсирования следует удвоить.

Трансмиссионные масла. Они предназначены для агрегатов трансмиссии автомобилей и тракторов, редукторов и коробок передач сельскохозяйственных машин и орудий.

Основными узлами трения в механизмах трансмиссии являются зубчатые передачи, поэтому требования к смазочным материалам этих узлов следует считать основными и определяющими. Большинство зубчатых передач смазывается методом окунания и разбрызгивания масла, находящегося в картере. В агрегатах отдельных машин, например автомобилей МАЗ и КраЗ, осуществляется комбинированная смазка, когда одновременно с разбрызгиванием масло подается насосом к подшипникам и зубьям шестерен. В гидромеханических трансмиссиях масло циркулирует в системе под действием насоса.

Даже в самых простых и умеренно нагруженных цилиндрических и конических передачах удельные давления в зоне контакта зубьев достигают 200—600 МПа. В спиральных конических передачах они возрастают в 2—3 раза. Особо высокие удельные давления имеют место в гипондных зацеплениях, где они достигают 4000 МПа. Сложные условия работы масла в гипондных передачах еще более усугубляются тем, что в зоне зацепления происходит относительное скольжение соприкасающихся участков зубьев со скоростями до 10 м/с, что приводит к выдавливанию масла и повышению температуры в зоне зацепления до 350...400 °С.

Типичный вид повреждения рабочих поверхностей зубьев шестерен и подшипников трансмиссий — усталостное выкрашивание, а при наличии высоких температур — также и заедание. Опасность заедания, связанная с взаимным скольжением поверхностей, уменьшается со снижением шероховатости зубьев и увеличением их твердости. Эффективной мерой против заедания являются противозадирные присадки к маслам, а положи-

тельное влияние на усталостную долговечность зубьев может оказать повышение вязкости масла.

Содержание серы не является прямым признаком коррозионной агрессивности, так как сера, фосфор и ряд других элементов должны присутствовать в масле в составе противоизносных и противозадирных присадок.

При выборе вязкости масла необходимо учитывать то, что вязкостно-температурные свойства определяют возможность трогания машины с места при низких температурах без подогрева трансмиссии, а также механический КПД трансмиссии и расход топлива. Величина вязкости выбираемого масла и его низкотемпературные свойства определяются климатическими условиями эксплуатации и хранения, особенностью конструкции агрегатов и узлов трансмиссии и энергонасыщенностью машины.

Маркировка трансмиссионных масел. Маркировка не имеет единого принципа. Существуют масла, которые называются по своему целевому назначению, например масло для коробок передач и рулевого управления. Чаще всего в маркировку вводится первая буква слова, указывающая назначение масла (Т—трансмиссионное). Цифры в марке—это, как правило, значение вязкости масла в $\text{мм}^2/\text{с}$ при температуре 100°C . Часто в маркировку масла вводят комбинацию букв, обозначающих название противоизносной, противозадирной или какой-либо другой присадки.

Трансмиссионные масла можно разделить на шесть групп по количеству и функциональному назначению содержащихся в них присадок:

Группа 1. Масла без присадок: масла трансмиссионные для промышленного оборудования (нигролы); раньше они применялись для трансмиссий автомобилей и тракторов.

Группа 2. Масла с противоизносными присадками: масло ТЭ-15-ЭФО применяют в качестве всесезонного тракторного трансмиссионного масла в районах с жарким и умеренным климатом, это масло может быть использовано без ограничения в трансмиссиях почвообрабатывающих и других лесохозяйственных машин с активным приводом;

масло для коробок передач и рулевого управления вырабатывается в ограниченном количестве и может быть с успехом заменено маслами ТАп-15В и ТСП-14.

Группа 3. Масла с противозадирными присадками: масло трансмиссионное ТС-10-ОТП рекомендуется для агрегатов трансмиссий автомобилей, строительных, лесных и дорожных машин и других механизмов, работающих при низких температурах (до -45°C);

Масло трансмиссионное ТАп-15В предназначено для спирально-конических, конических и цилиндрических передач ав-

томобилей и других машин, работающих при температурах окружающей среды до -30°C ;

масло трансмиссионное ТСП-14 применяют для спирально-конических, цилиндрических передач автомобилей. По вязкостно-температурным и смазывающим свойствам, а также по термоокислительной стабильности оно несколько превосходит масло ТАп-15В.

Группа 4. Масла для гипоидных передач: масло для гипоидных передач легковых автомобилей «Волга», «Москвич» и некоторых других, работоспособно до температуры -20°C ;

масло ТС-14гип содержит хлорфосфорную присадку и предназначено для гипоидных передач грузовых автомобилей ГАЗ-53А, ГАЗ-66, ЗИЛ-133Г1 и других марок, может быть использовано всесезонно;

масло трансмиссионное арктическое ТС_з-9гип предназначено для гипоидных, спирально-конических и цилиндрических передач грузовых автомобилей и других машин, работающих при низких температурах окружающей среды (до -55°C);

масло автомобильное трансмиссионное ТАД-17_и предназначено для гипоидных, спирально-конических, конических, цилиндрических и червячных передач легковых автомобилей ВАЗ и современных модификаций «Москвич» в качестве всесезонного в жаркой и умеренной климатических зонах страны.

Группа 5. Масла для планетарных коробок передач: масло МТ-8п применяют для планетарных коробок передач, планетарных бортовых передач и в системе гидроуправления гусеничных машин всесезонно в жаркой и умеренной климатических зонах;

масло трансмиссионное ТС_{зп}-8 является всесезонным для всех климатических зон страны и имеет то же целевое назначение, что и масло МТ-8п; оба масла можно смешивать в любых соотношениях.

Группа 6. Масла для гидромеханических трансмиссий: масло марки А предназначено для гидротрансформаторов и автоматических коробок передач автомобилей, автобусов и других машин в качестве всесезонного сорта в жаркой и умеренной климатических зонах страны;

масло марки Р предназначено для заполнения гидрообъемных передач и гидроусилителей рулевого управления, работоспособно при температуре окружающей среды до -45°C .

Существующим стандартом вязкость этих масел нормирована при температуре 50°C и составляет 23—30 мм²/с для масла А и 12—14 мм²/с для масла Р.

Существует также классификация трансмиссионных масел, принятая странами — членами СЭВ. По этой классификации все масла должны быть разделены на шесть классов вязкости (6,

9, 12, 18, 34 и 43), обозначающих среднее значение вязкости в $\text{мм}^2/\text{с}$ при температуре 100°C .

Кроме того, предусмотрено пять групп по эксплуатационным свойствам масел: ТМ-1, ТМ-2, ТМ-3, ТМ-4 и ТМ-5. Основным критерием формирования групп являются предельно допустимое контактное напряжение и предельная температура масла в объеме, т. е. в картере узла. Масла группы ТМ-1 имеют предельные параметры 1000 МПа и 90°C ; группы ТМ-2— 2000 МПа и 120°C ; группы ТМ-3 — более 2000 МПа и более 120°C ; группы ТМ-4 — масла для гипоидных передач, работающих при температуре в объеме не выше 135°C ; масла группы ТМ-5 — для гипоидных передач, работающих при высоких ударных нагрузках и скоростях при температуре выше 135°C .

При такой классификации в группу ТМ-1 могут быть включены нигролы (класс вязкости для зимних 18, для летних 34); в группу ТМ-2 — масло ТЭ-15-ЭФО; в группу ТМ-3 — ТАп-15В, ТС-10-ОТП, ТСп-14, ТС_{эл}-8; в группу ТМ-4 — ТС_э-9_{тип} л, ТС-14_{тип}; в группу ТМ-5 — ТАД-17_ж.

Масла для вспомогательного оборудования. Индустриальные масла объединяют широкую группу масел различной вязкости и предназначены для смазки разнообразного промышленного оборудования. В маркировке этих масел буква И (индустриальное) определяет целевое назначение масла, а цифровой индекс — среднюю вязкость в $\text{мм}^2/\text{с}$ при температуре 50°C .

Выбор индустриального масла определяется условиями работы сопряжений по нагрузке и скорости относительного перемещения. Чем меньше частота вращения или скорость перемещения деталей и чем больше удельная нагрузка, тем выше должна быть вязкость масла. Например, масло И-20А используют при удельных нагрузках $0,1\text{—}0,3 \text{ МПа}$ и частоте вращения $1000\text{—}1500 \text{ мин}^{-1}$, масло И-50А — соответственно при $1,0\text{—}5,0 \text{ МПа}$ и $200\text{—}300 \text{ мин}^{-1}$.

Группа масел марки И имеет вязкость в диапазоне $5,0\text{—}100 \text{ мм}^2/\text{с}$ и не содержит присадок.

Группа масел ИГП представляет собой глубокоочищенные масла с противозносными присадками и вязкостью в диапазоне $4,0\text{—}182 \text{ мм}^2/\text{с}$. Эти масла предназначены для гидравлических систем станочного и прессового оборудования, смазки малонагруженных зубчатых передач и некоторых других узлов, где необходимы масла с высокой антиокислительной способностью.

Масла ИГС_п имеют то же назначение, что и масла группы ИГП, и отличаются от них содержанием противозадирной присадки.

Масла ИНС_п предназначены для смазки направляющих скольжения с малыми скоростями ($1\text{—}200 \text{ мм/мин}$). Имеют

противоскачковую, антифрикционную, противозадирную и адгезионную присадки.

Масла ИСП_и предназначены для смазки зубчатых передач и направляющих скольжения со сравнительно высокими скоростями (свыше 200 мм/мин), имеют улучшенные противозадирные, противоизносные и антифрикционные свойства; диапазон вязкости 20—110 мм²/с.

Масла ИР_п предназначены для смазки зубчатых передач и средненагруженных элементов промышленного оборудования, содержат композицию присадок; диапазон вязкости 40—150 мм²/с.

Масла ИТП предназначены для смазки зубчатых и тяжело-нагруженных червячных передач, содержат композицию присадок; диапазон вязкости 200—300 мм²/с.

Масла ИЦ_п предназначены для смазки цепей подвесных и напольных конвейеров, периодически проходящих через сушильные камеры с температурой 180...200 °С. Вязкость этих масел нормирована при температуре 100 °С. Масло ИЦ_п-20 содержит антифрикционную присадку. Масло ИЦ_п-40 содержит композицию присадок, одним из компонентов которой является противозадирная присадка.

Компрессорные масла служат для смазки цилиндров, клапанов и сальников воздушных и газовых компрессоров. На компрессорах, используемых при техническом обслуживании и ремонте машин и механизмов, существует единая система смазки, т. е. цилиндры и подшипники смазываются одним маслом, давление сжатого воздуха не превышает 1,0—1,2 МПа. Для смазывания таких компрессоров выпускается масло К-12, которое имеет вязкость 11—14 мм²/с при температуре 100 °С.

К приборным маслам относится масло вазелиновое приборное МВП вязкостью 6,3—8,0 мм²/с при температуре 50 °С, температура застывания —60 °С.

Турбинные масла выпускают с присадками и без них и предназначены для смазки подшипников и вспомогательных механизмов турбоагрегатов. В автотракторной технике используются масла Т-22 и Т_п-22 с кинематической вязкостью 20—23 мм²/с при 50 °С и температурой застывания —15 °С. В смеси с трансформаторным маслом турбинное масло может быть использовано как заменитель жидкости для амортизаторов.

Пластинные смазки. Отличительными свойствами пластичных смазок являются способность удерживаться в недостаточно герметичных узлах трения, не вытекая из них; работоспособность в широком температурном и скоростном диапазонах; хорошая смазывающая способность и высокие защитные противокоррозионные свойства; экономичность применения и способность прокачиваться в смазываемые узлы через пресс-масленки под относительно небольшим давлением.

В отличие от жидких, даже самых вязких, веществ пластичные смазки представляют собой достаточно сложные композиции, состоящие как минимум из двух компонентов — основы и загустителя. В качестве основы используют жидкое масло, в качестве загустителя, — как правило, кальциевые, натриевые, литиевые и другие мыла, получаемые на основе натуральных жиров или синтетических жирных кислот. Основным недостатком пластичных смазок является низкая охлаждающая способность, что исключает их применение в узлах, где необходим большой отвод теплоты.

Пластичные смазки маркируют по составу (литолы), назначению (униолы), по наименованию учреждений, разработавших смазку (ЯНЗ, ЦИАТИМ), по инициалам авторов смазки (ПВК). Иногда смазки маркируют набором букв (УС — универсальная среднетемплавкая, УТ — универсальная тугоплавкая) или цифр (1—13 обозначает номер образца смазки).

Пластичные смазки с повышением температуры постепенно размягчаются и теряют свои упругие свойства. Теплостойкость их определяется температурой каплепадения, т. е. той минимальной температурой, при которой под действием силы тяжести образуется капля, вытекающая из специального прибора.

Температура смазываемого узла трения должна быть на 15...20 °С ниже температуры каплепадения смазки. Например, температура каплепадения смазки, применяемой для подшипников насоса системы охлаждения, должна быть не ниже 125...135 °С, так как температура охлаждающей жидкости (в герметичных системах охлаждения) может достигать 110...120 °С. Температура подшипников ступиц колес автомобилей может достигать 120...150 °С, в этом случае недопустимо применение солидола, температура каплепадения которого не более 100 °С. Однако температура каплепадения не может быть однозначным критерием выбора смазки подшипников ступиц колес. Решающим фактором, определяющим возможность использования смазки в подшипниках качения, является предел прочности сдвига, когда смазка под действием центробежных сил сбрасывается с сепаратора подшипника. Для предотвращения этого явления предел прочности сдвига должен быть не менее 180—200 Па при температуре 50 °С. Предел прочности сдвига при температуре 50 °С (τ_{50}) стандартизован и является одним из важнейших показателей пластичной смазки.

Самыми распространенными пластичными смазками являются солидолы, относящиеся к группе среднетемплавких смазок. Солидолами смазывают узлы трения подвесок автомобилей, тракторов, шарниры рулевых управлений, многие сопряжения технологического оборудования и подавляющее большинство узлов трения прицепных и навесных лесохозяйственных машин и орудий.

Солидол С применяют для всех узлов трения, работающих в диапазоне от -20 до $+70^{\circ}\text{C}$. Относительно высокий предел прочности сдвига ($\tau_{50}=200$ Па) обеспечивает надежную работу солидола в узлах трения при вибрации и тряске.

Пресс-солидол С очень удобен для смазки узлов со-лидолонангетателями. Надежно прокачивается через пресс-масленки и может быть использован в диапазоне от -30 до $+50^{\circ}\text{C}$. Пониженный предел прочности несколько ограничивает его применение.

Графитная смазка УСсА является разновидностью синтетического солидола и содержит в своем составе до 10 % мелкодисперсного графита ГС-4. Предназначена для тяжело-нагруженных механизмов, рессор, открытых зубчатых передач лебедок, подвесок тракторов.

Весьма эффективна при использовании для смазки резьбовых соединений в процессе сборки и технического обслуживания, упрощая в значительной мере последующую разборку. Не пригодна для подшипников качения и других узлов трения, изготовленных с высокой точностью. Предельная температура узлов трения 70°C .

Жировые солидолы УС-1 и УС-2 имеют основные показатели, близкие к показателям синтетических солидолов, но выпускаются в ограниченном количестве и в систему лесного хозяйства могут поступать только в незначительных количествах.

При использовании различных солидолов в качестве консервационных смазок необходимо помнить о недопустимости их предварительного разогрева до температур выше $50...60^{\circ}\text{C}$. Это требование определяется специфической особенностью солидолов — содержанием в них до 4—5 % воды, выполняющей функцию стабилизатора. Испарение воды приводит к необратимой реакции расслоения смазки и потере ее эксплуатационных свойств.

Смазка 1-13 готовится на дефицитных кальциево-натриевых мылах касторового масла и поэтому считается перспективной. Высокий предел прочности ($\tau_{50}=400-200$ Па) гарантирует надежную работу смазок без сброса их с сепараторов подшипников. Температурный диапазон работы от -25 до $+110^{\circ}\text{C}$.

Смазка ЯНЗ-2 является синтетическим вариантом смазки 1-13. Температурный диапазон работы от -30 до $+100^{\circ}\text{C}$, гигроскопична. Склонна к термоупрочнению, т. е. к переходу из пластичного состояния в твердое после нагревания и последующего охлаждения.

Консталины УТ-1 и УТ-2 являются тугоплавкими антифрикционными смазками общего назначения. Загустителем является натриевое мыло касторового масла. Предел прочности

сдвига даже при температуре 80°C (τ_{80}) сохраняется высоким и составляет 150—250 Па (УТ-1) и 350 Па (УТ-2). Смазка сохраняет работоспособность в диапазоне температур от -20 до $+110^{\circ}\text{C}$.

Смазки 1-13, УТ-1 и УТ-2 имеют пониженную водостойкость, так как натриевые мыла, входящие в загуститель, растворяются даже при попадании небольшого количества воды. Эти смазки нельзя применять в узлах трения подвесок и тяг рулевого управления автомобилей, а также в недостаточно герметичных сопряжениях почвообрабатывающих, посадочных и других лесохозяйственных машин.

Смазка ЯНЗ-2 по своей водостойкости заметно лучше, чем констаины и 1-13.

Смазка ЦИАТИМ-201, изготавливаемая на литиевой основе, работоспособна в диапазоне температур от -60 до $+90^{\circ}\text{C}$, но имеет относительно невысокие противоизносные свойства. Предел прочности сдвига τ_{50} составляет 250 Па. Может быть использована для смазки малонагруженных сопряжений, например узлов трения автотракторного электрооборудования. Пригодна для применения в автомобилях и тракторах в условиях севера.

Литол-24 является многоцелевой литиевой смазкой, работоспособной в диапазоне температур от -40 до $+130^{\circ}\text{C}$. Эта смазка водостойка, обладает высокой механической стабильностью и хорошими смазывающими способностями. Предел прочности $\tau_{50}=400\text{--}600$ Па, τ_{80} — не менее 150 Па. Литол-24 можно применять для всех узлов трения автомобилей, тракторов и лесохозяйственных машин.

Униолы являются кальциевыми смазками на комплексных мылах. Предел прочности этих смазок $\tau_{80}=150\text{--}500$ Па. Наиболее хорошо зарекомендовала себя смазка Униол-3М, в состав которой включены антиокислительная и противоизносная (дисульфидмолибдена) присадки.

Смазку Униол-3М можно применять в температурном диапазоне от -50 до $+140^{\circ}\text{C}$. Смазка водостойка и в настоящее время используется всесезонно на автомобилях в условиях Крайнего Севера. Недостатком этой смазки является ее склонность к уплотнению и потере пластичности при длительном контакте с влажным воздухом и под воздействием солнечного света.

Смазка ШРБ-4 является специализированной автомобильной смазкой. Водостойка, работоспособна в диапазоне температур от -40 до $+150^{\circ}\text{C}$, но имеет низкий предел прочности ($\tau_{50}=130$ Па), что препятствует ее применению в сопряжениях с высокой частотой вращения. Рекомендуются для смазки шаровых шарниров рулевого управления легковых автомобилей.

Технический вазелин относится к низкоплавким

смазкам, его температура каплепадения не превышает 60°C. Эта смазка применяется для консервации и защиты от коррозии (как правило, при подготовке машин и механизмов к хранению).

Смазка ПВК готовится на основе моторного масла, загущенного петролатумом и церезином, содержит поверхностно-активную присадку, температура каплепадения не выше 60°C. Эта смазка водостойка, обладает высокой химической стабильностью и консервационной способностью, надежно защищая детали любых размеров и формы как из черных, так и из цветных металлов. Смазка работоспособна в диапазоне температур от —50 до +45°C. При хранении машин и механизмов в закрытых помещениях или под навесами защитное покрытие сохраняется в течение 5—10 лет.

Смазка ВТВ-1 готовится на основе индустриального масла, загущенного парафином и церезином, содержит антикоррозионную, вязкостную и адгезионную присадки. Область применения та же, что и ПВК. Весьма эффективна при защите клемм аккумуляторных батарей. По морозостойкости превосходит смазку ПВК.

Смазки К-17, НГ-203, НГ-204у являются жидкими консервационными составами, приготовленными на основе моторных и индустриальных масел. Смазка К-17 используется для консервации изделий из черных и цветных металлов, хранящихся под навесом сроком 5 лет и более, в том числе при повышенной температуре и влажности.

Смазка НГ-203 используется при кратковременном хранении (не более полутора лет) машин, механизмов и изделий из черных и цветных металлов. Защитная пленка боится влаги.

Смазка НГ-204у используется для длительного защиты от атмосферной коррозии наружных и внутренних полостей изделий из черных и цветных металлов.

Перечисленные пластичные смазки, а также жидкие консервационные составы являются наиболее широко применяемыми и не исчерпывают всего их ассортимента.

15.3. Специальные жидкости

К специальным жидкостям, используемым при эксплуатации автомобилей, МТА и других машин, относятся охлаждающие жидкости и жидкости для гидравлических приводов.

Охлаждающие жидкости. Структура теплового баланса современных двигателей внутреннего сгорания показывает, что система охлаждения должна воспринимать и рассеивать в окружающую среду примерно 30 % тепловой энергии сгоревшего топлива. Этот поток теплоты соизмерим с потоком, уносимым

отработавшими газами, и с теплотой, превращенной в полезную работу.

Моторные масла и топлива, кроме своих прямых функций, в определенной мере способствуют охлаждению узлов и деталей двигателя, а в ряде случаев их используют для охлаждения конкретных деталей, например поршней и впускных клапанов.

Эффективность систем охлаждения во многом определяется физическими и химическими свойствами охлаждающей жидкости. Чем выше теплоемкость и теплопроводность жидкости, тем интенсивнее охлаждается двигатель. С увеличением теплоемкости можно уменьшить количество жидкости, циркулирующей в системе, а с увеличением теплопроводности — уменьшить скорость ее циркуляции и получить более равномерную ее температуру.

Охлаждающие жидкости не должны коррозировать металлы и разрушать резиновые детали, а также вызывать образование отложений, ухудшающих отвод тепла от охлаждаемых поверхностей. Температура замерзания охлаждающих жидкостей должна быть ниже той, которая имеет место в условиях эксплуатации машин и механизмов, а температура кипения — на 25... 30°С выше допустимой в системе охлаждения.

Важны и такие факторы, как стоимость, доступность, пожарная безопасность и безвредность для здоровья человека.

При эксплуатации лесохозяйственных машин применяют два основных вида охлаждающих жидкостей: воду и антифризы (низкозамерзающие жидкости).

Вода, обладая целым рядом преимуществ, имеет и значительные недостатки, основными из которых являются высокая температура замерзания и склонность к образованию накипи в системе охлаждения во время работы двигателя.

Особенно интенсивное образование накипи имеет место в зимнее время при ежедневной заливке воды в систему охлаждения, так как каждый раз со свежей водой в систему охлаждения попадает новая порция минеральных солей.

Накипь обладает плохой теплопроводностью, вследствие чего резко ухудшается подвод тепла к двигателю при его предпусковом разогреве. Накипь опасна еще и тем, что, отслаиваясь внутри блока цилиндров, она может забить проходные отверстия сливных кранов, препятствуя сливу воды из системы охлаждения и приводя к размораживанию радиатора или блока цилиндров.

Вода, содержащая минеральные соли кальция и магния, называется жесткой. Чем меньше в воде солей кальция и магния, тем мягче считается вода.

Мягкая вода неспособна к образованию накипи в системе охлаждения. Среднежесткая вода образует накипь, поэтому ее применение требует очистки системы охлаждения от накипи не

реже двух раз в год. Жесткую воду не рекомендуется применять, а очень жесткая вода совершенно непригодна для использования в системах охлаждения.

О примерной жесткости воды можно судить по источнику, откуда она взята. Атмосферная вода (дождевая и снеговая) очень мягкая. Вода северных водоемов мягче, чем южных. Вода из рек, озер, водохранилищ может быть весной и летом мягкой, а зимой — среднежесткой. В горных реках вода мягкая. В прудах вода обычно весной мягкая, но к концу лета делается среднежесткой. Грунтовая вода в колодцах и родниках, как правило, жесткая и может оказаться даже очень жесткой. Морская вода жесткая и очень жесткая. При вынужденном использовании жесткой воды менять ее надо как можно реже. В зимнее время сливаемую воду надо собирать в целях последующей заправки ею системы охлаждения.

Для предупреждения образования накипи иногда применяют присадки, в частности хромпик $K_2Cr_2O_7$ — кристаллический порошок оранжево-красного цвета. При взаимодействии хромпика с солями жесткости образуются хорошо растворимые в воде хроматы кальция и магния, из которых накипь не образуется.

Из хромпика сначала готовят концентрат — 100 г хромпика на 1 л воды. Затем в зависимости от жесткости используемой воды в нее добавляют этот концентрат в количестве 30—40 см³ на 1 л среднежесткой воды или 90—110 см³ на 1 л жесткой воды. При работе с растворами хромпика необходимо проявлять осторожность, так как крепкие растворы могут вызвать ожоги кожи и разрушение ткани одежды.

Шлам и накипь из системы охлаждения двигателя удаляют промывкой струей воды. Желательно, чтобы струя была направлена против хода воды в системе охлаждения. С помощью моечного пистолета в очищаемую полость попеременно подают воду и сжатый воздух или их смесь, что облегчает и ускоряет разрыхление уплотнившегося осадка шлама и его удаление.

Для удаления накипи часто используют специальные растворы (табл. 31). Карбонатную накипь удаляют кислотными растворами, а некарбонатную — щелочными или содовыми. Для определения состава накипи с доступных мест системы охлаждения берут частицы накипи и, измельчив их в порошок, действуют на него разбавленной вдвое соляной кислотой. Если при этом будет наблюдаться выделение пузырьков углекислоты, то накипь карбонатная или с преобладанием карбонатной.

Необходимо учитывать, что как кислотные, так и щелочные составы корродируют металлы: в меньшей мере — черные и в большей — цветные, особенно алюминий.

При удалении накипи вначале вынимают из двигателя термостат и заливают раствор в систему охлаждения. По истечении времени, указанного в табл. 31, пускают двигатель и дают

31. Растворы для удаления накипи

Реагент	Количество реагента на 10 л воды, г	Время обработки, ч
---------	---	-----------------------

Для всех двигателей

Техническая молочная кислота	600	1—3
Хромпик или хромовый ангидрид	200	8—10
Ингибированная соляная кислота*	250—500	0,5—1,0
Смесь:		
кальцинированная сода	1000—1200	
хромпик	20—30	10—12

Только для двигателей с чугунной головкой блока

Техническая соляная кислота	250—500	0,5—1,0
Смесь:		
тринатрийфосфат	450	10—12
кальцинированная сода	550	

* В кислоту вводятся замедлители кислотной коррозии: уротропия 0,01 г/10 л и ингибитор ПБ-5 500 г/10 л.

ему поработать 10—20 мин. После остановки двигателя раствор сливают в тару для вторичного его использования и промывают водой два-три раза систему охлаждения для удаления образовавшегося шлама и остатков химических реагентов. Последнюю промывку рекомендуется делать горячим однопроцентным раствором хромпика (противокоррозионная промывка).

Иногда после удаления накипи обнаруживаются течи в радиаторе. Это может происходить из-за того, что трещины в трубках радиатора, ранее закрытые накипью, после ее удаления вновь дают течь.

Жидкости, замерзающие при низких температурах (антифризы), являются смесями технического этиленгликоля с водой. Технический этиленгликоль имеет температуру кипения 198 °С и температуру замерзания —12 °С, смешивается в любом соотношении с водой и спиртами, но не смешивается с нефтепродуктами и эфирами.

При смешивании этиленгликоля с водой вначале наблюдается снижение температуры замерзания смеси, которая достигает минимума (—75 °С) при содержании в смеси 33 % воды и 67 % этиленгликоля. Дальнейшее добавление воды ведет к повышению температуры замерзания (рис. 115). Таким образом, смеси этиленгликоля с водой обладают свойством эвтектических растворов, т. е. их температура застывания ниже, чем у каждого компонента в отдельности.

Теплоемкость и теплопроводность этиленгликоля значительно меньше, чем у воды. Коэффициент объемного расширения несколько больший, поэтому если система охлаждения не

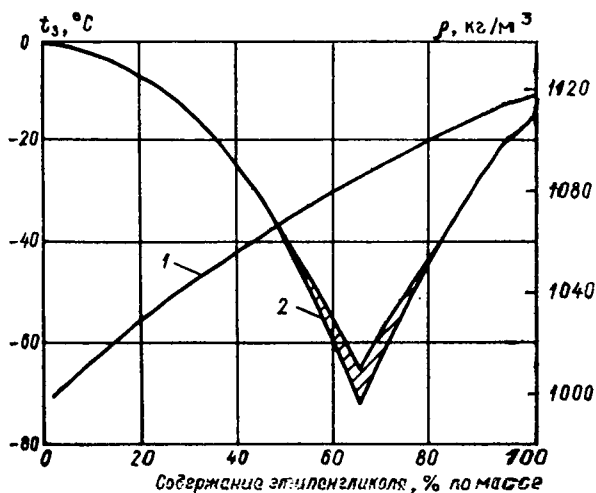


Рис. 115. Эвтектический график низкотемпературных смесей воды и этиленгликоля:

1 — кривая плотности; 2 — кривая температуры замерзания

имеет расширительного бачка, то количество заливаемого антифриза должно быть на 6—8 % меньше нормы для воды. Для климатических зон с умеренным климатом рекомендуется применять антифриз марки 40, имеющий температуру застывания не выше -40°C и содержащий в своем составе 52—55 % этиленгликоля. Для северных районов готовят смесь марки 65 с температурой застывания не выше -65°C и содержанием этиленгликоля 64—67 %. Антифриз выпускается также в виде концентрата марки 40К. При смешивании 1 л концентрата с 0,73 л воды получается охлаждающая жидкость марки 40.

Так как этиленгликоль обладает некоторой коррозионностью, в состав антифризов вводят коррозионные присадки: 1 г/л декстрина, защищающего от коррозии свинцовооловянистый припой, алюминий и медь; 2,5—3,5 г/л динатрийфосфата для защиты стальных, чугунных, латунных и медных деталей и иногда 7—8 г/л молибденовокислого натрия, предупреждающего коррозию цинка и хрома.

Кроме указанных низкотемпературных жидкостей, выпускаются антифризы примерно такого же состава: тосол А (концентрат), тосол А-40 и тосол А-65. Эти антифризы рассчитаны на всесезонное применение, по своим свойствам соответствуют низкотемпературным жидкостям марок 40К, 40 и 65 и содержат композицию противокоррозионных и противопенных присадок. Тосола А и А-40 окрашены в голубоватый цвет, а тосол А-65 — в красный.

При использовании низкотемпературных охлаждающих жидкостей следует иметь в виду, что из них в первую очередь испаряется вода, которую периодически следует добавлять. Особенно внимательно нужно следить за жидкостью марки 65 и А-65, так как при снижении содержания воды температура ее застывания повышается.

Если потеря антифриза из системы связана не с процессом его естественного испарения, а с негерметичностью соединений или вытеканием из радиатора, отопителя или подогревателя, то восполнять систему жидкостью можно только после полного устранения неисправностей и только полноценным антифризом. Перед заправкой системы охлаждения низкотемпературной жидкостью следует обязательно удалить накипь, которая в противном случае, реагируя с диатригфосфатом, резко снижает его концентрацию и повысит коррозионную агрессивность антифриза.

Следует оберегать антифризы от попадания в них нефтепродуктов, так как они вызывают вспенивание и выброс жидкости через горловину радиатора.

При обращении с антифризами необходимо соблюдать меры предосторожности. Этиленгликоль — сильный пищевой яд, попадание его даже в небольших количествах в организм вызывает сильные отравления. Смертельная доза этиленгликоля составляет всего 20—30 г.

Жидкости для гидравлических приводов. К ним относятся тормозные, амортизаторные и рабочие жидкости для гидравлических систем лесных машин и автомобильной техники. Использование этих жидкостей в качестве рабочих тел основано на их практической несжимаемости, способности передавать усилия со скоростью звука во всех направлениях и обеспечивать этим плавность срабатывания рабочих органов.

Тормозные жидкости. Надежность работы гидравлических приводов тормозов во многом зависит от свойств тормозной жидкости: вязкости, температуры застывания, однородности, смазочной способности.

Вязкость тормозной жидкости при 50 °С должна быть для летней эксплуатации не менее 10 мм²/с, а для зимней — не ниже 7,5 мм²/с. При —40 °С предельно допустимой вязкостью считается 1500 мм²/с, и лишь в исключительных случаях это значение может достигать 3000 мм²/с.

Температура застывания тормозной жидкости должна быть ниже самых низких температур окружающего воздуха, при которых эксплуатируется данная группа машин.

Не допускается нарушение однородности, выпадение сгустков и осадков и расслаивание тормозной жидкости. Требуется полная совместимость жидкости с резиновыми деталями и металлами гидропривода. Для обеспечения минимального изнаши-

вания подвижных деталей жидкость должна обладать достаточной смазывающей способностью.

Распространение получили тормозные жидкости ГТЖ-22м, «Нева» и БСК.

Тормозная жидкость ГТЖ-22м представляет собой композицию из диэтиленгликоля (65 %), этиленкарбита (32 %) и этилцеллозольва (3 %) с добавлением противокоррозионных присадок, имеет зелено-желтый цвет и слабый неопределенный запах. Благоприятные вязкостные и низкотемпературные свойства позволяют использовать ее всесезонно и на всей территории СССР. Жидкость хорошо смешивается с водой и при случайном обводнении не лишается однородности и работоспособности. Присутствие в ГТЖ-22м большого количества эфиров (карбита и целлозольва) предопределяет ее хорошие противозносные свойства, чем она выгодно отличается от ранее применявшейся тормозной жидкости ГТЖ-22.

Жидкость ГТЖ-22м ядовита, и при ее использовании нужно соблюдать такие же меры предосторожности, как и при работе с этиленгликолевой низкотемпературной охлаждающей жидкостью.

Тормозная жидкость ГТЖА-2 «Нева» является композицией из этилкарбита (51—59 %), диолов (31—34 %), эфиров карбита (5 %) и смесей гликолей и полигликолей (13,5 %) с вязкостной и противокоррозионной присадками.

Жидкость «Нева» имеет цвет от желтого до светло-коричневого, запах слабый, неопределенный, растворяется в воде. Однородность водной смеси сохраняется до -40°C и ниже. Жидкость «Нева» огнеопасна, токсична и при контакте с кожей человека приводит к дерматитам.

Жидкости ГТЖ-22м и «Нева» взаиморастворимы.

Жидкость БСК является смесью 50 % касторового масла и 50 % бутилового спирта, окрашена в ярко-красный, а иногда в ярко-зеленый цвет, имеет пряный запах бутилового спирта. С водой жидкость БСК не смешивается. При энергичном перемешивании образует эмульсию оранжевого или бледно-зеленого цвета, которая непригодна в качестве тормозной жидкости. Касторовое масло придает БСК высокую маслянистость, что благоприятно сказывается при эксплуатации системы гидропривода. В летнее время из жидкости БСК испаряется бутиловый спирт, вследствие чего вязкость ее несколько повышается.

Недостатком БСК является способность касторового масла при длительном охлаждении выпадать из смеси в виде сгустков кристаллов. Кристаллизация начинается уже при -5°C и интенсивно протекает при $-20\ldots-25^{\circ}\text{C}$. Образующиеся рыхлые сгустки постепенно уплотняются и в таком виде могут вызвать закупоривание трубопроводов системы гидропривода

и отказ тормозов. Поэтому не рекомендуется применять жидкость БСК при температуре воздуха ниже $-17...-20^{\circ}\text{C}$.

В процессе эксплуатации автомобиля возможна потеря тормозной жидкости из-за просачивания через сальники, а также испарения летучих компонентов. При восполнении убыли необходимо добавлять тормозную жидкость только той же марки. Нельзя смешивать тормозные жидкости различных марок, так как при этом произойдет их расслоение и смесь окажется непригодной для использования.

Если марка жидкости в гидравлической системе привода тормозов неизвестна, то следует сделать пробу на смешение. Для этого в пробирку или другой стеклянный сосуд наливают в равных количествах жидкость, взятую из гидравлической системы, и ту, которую предполагается добавлять, и взбалтывают. Если марки жидкостей различны, то после кратковременного отстоя в сосуде образуются два слоя.

Смена тормозной жидкости обычно приурочивается к сезонному техническому обслуживанию, во время которого сливается загрязненная жидкость, гидравлическая система очищается, промывается денатурированным спиртом и просушивается продувкой воздухом.

Слитую из гидравлической системы отработанную тормозную жидкость ГТЖ-22м разбавляют 10—15-кратным объемом воды и сливают в глубокую яму, которую затем засыпают. Сливать жидкость в канализацию или на землю запрещается. Отработанные жидкости БСК и «Нева» сжигают.

Амортизаторные жидкости. В качестве рабочих жидкостей для гидравлических амортизаторов, как рычажных, так и телескопических, используют нефтяные масла различных марок или их смеси.

Для обеспечения мягкой работы амортизаторов в любое время года нужно, чтобы амортизационная жидкость обладала хорошими вязкостно-температурными свойствами и низкой температурой застывания.

Вязкость амортизационной жидкости при 50°C должна составлять 11—14 мм²/с, а при 0°C — не более 220—260 мм²/с.

Для амортизаторов автомобилей обычно применяют всесезонно веретенное масло АУ или гидравлическое АУП. Используют также смесь турбинного масла 22 и трансформаторного в соотношении примерно 1 : 1. Однако масло АУ и смесь обладают недостаточно хорошей вязкостно-температурной характеристикой. Вязкость этих жидкостей быстро возрастает при понижении температуры, в результате чего повышается жесткость работы амортизаторов. Так, сопротивление автомобильного амортизатора, заполненного маслом АУ, при понижении температуры с 20 до -10°C возрастает примерно на 35 %. При дальнейшем понижении температуры вязкость жидкости еще

больше увеличивается, при -30°C застывает смесь масел, а при -45°C застывает и масло АУ. В этом случае при движении автомобиля неизбежна поломка амортизаторов.

Лучшими эксплуатационными качествами обладают амортизаторные жидкости АЖ-12Т и АЖ-16А, приготовляемые на основе маловязкого масла и этилполисилоксановой жидкости № 5 с добавкой противоизносной присадки совол, антиокислительной присадки ионол и ингибитора окисления. Такой состав амортизаторной жидкости обеспечивает мягкую работу амортизаторов в любое время года.

При работе амортизаторная жидкость загрязняется продуктами изнашивания поршня и цилиндра амортизаторов и частично окисляется. Через каждые 25—30 тыс. км пробега автомобиля старую амортизаторную жидкость сливают, и после промывки амортизаторов керосином в них заливают свежую жидкость.

Выбор рабочих жидкостей для гидросистем лесных машин определяется диапазоном рабочих температур; давлением в гидросистеме; скоростями движения выходных звеньев гидродвигателей; свойствами конструкционных и уплотнительных материалов; условиями хранения машин во время перерывов в работе.

Минимально допустимая вязкость рабочих жидкостей, при которой обеспечивается удовлетворительное значение объемного КПД (0,80—0,85) и исключается нарушение смазочной пленки, составляет 16—18 $\text{мм}^2/\text{с}$ для шестеренчатых насосов; 10—12 $\text{мм}^2/\text{с}$ — для пластинчатых; 6—8 $\text{мм}^2/\text{с}$ — для аксиально-поршневых.

Максимально допустимая вязкость рабочей жидкости определяется работоспособностью насоса при минимальных температурах окружающей среды. Для обеспечения прокачиваемости жидкостями ее вязкость не должна превышать 5000 $\text{мм}^2/\text{с}$ для шестеренчатых насосов; 4500 $\text{мм}^2/\text{с}$ — для пластинчатых; 1800 $\text{мм}^2/\text{с}$ — для аксиально-поршневых. Невыполнение этого требования часто приводит к выходу из строя насосов гидросистем лесных машин, работающих в зимних условиях. Практикой установлено, что для обеспечения прокачиваемости рабочей жидкостями по гидролиниям температура ее должна быть на 10...15 $^{\circ}\text{C}$ выше температуры застывания.

Характеристика рабочих жидкостей, применяемых в гидросистемах лесных машин, приведена в табл. 32.

Масло ВМГЗ рекомендуется использовать всесезонно в гидросистемах лесных машин, работающих в средней полосе, на севере и северо-востоке страны. Заменителями ВМГЗ могут быть АМГ-10, ГМ-50И, МГЕ-10А или веретенное масло АУ.

Рабочие жидкости МГ-20 и МГ-30 могут быть использованы всесезонно при работе лесных машин в средней полосе. Заме-

нителями этих жидкостей могут быть индустриальные масла И-20А, И-30А, но при запуске в зимних условиях их необходимо подогревать.

Кроме указанных заменителей, в летних условиях эксплуатации лесных машин можно применять индустриальные масла ИГП-18, И-40А или моторные масла М8Б, М10Б.

32. Характеристика рабочих жидкостей на нефтяной основе, применяемых в гидросистемах лесных машин

Марка рабочей жидкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с, при температуре, °С				Температура застывания, °С	Диапазон допустимых температур, °С
	+50	+20	—20	—40		
АМГ-10	10	20	130	451	—70	—50 ... +60
МГЕ-10А	10	—	—	—	—70	—50 ... +60
ГМ-50И	8	19	120	540	—60	—50 ... +50
ВМГЗ	10	27	220	2 300	—60	—50 ... +50
МГ-20	20	75	1 600	—	—40	—20 ... +80
МГ-30	30	140	7 000	—	—35	—20 ... +80
ИГП-18	18	—	—	—	—8	+10 ... +80
Веретенное АУ	13	50	1 250	20 000	—45	—30 ... +60
И-12А	12	50	1 800	—	—30	—20 ... +60
И-20А	20	75	—	—	—15	—5 ... +90
И-30А	30	160	—	—	—15	+5 ... +60
И-40А	40	229	—	—	—15	+5 ... +60
М8Б	33	180	—	—	—25	0 ... +100
М10Б	80	700	—	—	—15	+10 ... +100

Контрольные вопросы

1. Каким основным требованиям должны удовлетворять топлива для двигателей?

2. Назовите способы повышения детонационной стойкости автомобильных бензинов.

3. В чем состоит сущность неуправляемого воспламенения топлива?

4. Назовите основные эксплуатационные свойства дизельных топлив.

5. Каковы перспективы применения газообразных топлив для дизельных двигателей?

6. Какой критерий является определяющим при обосновании выбора моторного масла?

7. Назовите основные принципы классификации трансмиссионных масел.

8. Расскажите о назначении и обосновании выбора индустриальных масел.

9. Назовите отличительные свойства пластичных смазок и область их применения.

10. В чем состоят особенности применения охлаждающих жидкостей, замерзающих при низких температурах?

11. Назовите основные эксплуатационные свойства тормозных и амортизаторных жидкостей.

12. Каким требованиям должны удовлетворять жидкости для гидросистем лесных машин?

16.1. Способы хранения оборудования

Правильная организация хранения машин должна обеспечивать создание условий, исключающих возможность их разрушения и порчи. Различают кратковременное (межсменное) и длительное (консервация) хранение машины.

Главная задача межсменного хранения — защита машин от вредного воздействия природных факторов (снега, дождя, пыли, влияния низких и высоких температур и др.) и обеспечение условий для легкого пуска двигателей. Перед постановкой машины на межсменное хранение проводятся операции ЕТО.

Длительное хранение (свыше 3 месяцев) требует проведения определенного комплекса работ, обеспечивающего ограничение влияния атмосферных условий, нагрузок от собственного веса машин и монтажных напряжений.

Различают следующие способы хранения машин: в теплых помещениях (гаражах, депо и т. п.), в неотапливаемых помещениях и под навесом, на открытых площадках.

Выбор того или иного способа хранения зависит от условий эксплуатации. При постоянном месте стоянки машины желательно хранить в теплых, отапливаемых помещениях, так как этот способ создает наилучшие условия для правильной организации технического обслуживания и для легкого и быстрого пуска двигателей. Машины, которые должны находиться в постоянной готовности к работе, следует хранить в теплых гаражах. Хранение машин в неотапливаемых помещениях и под навесом требует специального оборудования для предпусковой тепловой подготовки двигателей.

Основным видом работ в лесном хозяйстве в зимнее время являются лесозаготовки. Нестационарность мест выполнения этих работ и их кратковременность определяют необходимость организации открытого хранения машин на специальных стоянках.

При открытом хранении машин их стоянку устраивают на заранее подготовленной площадке. Оборудование площадки открытого хранения машин должно обеспечивать легкий пуск двигателей за счет интенсивного их подогрева, удобное размещение машин при их стоянке.

Площадку безгаражного хранения оснащают оборудованием для межсменного подогрева или предпускового разогрева машин и противопожарным инвентарем.

Для проведения ТО и ТР рекомендуется иметь легкий сборно-разборный или передвижной щитовой бокс-профилакторий. Необходимо, кроме того, иметь емкости для хранения топливо-смазочных материалов, оборудование для заправки машин и устройства для подогрева дизельного топлива и масла.

Положение машин на местах открытого хранения зависит от применяемого оборудования для разогрева или межсменного подогрева двигателей. При использовании стационарного оборудования машины должны устанавливаться на местах хранения таким образом, чтобы системы охлаждения могли быть удобно присоединены к магистрали теплоносителя, используемого для разогрева или межсменного подогрева.

Все прицепные, навесные и другие специальные лесохозяйственные машины должны храниться под навесами и в закрытых помещениях.

Машины ставят на хранение после проведения сезонного обслуживания и сдачи на склад узлов, деталей, которые должны храниться в закрытых помещениях. Под опорные или ходовые колеса, под рабочие органы или раму машины подкладывают деревянные или металлические подкладки или подставки для предохранения рабочих органов от соприкосновения с землей, а также для разгрузки несущей рамы, пневматических колес, амортизаторов и других механизмов и узлов машины.

У лесохозяйственных машин с активными рабочими органами (корчевателей, кусторезов, фрез) сливают масло из редуктора и промывают его смесью, состоящей из 80 % дизельного топлива и 20 % смазочного масла.

Стальной трос лебедок пропитывают отработанным моторным маслом, плотными рядами наматывают на барабан или катушку и сдают на склад. Роликовые цепи очищают, промывают и проваривают в течение 20 мин в моторном масле, разогретом до 80...90 °С, затем устанавливают без натяжения на машину. Предохранительные пружины разгружают и оставляют на машине в свободном состоянии.

У опрыскивателей и опыливателей в цилиндры насосов после промывки заливают 100—300 г обезвоженного моторного масла. Снятые манометры плотно обертывают бумагой, покрытой предохранительной смазкой, и сдают на склад. После снятия с машины манометров, шлангов, трубопроводов штуцеры и отверстия закрывают деревянными пробками. Помещение, в котором хранятся машины и аппараты для химической обработки растений, должно быть обязательно изолированным и хорошо вентилируемым.

Рабочие органы, регулировочные болты, резьбовые соединения, звездочки, хомуты и другие детали с неокрашенной поверхностью покрывают консервационной смазкой. При хранении машин под навесом используют специальные консервационные смазки ПВК, ВТВ-1, К-17, НГ-204у.

Для консервации дисковых ножей, рыхлительных лап и других рабочих органов могут быть использованы подходящие емкости, заполненные отработанным моторным или трансмиссионным маслом.

Состояние машин в период хранения необходимо проверять не реже одного раза в 2 месяца, а после сильного ветра и снегопада — не позднее следующего дня. Проверяют правильность установки машин, их комплектность, состояние заглушек, плотность их прилегания, целостность окраски, наличие предохранительной смазки, состояние защитных устройств, отсутствие ржавчины, гниения деревянных деталей. Удаляют снег, воду, устраняют обнаруженные неисправности.

16.2. Методы и средства облегчения пуска двигателей

При хранении машин на открытых площадках в зимнее время происходит охлаждение механизмов, агрегатов и эксплуатационных материалов. По этой причине затрудняется пуск двигателей, снижается надежность машин и увеличивается расход топлива.

Затруднение пуска двигателя возникает из-за сложности обеспечения необходимой пусковой частоты вращения коленчатого вала, при которой у карбюраторных двигателей обеспечиваются достаточная скорость воздуха во впускной трубе и интенсивное распыливание топлива, а у дизелей — достаточно высокая температура конца сжатия, без чего невозможно подготавливать горючую смесь к воспламенению.

Минимально необходимая для пуска двигателя частота вращения коленчатого вала зависит от температуры окружающего воздуха и типа двигателя (табл. 33).

33. Минимальная пусковая частота вращения коленчатого вала

Тип двигателя	Пусковая частота вращения, мин ⁻¹	
	при +5 °С	при -30 °С
Карбюраторный	20—30	70—75
Дизельный четырехтактный	100—120	180—200
Дизельный двухтактный	120—200	300—350

Чтобы сообщить коленчатому валу двигателя необходимую пусковую частоту вращения, пусковое устройство должно преодолеть момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала M_c :

$$M_c = M_j + M_k + M_t, \quad (153)$$

где M_j — момент на преодоление сил инерции движущихся масс двигателя; M_k — момент на преодоление компрессии в цилиндрах двигателя; M_t — момент на преодоление сил трения.

Величины моментов M_j и M_k при снижении температуры практически не изменяются, а момент M_t увеличивается в не-

сколько раз вследствие значительного повышения вязкости моторного масла.

В то же время при низких температурах резко снижаются возможности пускового устройства. Это объясняется уменьшением емкости аккумуляторной батареи и падением напряжений на ее клеммах. При понижении температуры на 1°C емкость аккумуляторной батареи снижается на $1,0\text{--}1,5\%$, а при температуре электролита -30°C батарея не принимает заряд и электролит может замерзнуть.

Критерием при сравнительной оценке пусковых качеств двигателей внутреннего сгорания является температурный предел пуска, который определяет, при какой минимальной температуре возможен холодный пуск двигателя без применения средств облегчения.

Температурный предел пуска зависит от конструктивных особенностей и технического состояния двигателей и пускового устройства, а также от сорта и качества применяемых масел и топлив. Однако одинаковый температурный предел пуска различных двигателей еще не дает основания оценить их пусковые качества как равные.

Время пуска и мощность, затрачиваемая на пуск, а стало быть, количество работы (энергии), необходимой для осуществления пуска, может существенно отличаться у разных двигателей с одинаковым температурным пределом пуска и одинаковым рабочим объемом.

Количество энергии $W_{\text{п}}$, затрачиваемой на осуществление пуска, названо энергоемкостью пуска:

$$W_{\text{п}} = N_{\text{п}} T_{\text{п}}, \quad (154)$$

где $N_{\text{п}}$ — мощность, затрачиваемая на пуск двигателя; $T_{\text{п}}$ — время пуска двигателя.

При сравнительной оценке различных методов пуска на одном двигателе при одной и той же температуре окружающей среды энергоемкость пуска является наиболее полным и объективным показателем эффективности того или иного метода пуска.

И, наконец, при оценке различных методов пуска, кроме температурного предела и энергоемкости, необходимо учитывать пусковые износы двигателя, а также материальные затраты и время на подготовку пуска.

Пусковые приспособления и легковоспламеняющиеся жидкости. Пусковая жидкость, вводимая одновременно с рабочим топливом во впускной трубопровод, образует горючую смесь, способную к воспламенению при низких температурах. Необходимая скорость прокручивания коленчатого вала в холодном двигателе может быть достигнута за счет применения загущенных масел с хорошими низкотемпературными свойствами.

Основным компонентом большинства пусковых жидкостей является диэтиловый эфир. Вторым обязательным компонентом пусковой жидкости служит масло или коллоидальный графит, назначение которых — обеспечить смазку цилиндропоршневой группы холодного двигателя.

Диэтиловый (серный) эфир обладает низкой температурой самовоспламенения ($180 \dots 200^\circ\text{C}$ при атмосферном давлении). Введение чистого диэтилового эфира в камеру сгорания обеспечивает его воспламеняемость при температуре конца сжатия $190 \dots 220^\circ\text{C}$. Однако при введении чистого эфира наблюдается высокая скорость нарастания давления в цилиндрах, что может привести к поломкам двигателя.

К пусковым жидкостям предъявляются следующие требования: высокая эффективность, обеспечивающая пуск холодных двигателей при температуре окружающей среды до $-35 \dots -40^\circ\text{C}$; при пуске жидкость должна обеспечивать «мягкую» работу двигателя, т. е. плавное нарастание давления; жидкость должна быть нетоксичной и стабильной при хранении; все компоненты, входящие в жидкость, должны быть недефицитными и недорогими; жидкость должна содержать специальное масло с противозносными присадками.

В СССР разработаны и получили применение пусковые приспособления НАМИ, 6ПП-40 и 5ПП-40, которые могут использоваться как на дизелях, так и на карбюраторных двигателях. Для пуска дизельных двигателей разработана пусковая жидкость «Холод Д-40», обеспечивающая пуск холодных двигателей при температуре до $-25 \dots -28^\circ\text{C}$.

В состав пусковой жидкости «Холод Д-40» входят 60 % диэтилового эфира, 15 % изопропилнитрата, 15 % петролейного эфира или газового бензина, 10 % масла для судовых газовых турбин и антиокислительная присадка.

Пусковая жидкость «Арктика» предназначена для пуска карбюраторных двигателей при температуре до $-35 \dots -40^\circ\text{C}$. В ее состав (по массе) входят 45—60 % диэтилового эфира, 35—55 % газового бензина, 10—15 % изопропилнитрата, 2 % противозносной и противозадирной присадок и 0,5 % антиокислительной присадки.

В топливной смеси в цилиндре двигателя сначала воспламеняется диэтиловый эфир, а затем топливо. Отсутствие промежуточных компонентов приводит к задержке начала сгорания основного топлива, что значительно ухудшает процесс сгорания на пусковом режиме. Введение в состав пусковой жидкости изопропилнитрата, имеющего более высокую температуру воспламенения, чем диэтиловый эфир, но более низкую, чем у основного топлива, позволяет подготовить последнее к процессу воспламенения и началу видимого горения до в. м. т., способствует снижению максимальной скорости нарастания

давления. Это может достигаться также введением в состав пусковой жидкости петролейного эфира, который характеризуется высоким давлением насыщенных паров и в связи с этим, испаряясь в цилиндре двигателя, воспламеняется при более низкой температуре, чем основное топливо. В результате обеспечивается постепенное воспламенение рабочей смеси в цилиндрах двигателя.

Применение легковоспламеняющихся жидкостей и пусковых приспособлений значительно повышает мобильность и позволяет обеспечить надежный пуск автотракторных двигателей в районах с холодным климатом. Пуск двигателей с помощью легковоспламеняющихся жидкостей может применяться самостоятельно или в сочетании с предпусковой тепловой подготовкой.

Тепловая подготовка двигателей. При температурах окружающей среды ниже $-35...-40^{\circ}\text{C}$ холодный пуск двигателей невозможен даже в случае применения загущенных масел на маловязкой основе и легковоспламеняющихся жидкостей, так как в этих условиях вязкость масел, имеющих наиболее пологую температурно-вязкостную характеристику, возрастает настолько, что момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала двигателя становится большим, чем максимальный крутящий момент пускового устройства. Надежный пуск двигателей в этих условиях может быть обеспечен лишь при помощи межсменной или предпусковой тепловой подготовки. Тот факт, что пуск двигателя, его прогрев и трогание машины с места не вызывают затруднений в летний период, а также при хранении машин в теплых гаражах (где техническими условиями устанавливается уровень температур лишь $+5^{\circ}\text{C}$), говорит о достаточности комплексной тепловой подготовки до указанного уровня температур для надежного и быстрого ввода машины в эксплуатацию.

Под комплексным (в отличие от полного) следует понимать обогрев не всей машины, а только тех ее узлов и систем, тепловое состояние которых определяет легкость пуска двигателя, быстрый прогрев и готовность машины к работе.

Вследствие высокой стоимости машино-места в закрытом теплом гараже (превышает стоимость автомобиля или трактора) решение задачи по обеспечению их готовности к работе в условиях низких температур следует искать в совершенствовании открытого хранения машин.

Наиболее рациональный и экономичный разогрев двигателя перед пуском достигается применением индивидуального пускового подогревателя, смонтированного непосредственно на машине.

Для тракторных дизелей и автомобильных карбюраторных двигателей разработаны пусковые жидкостные подогреватели

серии ПЖБ, работающие на бензине. На тракторах «Кировец» устанавливаются системы подогрева, работающие на дизельном топливе и обеспечивающие тепловую подготовку двигателей и коробок передач.

Для автомобильных дизельных двигателей разработаны пусковые жидкостные подогреватели серии ПЖД, работающие на дизельном топливе.

Разогрев двигателей горячей водой. Распространенным способом тепловой подготовки является разогрев двигателя горячей водой, заливаемой в систему охлаждения через радиатор. Основным недостатком этого метода является то, что радиатором при заливке горячей воды поглощается большое количество тепла, которое затем передается в окружающую среду, минуя двигатель. В результате этого температура горячей воды, выходящей из радиатора и поступающей в рубашку блоков цилиндров, понижается с 80...85 до 40...50 °С. Все это приводит к большому расходу горячей воды и значительной затрате времени и энергии водителя. Так, при температуре окружающей среды ниже —10 °С расход горячей воды с температурой 80...85 °С составляет 2—3 и более вместимости системы охлаждения. В процессе разогрева двигателя вода часто сливается на землю, образуя наледи на территории стоянки машин. Кроме того, многократное пропускание воды через систему охлаждения вызывает образование накипи, засоряющей трубки радиатора и снижающей эффективность системы охлаждения.

Разогрев двигателей горячей водой целесообразен при температуре наружного воздуха до —30 °С с использованием загущенных зимних масел для двигателей с объемом системы охлаждения до 30 л, а также в сочетании с пусковыми легковоспламеняющимися жидкостями. Совместное применение разогрева двигателей горячей водой и пусковых жидкостей позволяет до минимума уменьшить расход горячей воды, так как для обеспечения надежного пуска достаточно однократного заполнения горячей водой рубашки охлаждения блока цилиндров двигателя.

Разогрев двигателей паром — менее трудоемкий способ тепловой подготовки, но применяется реже, чем другие способы, вследствие большой сложности оборудования и трудностей его обслуживания.

Одно из главных требований при использовании пара для облегчения пуска двигателей зимой заключается в том, что тепло должно распределяться возможно равномернее между всеми цилиндрами. Соблюдать это требование необходимо потому, что местный концентрированный подвод пара («точечный») иногда вызывает перегрев и температурную деформацию цилиндров, приводящую к повышенным износам двигателей и даже трещинам в блоке.

Применение пара обычно не предполагает возврата конденсата, что вызывает быстрое образование накипи в котельных установках. Кроме того, пар, подводимый по шлангам к двигателю, конденсируется в системе охлаждения, переполняет ее емкости и загрязняет площадку стоянки. Неизбежно также и осаждение конденсата на холодных деталях трактора или автомобиля, что ведет к отсыреванию электропроводки и вызывает нарушения в ее работе. Следует также учесть, что пар, являясь интенсивным теплоносителем, опасен для обслуживающего персонала уже при давлениях 0,03 МПа, а давление в подводящей магистрали должно быть не менее 0,2 МПа.

Использование электрической энергии (электронагревательных элементов) для обеспечения пуска двигателя представляет большой интерес. Конструкция нагревательных элементов очень проста. Наиболее приемлемыми из них являются те, в которых тепло выделяется проводниками с большим сопротивлением. Данный вид электронагревательных элементов находит все большее применение в практике эксплуатации автомобилей и тракторов.

Самыми удобными являются электронагреватели с закрытой спиралью и в первую очередь трубчатые нагреватели (ТЭНы), серийно выпускаемые промышленностью.

Разогрев двигателя газовыми горелками инфракрасного излучения основан на передаче тепловой энергии к нагреваемому телу при помощи инфракрасных лучей. Источником инфракрасного излучения является беспламенная газовая горелка.

К преимуществам такого способа следует отнести малое содержание оксида углерода в продуктах сгорания (не более 0,05 %) и возможность получения высокого КПД установки.

К недостаткам можно отнести повышенные требования техники безопасности и низкую ветроустойчивость горелок, которые могут работать лишь при скоростях ветра до 3—5 м/с. Это объясняется тем, что излучатель газовой горелки подвержен обдуву ветром, создающему противодействие и гасящему горелку.

Первоначальное воспламенение газозоудшной смеси у поверхности объемной сетки осуществляется от электрической спирали накаливания или факела запальника. При сгорании смеси объемная сетка нагревается до температуры 800...900 °С и становится источником лучистой энергии инфракрасной области спектра электромагнитных колебаний. Основное свойство инфракрасных лучей — это способность проникать внутрь тела на некоторую глубину и повышать его температуру. Воздух же при прохождении лучей не нагревается. При помощи инфракрасных лучей к нагреваемому телу подводится около 40—50 % тепловой энергии. Остальная часть тепла передается с продук-

тами сгорания. В зависимости от способа подвода газа к горелке различают стационарные и передвижные установки.

В *стационарной* установке газовая горелка подключается к стояку стационарного газопровода и может работать на природном газе от сети или сжиженном газе из емкости.

В *передвижной* установке газовая горелка подключается к баллону с сжиженным газом и вместе с ним может перемещаться по территории стоянки машин. Такие установки целесообразно применять на временных открытых стоянках или при работе автомобиля или трактора в отрыве от предприятия. В этом случае газовую горелку и баллон необходимо размещать непосредственно на автомобиле или тракторе.

Кроме указанных выше недостатков, применение этого способа тепловой подготовки машин в условиях лесного хозяйства ограничивается недостаточным распространением газа.

Подогрев двигателей и других агрегатов машин горячим воздухом получил в настоящее время широкое распространение. Он может быть получен с помощью *передвижных* калориферных установок, применяемых в авиации, сельском и лесном хозяйстве, в промышленности и на стройках, или *стационарных* калориферных установок, используемых, например, для вентиляции или воздушных систем отопления жилых и производственных помещений. Наиболее оправдано применение воздухообогрева с подачей воздуха в подкапотное пространство и дополнительно (в суровых климатических условиях) на некоторые агрегаты трансмиссии.

Преимуществом воздухообогрева с подачей воздуха в подкапотное пространство является возможность проведения комплексной тепловой подготовки всей машины, в то время как остальные способы ограничивают свои функции лишь обогревом двигателя.

Условия хранения автомобиля или трактора на воздухообогреве близки к условиям хранения в гараже, где машина обогревается теплым воздухом помещения. Воздухообогрев происходит за счет тепла воздуха, подводимого к машине, которая установлена на открытой стоянке. Простота подачи воздуха и его высокая проникающая способность облегчают выборочный обогрев любого агрегата или системы машины. При воздухообогреве теплый воздух, подаваемый в моторный отсек, обогревает не только блок двигателя, но и все приборы системы питания, смазки и электрооборудования. Засасывание горячего воздуха во впускную трубу значительно повышает надежность пуска двигателя. Температура воздуха в подкапотном пространстве при воздухообогреве составляет 20...50 °С.

Возможность обогрева аккумуляторов горячим воздухом способствует более полному использованию емкости аккумуляторов при пуске двигателей,

Независимо от способа получения горячего воздуха установки для воздухообогрева включают в себя следующие узлы: калориферный агрегат с вентилятором для нагревания и подачи воздуха;

воздуховоды со стояками и соединительными патрубками для подвода горячего воздуха к агрегатам машины;

систему трубопроводов для подвода к калориферам горячей воды или пара;

систему управления, сигнализации и контроля.

Установки со стационарными калориферными агрегатами могут быть расположены как ниже уровня стоянки машины, так и на ее поверхности. Подземный вариант размещения установки целесообразно применять при строительстве новых гаражей и зон обслуживания, а наземный или надземный — в существующих гаражах и местах стоянок.

Передвижные установки с огневыми или электрическими калориферными агрегатами целесообразно применять на временных стоянках и при работе машины на значительном расстоянии от гаражей и зон обслуживания, что характерно для предприятий лесного хозяйства и лесной промышленности.

Контрольные вопросы

1. Какие способы хранения машин применяются в лесном хозяйстве?
2. В чем состоят особенности длительного хранения лесохозяйственных машин и орудий?
3. Назовите причины затруднения пуска двигателей при хранении машин на открытых площадках в зимнее время.
4. Какие методы и средства применяются для облегчения пуска двигателей зимой без предварительной тепловой подготовки?
5. Назовите основные методы предпусковой тепловой подготовки двигателей и других агрегатов машин.
6. Обоснуйте наиболее эффективный метод предпусковой тепловой подготовки двигателей в условиях лесхоза.

1. Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.— М.: Госполитиздат, 1986.— 352 с.
2. Александров В. А. Нагруженность лесосечных машин манипуляторного типа.— Л.: ЛТА им. С. М. Кирова, 1979.— 30 с.
3. Алексеев В. Н., Кувайцев И. Ф. Автотракторные эксплуатационные материалы.— М.: Воениздат, 1979.— 214 с.
4. Бабусенко С. М., Степанов В. А. Современные способы ремонта машин.— М.: Колос, 1977.— 272 с.
5. Беллман Р. Динамическое программирование.— М.: Мир, 1960.— 18 с.
6. Валовик Е. Л. Справочник по восстановлению деталей.— М.: Колос, 1981.— 351 с.
7. Вентцель Е. С. Теория вероятностей.— М.: Наука, 1969.— 276 с.
8. Воскобойников И. В., Рузин С. И. Техническое обслуживание и ремонт лесозаготовительных машин и оборудования.— М.: Лесная промышленность, 1984.— 280 с.
9. Надежность изделий лесохозяйственного машиностроения. Номенклатура нормируемых показателей: Временные методические указания.— Пушкино: Гос. комитет по лесному хозяйству СССР, 1987.— 16 с.
10. Герцбах И. Б. Модели профилактики.— М.: Сов. радио, 1969.— 213 с.
11. ГОСТ 27.002—83. Надежность в технике. Термины и определения.— М.: Изд-во стандартов, 1984.— 21 с.
12. ГОСТ 183.722—73. Система технического обслуживания и ремонта техники.— М.: Изд-во стандартов, 1979.— 22 с.
13. Гуреев А. А., Иваиов Р. Я., Щеголев Н. В. Автомобильные эксплуатационные материалы.— М.: Транспорт, 1974.— С. 234—246.
14. Драгунович В. И., Бабушкин И. Н. Ремонт машин и оборудования лесозаготовительных предприятий.— М.: Лесная промышленность, 1982.— 296 с.
15. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных производственных систем.— М.: Энергоатомиздат, 1986.— С. 231—233.
16. Ермолов Л. С., Кряжков В. М., Черкун В. Е. Основы надежности сельскохозяйственной техники.— М.: Лесная промышленность, 1987.— 271 с.
17. Зорин В. А. Основы долговечности строительных и дорожных машин.— М.: Машиностроение, 1978.— 245 с.
18. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы.— М.: Машиностроение, 1983.— 374 с.

19. Колесник П. А., Шейнин В. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей.— М.: Транспорт, 1985.— 325 с.
20. Копчиков В. П., Невмержицкий В. Н., Минков А. С. Централизованное обслуживание лесозаготовительной техники.— М.: Лесная промышленность, 1982.— 150 с.
21. Копчиков В. П., Невмержицкий В. Н., Минков А. С. Техническая эксплуатация машин и оборудования лесозаготовительной промышленности.— М.: Лесная промышленность, 1986.— 224 с.
22. Система лесохозяйственных машин/Ларюхин Г. А., Калинин Н. П., Чернышев В. В. и др.— М.: Агропромиздат, 1985.— 264 с.
23. Метальников М. С. Справочник по регулировкам лесохозяйственных машин.— М.: Высшая школа, 1982.— 224 с.
24. Немцов В. П., Шестаков Б. А. Техническая эксплуатация автомобильного транспорта на лесозаготовительных предприятиях.— М.: Лесная промышленность, 1985.— 271 с.
25. Положение о техническом обслуживании и ремонте лесозаготовительного оборудования.— М.: Минлеспром СССР, 1979.— 236 с.
26. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта.— М.: Транспорт, 1986.— 72 с.
27. Покровский Г. П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости: Учебник для вузов.— М.: Машиностроение, 1985.— 195 с.
28. Прохоров В. Б. Эксплуатация машин в лесозаготовительной промышленности: Учебник для вузов.— М.: Лесная промышленность, 1978.— 303 с.
29. Раппопорт Г. Н., Солин Ю. В. Применение промышленных роботов.— М.: Машиностроение, 1985.— 270 с.
30. Руководство по организации технического обслуживания машин в лесном хозяйстве.— М.: ВНИИЛМ, 1981.— 166 с.
31. Серов А. В., Миляков В. В., Назаренко А. С. Техническая эксплуатация лесозаготовительного оборудования.— М.: Лесная промышленность, 1987.— 271 с.
32. Сквородин В. Я., Тишин Л. В. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники.— Л.: Лениздат, 1985.— 204 с.
33. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов./Под ред. Г. В. Крамаренко.— М.: Транспорт, 1983.— 487 с.
34. Трение, изнашивание и смазка. Кн. 1: Справочник/Под ред. И. В. Крагельского.— М.: Машиностроение, 1978.— С. 234—246.
35. Федоров Д. И., Бондарович Б. А. Надежность рабочего оборудования землеройных машин.— М.: Машиностроение, 1981.— 280 с.
36. Шаталов В. Г., Казарцев И. С. Техническое обслуживание и ремонт лесохозяйственных машин.— М.: Лесная промышленность, 1980.— 88 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Балансирование деталей 96—98

Безотказность машины 34

Вероятность безотказной работы 36

Взаимозаменяемость 99

Восстановление деталей 120

Время оперативное 79

— подготовительно-заключительное 79

Гамма-процентная наработка 37

Гамма-процентный ресурс 38

Гараж 43

Дефектация 90

Дефектоскопия 90

люминесцентная 93

магнитная 92

ультразвуковая 94

Диагностика 9, 224

Диагностические нормативы 227

Жидкости специальные:

амортизаторные 293

для гидросистем 294

охлаждающие 286

тормозные 291

Изнашивание 11

вид:

абразивный 14

коррозионно-механический 18

механический 14

при действии электрического

тока 19

усталостный 15

интенсивность 11

скорость 11

Износостойкость 15

Инструментальные материалы 126

Калильное закаливание 263

Капитальный ремонт 8

Комплект запасных частей:

индивидуальный 57

ремонтный 57

Комплектование деталей 95

Коррозия 28

Коэффициент готовности 39

— технического использования 40

Мастерские 44

Метод организации ремонтных работ:

агрегатный 48

бригадный 47

поточно-узловой 48

поточный 48

узловой 47

фирменный 49

Методы измерения износа 19—22

— и средства диагностирования 229

Моечно-очистительные операции 84

Моечные установки 85

Моторные масла 275

вязкостно-температурные свойства 275

классы вязкости 276

область применения 277

Наплавка 140, 151

Нарботка оборудования 34

Нормативы технического обслуживания 213

Обкатка оборудования 108, 109—117

Отказы:

внезапный 10

зависимый 10

конструкционный 10

независимый 10

перемежающийся 10

постепенный 10

производственный 10

эксплуатационный 10

Переход технологический 8

— вспомогательный 9

Периодичность ТО 212

Показатели надежности:

безотказность 34, 41

долговечность 35, 41

ремонтпригодность 35, 41

сохранность 35, 41

Поточный способ разборки 81

Производственная структура, процесс 8

Прочность статическая 22

— циклическая 25

Пункт технического обслуживания 45

Пуск двигателей 298

Пусковые приспособления 299

Ремонт агрегатный 8
— текущий 7
Ремонтно-механический завод 45
Ремонтно-механическая мастерская 44
Ремонтно-обслуживающая база лесного хозяйства 43

Сварка 141
Смазка пластичная 282

Тепловая подготовка двигателей 301
Техническое обслуживание:
ежегодное (ЕТО) 212
первое (ТО-1) 212
второе (ТО-2) 212
третье (ТО-3) 212
сезонное (СТО) 212

Техническое состояние машин:
исправное, неисправное 5
предельное 5
работоспособное, неработоспособное 5

Технический ресурс:
гамма-процентный 38
назначенный 38
средний 42
установленный 42
Топливо для ДВС 255

Уравнения ограничений 130
Усталость материала 25

Хранение машин 9, 296
закрытое 296
открытое 296

Электролитические покрытия 171

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	3
Раздел 1.	Научные основы ремонта и технической эксплуатации лесохозяйственного оборудования	5
Глава 1.	Основные понятия и определения	5
	1.1. Состояния машин	5
	1.2. Работы по сохранению исправного состояния техники	6
Глава 2.	Причины потери работоспособности машин	10
	2.1. Виды отказов	10
	2.2. Изнашивание элементов машин	11
	2.3. Методы измерения износа деталей	19
	2.4. Потеря статической прочности или жесткости элементов конструкций машин	22
	2.5. Усталостная (циклическая) прочность	25
	2.6. Коррозионное разрушение деталей машин	28
Глава 3.	Качество и надежность машин	33
	3.1. Общие понятия качества и надежности	33
	3.2. Показатели надежности машин	35
	3.3. Особенности нормирования показателей надежности лесохозяйственных машин	40
Глава 4.	Основы обеспечения работоспособности машин	43
	4.1. Материальная база для технического обслуживания и ремонта лесохозяйственной техники	43
	4.2. Организация технического обслуживания и ремонта	45
	4.3. Математическая модель обоснования оптимальных сроков профилактических и ремонтных работ	49
	4.4. Определение оптимальных сроков профилактики	53
	4.5. Обоснование требуемого количества запасных частей	56
	4.6. Определение оптимального состава индивидуальных и групповых комплектов запасных частей	60
Глава 5.	Разработка технологических процессов ремонта машин	65
	5.1. Стадия разработки технической документации	65
	5.2. Подготовка ремонтного производства и порядок сдачи машин в ремонт	67
	5.3. Основы проектирования технологических процессов	69

	5.4. Проектирование приспособлений	76
	5.5. Техническое нормирование труда	77
Раздел 2.	Технология и организация ремонта лесохозяйственного оборудования	80
Глава 6.	Технология разборочно-сборочных и очистных работ	80
	6.1. Основы технологии разборки машин и агрегатов	80
	6.2. Очистка машин, агрегатов и деталей	84
	6.3. Дефектовка, контроль, сортировка и комплектование деталей	90
	6.4. Балансировка деталей	96
	6.5. Технологические методы сборки деталей	98
	6.6. Сборка резьбовых соединений	100
	6.7. Сборка соединений с натягом	102
	6.8. Сборка зубчатых передач, шпоночных, шлицевых и конусных соединений	106
Глава 7.	Приработка и испытание машин	108
	7.1. Теоретические основы приработки	108
	7.2. Обкатка и испытание двигателей после проведения ремонта	109
	7.3. Обкатка агрегатов силовых передач	113
	7.4. Способы ускоренной приработки сопряжений	115
	7.5. Обкатка, испытание и контроль качества ремонта машин	115
	7.6. Окраска агрегатов и машин	117
Глава 8.	Проектирование технологических процессов восстановления деталей и механической обработки	120
	8.1. Разработка состава операций при восстановлении деталей	120
	8.2. Новые инструментальные материалы	126
	8.3. Расчет припусков и режимов обработки	130
	8.4. Восстановление сопряжений с использованием ремонтных размеров и применении дополнительных деталей	132
	8.5. Восстановление деталей пластической деформацией	135
	8.6. Виды технологии, применяемые в ремонтном производстве	137
Глава 9.	Ремонт деталей сваркой и наплавкой	141
	9.1. Ручная электродуговая сварка	142
	9.2. Газовая сварка и наплавка	146
	9.3. Особенности сварки чугуна, цветных металлов и сплавов	148
	9.4. Пайка при ремонте	150
	9.5. Механизированные и автоматизированные способы наплавки	151
	9.6. Восстановление деталей металлизацией	159
Глава 10.	Ремонт деталей электрофизическими и электролитическими способами	165
	10.1. Электрофизические способы обработки деталей	165
	10.2. Восстановление деталей электролитическими покрытиями	171
Глава 11.	Пластмассы и синтетические клеи и их применение при ремонте	179
	11.1. Характеристика полимерных материалов	179
	11.2. Ремонт деталей полимерными материалами	180
	11.3. Синтетические клеи и их применение при ремонте деталей машин	185
Глава 12.	Ремонт типовых деталей машин	188
	12.1. Ремонт деталей цилиндрической формы	188
	12.2. Ремонт корпусных деталей	192

12.3. Ремонт гусеничных и колесных ходовых систем . . .	195
12.4. Ремонт гидравлических систем	198
12.5. Ремонт рабочих органов лесохозяйственных машин . . .	204
12.6. Ремонт сеялок и высевających механизмов	208
Раздел 3. Техническая эксплуатация лесохозяйственного оборудования . . .	212
Глава 13. Виды технического обслуживания лесохозяйственного оборудования	212
13.1. Корректирование нормативов ТО и текущего ремонта автомобилей	213
13.2. Нормативы ТО и ТР тракторов, лесохозяйственных машин и орудий	215
13.3. Особенности технического обслуживания лесохозяйственных машин и орудий	216
Глава 14. Техническая диагностика машин	224
14.1. Диагностические параметры и нормативы	224
14.2. Процесс, методы и средства диагностирования	228
14.3. Диагностирование общего состояния лесных машин	233
14.4. Диагностирование двигателей внутреннего сгорания	241
14.5. Диагностирование агрегатов и механизмов трансмиссии, ходовой части и управления	247
Глава 15. Топливо, смазочные материалы и специальные жидкости	255
15.1. Топливо для двигателей внутреннего сгорания	255
15.2. Смазочные материалы	274
15.3. Специальные жидкости	286
Глава 16. Хранение лесохозяйственного оборудования	296
16.1. Способы хранения оборудования	296
16.2. Методы и средства облегчения пуска двигателей	298
Список использованной литературы	306
Предметный указатель	308

Вячеслав Николаевич Андреев, Владимир Васильевич Миляков,
Владимир Васильевич Баихин, Владимир Иванович Романенко

РЕМОНТ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Художественный редактор *С. Л. Шилова*

Технический редактор *Р. Н. Егорова*. Корректоры *А. У. Федорова* и *Л. И. Смагина*

ИБ № 8276

Сдано в набор 19.11.88. Подписано в печать 20.04.89. Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 19,5. Усл. кр.-отт. 19,5. Уч.-изд. л. 20,90. Изд. № 451. Тираж 5000 экз. Заказ № 2552. Цена 1 руб.

Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 191186, Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград. Социалистическая ул., 14.