

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

**Типажи и эксплуатация технологического
оборудования**
Курс лекций

Составитель:
**к.т.н., доцент кафедры АТ
Смирнов Д. Н.**

Владимир 2021

Курс лекций по дисциплине: «Типаж и эксплуатация технологического оборудования»

Лекция №1. Общая характеристика и классификация технологического оборудования

Технологическое оснащение предприятий автосервиса, являясь составляющим элементом производственно-технической базы (ПТБ), в значительной мере определяет производительность и качество работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, условия труда персонала, защиту окружающей среды и ресурсосбережение.

Техническое оснащение предприятия, предназначенное для осуществления технологических процессов основного производства, включает в себя инженерные сооружения, технологическое оборудование, оснастку, инструмент, средства измерения и контроля (рис. 1.1).

К инженерным технологическим сооружениям относятся осмотровые каналы, эстакады, одно- и многоярусные площадки и лестницы.

Технологическое оборудование состоит из машин и аппаратов. **Технологические машины** осуществляют воздействие на предмет труда за счет затрат и преобразований в основном механической энергии (металлообрабатывающий станок, пресс, автомобильный подъемник и др.). **В технологических аппаратах** обработка предметов труда происходит при помощи энергий немеханических видов (тепловой, химической, ультразвуковой и др.). К аппаратам относятся шланговые моечные установки, сварочное, окрасочное оборудование и др. В отдельных видах оборудования используется как механическая, так и немеханическая энергия. В этом случае отнесение оборудования к группе машин или

Типаж - совокупность признаков, в которых выражается, обнаруживается какой-нибудь тип. Типаж — это экономически оптимальная по номенклатуре и техническим параметрам совокупность машин, составляющая типоразмерные ряды, в которых оборудование объединено общностью народнохозяйственного назначения.



Рис. 1.1. Структура парка технологических сооружений, оборудования, оснастки и инструмента предприятий автосервиса

аппаратов производится на основании определения вида энергии, дающей основное технологическое воздействие.

Технологическое оборудование, в зависимости от целевого назначения, делится на две группы: общепромышленное оборудование и оборудование отраслевое.

В первую группу входит производственное оборудование, которое широко применяется не только на предприятиях автосервиса, но и на других объектах разных отраслей экономики. Сюда относится оборудование для выполнения сварочных, кузнечных, металлообрабатывающих, медницких, аккумуляторных, электроремонтных, радиотехнических, деревообрабатывающих и прочих работ.

Отраслевое технологическое оборудование (гаражное) создано специально для использования на предприятиях автомобильного транспорта с целью поддержания или восстановления технически исправного состояния автомобиля, его агрегатов и систем.

Это оборудование является предметом рассмотрения данной лекции, поэтому в дальнейшем термин «отраслевое оборудование» использоваться не будет.

Современное технологическое оборудование, выпускаемое отечественными и зарубежными заводами, достаточно разнообразно по номенклатуре, назначению, рабочим процессам, техническим параметрам, технологическим и конструктивным характеристикам, приводным устройствам и т. п. При всем многообразии конструкций парк технологического оборудования, в зависимости от вида обобщающих признаков, может быть разделен на отдельные классификационные группы. К таким признакам относятся: функциональное назначение; организационно-технологическая применяемость; технологическое назначение выполняемых операций; характер машинного или аппаратного процесса; физическое содержание технологического процесса, лежащего в основе машинной (аппаратной) операции; характер взаимодействия рабочих органов оборудования с объектом обработки; вид привода; степень автоматизации, конструктивное исполнение и др.

В зависимости от организационно-технологической применяемости на предприятиях автосервиса различают оборудование постовое и участковое.

Постовое оборудование предназначено для обслуживания и ремонта автомобиля, установленного на посту (автомобильные подъемники, порталные и туннельные моечные установки, оборудование для регулировки углов установки управляемых колес и др.).

Участковое оборудование используется для диагностики, регулировки и восстановления технической исправности отдельных агрегатов, сборочных единиц и деталей, снятых с автомобиля (балансировочные станки, стенды для проверки изделий электрооборудования автомобиля, станки для правки колесных дисков и др.).

Для малых предприятий автосервиса и мастерских такое деление

Технология – это последовательность действий по изменению состояния объекта и его физико-механических свойств, а также получения информации о состоянии объекта.

Технологическое оборудование – это оборудование, которое непосредственно взаимодействует с объектом и реализует технологию.

В автосервисе под **объектом** воздействия будет выступать автомобиль, машина; агрегат, узел или система; деталь.

Все оборудование классифицируется: а) по функциональному назначению, б) по степени специализации, в) по степени подвижности г) по технологическому назначению, д) по виду рабочего вещества (воздух, вода, пар), е) по типу рабочего органа, ё) по типу привода рабочего органа, ж) по степени автоматизации.

оборудования является весьма условным, так как для них характерно совмещение в одном производственном помещении постовых и участковых работ.

Классическим является разделение оборудования на группы по функционально-технологическим признакам. Принято выделять следующие основные группы оборудования:

- уборочно-моечное;
- подъёмно-осмотровое и подъёмно-транспортное;
- смазочно-заправочное;
- сборочно-разборочное;
- шиномонтажное и шиноремонтное;
- контрольно-диагностическое;
- окрасочно-сушильное;
- ремонтное для агрегатов и систем автомобиля.

Технологическое оборудование для автосервиса выпускается с различным видом привода: электромеханическим, электрогидравлическим, пневматическим, мускульным, комбинированным, — а также без привода.

Анализ технологических возможностей оборудования позволяет разделить его на две группы по уровню специализации — универсальное и специальное.

К *универсальному* относится оборудование, предназначенное для выполнения значительного количества разноименных операций на конструктивно различных изделиях. Наиболее характерным представителем этой группы является передвижная шланговая моечная установка высокого давления, которую можно использовать для наружной мойки любых моделей и типов автомобилей, мойки всех полостей кузова, а также агрегатов и деталей. К этой группе относятся также мотор-тестеры, оборудование для кузовных работ и др.

Специальное (или *специализированное*) оборудование предназначено для выполнения одной или нескольких технологически связанных операций (как правило, не более двух-трех) на различных изделиях (моделях) или обработки только одного вида (модели) изделия, например автомобильный подъемник или станок для балансировки колес непосредственно на легковом автомобиле.

В соответствии с действующим в системе автотранспорта России «Табелем технологического оборудования»... для использования в АТП и автотранспортных объединениях рекомендуется 241 модель технического оборудования.

Степень универсальности является одной из важнейших технических характеристик оборудования, определяющих его применимость и экономическую эффективность на предприятиях различной мощности и специализации.

По уровню автоматизации технологическое оборудование может быть неавтоматизированным, частично автоматизированным или автоматического действия.

В *неавтоматизированном* оборудовании механизированы только основные операции. Выполнение всех вспомогательных операций осуществляется вручную. Оператор также вручную управляет рабочими органами оборудования в основных операциях и контролирует качество обработки.

В *частично автоматизированном* оборудовании все основные и часть вспомогательных операций, включая останов оборудования после обработки изделия, выполняется автоматически. Непосредственное участие оператора требуется для выполнения установочных, съемочных, контрольных или некоторых других вспомогательных операций (в зависимости от процента автоматизации машины), а также включения машины в следующий цикл работы.

Полностью автоматизированное оборудование обеспечивает обработку изделия без участия человека. На долю оператора оставлены функции подготовки оборудования к работе и наблюдения за ее исправностью. Рабочий периодически контролирует качество обработки изделий и проводит подналадку механизмов.

Универсальное оборудование автосервиса в подавляющем большинстве своем относится к неавтоматизированному или частично автоматизированному, исключение составляют многопрограммные моечные установки порталного типа.

Система неавтоматизированных и (или) частично автоматизированных машин и аппаратов, расположенных в технологической последовательности, составляют поточную линию. Примером поточной линии в автосервисе является линия инструментального контроля технического состояния автомобиля при государственном техническом осмотре, а в автотранспортных предприятиях — линия ЕО или ТО-1, ТО-2 автомобилей. Перемещение автомобилей по линии может осуществляться принудительно с помощью конвейерных устройств или своим ходом.

К автоматическим линиям в автосервисе относятся многопрограммные моечные установки туннельного типа модульной компоновки.

На предприятиях автосервиса достаточно широко применяется технологическая и организационно-технологическая оснастки. Технологическая оснастка имеет второе название — технологические приспособления.

Как элемент технического обеспечения производственного процесса технологические приспособления представляет собой отдельное устройство, предназначенное для использования в основных и вспомогательных технологических операциях совместно с оборудованием или самостоятельно с целью повышения производительности труда, увеличения мускульных усилий рабочего, а также улучшения качества выполняемой операции.

Приспособления, устанавливаемые на оборудовании и используемые для выполнения захватных, прижимных, установочно-съёмочных, мерительных и других операций, по аналогии с общемашиностроительной терминологией носят название *станочных*. Эти приспособления в автосервисе применяются в гораздо меньшей мере, чем *автономные*, номенклатура которых чрезвычайно широка. К последним относятся различные съёмники, оправки, винтовые приспособления для запрессовки-выпрессовки деталей, струбцины для сборки-разборки сборочных единиц с упругими деталями, контрольные шаблоны, надставки и др.

Организационно-технологическая оснастки предназначена для улучшения условий труда рабочих и повышения культуры производства. В эту группу входят тележки и передвижные контейнеры для инструмента, агрегатов и деталей, снимаемых с автомобиля, телескопические и поворотные кронштейны для инструмента, специальные передвижные стойки для диагностической аппаратуры и др.

Отдельную, достаточно широкую по номенклатуре группу технического обеспечения технологических процессов автосервиса составляют **средства диагностики, измерения и контроля**. Сюда входят стенды, приборы и инструмент.

Стенды автомобильные диагностические и контрольные представляют собой стационарное оборудование, предназначенное для общей или поэлементной диагностики систем автомобиля, например подвески или тормозной системы, а также для установления соответствия параметров автомобиля нормативным значениям.

Кроме этих стендов для контроля исправности, проверки работоспособности и обкатки после ремонта отдельных сборочных единиц и агрегатов автомобиля (двигатели, генераторы, топливная аппаратура и др.) на различных участках ПТС применяются агрегатные стенды, выполненные как стационарное оборудование, имитирующее работу систем автомобиля и снабженное необходимым комплектом измерительных приборов.

Современная *приборная техника*, используемая для диагностики и регулировки агрегатов и систем автомобилей, может быть разделена на две группы. В первую группу входят средства считывания, измерения и контроля структурных и функциональных параметров, во вторую — средства измерения физических величин или процессов, являющихся диагностическими параметрами.

Приборы первой группы, как правило, конструктивно и функционально совместимы с системой бортовой диагностики автомобиля и включают в себя сканеры и электронно-вычислительные машины с различной конфигурацией периферийных устройств. Приборы второй группы по своей сути практически ничем не отличаются от общетехнических приборов для измерения физических величин и процессов. К ним относятся компрессометры, осциллографы, мотор-тестеры и др.

Мерительный и контрольный инструмент, созданный для работ в системе автосервиса, имеет конструктивные отличия от общемашиностроительного инструмента аналогичного назначения, вызванные конструктивными особенностями объекта измерения или контроля — автомобиля, его агрегатов, сборочных единиц и деталей. В эту группу входят люфтомеры, специальные линейки, динамометрические ключи, шаблоны и др.

Лекция № 2. Структура технологического оборудования

Каждая единица технологического оборудования автосервиса как изделие машиностроения представляет собой иерархическую систему, охватывающую некоторую совокупность конструктивных и функциональных элементов. Эти элементы находятся в определенной взаимосвязи внутри системы и обеспечивают ее функционирование. С окружающей средой система (машина или аппарат) взаимодействует как единое целое через внешние связи. К ним относятся связи типа «человек — машина», «машина — обрабатываемый объект», «машина — машина» и т. п. Внутренние связи между элементами определяют структуру системы.

Любая сложная система может разделяться на крупные подсистемы (первый уровень), которые, в свою очередь делятся на более мелкие (от второго до «я-го» уровня). Подсистемы последнего уровня состоят из элементов. Этим обуславливается иерархичность системы. В зависимости от постановки и цели решаемой задачи (изучение конструкции, принципа действия и регулировки; проектирование и конструирование; разработка алгоритма технического обслуживания и ремонта и др.) один и тот же объект может рассматриваться на одном уровне как система, на другом — как подсистема, на третьем — как элемент.

С позиций системного анализа в зависимости от общих признаков, характерных для подсистемы и элементов, входящих в систему, одна и та же конструкция технологической машины или аппарата может представлять собой различные системы: функциональную, конструктивную, технологическую, динамическую и др.

Рассмотрим строение оборудования автосервиса как систему, обладающую одним из следующих характерных признаков: функциональным и конструктивным.

Структурно-функциональное строение оборудования. Структурные функциональные схемы оборудования дают общее представление об их строении и связях между функциональными элементами. Эти схемы позволяют обособленно рассматривать отдельные подсистемы, определять направление энергетических потоков или потоков информации в объекте, производить энергетические расчеты оборудования. Эти схемы используются при изучении оборудования и его проектировании.

Технологические машины (аппараты) автосервиса как *функциональные системы* включают подсистемы, элементы которых сгруппированы по функциональному назначению. К таким подсистемам относятся привод, передаточные и исполнительные механизмы, устройства управления и регулирования, безопасности и др. Совокупность исполнительных механизмов, элементов связей и рабочих органов называется рабочей машиной.

Структура технологических машин с электромеханическим приводом отличается от структуры машин электрогидравлическим и электропневматическим приводами.

Под *электромеханическим приводом* в общем случае следует понимать структурную подсистему технологического оборудования, предназначенную для преобразования электрической энергии в механическую и передачи ее исполнительным механизмам производственной машины.

Передача механической энергии осуществляется по кинематическим связям. Из-за возникновения больших динамических нагрузок на звенья и пары кинематической цепи транспортирование ее на значительные расстояния в пределах габаритов машины проблематично, поэтому конструкторы всегда стремятся расположить электромеханический привод как можно ближе к рабочим органам. С этой целью разработан и применяется многодвигательный привод (двухстоечные подъемники с двумя электродвигателями, порталные мочные установки с отдельным приводом каждой щетки и приводом перемещения портала и др.).

Электромеханический привод как структурная подсистема состоит из следующих элементов: *электродвигатель, передаточный механизм, устройство (механизм) включения.*

Как правило, скорость вращения вала электродвигателя намного выше скорости главного вала производственной машины, от которого получают движение все исполнительные механизмы машины. Поэтому в приводе предусматривается передаточный механизм. С помощью передаточных механизмов передается механическая энергия от вала электродвигателя к рабочей машине.

Эти механизмы разнообразны по виду и конструктивному устройству. Наибольшее распространение в технологическом оборудовании предприятий автосервиса получили ременные и зубчатые передаточные механизмы. Конструктивно оформленные как сборочные единицы такие механизмы носят название *редукторов*, выполненные заодно с электродвигателем — *мотор-редукторов*.

Следует отметить, что передаточные механизмы используются также и в структуре производственной машины для передачи вращательного движения от одного вала к другому. При этом передаточное отношение между валами может быть неизменным и изменяемым ступенчато или плавно. В случае ступенчатого изменения скорости вращения вала такие механизмы называются *коробками передач* и *вариаторами*, когда скорость выходного вала меняется плавно.

В кинематических схемах технологического оборудования предусматриваются два способа подключения производственной машины к приводу — напрямую и через механизм включения. В первом случае запуск двигателя осуществляется под рабочей нагрузкой, во втором — вхолостую без нагрузки. Второй способ включения машины предполагает наличие в структуре механизма включения устройства, демпфирующего динамический

удар, тормозного устройства вала машины и, при необходимости, механизма останова вала машины в заданном положении.

Структурно-функциональные кинематические схемы оборудования с однодвигательным и многодвигательным электромеханическим приводами показаны на рис. 2.1.

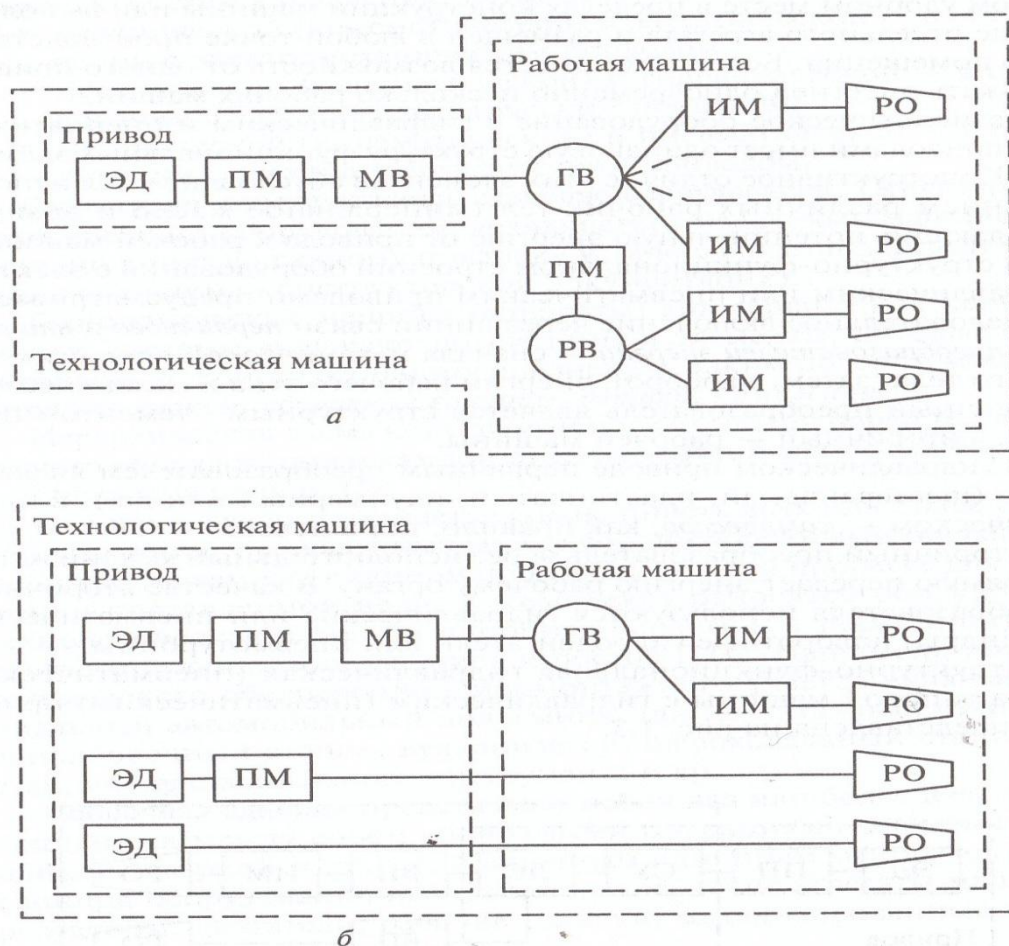


Рис. 2.1. Структурная кинематическая схема типовой технологической машины с электромеханическим приводом: а — с однодвигательным приводом; б - с многодвигательным приводом; ЭД — электродвигатель; ПМ — передаточный механизм; МВ — механизм включения рабочих органов; ИМ — исполнительный механизм; РО — рабочий орган; ГВ — главный вал; РВ — распределительный вал

Электрогидравлический и электропневматический приводы преобразуют электрическую энергию в потенциальную энергию рабочего тела (жидкости

или газа). Эта энергия по линиям связи (трубопроводам) передается в рабочую машину к исполнительным механизмам, где происходит ее преобразование в механическую и подведение к рабочим органам.

При использовании гидравлической или пневматической энергии проблемы передачи энергии на значительные расстояния не суще-

ствует. Привод оборудования компактен и может быть расположен в любом удобном месте в пределах конструкции машины или выполнен в виде отдельного агрегата и размещен в любой точке производственного помещения. Более того, имеется возможность от одного привода снабжать энергией одновременно несколько рабочих машин.

Технологическое оборудование с гидравлическим и пневматическим приводами имеет одинаковую структуру функциональных элементов. Конструктивное отличие этих элементов обуславливается использованием различных рабочих тел (минеральное масло и воздух), передающих потенциальную энергию от привода к рабочей машине.

В структурно-функциональном строении оборудования с электрогидравлическим или пневматическим приводами предусматривается последовательное включение через линии связи *первичного* и *вторичного преобразователей энергии* — сначала механической в энергию рабочего тела, затем, наоборот, энергии рабочего тела в механическую. Первичный преобразователь является структурным элементом привода, а вторичный — рабочей машины.

В гидравлическом приводе первичным преобразователем является *насос* (шестеренчатый, пластинчатый, плунжерный или др.), в пневматическом — *компрессор*, как правило, поршневой.

Вторичный преобразователь через исполнительный механизм или напрямую передает энергию рабочему органу. В качестве вторичного преобразователя используются гидравлические или пневматические цилиндры, поворотные гидродвигатели или пневмотурбины.

Структурно-функциональная гидравлическая (пневматическая) схема типовой машины с гидравлическим (пневматическим) приводом представлена на рис. 2.2.

Управление технологическим оборудованием осуществляется с помощью систем управления, которые состоят из подсистем:

- механической (кинематической) и электрической — в оборудовании с электромеханическим приводом,

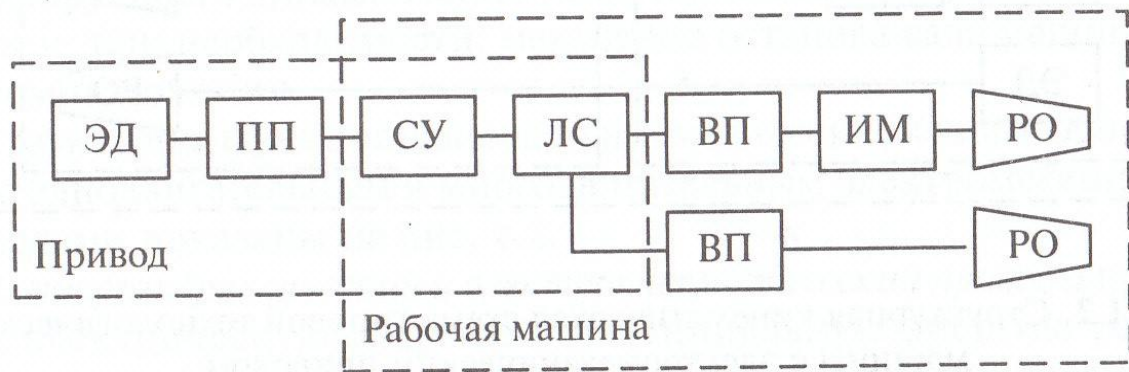


Рис 2.2. Структурная гидравлическая (пневматическая) схема технологического оборудования с электрогидравлическим (электропневматическим) приводом:

ЭД - электродвигатель; ПП - первичный преобразователь; СУ - система управления; ЛС – линии связи; ВП - вторичный преобразователь; ИМ - исполнительный механизм; РО - рабочий орган

- механической (кинематической) и гидравлической — в оборудовании с электрогидравлическим приводом,
- механической (кинематической) и пневматической — в оборудовании с электропневматическим приводом.

Структурно-конструктивное строение оборудования. Структура технологического оборудования, являющегося изделиями машиностроения, по конструктивному признаку установлена стандартами ЕСКД (Единая система конструкторской документации).

Технологические машины (аппараты) автосервиса как конструктивные системы включают подсистемы и элементы, которые сгруппированы по конструктивному признаку. К таким подсистемам относятся *комплексы, сборочные единицы, детали, комплекты.*

Иерархическая схема конструктивного строения парка технологического оборудования и каждой отдельно взятой единицы оборудования показана на рис. 2.3.

Под **комплексом** понимается совокупность двух или более единиц оборудования, не связанных между собой сборочными операциями, но задействованных в едином производственном процессе для достижения поставленной цели. К комплексу относятся оборудование, технологическая и организационная оснастки, а также инструмент соответствующих зон, участков и постов ПТС. Например, комплекс технического обеспечения шиномонтажного участка включает специальный автомобильный подъемник, шиномонтажный станок, балансировочный станок,

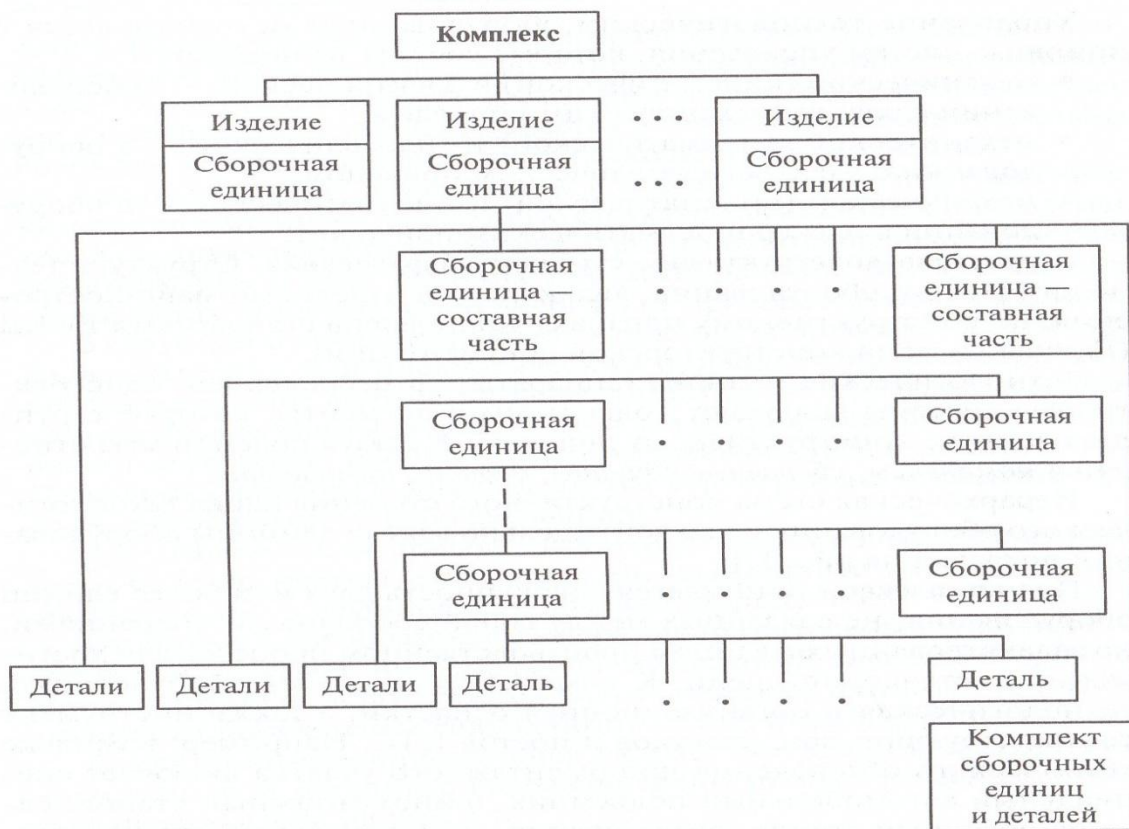


Рис. 2.3. Иерархическая схема строения парка технологического оборудования и отдельной его единицы по конструктивному признаку

вулканизатор, шероховальный станок, верстак, набор специального инструмента и др.

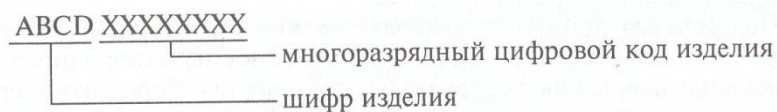
Сборочная единица представляет собой два или более изделий, соединенных между собой сборочными операциями (свинчиванием, пайкой, сваркой и др.). К сборочным единицам относятся: любая единица оборудования как единое целое, такие агрегаты машин как редукторы, двигатели, рабочие головки, механизированные инструменты и многое другое.

Сборочная единица — специфицируемое изделие. Основными конструкторскими документами на сборочную единицу являются спецификация и сборочный чертеж.

Под **деталью** понимают наиболее мелкий структурный элемент сборочной единицы — изделие, изготовленное из однородного по марке и наименованию материала без применения сборочных операций, либо с использованием таких операций, как нанесение на поверхность другого материала, местной спайки, сварки или склейки.

Деталь — неспецифицируемое изделие (основной конструкторский документ — чертеж).

В конструкторских документах и каталогах оборудования сборочные единицы и детали как структурные элементы оборудования имеют следующее обозначение:



Многоразрядный код построен по иерархической схеме с разбиением на группы, соответствующие структурным уровням изделия. Более высокие разряды кода определяют номера сборочных единиц, последние два разряда отданы деталям. Например:

ABCD XX000000 — соответствует обозначению наиболее крупной сборочной единицы — составной части изделия;

ABCD XXXX0000 — соответствует обозначению сборочной единицы среднего уровня, входящей в крупную сборочную единицу;

ABCD XXXXXX00 — соответствует обозначению мелкой сборочной единицы, входящей в среднюю сборочную единицу;

ABCD XXXXXXXX — номер детали, входящей в сборочную единицу.

ABCD 000000XX — соответствует обозначению детали, не входящей ни в одну сборочную единицу;

Номера цифр в разрядах кода совпадают с номерами позиций на сборочном чертеже всего изделия или сборочных чертежах его сборочных единиц.

К комплекту относится совокупность нескольких изделий вспомогательного назначения, объединенных одним футляром (упаковкой). Например, комплект запасных частей к оборудованию, комплект ключей, отверток или иного инструмента. В комплект могут входить как сборочные единицы (манометр, домкрат и др.), так и детали (рожковый ключ, вороток и др.).

При описании устройства и работы какого-либо оборудования применяются термины — *узел* и *агрегат*.

Под **узлом** понимается часть сборочной единицы определенного функционального назначения, существующая только в сборе, например, подшипниковый узел, узел подвески каретки и др. Узел в отличие от сборочной единицы не может быть вычленен из изделия при его разборке, он может быть только разобран в процессе разборки всего или части изделия. Узел нельзя снять с оборудования и положить на верстак, а сборочную единицу — можно.

К **агрегатам** относят составные части технологической машины — сборочные единицы, выполняющие функции двигателя; исполнительных механизмов, оснащенных инструментальными головками; насосов; коробок скоростей и т. п.

Технологическое оборудование конструктивно может быть оформлено с использованием **агрегатно-модульного принципа компоновки**, когда отдельные части оборудования сконструированы и изготовлены в виде отдельных модулей, соединенных между собой конструктивно (агрегатно) либо посредством линий энергоснабжения и управления. Из оборудования автосервиса к агрегатированному относятся порталные, а к модульному — туннельные автоматические моечные установки. По желанию заказчика заводы-изготовители комплектуют автоматизированные моечные установки агрегатами и модулями в различном сочетании (в каталогах оборудования — как набор различных опций).

Лекция № 3. Качество и надежность оборудования

Технологическое оборудование автосервиса, в большинстве своем, представляет собой сложные технические объекты с большим количеством потребительских свойств .

Потребительское свойство — объективная особенность продукции удовлетворять определенные потребности пользователей в соответствии с ее назначением, которая закладывается при создании продукции и проявляется непосредственно в процессах потребления или эксплуатации, а также при ее хранении. Конкретный перечень потребительских свойств называется номенклатурой. По сути, эта номенклатура определяет качественные характеристики любых потребительских товаров, в том числе и технологического оборудования.

Под *эксплуатацией оборудования* понимается потеря ресурса в процессе пользования, связанная с увеличением его наработки, под термином *потребление* — полный расход товара. Последний термин употребляют применительно к таким расходным эксплуатационным материалам, как смазочные масла, охлаждающие жидкости и т. п.

Любая единица оборудования, оснастки и механизированного инструмента является изделием машиностроения и может быть рассмотрена с трех точек зрения: как объект изготовления; как объект функциональной эксплуатации; как объект технической эксплуатации (технического обслуживания и ремонта).

Качество технологического оборудования автосервиса *как объекта функциональной эксплуатации* определяется совокупностью эксплуатационных свойств, определяющей возможность и эффективность его применения по назначению.

Эксплуатационные свойства — группа свойств, определяющих степень приспособленности оборудования к эксплуатации в качестве орудий труда при техническом обслуживании и ремонте автомобиля, его систем, агрегатов, сборочных единиц и деталей.

Все свойства любого технического объекта, в том числе и технологического оборудования, разделяются на свойства простые и сложные (комплексные). Последние представляют собой совокупность простых свойств, к ним относится, например, надежность изделия.

Свойства образуют иерархическую систему, включающую комплексные свойства, групповые свойства различного уровня иерархии и единичные свойства.

Каждое свойство оценивается количественно показателем. Показатель — число принятых единиц измерителя данного свойства. Например, одним из эксплуатационных свойств автомобильного подъемника является его грузоподъемность. Единичным измерителем этого свойства является один килограмм массы поднимаемого груза (автомобиля). Показателем этого свойства является максимальный вес автомобиля, который способен поднять подъемник, например, для двухстоечного электрогидравлического подъемника модели Powerlift 2.40 SPL грузоподъемность составляет 4000 кг.

По отношению к характеризваемым свойствам измерители и соответствующие им показатели качества могут быть единичными и комплексными.

Единичный измеритель и показатель свойства относится к одному простому свойству, например, наработка изделия в часах до отказа характеризует такое свойство надежности, как безотказность.

Комплексный измеритель и показатель свойств характеризует некоторую совокупность свойств, т. е. сложные свойства. Примером такого показателя надежности изделия является коэффициент готовности, выраженный в долях единицы.

В пределах номенклатуры потребительские свойства и показатели подразделяются на группы и подгруппы в зависимости от их особенностей и удовлетворяемых потребностей (рис. 3.1.).

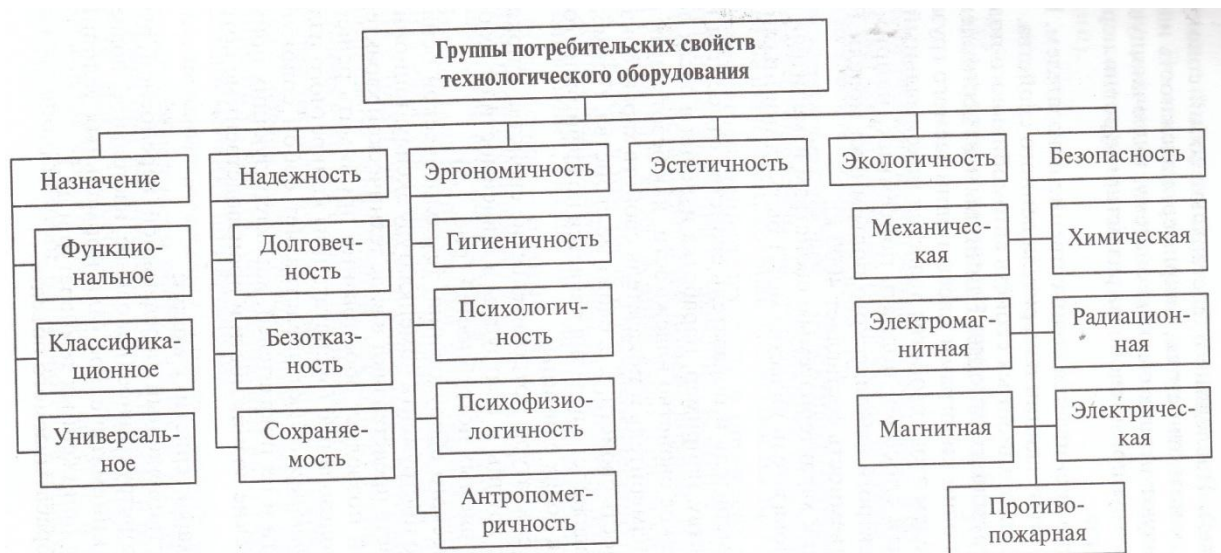


Рис.3.1. Структура потребительских свойств технологического оборудования

Для технологического оборудования, технологической оснастки и механизированного инструмента номенклатуру эксплуатационных потребительских свойств представляют в виде технической характеристики, знание которой позволяет обоснованно принимать решения по применению и использованию (эксплуатации) конкретного изделия.

Техническая характеристика представляет собой совокупность технических свойств и их показателей, характеризующих применяемость, технологические возможности и производственные потребности изделия.

В техническую характеристику входят:

- Тип, модель (стационарный, передвижной, переносной, ручной).
- Исполнение конструктивное (напольное, настольное, подвесное).
- Исполнение кинематическое (для нормальных условий, для тропиков, для пониженных температур и др.).
- Параметры обрабатываемого объекта.
- Производительность (для специализированного оборудования) или основной параметр для расчета производительности (для универсального оборудования).
- Производственная потребность (напряжение электросети; давление в подводящих магистралях воздуха, воды, масла; наличие канализации и др.).
- Данные о приводе (вид, установленная мощность).
- Габаритные размеры.
- Масса.

Под показателями качества любой технической продукции, в том числе и технологического оборудования, понимаются показатели ее свойств.

Для целей оценки уровня качества вся промышленная продукция разделена на два класса. Во второй класс входят изделия долговременного пользования — ремонтируемые изделия (оборудование, транспортные средства, бытовая техника и др.). Для изделий технического назначения относительной характеристикой качества, отражающей только ее техническое совершенство, является технический уровень продукции.

Уровень качества продукции — относительная характеристика ее качества, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей. За базовые принимаются значения показателей качества, указанные в нормативных документах (ГОСТ, РД, правилах ЕЭК ООН и др.), или лучших отечественных или зарубежных образцов, по которым имеются достоверные данные о качестве.

Существуют два основных метода оценки уровня качества и технического уровня продукции: дифференциальный (детальное рассмотрение и изучение одной из групп потребительских свойств изделия) и комплексный (комплексное рассмотрение всей совокупности потребительских свойств изделия).

Оценка уровня качества по дифференциальному методу базируется на анализе относительных единичных показателей качества либо на сравнении единичных показателей исследуемого и базового образцов.

В первом случае используют обычно безразмерные шкалы, фиксирующие значения показателей анализируемого изделия P , в долях единицы или процентах от значения базового показателя P_B , во втором случае — шкалы качественных оценок.

Значения единичных базовых показателей P_B определяют из нормативных источников или на основе анализа аналогов (изделий, признанных лучшими на международных выставках, заслуживших признание массового потребителя, успешно конкурирующих с другими

изделиями на внешнем рынке), при этом используется информация из журналов, каталогов, результатов экспертиз, проведенных потребительскими организациями.

При расчетах относительных безразмерных единичных показателей качества учитывается следующее.

Когда с увеличением единичного показателя качество изделия в целом повышается (например, увеличение производительности улучшает качество оборудования при прочих равных условиях), за базовый показатель

принимается наибольшее его значение. Формула для определения безразмерного показателя q в этом случае имеет вид

$$q = \frac{P_i}{P_A} . \tag{3.1}$$

Если же улучшение качества изделия связано с уменьшением ка- кого-либо его единичного показателя (например, уменьшение массы повышает качество инструмента при прочих равных условиях), то в качестве базового показателя принимается его наименьшее значение. Тогда расчетная формула примет вид

$$q = \frac{P_A}{P_i} . \tag{3.2}$$

Об уровне качества судят по величине относительного показателя. Если этот показатель больше или равен единице, то уровень качества превышает базовый или равен ему. В противном случае уровень качества изделия ниже базового.

При использовании оценки уровня качества или технического уровня изделия путем попарного сопоставления единичных показателей устанавливается отношение тождества (равенства) или различия потребительских показателей качества анализируемого изделия и выбранного базового образца (основания сравнения). Результаты такого сравнения соотносятся с выбранными ценностными шкалами. При этом эксперты оперируют понятиями типа «больше» «меньше», «равно», а при оценке — «лучше», «хуже», «на уровне».

Комплексный метод оценки уровня качества основан на применении обобщенного показателя, который представляет собой функцию единичных и комплексных показателей продукции. Обобщенный показатель качества может быть представлен в виде главного показателя, средневзвешенного показателя или интегрального показателя.

Главным считается такой показатель изделия, который отражает всю совокупность его потребительских свойств и может быть рассчитан через единичные показатели или получен через эксплуатационную информацию. Например, главным показателем гидравлических

рессов и кузовных ступеней является развиваемое усилие (кН), для автоматизированных моечных установок — производительность (автомобилей / ч).

Средневзвешенный показатель (К) находят путем объединения всех оценок единичных показателей с учетом их коэффициентов весомости (взвешенных оценок) и выражают, как правило, в безразмерной системе единиц.

Определение средневзвешенного показателя включает две основные модификации:

- весовой метод (показатель определяют усреднением оценок отдельных единичных относительных показателей путем суммирования показателей с учетом их коэффициентов весомости):

$$K = \sum_{i=1}^n q_i \alpha_i;$$

(3.3)

- эксперт-метод (показатель определяют на основе усреднения оценок экспертами балльных значений отдельных единичных показателей с учетом их коэффициентов весомости):

$$K = \sum_{i=1}^n P_i \alpha_i,$$

(3.4)

где P_i , — показатель, характеризующий i -е свойство изделия, в баллах; α_i , — коэффициент весомости данного свойства в оценке качества изделия.

Существует несколько методов нахождения коэффициентов весомости, но наиболее часто используется экспертный метод. Он позволяет определить, какой из совокупности оцениваемых показателей самый важный, какой менее важный, и т. д. Для этого используют различные способы (рангов, попарного сравнения, комбинированный и др.).

Обычно при определении коэффициентов весомости эксперты исходят из условия равенства суммы всех коэффициентов весомости единице (метода фиксированной суммы), т. е. $\sum \alpha_i = 1$.

Для того чтобы получить полную оценку технического уровня качества оборудования, необходимо использовать интегральный критерий качества, который заключается в сопоставлении полезного эффекта, получаемого предприятием от данного оборудования, и суммарных затрат на приобретение' и потребление (эксплуатацию) этого изделия. В итоге зависимость имеет следующие виды:

$$I = K/Z \quad (3.5)$$

$$\text{или } I = Э/Z, \quad (3.6)$$

где Z — затраты на приобретение и эксплуатацию оборудования; $Э$ — суммарный полезный эффект от эксплуатации станка, станда или иного оборудования, например, объем услуг в денежном выражении, полученный при эксплуатации данного оборудования.

Затраты на эксплуатацию изделия слагаются из следующих компонент: единовременные затраты (транспортировка, монтаж); длительные затраты (потребление и ремонт — расход энергии, материалов и др.); косвенные затраты из-за потерь, вызванных простоями, отказами.

Надежность является одним из комплексных потребительских свойств оборудования для автосервиса, определяющих уровень его качества.

Надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения эксплуатационных параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта, хранения и транспортировки.

Под *объектом* может пониматься деталь, единица оборудования как сборочная единица, его агрегат или иная его составная часть — сборочная единица или техническая система. Во всех случаях, когда нет необходимости конкретизировать предмет исследования, говорят об объекте и о надежности объекта. Если же изучается или рассматривается задача, специфичная только для определенного вида изделий, то говорят о надежности детали, о надежности оборудования или инструмента, о надежности человека-оператора, о надежности системы электроснабжения и т. д.

К «эксплуатационным» относятся параметры, которые могут изменяться в процессе эксплуатации и на которые в нормативно-технической документации (НТД) заданы допускаемые пределы их изменения, например производительность, скорость, расход электроэнергии и т. п.

С позиции надежности оборудование как техническое изделие может находиться в следующих состояниях:

- исправном или неисправном;

- работоспособном или неработоспособном;
- непредельном или предельном.

Исправное состояние — состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным НТД. Если же хотя бы по одному из требований изделие не соответствует НТД, то считается, что оно находится в неисправном состоянии.

Повреждение — событие, заключающееся в нарушении исправности объекта. Следствием проявления повреждения является *дефект*.

Термин «дефект» связан с термином «неисправность», но не является его синонимом. Находясь в неисправном состоянии, изделие имеет один или несколько дефектов. Термин «дефект» применяют для указания на конкретную неисправность изделия при контроле качества продукции на стадии изготовления, а также при ремонте, например при составлении ведомостей дефектов, и контроле качества отремонтированной продукции.

В отличие от термина «дефект», термин «неисправность» распространяется не на всякую продукцию, в том числе не на всякие изделия. Например, не называют неисправностями недопустимые отклонения показателей качества материалов, топлива, химических продуктов, изделий пищевой промышленности и т. п.

Работоспособное состояние — состояние объекта, при котором он способен выполнять (или выполняет) заданные функции, сохраняя значения заданных параметров в пределах, установленных технической документацией.

Состояние объекта, при котором значение хотя бы одного заданного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям, установленным НТД, называется *неработоспособным*.

Понятие «исправное состояние» шире, чем понятие «работоспособное состояние». Работоспособный объект, в отличие от исправного объекта, удовлетворяет лишь тем требованиям НТД, которые обеспечивают его нормальное функционирование при выполнении заданных функций. При этом он может не удовлетворять, например, требованиям, относящимся к внешнему виду изделий. Работоспособный объект может быть неисправным, однако его повреждения при этом не настолько существенны, чтобы могли препятствовать функционированию объекта.

Различают следующие возможные сочетания состояний изделия:

- исправное, работоспособное, непредельное;
- исправное, работоспособное, предельное;

- исправное, работоспособное, непредельное;
- исправное, неработоспособное, непредельное;
- исправное, неработоспособное, предельное.

Соотношение между состояниями «исправный объект» и «работоспособный объект» хорошо иллюстрирует диаграмма изменения какого-либо функционального или структурного параметра изделия. На рисунке 3.2 показана диаграмма состояний технического изделия. Исправное состояние характеризуется максимальным q_1 , и минимальным q_2 допустимым значением параметра q ; Δq_i — допуск на параметр по НТД. Неисправному состоянию соответствует соотношение $q_1 < q_2$.

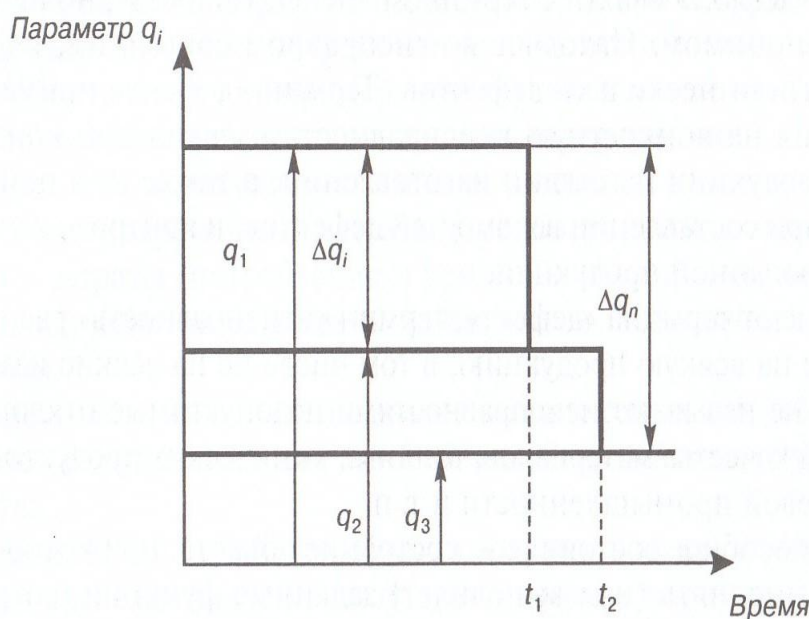


Рис. 3.2. Диаграмма состояний объекта

Работоспособное состояние: q_i , находится в пределах Δq_n . Неработоспособное состояние: $q_i < q_3$.

Предельное состояние определяется: физической невозможностью восстановления работоспособности; экономической нецелесообразностью восстановления работоспособности; недопустимым снижением эффективности эксплуатации (моральный износ); требованиями безопасности (в этом случае наступление предельного состояния оговаривается в НТД).

Изделие переходит в неработоспособное состояние в результате отказа.

Отказ — событие, после которого функционирование изделия прекращается (перегорание электрической лампочки, поломка вала станка, разрыв трубопровода и т. п.) или хотя бы один из эксплуатационных параметров выходит за границы допуска (например, уменьшение коэффициента полезного действия ниже установленного уровня, увеличение погрешности обработки за пределы допуска и т. п.).

Отказ может возникнуть в результате наличия в изделии одного или нескольких дефектов, но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ, т. е. изделие стало неработоспособным. Например, нарушение сплошного слоя лакокрасочного покрытия — дефект, но этот дефект может привести к отказу изделия при его эксплуатации только из-за коррозионного разрушения поверхности, которое наступает через достаточно длительный период времени с момента появления данного дефекта.

В зависимости от признаков отказы объектов- товаров длительного пользования, в том числе технологического оборудования, классифицируются следующим образом (табл.3.1)

Таблица 3.1

Классификация отказов

Признак классификации	Вид отказа
Характер изменения основного параметра объекта до момента возникновения отказа	Внезапный, постепенный
Возможность последующего использования объекта после возникновения его отказа	Полный, частичный
Связь между отказами	Независимый, зависимый
Устойчивость неработоспособности	Устойчивый, самоустраняющийся (сбой), перемежающийся
Наличие внешних проявлений отказа	Очевидный (явный), скрытый (неявный)
Причина возникновения отказа	Конструкционный, производственный, эксплуатационный
Природа происхождения	Естественный, искусственный
Время возникновения отказа	При испытаниях, в периоде приработки, в периоде нормальной эксплуатации, в запредельном периоде эксплуатации
Возможность устранения	Устранимый, неустранимый

Внезапными являются отказы, характеризующиеся скачкообразным изменением одного или нескольких заданных параметров объекта, которые до момента наступления отказа находились на неизменном уровне. Сюда относятся отказы, обусловленные перегоранием электрических или электронных ламп, перегоранием спиралей нагревательных приборов, усталостным разрушением деталей и т. п. Чаще всего к внезапным отказам приводит нарушение правил эксплуатации техники или непредусмотренные техническими характеристиками значительные нагрузки на конструкцию объекта (включение электроприборов в сеть более высокого напряжения, механические поломки из-за неправильного использования, непредусмотренных нагрузок или попадания в зубчатые зацепления инородных предметов, повреждения изоляции и др.).

К постепенным относятся отказы, характеризующиеся постепенным изменением одного или нескольких заданных параметров объекта до момента превышения их предельных значений. Постепенные отказы обусловлены износом деталей, коррозией, старением конструкционных материалов. Типичными постепенными отказами являются, например, недопустимое увеличение зазора в сопряжении, повышение контактного сопротивления в реле из-за коррозии материала, уменьшение КПД ниже установленных границ, снижение производительности, мощности, скорости и других параметров за границы, установленные в НТД.

К полным относятся отказы, после возникновения которых использование объекта по назначению невозможно (для восстанавливаемых изделий — до проведения восстановления). К частичным относятся отказы, после возникновения которых изделие может быть использовано по назначению, но с меньшей эффективностью или когда вне допустимых пределов находятся значения не всех, а одного или нескольких основных параметров.

К независимым относятся отказы элемента изделия, не обусловленные повреждением или отказами другого элемента изделия, к зависимым — отказы элемента изделия, обусловленные повреждением или отказом другого элемента объекта.

Устойчивые отказы можно устранить только путем восстановления (ремонта). Если отказы устраняются без операции восстановления путем саморегулирования, то такие отказы относятся к самоустраняющимся. Самоустраняющийся отказ, приводящий к кратковременному нарушению работоспособности, называется сбоем. Сбой, как правило, возможен в работе электрических или электронных схем машин. Многократно возникающие сбои одного и того же характера называются перемежающимися отказами.

К очевидным (явным) относятся такие отказы, наступление которых приводит к отказу функционирования изделия и которые обнаруживаются без проведения специальных исследований. К скрытым (неявным) относятся отказы, для обнаружения которых требуется проведение специальных исследований и момент наступления которых может не совпадать с моментом наступления отказа изделия. Например, нарушение герметичности прокладки головки блока цилиндров компрессора, приводящее к потере давления воздуха на выходе, — скрытый отказ, так как он может быть не обнаружен в момент появления.

К конструктивным относятся отказы, возникающие в результате нарушения установленных правил и норм конструирования. Если причиной отказа является нарушение установленного процесса изготовления или ремонта, то отказ является производственным. Отказы, возникающие в результате нарушения установленных правил и условий эксплуатации, называются эксплуатационными.

К искусственным относятся отказы, которые вызываются преднамеренно, например, с исследовательскими целями, с целью необходимости прекращения функционирования и т. п. Отказы, которые происходят без преднамеренной организации их наступления в результате направленных действий человека (или автоматических устройств), относятся к категории естественных отказов.

К устранимым следует относить отказы, которые устраняются посредством операции технического обслуживания, регулировки или восстановления. Если же в результате отказа отказавший элемент не восстанавливается, а заменяется новым, то такой отказ является неустранимым (перегорание электролампы, поломка штыря вилки и т. п.). К неустранимым следует относить также отказы, которые устранять экономически нецелесообразно.

При проведении расчетов надежности объектов и разработке мероприятий по устранению отказов следует также выделять критерии, причины, характер и последствия отказов и повреждений.

Под критерием отказа понимается установленный в нормативно-технической документации признак или совокупность признаков неработоспособного состояния изделия. Так как работоспособное состояние характеризуется условием, что установленные в технической документации параметры изделия находятся в заданных пределах (допусках), то критерием отказа будут служить название параметра и пределы его изменения.

К причинам отказов относятся события и процессы, приводящие к потере работоспособности. К такого рода событиям и процессам относятся

допущенные при конструировании, производстве и ремонтах дефекты, нарушения правил и норм эксплуатации, различного рода повреждения, а также естественные процессы изнашивания, старения.

Характером отказа (повреждения) являются конкретные изменения в объекте, связанные с возникновением отказа (повреждения), например, обрыв провода, деформация детали и т. п.

К последствиям отказа (повреждения) относятся явления, процессы и события, возникшие после отказа (повреждения) и находящиеся в непосредственной причинной связи с ним. Например, остановка двигателя, потеря тормозных свойств автомобиля и др.

Многие изделия после наступления отказа или с целью их предупреждения подвергаются операциям технического обслуживания и ремонта.

Объекты, исправность которых в случае возникновения повреждения подлежит восстановлению, называются *ремонтируемыми объектами*.

К *неремонтируемым* относятся такие объекты, исправность которых при возникновении повреждения не подлежит восстановлению.

Объекты, работоспособность которых в случае возникновения отказа подлежит восстановлению в рассматриваемой ситуации, называются *восстанавливаемыми*.

Если в рассматриваемой ситуации (например, на месте эксплуатации) восстановление работоспособности данного объекта в случае отказа нецелесообразно или неосуществимо, то такой объект относится к *невосстанавливаемым*.

Например, электрическая лампа — *невосстанавливаемый* объект, электродвигатель — *восстанавливаемый*. Таким образом, классификация объектов на *восстанавливаемые* и *невосстанавливаемые* производится применительно к конкретным условиям восстановления работоспособности в процессе эксплуатации.

Неремонтируемый объект обычно является и *невосстанавливаемым*, а *ремонтируемый* объект может рассматриваться как *невосстанавливаемый* в зависимости от условий эксплуатации.

Для *невосстанавливаемых* изделий предельное состояние наступает после первого отказа.

Под *наработкой* понимается продолжительность или объем работы объекта. Размерность наработки определяется видом объекта и условиями его использования. Так, наработка деталей, работающих в условиях циклического нагружения, измеряется числом циклов, наработка реле — числом циклов замыканий и размыканий, наработка автомобильного

подъемника — количеством подъемов. Нарботка может определяться до отказа изделия, до его списания или до некоторого фиксированного момента времени.

Нарботка объекта от начала эксплуатации или ее возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния называется техническим ресурсом (или просто ресурсом). Ресурс невосстанавливаемого объекта определяется через наработку объекта до отказа. Ресурс восстанавливаемого объекта равен сумме наработок до предельного состояния.

Надежность — сложное свойство, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации включает такие единичные свойства, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или определенное сочетание этих свойств как для объекта, так и для его частей.

Безотказность — свойство объекта сохранять непрерывно работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки. *Долговечность* — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Показатели долговечности могут выражаться также через срок службы, под которым понимается календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после среднего или капитального ремонта до наступления предельного состояния. Обычно различают срок службы до среднего (капитального) ремонта, между ремонтами и срок службы до списания. При этом учитывается только календарная продолжительность эксплуатации изделий независимо от фактической наработки изделий в этот промежуток времени, т. е. возможна такая ситуация, когда срок службы некоторого изделия (например, до капитального ремонта) будет исчисляться годами, хотя фактическая выработка за этот период будет равна нулю, если изделие практически не работало. Другим крайним случаем будет ситуация, когда наработка изделия (в часах) будет равна сроку службы.

Ремонтпригодность — свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению причин возникновения отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Ремонтпригодность изделий характеризуется продолжительностью операций обнаружения, поиска причин отказа и устранения последствий отказа. При этом следует учитывать, что полная продолжительность

восстановления изделий включает в себя время, затрачиваемое на организационные мероприятия (доставка запасных частей, организационные простои и т. д), которое не зависит от ремонтпригодности изделий, и время, затрачиваемое непосредственно на проведение операций технологического обслуживания и ремонта. Это время, называемое оперативной продолжительностью (трудоемкостью), непосредственно зависит от уровня ремонтпригодности изделий.

Сохраняемость — свойство объекта сохранять показатели безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортировки. Это свойство особенно важно для тех видов продукции, для которых предусматривается, например, сезонная эксплуатация (большинство сельскохозяйственных машин) или которые вступают в эксплуатацию в некоторых аварийных или особых условиях (противопожарная техника, средства сигнализации и т. д).

Теория надежности является комплексной дисциплиной и состоит из таких разделов, как математическая теория надежности, надежность по отдельным физическим критериям отказов (физика отказов), расчет и прогнозирование надежности, обеспечение надежности

на различных этапах жизненного цикла изделий, контроль надежности и техническая диагностика, теория восстановления работоспособности деталей машин, экономика надежности.

Специфическая особенность надежности заключается в том, что точное значение ее показателей для конкретного изделия не может быть однозначно указано до начала эксплуатации. Значения всех показателей зависят от множества факторов, учесть которые практически невозможно. Сами факторы (действующие нагрузки, физико-механические характеристики материалов, допуски на размеры деталей и посадки сопряжений и др.) имеют значительное рассеяние величин, что приводит к разбросу наработок, ресурсов, сроков службы, моментов наступления отказов однотипных изделий. Поэтому в расчетах надежности многие параметры должны рассматриваться как случайные величины, которые могут принять то или иное значение, неизвестное заранее.

Случайные величины могут быть дискретными (число отказов, количество изделий, поставленных на испытания, и др.) и непрерывными (время, наработка, нагрузка и др.).

Теория надежности оперирует случайными событиями, количественные закономерности которых изучают теория вероятностей и математическая статистика. Вероятностная трактовка характеристик случайных событий и

величин применяется для прогнозирования надежности изделий, статистические методы используются для обработки результатов испытаний или наблюдений конечных партий изделий.

Под номенклатурой показателей надежности понимается состав показателей, необходимый и достаточный для характеристики объекта или решения поставленной задачи. Номенклатура показателей надежности выбирается с учетом вида изделия, последствий отказов и других факторов, определяемых целями исследования. Полный состав номенклатуры показателей надежности, из которой выбираются показатели надежности для конкретного объекта и решаемой задачи, установлен государственным стандартом.

Показатели надежности принято классифицировать по следующим признакам:

- свойствам надежности, которые они характеризуют, — показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости;
- числу свойств, которые они характеризуют, — единичные показатели, характеризующие одно из свойств надежности, комплексные показатели, характеризующие одновременно несколько свойств надежности (например, одновременно безотказность и ремонтпригодность);
- числу характеризуемых объектов — групповые, индивидуальные и смешанные показатели.

К групповым относятся такие показатели, которые регламентируют требования к уровню надежности некоторой совокупности (партии) изделий. Эти показатели могут быть определены и установлены только для совокупности изделий; уровень надежности отдельного экземпляра изделий они не регламентируют.

К индивидуальным относятся показатели, которые устанавливают норму надежности для каждого изделия рассматриваемого типа. К таким показателям относятся: установленный ресурс (срок службы), установленная безотказная наработка и др.

К смешанным относятся показатели, которые одновременно могут выступать как групповые и как индивидуальные.

По размерности — показатели, определяемые наработкой и календарной продолжительностью. Первые применяются в случае, когда свойства изделий изменяются только во время непосредственного функционирования (работы) и наработка учитывается, вторые — когда свойства изделий изменяются в течение всего периода эксплуатации и наработка не учитывается.

Различают статистические (оценочные, приблизительные) и вероятностные (точные) показатели.

Статистические оценки — это результат наблюдения за некоторой выборкой N изделий. Если N $\rightarrow \infty$, то выборка приближается к генеральной совокупности, а статистическая оценка — к вероятностной. При испытаниях значение числа наблюдений выбирается так, чтобы обеспечить приемлемую погрешность результатов. В этом случае статистические оценки могут быть приняты за вероятностные.

Показатели безотказности. Безотказность — свойство объекта сохранять непрерывно работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.

Эти показатели характеризуют свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. К числу основных показателей безотказности относятся вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, средняя наработка до отказа, γ -процентная наработка до отказа, наработка до отказа, установленная наработка до отказа.

Показатели долговечности. Показатели долговечности характеризуют ресурс объекта, или срок службы. К основным показателям долговечности относятся процентный ресурс, средний ресурс, γ -процентный срок службы и средний срок службы, назначенный ресурс, установленный ресурс, ресурс.

Показатели ремонтпригодности. К показателям ремонтпригодности относятся вероятность восстановления в заданное время, среднее время восстановления, интенсивность восстановления объекта, установленное время восстановления и др.

Показатели сохраняемости. К ним относятся γ -процентный срок сохраняемости, средний срок сохраняемости, установленный срок сохраняемости, срок сохраняемости. Выделим из них следующие показатели.

Комплексные показатели надежности. К комплексным показателям относятся коэффициент оперативной готовности в стационарном режиме, называемый просто коэффициентом готовности, коэффициент ремонтпригодности и коэффициент технического использования.

Все восстанавливаемые объекты, включая и системы, применяемые для непрерывной или временной эксплуатации, периодически требуют обслуживания. Обслуживание бывает двух видов:

- внеплановое, необходимое вследствие возникновения отказов или из-за неправильной работы эксплуатируемого объекта;

- плановое — обслуживание объекта через регулярные промежутки времени.

Целью внепланового обслуживания является восстановление функций объекта путем замены, ремонта или наладки элементов, вызывающих нарушение работы.

Целью планового обслуживания является сохранение объекта в работоспособном состоянии. Оно включает контроль, проверку, осмотры, ремонтные работы. Эти операции выполняются с целью предотвратить рост интенсивности отказов элементов и системы и не допустить превышения ее расчетного уровня. Такое обслуживание называют также профилактическим.

Периодичность выполнения обслуживания зависит от физических характеристик применяемых элементов объекта (деталей и сборочных единиц), статистических характеристик износа элементов, от интенсивности отказов элементов и от требований к надежности, с которой должен работать объект.

Периодичность внепланового обслуживания (ремонта) строго зависит от интенсивности отказов во время эксплуатации объекта и, следовательно, является функцией величины, обратной средней наработке на отказ.

Факторы, влияющие на надежность оборудования, и причины разрушения деталей конструкции. Надежность конструкций оборудования определяется стабильностью протекания рабочих процессов, сопротивляемостью конструкции разрушениям, стабильностью свойств конструкционных материалов и бездефектностью конструкции .

Рабочие процессы представляют собой совокупность различных физических, химических и физико-химических явлений, которые возникают в агрегатах и системах оборудования в процессе их работы. Стабильность протекания рабочих процессов обеспечивается наличием смазочной среды в рабочих зонах агрегатов и уплотнений, препятствующих проникновению агрессивной внешней среды внутрь агрегатов, а также оптимальным тепловым режимом работы агрегатов и устойчивой работой системы регулирования и т. п. Дефекты из-за нарушения стабильности рабочих процессов имеют определяющее воздействие на надежность в начальный период эксплуатации.

Сопротивляемость конструкций разрушения зависит от свойств материалов, выбранных конструктором нормативов и условий эксплуатации. На сопротивляемость влияют нагрузочные (силовые воздействия на конструкцию), скоростные (изменение скорости перемещения элементов конструкции по величине и направлению) и температурные (изменение температуры во времени и по величине) режимы, а также внутренняя (газы

или жидкости, заполняющие внутренние полости агрегатов) и внешняя (атмосфера) среды.

Характер возникновения дефектов из-за снижения сопротивляемости конструкции разрушениям показывает, что в начальный период эксплуатации они практически отсутствуют и начинают оказывать заметное влияние на надежность после 40% от ресурса до капитального ремонта.

Стабильность свойств конструкционных материалов характеризует неизменность с течением времени в условиях рабочих процессов геометрических форм и размеров деталей, их механических и физико-химических свойств. У современных моделей оборудования дефекты из-за нарушения стабильности свойств конструкционных материалов начинают оказывать заметное влияние на надежность после наработки несколько более 50% от их ресурса до капитального ремонта.

Бездефектность конструкции характеризует отсутствие в ней конструктивных, технологических и производственных погрешностей. Она зависит от культуры проектирования и производства, степени доводки конструкции, организации контроля и т. д. Дефекты, возникшие из-за снижения уровня бездефектности конструкции, оказывают определяющее воздействие на надежность в начальный период эксплуатации при наработке 5—10% от ресурса до капитального ремонта.

Надежность закладывается в изделие при проектировании, обеспечивается при изготовлении и поддерживается в процессе эксплуатации.

Как известно, все причины отказов могут быть сведены в три группы в зависимости от стадии жизнедеятельности объекта, когда эта причина возникла: ошибки (дефекты) проектирования и конструирования; ошибки (дефекты) изготовления; ошибки (дефекты) эксплуатации.

Типичными дефектами проектирования и конструирования, приводящими к преждевременным отказам и уменьшению долговечности изделий, являются:

- ошибки в моделировании или учете эксплуатационных нагрузок;
- неправильные силовые, прочностные и другие расчеты конструкции;
- неверный выбор конструкционных материалов;
- неправильно составленная принципиальная схема изделия, вызывающая неблагоприятное распределение нагрузок на силовые элементы изделия;
- неудачные конструктивные решения защиты узлов трения от внешних факторов, непродуманные решения по их смазке трущихся пар, наличие концентраторов напряжений в элементах деталей и т. п.

При производстве изделия могут иметь место технологические дефекты:

- по составу конструкционных материалов (инородные включения, охрупчивающие примеси, изменения в процентном соотношении входящих элементов и т. п.);
- по отступлениям от технологической дисциплины при заготовительных операциях, механической, термической и других видах обработки деталей (усадочные раковины, пористость, задиры, повышенная шероховатость поверхности, закалочные трещины, обезуглероживание, снижение механических характеристик поверхности и др.);
- по операциям сварки (трещины, коробление, непровар, недостаточная глубина шва и др.);
- по сборочным операциям (задиры, внесение абразива в места трения, повреждения при сочленении, несоосность и др.).

Дефекты эксплуатации могут быть субъективного и объективного характера. К первым относятся нарушения правил эксплуатации и неправильное техническое обслуживание объекта. Ко вторым — наличие перегрузок и непредвиденных нагрузок из-за нарушений в энергоснабжении, стихийных явлений природы, попадания в машину посторонних предметов и т. д.

Изделия, сконструированные, изготовленные и эксплуатируемые в соответствии с установленными требованиями НТД, отказывают только из-за физико-химических процессов разрушения. Причинами отказов в этих случаях являются процессы, протекающие внутри детали, на поверхности детали, в сопряжениях, а также в электрических цепях.

Утрата работоспособности может происходить постепенно или мгновенно, в зависимости от вызвавших ее причин. Наиболее общими причинами достижения предельных состояний деталей являются: износ; статические нагрузки; усталость материала; старение; ползучесть материала; хрупкость; заклинивание.

В интегральной форме детали машин должны обладать комплексом свойств, чтобы оптимально сопротивляться внешним воздействиям. Способность деталей сопротивляться единичным перегрузкам называется прочностью. Способность деталей сопротивляться усталостным разрушениям называется выносливостью. Способность деталей сопротивляться изнашиванию их поверхности называется износостойкостью.

Изменения, которые происходят в машине и приводят к потере работоспособности, связаны с внешними и внутренними воздействиями. Практически все они носят энергетическую природу, и их можно подразделить на следующие виды воздействия:

- действие энергии окружающей среды;

- действие внутренних источников энергии, связанных с рабочими процессами в машине, а также взаимодействием деталей друг с другом;
- потенциальная энергия, накопленная в деталях машин в процессе их изготовления (остаточные внутренние напряжения в отливках, в посадках и т. д) и в результате эксплуатации.

В процессе эксплуатации на машину воздействуют следующие виды энергии.

Механическая энергия. Она не только передается по всем звеньям (динамические нагрузки), но и проявляется в статических нагрузках. Силы, возникающие в машине, определяются характером рабочего процесса и конструкцией машины и являются систематическими, но при определенных условиях они могут носить случайный характер (например, при непредвиденных перегрузках). Другая часть усилий накапливается в деталях машин в виде остаточных деформаций и сохраняется постоянно. Во времени действие механической энергии может происходить кратковременно (пиковые нагрузки, заклинивание и т. п) или длительно (весь период эксплуатации).

Тепловая энергия. Воздействует на машину и ее элементы при изменении температуры окружающей среды или в рабочих зонах машины

при осуществлении технологического процесса, а также при преобразовании части механической энергии в тепловую.

Химическая энергия. Проявляется в виде коррозии поверхности деталей и является следствием контакта поверхности деталей как с агрессивными рабочими компонентами, так и с окружающей средой.

Биологическая энергия. Проявляется в воздействии микроорганизмов на материалы конструкции, которые могут служить пищей и средой обитания для них.

Различные виды энергии суммарно воздействуют на конструкционные материалы и приводят к изменению первоначальных характеристик материалов, параметров машин. В связи с различиями по скорости проявления энергий изменение состояния элементов машин также может происходить с различной скоростью, а следовательно, с различной скоростью проявляются и отказы в системе.

Физическая природа отказов должна рассматриваться с учетом не только вида объекта, материалов, режима нагружения, но и факторов внешней среды, которые формируют то или иное негативное воздействие на изделие и вызывают соответствующий физико-химический процесс разрушения.

Влияние факторов среды на надежность деталей машин дано на рис. 3.3.



Рис.3.3. Влияние факторов среды на надежность деталей

Для инженерно-технических работников, связанных с эксплуатацией технологического оборудования, важно знать организационные и технические мероприятия и решения, с помощью которых реализуется заложенная конструктором и изготовителем техники ее надежность. К ним относится следующее:

- повышение квалификации обслуживающего персонала (как рабочих, непосредственно работающих на оборудовании, так и ремонтных рабочих);
- строгое соблюдение требований инструкций по эксплуатации техники;
- соблюдение нагрузочных, скоростных, тепловых и иных режимов работы оборудования;
- использование рекомендуемых заводами-изготовителями марок смазочных материалов, охлаждающих жидкостей и иных расходных материалов;
- соблюдение требований технической документации в отношении правил транспортировки, хранения, монтажа и запуска в эксплуатацию оборудования;
- оптимизация периодичности и режимов технического обслуживания оборудования, включая своевременное проведение диагностики его технического состояния;
- правильный выбор системы технического обслуживания и ремонта оборудования;

- правильное использование методов и средств ремонта деталей, применение новейших технологических способов восстановления их исправности и работоспособности.

Лекция №4. Производительность технологического оборудования

Машинный и аппаратный технологические процессы, являющиеся неотъемлемой частью производственного процесса, состоят из основных и вспомогательных операций, а операции — из элементов (переходов и проходов). При выполнении *основной операции* на предмет труда осуществляется технологическое воздействие с целью изменения его структурно-механических, физико-химических и других свойств, а также формы, размеров, шероховатости поверхности и пр. Под *вспомогательной операцией* понимается действие, направленное на закрепление, перемещение, измерение предмета труда, а также на контроль качества выполнения основных операций и управление орудием труда. Структура машинного (аппаратного) технологического процесса представлена на рис. 4.1.

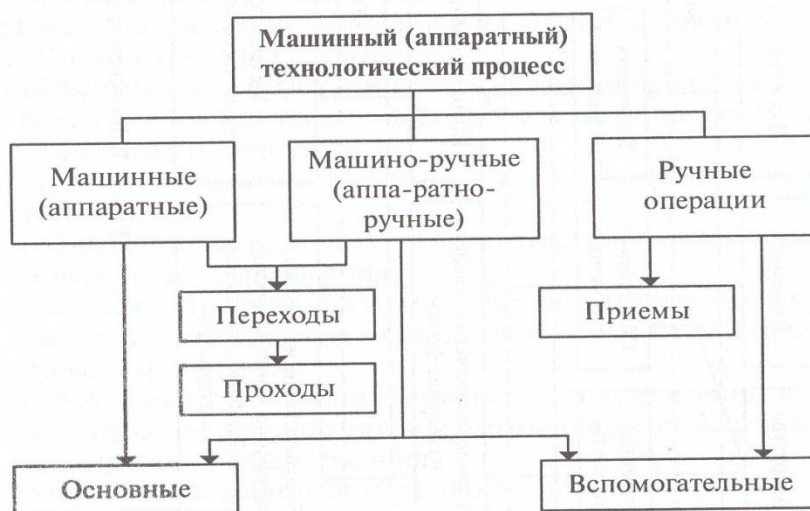


Рис. 4.1. Структура машинного (аппаратного) технологического процесса

При выполнении производственного задания технологическое оборудование, обрабатывающее штучную продукцию (изделие), работает с определенной повторяемостью или цикличностью.

Технологический цикл включает совокупность действий и операций оборудования и персонала, периодически повторяющихся при технологической обработке каждой единицы однотипной продукции (изделия). Измеряется такой цикл периодом времени T_m нахождения изделия в машине или временем обработки изделия оборудованием.

Если технологический процесс состоит из нескольких основных операций, то возможны следующие варианты их выполнения:

а) последовательная обработка

$$T_{\tau} = t_y + \sum t_i^o + \sum t_i^u + t_c, \quad (4.1)$$

где $\sum t_i^o$ — время на выполнение основных операций; $\sum t_i^u$ — время на выполнение вспомогательных операций; t_y, t_c — время на установку и съем;

б) параллельная обработка

$$T_{\tau} = t_y + t_0^{max} + t_c, \quad (4.2)$$

где t_0^{max} — наиболее длительная основная операция;

в) последовательно-параллельная обработка

$$T_{\tau} = t_y + \sum t_i^o + \sum t_i^u - \sum t_j^n + t_c, \quad (4.3)$$

где $\sum t_j^n$ — время перекрытия последующими основными операциями предыдущих основных операций.

Период технологического цикла используется при расчете производительности оборудования.

Кинематический цикл представляет собой совокупность всех перемещений и выстоев рабочих органов, участвующих в технологическом процессе, по завершении которых они все возвращаются в исходное положение. Измеряется кинематический цикл временем T_k или для оборудования с электромеханическим приводом и главным валом в углах поворота главного вала α_k .

Связь между технологическим и кинематическим циклами имеет вид

$$T_{\tau} = k \cdot T_k, \quad (4.5)$$

где $k > 1$ (для автоматического оборудования k — целое число).

Кинематический цикл используется при проектировании кинематических схем оборудования для оптимизации взаимных перемещений рабочих органов с целью достижения максимальной производительности технологической машины.

Энергетический цикл определяется периодом времени, в течение которого повторяется закон изменения мощности, потребляемой

машиной. Энергетический цикл используется для расчета привода, выбора типа и мощности электродвигателя.

Процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей, их агрегатов и систем являются периодическими процессами, поэтому технологическое оборудование относится к оборудованию периодического действия. В подавляющем большинстве машин и аппаратов автосервиса основные операции выполняются последовательно с перерывами, необходимыми для осуществления таких вспомогательных операций, как контрольные, переустановочные, уборочные и др. Технологический цикл обработки изделия (автомобиля, агрегата, детали) совпадает с кинематическим и энергетическим циклами их работы практически для всей номенклатуры оборудования. Исключение составляют многопрограммные порталные струйно-щеточные моечные установки, в которых обработка автомобиля происходит за несколько проходов портала.

Технологические циклы оборудования периодического действия характерны тем, что в них часть времени (основные операции) затрачивается производительно, а другая часть времени (вспомогательные операции) — непроизводительно. Тогда, технологический цикл может быть представлен как

$$T_{\tau} = t_p + t_{ц.н}, \quad (4.6)$$

где t_p - время непосредственной обработки изделия; $t_{ц.н}$ — цикловые потери времени.

Эффективность машинного технологического процесса определяется коэффициентом обработки

$$K_{ТХ} = \frac{t_p}{T_{\tau}} \quad (4.7)$$

Годовой фонд времени эксплуатации оборудования складывается из двух составляющих величин

$$T_{\Phi} = T_{маш} + T_{np}, \quad (4.8)$$

где $T_{маш} = \sum T_{\tau}$ — производительно затраченное время; $T_{np} = \sum t_{вун}^{mex} + \sum t_{вун}^{opz}$ — непроизводительно затраченное время эксплуатации машины (простой); $t_{вун}^{mex}$ — простой машины по техническим причинам, отнесенные к единице продукции; $t_{вун}^{opz}$ — простой машины по организационным причинам, отнесенные к единице продукции.

Эффективность эксплуатации оборудования определяется следующими коэффициентами:

а) коэффициент загрузки оборудования (определяет долю организационных простоев):

$$k_3 = \frac{\sum T_{\Gamma} + \sum t_{\text{вцп}}^{\text{тех}}}{T_{\Phi}};$$

(4.9)

б) коэффициент технического использования (определяет долю простоев машины по техническим причинам):

$$k_{\text{тех}} = \frac{\sum T_{\Gamma}}{\sum T_{\Gamma} + \sum t_{\text{вцп}}^{\text{тех}}};$$

(4.10)

$K_{\text{тех}}$ выражается через частные $k_{\text{тех } i}$, показывающие доли простоев в ремонте, переналадке, техническом обслуживании и др.:

$$k_{\text{тех}} = \left(\frac{1}{k_{\Gamma}} + \frac{1}{k_{\text{пн}}} + \frac{1}{k_{\text{то}}} \right) - 2,$$

(4.11)

где k_{Γ} — коэффициент готовности, определяющий потери времени из-за ненадежности; $k_{\text{пн}}$ — коэффициент, определяющий потери времени на переналадку; $k_{\text{то}}$ — коэффициент, учитывающий потери времени на техническое обслуживание (смазка, уборка, текущее обслуживание).

в) коэффициент использования:

$$k_{\text{и}} = \frac{\sum T_{\Gamma}}{T_{\Phi}} = k_{\text{з}} \cdot k_{\text{тех}}.$$

(4.12)

Производительностью оборудования называется количество продукции, обработанного им в единицу времени, шт./ч; шт./см.

Различают технологическую, цикловую (паспортную) и фактическую производительность:

- технологическая — $Q_{\text{ТХ}}$ (без учета цикловых потерь времени)

$$Q_{\text{ТХ}} = \frac{1}{t_{\text{Р}}};$$

(4.13)

- цикловая (паспортная) — $Q_{\text{ц}}$ (без учета простоев оборудования)

$$Q_{ц} = \frac{1}{T_{т}} = \frac{1}{t_{р} + t_{цп}} = k_{тх} \cdot Q_{тх};$$

(4.14)

3) фактическая — $Q_{ф}$ (с учетом простоев машины)

$$Q_{ф} = \frac{1}{T_{т} + t_{вцп}^{тех} + t_{вцп}^{орг}};$$

$$Q_{ф} = k_{и} \cdot Q_{ц} = k_{и} \cdot k_{тх} \cdot Q_{тх} = k_{и} \cdot k_{тх} \cdot \frac{1}{t_{р}} = k_{з} \cdot k_{тех} \cdot k_{тх} \cdot \frac{1}{t_{р}}.$$

(4.15) (4.16)

Для машин, обрабатывающих штучную продукцию, $Q_{тх}$ является идеальной или фиктивной, так как периодическим технологическим процессам принципиально присущи цикловые потери времени.

Цикловая производительность называется паспортной потому, что она рассчитывается по техническим параметрам машинного процесса в процессе конструирования и записывается в паспорт оборудования (для специализированного оборудования) или может быть рассчитана по технической характеристике на стадии приобретения (для универсального оборудования).

Фактическая производительность является реальной производительностью оборудования, полученной за достаточно длительный срок эксплуатации (не менее одного года). Соотношение между фактической и цикловой производительностями определяет коэффициент использования оборудования. С учетом простоев оборудования по различным причинам этот коэффициент всегда меньше единицы

$$k_{и} = \frac{Q_{ф}}{Q_{ц}} < 1.$$

(4.17)

Основные направления повышения производительности технологического оборудования состоят в следующем:

- Совершенствование машинного (аппаратного) технологического процесса, интенсификация режимов обработки (что ведет к уменьшению t_p).
- Улучшение кинематики, уменьшение длительности холостых ходов и выстоев, не совмещенных с рабочими ходами, уменьшение времени на подвод и перебег инструмента, автоматизация и механизация вспомогательных операций (что ведет к уменьшению $t_{ин}$, а следовательно, к увеличению $k_{тх}$).
- Повышение надежности, технологичности оборудования, оптимизация его степени универсальности или специализации, расширение номенклатуры обрабатываемых материалов, снижение требований к характеристикам обрабатываемых материалов и др. (что ведет к повышению $k_{тех}$).
- Для увеличения фактической производительности оборудования необходимо улучшать организацию эксплуатации оборудования (что ведет к увеличению k_3).