

ЛЕКЦИЯ 1

ТЕМА 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1.1. Понятие о машинах, узлах и деталях

Развитие современной науки и техники, так же как и социально-экономическое развитие общества, неразрывно связано с созданием новых машин и приборов, которые обеспечивают повышение производительности и облегчение или замену труда человека, а также предоставляют средства исследования законов природы и жизни человека. Конструкции современных машин непрерывно совершенствуются в соответствии с возрастающими требованиями эксплуатации, появлением новых материалов, возможностью получения элементов конструкции нужной формы, размеров и требуемых свойств.

Машиной называют устройство, выполняющее механические движения по преобразованию энергии, материалов и информации с целью облегчения или замены физического или умственного труда человека и повышения его производительности.

По функциональному назначению машины разделяют на группы:

– **энергетические машины**, предназначенные для преобразования какого-либо вида энергии (тепловой, электрической, атомной и т.п.) в механическую работу и наоборот – механической работы в один из указанных видов энергии. В первом случае машины называются **двигателями** (например, газотурбинные двигатели, двигатели внутреннего сгорания, гидро- и газовые турбины, электродвигатели и др.), во втором случае – **машинами-генераторами** (например, электрогенераторы, компрессоры и т.п.);

– **рабочие машины**, предназначенные для перемещения людей и материалов или для преобразования формы и свойств материалов. В первом случае машины называют **транспортными** (самолеты, автомобили, тепловозы, транспортеры и т.п.), во втором – **технологическими** машинами (станки, прессы и др.);

– **информационные машины**, предназначенные для преобразования и представления информации. Они подразделяются на **контрольно-управляющие и математические машины**;

– **кибернетические машины**, предназначенные для замены или имитации различных технических, физиологических или биологических процессов, присущих человеку и живой природе. Кибернетические машины обладают элементами искусственного интеллекта (роботы и т.п.).

Каждая машина состоит из деталей, частично или полностью объединенных в узлы.

Деталь – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций. Например, валик из одного куска металла, винт, литой корпус и т.д.

Узел – это изделие, представляющее собой законченную сборочную единицу, полученную соединением посредством сборочных операций (свинчивание, клепка, сварка и т.п.) ряда деталей, имеющих общее функциональное назначение. Например, подшипник качения, муфта, редуктор и т.д.

Среди множества деталей и узлов можно выделить такие, которые применяются практически во всех машинах и приборах (болты, валы, муфты, подшипники, механические передачи и др.).

Эти детали и узлы встречаются в самых различных машинах, имеют одинаковое назначение, выполняют одинаковые функции и являются однотипными по форме. Указанные детали и узлы называют **детальями и узлами общемашиностроительного применения** и изучают в курсе “Детали машин и основы конструирования”.

Детали и узлы специфические, встречающиеся только для данного вида машин (лопатки турбин и компрессоров, воздушный и гребной винты, коленчатый вал и т.п.), относят к деталям и узлам специального назначения и изучают в специальных курсах.

1.2. Общая классификация деталей и узлов машин

Все детали и узлы общемашиностроительного применения по своему функциональному назначению объединены в следующие группы.

- **Соединения** – неподвижные связи деталей в изделии, предназначенные для фиксации взаимного положения деталей и объединения их в сборочные единицы различного уровня. К ним относятся резьбовые, сварные, шпоночные и другие соединения.

- **Механические передачи** – устройства для передачи энергии и движения от двигателя к исполнительному механизму машины; к ним относятся: зубчатые передачи, червячные, волновые, фрикционные, ременные, цепные и передача винт-гайка.

- **Детали и узлы** для осуществления вращательного движения: валы, оси, подшипники скольжения и качения, муфты приводов.

- **Опорные детали машин и узлы:** корпуса, станины, стойки, кронштейны и др.

- **Устройства для смазывания** (форсунки, штуцеры, жиклеры, трубопроводы) и **защиты элементов конструкции от загрязнений** (уплотнения, фильтры, кожухи, крышки).

- **Упругие элементы** (пружины, рессоры, амортизаторы).

Изучение вопросов расчета, проектирования и конструирования соединений и деталей соединений, механических передач и их деталей, а также группы деталей для осуществления вращательного движения производится как в теоретической, так и в практической частях курса "Детали машин и основы конструирования".

Особенности проектирования корпусных деталей, смазочных и уплотнительных устройств, упругих элементов и др. изучают при выполнении курсового проекта.

1.3. Основные требования, предъявляемые к машинам, узлам и деталям

Совершенство конструкции и качество любой машины и составляющих её узлов и деталей определяются в основном такими показателями как работоспособность, надежность, технологичность и экономичность. Другими требованиями, соблюдение которых тоже очень важно, являются удобство и безопасность обслуживания и управления (эргономические требования) и внешний вид, соответствующий требованиям технической эстетики.

Работоспособность – это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции, сохраняя значения своих параметров, установленных технической документацией (техническими условиями, стандартами и т.п.).

Утрату работоспособности называют **отказом**. Отказы по своей природе могут быть связаны с разрушением деталей или с нарушением технического обслуживания машины (ослабление соединений, нарушение регулировки и т.п.)

Важными характеристиками исправности и работоспособности изделий являются:

- **предельное состояние** – это состояние технического объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна из-за нарушений требований безопасности или неустранимого ухода заданных параметров;

- **срок службы** – календарная продолжительность эксплуатации изделия от её начала до наступления предельного состояния;

- **наработка** – продолжительность или объем работы изделия (в часах, километрах пробега, числах циклов нагружений и др.);

ресурс – суммарная наработка изделия от начала эксплуатации до перехода в предельное состояние (в часах, километрах пробега и др.).

Работоспособность изделий характеризуют рядом показателей, отражающих физические явления при работе, или **критериями**, важнейшими среди которых являются: **прочность, жесткость, устойчивость, износостойкость, термостойкость и виброустойчивость**. Значение того или иного критерия работоспособности для данной детали определяют по условиям работы и по служебному назначению детали.

Надежность – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах в течение заданного времени. Как комплексное свойство она характеризуется долговечностью, безотказностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью изделий.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при соблюдении нормального технического обслуживания и ремонтов.

Безотказность – свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение заданного времени.

Ремонтпригодность – свойство, заключающееся в приспособленности изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость – свойство изделия непрерывно сохранять исправность в течение и после хранения и транспортирования.

Основные показатели надежности – **вероятность безотказной работы** $P(t)$ в пределах заданной наработки t и **интенсивность отказов** $\lambda(t)$. Указанные показатели определяют на основе теории вероятностей, оценочное их значение получают статистически на основе опытов:

$$P(t) = \frac{N_t}{N_0} \leq 1 \text{ и } \lambda(t) = \frac{\Delta N_t}{N_t \Delta t} ,$$

где N_0 – количество наблюдаемых изделий в эксплуатации (или при специальных испытаниях); N_t – количество работоспособных изделий, оставшихся после наработки времени t ; ΔN_t – количество отказавших изделий за интервал времени Δt .

Экспериментально установлено, что изменение интенсивности отказов по времени носит характер кривой, показанной на рис 1.1.

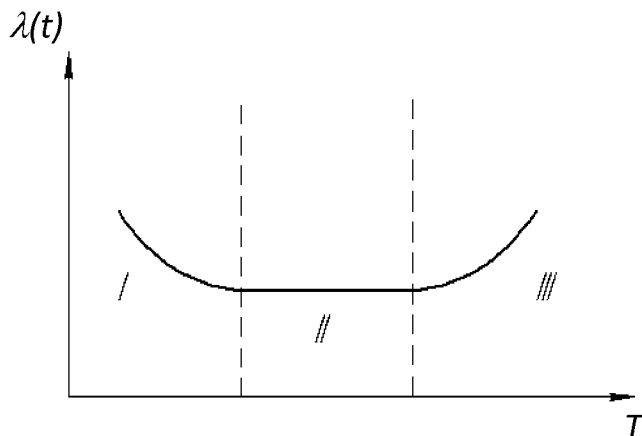


Рис. 1.1. График функции интенсивности отказов

Эту кривую условно разделяют на три периода. Период I (приработка) имеет повышенную интенсивность отказов из-за ранних (прирабочных) отказов, обусловленных дефектами производства. В период II (нормальная эксплуатация) интенсивность отказов $\lambda(t)$ уменьшается и изменяется незначительно, отказы носят случайный характер (случайные отказы) и появляются внезапно, например из-за неблагоприятного сочетания внешних факторов и т.п. Период III характеризуется увеличением интенсивности отказов и начинается тогда, когда изделия подверглись старению и повышенным износам в результате выработки своего ресурса.

Надежность изделий закладывается при проектировании (точностью составления расчетных схем, правильным выбором

материала, введением резервных элементов конструкции и др.), обеспечивается при изготовлении технологическими и организационно-техническими мерами и поддерживается при эксплуатации за счет соблюдения нормального технического обслуживания и ремонта.

Технологичность конструкции определяется изготовлением всех её элементов с минимальными затратами труда, времени и средств при обеспечении заданного качества деталей, узлов и машины в целом. Технологичность деталей и машины взаимосвязаны и взаимозависимы. Детали и узлы должны быть сконструированы и изготовлены так, чтобы были обеспечены возможность сборки и разборки машины, удобный осмотр и смазка трущихся поверхностей, легкая замена изношенных частей при ремонте и т.п. При этом технологичность каждой детали в большой мере определяется её формой, рациональным выбором материала и вида термообработки, способом получения заготовки, требуемой точностью изготовления и шероховатостью обрабатываемых поверхностей. Кроме того, технологичность тесно связана с масштабом и условиями производства. Например, сварная конструкция, будучи технологичной при индивидуальном производстве, может оказаться нетехнологичной при серийном и массовом производствах, где более целесообразно применять литье или штамповку.

Экономичность изделий оценивается затратами на проектирование, стоимостью материалов, затратами на изготовление, эксплуатацию и ремонт. Экономичность деталей и узлов достигается оптимизацией их формы и размеров из условия минимизации массогабаритных характеристик, обеспечения минимума материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости производства; за счет максимального КПД в эксплуатации при высокой надежности; высокой специализации производства, широкого применения стандартных, нормализованных и унифицированных деталей и др.

ТЕМА 2

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И СТАДИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Основной задачей проектирования и конструирования машин является разработка конструкторской документации, необходимой для изготовления, монтажа и эксплуатации создаваемой машины. Виды конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности (чертежи, схемы, расчеты, пояснительные записки, технические условия и т.д.) определены в стандартах **Единой системы конструкторской документации – ЕСКД**.

Под **проектированием** понимают общий процесс создания технического объекта, включающий разработку общих схем изделия и всю совокупность расчетов, графических материалов, обоснований и пояснений к ним. Проектирование представляет собой процесс решения **многовариантной** и – в соответствии с многочисленными и разнообразными требованиями – **многокритериальной** задачи.

Конструированием называют творческий процесс создания изделия в чертежах на основе технических расчетов, установленных норм и правил с учетом конструкторского, технологического и эксплуатационного опыта. Комплекс технической документации, разработанный в результате проектирования и конструирования, называется **проектом**.

При разработке проекта изделия необходимо в первую очередь максимально удовлетворять требования заказчика, изложенные в техническом задании и определяющие назначение, технические и экономические характеристики объекта, уровень надежности, ресурс и др. При этом следует стремиться к тому, чтобы технические характеристики были на уровне мировых достижений и имели резерв развития. При принятии решений необходимо помнить и руководствоваться основными общими принципами конструирования [5,6], обеспечивая:

- выбор наиболее рациональной схемы конструкции и её элементов, реализующей высокие скорости и производительность, низкую стоимость и др. ;

- условие равнопрочности всех элементов конструкции, т.к. нет необходимости конструировать отдельные элементы машины с излишними запасами несущей способности, которые не могут быть реализованы в связи с выходом из строя других элементов;

- снижение материалоемкости, что выполняется при создании компактных конструкций и изготовлении деталей из материала с высокой удельной прочностью σ_b / ρ , где σ_b – предел прочности, ρ – удельная масса;

- применение в обоснованных случаях новых материалов – пластмасс, композиционных и порошковых материалов и др. ;

- применение упрочняющей технологии и узловой сборки;

- малое энергопотребление, что достигается при минимальных потерях на трение в узлах машин и высоком КПД;

- обоснованное назначение точности и шероховатости деталей и обеспечение их взаимозаменяемости; использование стандартизации и унификации деталей и их элементов;

- исключение попадания грязи, пыли и влаги на подвижные детали изделий и вовнутрь конструкций;

- включение элементов (смотровых лючков, регулировочных устройств и т.п.) для технического обслуживания, контроля и ремонта;

- создание безопасности и комфорта оператору или исключение его присутствия (автоматизированный процесс), устранение вредного воздействия на человека и окружающую среду;

- учет производственно-технологических требований (например, при конструировании деталей необходимо стремиться к тому, чтобы форма и размеры готовой детали приближались к форме и размерам заготовки, что сокращает объем механической обработки на станках и т.п.).

ЕСКД устанавливает следующие стадии разработки конструкторской документации: техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект и рабочий проект.

Техническое задание – определяет основное назначение, технические и тактико-технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, выполнение необходимых стадий разработки конструкторской документации и её состав, а также специальные требования к изделию.

Техническое предложение – включает совокупность конструкторских документов, в которых приводятся технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия по результатам анализа технического задания. Приводятся различные варианты возможных решений изделий и сравнительная оценка этих решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей, а также патентных материалов. Техническое предложение является основанием для разработки эскизного или технического проекта.

Эскизный проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект является основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

Технический проект – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Технический проект служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации.

Рабочий проект – представляет собой комплекс рабочей конструкторской документации, включающей общие виды, рабочие чертежи деталей, спецификации и другие документы, достаточные для изготовления, контроля, приемки и эксплуатации изделия.