## 1.1. Требования к машинам и деталям

К большинству проектируемых машин предъявляются следующие требования:

- высокая производительность;
- экономичность производства и эксплуатации;
- равномерность хода;
- высокий кпд;
- точность работы;
- компактность, надежность и долговечность;
- удобство и безопасность обслуживания;
- транспортабельность;
- соответствие внешнего вида требованиям технической эстетики.

При конструировании и изготовлении машин должны строго соблюдаться ГОСТы.

Применение в машине стандартных деталей и узлов уменьшает количество типоразмеров, обеспечивает взаимозаменяемость, облегчает ремонт машин.

Одним из главных требований, предъявляемых к деталям, является *технологичность*, которая значительно влияет на их стоимость. Следует предусматривать максимально возможное применение стандартных узлов и деталей. Существенными показателями технологичности конструкции являются ее *материалоемкость*, *трудоемкость* изготовления и себестоимость. Технологичной считают такую конструкцию, для которой характерны минимальные затраты при производстве и эксплуатации.

## 1.2. Критерии работоспособности и влияющие на них факторы

Быть работоспособными - значит находиться в таком состоянии, в котором детали могут выполнять заданные функции в пределах технических требований. Без учета работоспособности детали нельзя говорить о её надежности.

Работоспособность деталей оценивают:

- прочностью;
- жесткостью;
- износостойкостью;
- теплостойкостью;
- вибрационной устойчивостью.

Значение того или иного параметра возрастает или уменьшается в зависимости от функционального назначения детали. Например, для крепежных винтов - прочность, ходовых деталей - износостойкость. Работоспособность обеспечивают выбором соответствующего материала и расчетом детали по

основным критериям работоспособности.

Рассмотрим критерии работоспособности:

Прочность - главный критерий. Различают статическую и усталостную прочность. При статической - разрушение наступает при превышении предела прочности. При усталостной - при превышении предела выносливости. Усталостная прочность значительно снижается при наличии концентраторов напряжений или дефектов производства. Факторы, влияющие на величину коэффициента запаса усталостной прочности, степень ответственности детали, однородность материала и надежность его испытаний, точность расчетных формул, влияние технологии изготовления детали и т.д. В каждой отрасли машиностроения, основываясь на своем опыте, выбирают свои нормы запаса прочности для конкретных деталей. Эти нормы не являются стабильными. Их периодически корректируют по мере накопления опыта и роста уровня техники.

В деталях машин существенным является и разрушение от контактных напряжений. Они возникают в месте соприкосновения двух деталей в тех случаях, когда размеры площади касания малы по сравнению с размерами деталей. Если они больше допускаемых, то на поверхности деталей появляются вмятины, борозды, трещины или мелкие раковины. Подобные явления наблюдаются у фрикционных, зубчатых, червячных и цепных передач, а также в подшипниках качения.

**Жесткость**. Расчет на жесткость предусматривает ограничение упругих деформаций деталей в пределах, допустимых для конкретных условий работы, например:

- условия работы сопряженных деталей (правильность зацепления зубчатых колес);
  - технологические условия (точность станка и т.д.);

Значение расчетов на жесткость возрастает в связи с широким внедрением высокопрочных материалов, у которых увеличиваются характеристики прочности, а модуль упругости практически не меняется.

**Износ** - процесс постепенного уменьшения размеров деталей в результате трения. Детали, изношенные больше нормы, бракуют и заменяют при ремонте. Интенсивность износа зависит от величины давления на поверхности соприкосновения деталей, коэффициента трения и износостойкости материала.

Различают несколько видов изнашивания деталей:

- абразивный износ (имеет основное значение);
- износ при заедании;
- износ при коррозии.

5

Для повышения износостойкости широко используют смазку трущихся поверхностей, применяют антифрикционные материалы, специальные виды химико-термической обработки поверхностей, уменьшают нагрузки и т.д.

Износостойкость значительно понижается при коррозии. Что надо учи

тывать при проектировании деталей, работающих в агрессивных средах.

Теплостойкость. Нагрев способствует:

- понижению механических свойств и появлению ползучести;
- понижению защищающей способности масленых пленок, и, следовательно, увеличению износа;
  - изменению зазоров в сопрягаемых деталях (заклинивание);
  - понижению точности машин.

Для определения температуры работы деталей проводят тепловые расчеты и, если необходимо, вносят соответствующие конструктивные изменения (применяют специальные устройства для охлаждения).

**Виброустойчивость.** Вибрации понижают усталостную прочность деталей, т.к. возникают дополнительные переменные напряжения. В некоторых случаях они снижают качество работы машины (например, в металлорежущих станках снижают точность обработки и ухудшают качество обрабатываемой поверхности). Особое значение имеют резонансные явления.

### ЛЕКЦИЯ 2.

#### План:

- 2.1. Понятие о надежности машин
- 2.2. Основы проектирования механизмов
- 2.3. Стадии разработки проекта

# 2.1. Понятие о надежности машин

**Надежность** - это вероятность безотказной работы в течение заданного срока службы в определенных условиях. Под заданным сроком службы понимается время до первого планового ремонта или между плановыми ремонтами. Надежность определяют для машины в целом и для отдельных её узлов и деталей. Расчет надежности базируется на статистических данных.

Для оценки надежности выбирают различные показатели: число отказов в работе, средний срок службы в часах, число километров пробега и т.д.

Коэффициент надежности сложного изделия равен произведению коэффициентов надежности отдельных составляющих элементов. Таким образом:

- надежность сложной системы всегда меньше надежности самого не надежного элемента, поэтому важно не допускать в систему ни одного ненадежного элемента;
- чем больше элементов имеет система, тем меньше её надежность. Рассмотрим изменение надежности системы во времени, которое характеризуется интенсивностью отказов - т.е. числом отказов в единицу времени (рис. 2.1).

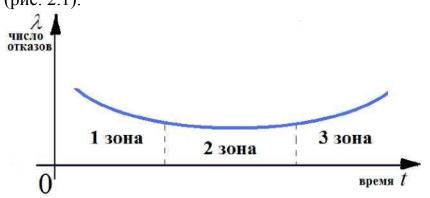


Рис.2.1. Изменение надежности системы во времени

- **1 зона** период приработки. Вследствие приработки все трущиеся детали автоматически доводятся до наиболее рациональных форм. Из этого следует, что для повышения надежности целесообразно производить обкатку изделия до сдачи его в эксплуатацию.
- **2 зона** период нормальной эксплуатации, характеризуется примерно постоянным значением интенсивности отказов. Причиной отказов здесь служат случайные перегрузки, скрытые дефекты производства, не проявившиеся в период приработки.

**3 зона** - период проявления изнашивания. Здесь различные виды износа достигают таких значений, которые приводят к разрушению деталей или к нарушению нормальной работы машины. Машина потребует очередного ремонта.

Основы надежности закладываются конструктором при проектировании изделия. Плохо продуманные, не отработанные конструкции не надежны.

Рассмотрим основные пути повышения надежности:

- улучшение качества производства конструкции;
- уменьшение напряженности деталей (рационально применять высокопрочные материалы, различные виды термической обработки, которые увеличивают нагрузочную способность зубчатых передач до 2...4 раз);
  - применение хорошей смазки;
  - установка предохранительных устройств;
  - должный контроль ОТК.

## 2.2. Основы проектирования механизмов

### Основные принципы проектирования:

- 1. *Последовательность* (очередность выполнения этапов при проектировании) и *итерационность* (корректировка проектных решений предыдущих этапов).
- 2. *Схемная надежность* (min элементов в конструкции). *Коэффициент надежности* сложного изделия выражается произведением коэффициентов надежности составляющих элементов. Чем больше элементов имеет система, тем меньше ее надежность.
- 3. *Равнопрочность*. Надежность сложной системы всегда меньше надежности самого ненадежного элемента, поэтому важно не допускать в систему ни одного слабого элемента.
- 4. **Унификация** стремление к использованию однотипных и стандартных элементов. Стандартные узлы и детали разрабатывают на основе большого опыта и изготовляют на специализированных заводах с автоматизированным производством.
- 5. *Компромиссность* проектных решений (поиск компромиссов между техническими характеристиками и экономическими показателями)
- 6. *Резервирование* создание в конструкции определенных резервов (запас прочности, и т.д.).
- 7. Сменные детали должны быть *взаимозаменяемыми* с запасными частями. Конструкция должна обеспечивать *легкую доступность* к узлам.

Конструирование машин и механизмов - творческий процесс. Основные особенности этого процесса состоят в многовариантности решений, необходимости согласования принимаемых решений, что делает необходимым анализ этих вариантов, принятие решений с учетом предшествующего опыта

и использованием существующих аналогичных конструкций. В наше время большое внимание уделяется вопросам технической эстетики, поэтому создаваемые конструкции должны быть не только надежными и экономичными, но и сочетать красивый внешний вид с целесообразностью форм.

**Проектированием** называется процесс разработки технической документации, содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, сметы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для производства машины. По типу изображения объекта различают **чертежное** и объемное проектирование; последнее включает выполнение макета или модели объекта. Для деталей машин характерен чертежный метод проектирования.

Совокупность конструкторских документов, полученных в результате проектирования, называется *проектом*.

Чтобы избавить конструктора от выполнения трудоемких расчетов, многофакторного анализа и большого объема графических работ используют ЭВМ. При этом конструктор ставит задачу для ЭВМ и принимает окончательное решение, а машина обрабатывает весь объем информации и делает первичный отбор. Для такого общения человека с машиной создаются системы автоматизированного проектирования (САПР). *Целью создания САПР* являются повышение технико-экономического уровня проектируемых объектов, сокращение сроков, уменьшение стоимости и трудоемкости проектирования.

## 2.3. Стадии разработки проекта

Стадии разработки конструкторской документации и этапы работ установлены стандартом, который обобщает опыт, накопленный в передовых странах по проектированию механизмов и машин.

**Первая стадия -** разработка технического задания - документа содержащего наименование, основное назначение и технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые заказчиком к разрабатываемому изделию.

**Вторая стадия -** разработка технического предложения — совокупность конструкторских документов, содержащих технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания, сравнительной оценки возможных решений с учетом достижений науки и техники в стране и за рубежом, а также патентных материалов. Техническое предложение утверждается заказчиком и генеральным подрядчиком.

**Третья стадия -** разработка эскизного проекта — совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальные конструктивные решения и разработки общих видов чертежей, дающих общие представления об устройстве и принципе работы разрабатываемых изделии, его основных пара

метрах и габаритных размерах.

**Четвертая стадия -** разработка технического проекта — совокупность конструкторских документов, содержащих окончательные технические решения, дающих полное представление об устройстве изделия. Чертежи проекта состоят из общих видов и сборочных чертежей узлов, полученных с учетом достижений науки и техники. На этой стадии рассматриваются вопросы надежности узлов, соответствие требованиям техники безопасности, условиям транспортирования и др.

Пятая стадия - разработка рабочей документации- совокупности документов, содержащих чертежи общих видов, узлов и деталей, оформленных так, что по ним можно изготавливать изделия и контролировать их производство и эксплуатацию (спецификации, технические условия на изготовление, сборку, испытание изделия и др.). На этой стадии разрабатываются кон- срукции деталей, оптимальные по показателям надежности, технологичности и экономичности.

Курсовой проект по деталям машин в условиях учебного заведения включает в себя все стадии разработки.

В соответствии с разработанной в процессе проектирования рабочей документации в дальнейшем создается *технологическая документация*, которая определяет технологию изготовления изделия.

Рабочие, технологические, а также нормативно-технические документы (последние включают стандарты всех категорий, руководящие технические материалы, общие технические требования и т. п.) в совокупности составляют *техническую документацию*, необходимую для организации и осуществления производства, испытаний, эксплуатации и ремонта предмета производства (изделия).

Условия работы деталей машин бывают весьма разнообразными и трудно поддающимися точному учету, поэтому расчеты деталей машин часто выполняют по приближенным, а иногда эмпирическим формулам, являющимся результатом обобщения накопленного опыта проектирования, испытаний и эксплуатации деталей и узлов машин.

В процессе проектирования деталей машин встречаются два вида расчетов, а именно: **проектный расчет**, при котором обычно определяются основные размеры деталей или узла, **проверочный расчет**, когда для созданной конструкции определяется, например, значение напряжений в опасных сечениях, тепловой режим работы, долговечность и другие параметры.

## Контрольные вопросы и задания

- 1. Что называют механизмом, машиной, деталью, узлом?
- 2. Перечислите виды соединений.
- 3. Укажите назначение передач вращательного движения.
- 4. Приведите классификацию передач вращательного движения.

- 5. Назовите критерии работоспособности деталей машин.
- 6. Что понимают под проектированием?
- 7. Перечислите стадии разработки проекта
- 8. Что дает автоматизация проектирования?
- 9. Что понимают под надежностью машин?
- 10. Как оценивают надежность машин?
- 11. Как изменяется надежность во времени?
- 12. Укажите пути повышения надежности машин.