

Тема 4

Основы расчета деталей машин

План лекции

- Особенности проектирования изделий общемеханического назначения, классификация изделий по видам, конструкторские и технологические требования к изделиям, методы проектирования, стадии разработки. Основные принципы инженерных расчетов,. Технические измерения, допуски и посадки в машиностроении. Типовые сопряжения деталей. Соединения вал-втулка.

- Определим базовые понятия в самом начале работы для систематизации учебного материала и во избежание двусмысленного толкования.
- Расположим понятия по степени сложности.
- **ДЕТАЛЬ** – (франц. *detail* – кусочек) – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (ГОСТ 2.101-68).
- **ЗВЕНО** – группа деталей, образующая подвижную или неподвижную относительно друг друга механическую систему тел.
- **СБОРОЧНАЯ ЕДИНИЦА** – изделие, составные части которого подлежат соединению на предприятии-изготовителе посредством сборочных операций (ГОСТ 2.101-68).
- **УЗЕЛ** – законченная сборочная единица, состоящая из деталей общего функционального назначения.

- **МЕХАНИЗМ** – система деталей, предназначенная для передачи и преобразования движения.
- **АППАРАТ** – прибор, техническое устройство, приспособление, обычно некая автономно-функциональная часть более сложной системы.
- **АГРЕГАТ** – унифицированный функциональный узел, обладающий полной взаимозаменяемостью.
- **МАШИНА** – система деталей, совершающая механическое движение для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения труда. Машина характерна наличием источника энергии и требует присутствия оператора для своего управления..

•

- , работающая по заданной программе без оператора.
- **РОБОТ** – (чешск. *robot* – работник) машина, имеющая **АВТОМАТ** – (греч. "аутоматос" – *самодвижущийся*) машина систему управления, позволяющую ей самостоятельно принимать исполнительские решения в заданном диапазоне

Процесс разработки машин имеет сложную, разветвлённую неоднозначную структуру и обычно называется широким термином ПРОЕКТИРОВАНИЕ – создание прообраза объекта, представляющего в общих чертах его основные параметры. Под КОНСТРУИРОВАНИЕМ некоторые авторы понимают весь процесс от идеи до изготовления машин, некоторые – лишь завершающую стадию его подготовки. Но в любом случае цель и конечный результат конструирования – создание рабочей документации , по которой можно без участия разработчика изготавливать, эксплуатировать, контролировать и ремонтировать изделие .

- Здесь также требуется дать базовые понятия:
- **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ** – документ, составляемый совместно заказчиком и разработчиком, содержащий общее представление о назначении, технических характеристиках и принципиальном устройстве будущего изделия.
- **ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ** – дополнительные или уточнённые требования к изделию, которые не могли быть указаны в техническом задании (ГОСТ 2.118-73).
- **ТВОРЧЕСТВО** – специфическая материальная или духовная деятельность, порождающая нечто новое или новую комбинацию известного.
- **ИЗОБРЕТЕНИЕ** – новое решение технической задачи, дающее положительный результат.

- **ЭСКИЗИРОВАНИЕ** – процесс создания эскиза (*франц. esquisse – из размышлений*), предварительного рисунка или наброска, фиксирующего замысел и содержащего основные очертания создаваемого объекта.
- **КОМПОНОВКА** – расположение основных деталей, узлов, сборочных единиц будущего объекта.
- **РАСЧЁТ** – численное определение усилий, напряжений и деформаций в деталях, установление условий их нормальной работы; выполняется по мере необходимости на каждом этапе конструирования.
- **ЧЕРТЁЖ** – точное графическое изображение объекта, содержащее полную информацию об его форме, размерах и основных технических условиях изготовления.
- **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА** – текстовый документ (ГОСТ 2.102-68), содержащий описание устройства и принципа действия изделия, а также технические характеристики, экономическое обоснование, расчёты, указания по подготовке изделия к эксплуатации.
- **СПЕЦИФИКАЦИЯ** – текстовый табличный документ, определяющий состав изделия .

- **ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ** – первый этап проектирования (ГОСТ 2.119-73), когда устанавливаются принципиальные конструктивные и схемные решения, дающие общие представления об устройстве и работе изделия.
- **ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ** – заключительный этап проектирования (ГОСТ 2.120-73), когда выявляются окончательные технические решения, дающие полное представление об изделии.
- **РАБОЧИЙ ПРОЕКТ** – полный комплект рабочей документации (текстовой и графической ГОСТ 2.102-68; 2.106-68), в которой содержится полная информация о конструкции, изготовлении, эксплуатации и ремонте машины.

- **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МАШИН**
- **Машины, как и другие изделия, изготавливаются только по проекту, который, в любом случае, является совокупностью графических и текстовых документов. Правила и порядок разработки, оформления и обращения этих документов устанавливается комплексом стандартов – Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), разработанной в 70-е годы XX в [15].**
- **Проектирование машин выполняют в несколько стадий, установленных ГОСТ 2.103-68. Для единичного производства это:**
 - **Разработка технического предложения по ГОСТ 2.118-73.**
 - **Разработка эскизного проекта по ГОСТ 2.119-73.**
 - **Разработка технического проекта по ГОСТ 2.120-73.**
 - **Разработка документации для изготовления изделия.**
 - **Корректировка документации по результатам изготовления и испытания изделия.**

- Стадии проектирования при серийном производстве те же, но только корректировку документации приходится повторять несколько раз: сначала для опытного экземпляра, затем для опытной партии, затем по результатам изготовления и испытаний первой промышленной партии.
- В любом случае, приступая к каждому этапу конструирования, как и вообще к любой работе, необходимо чётко обозначить три позиции:
- Исходные данные – любые объекты и информация, относящиеся к делу ("что мы имеем?").

- **Цель – ожидаемые результаты, величины, документы, объекты ("что мы хотим получить?").**
- **Средства достижения цели – методики проектирования, расчётные формулы, инструментальные средства, источники энергии и информации, конструкторские навыки, опыт ("что и как делать?").**
- **Деятельность конструктора-проектировщика обретает смысл только при наличии заказчика – лица или организации, нуждающихся в изделии и финансирующих разработку.**

- **Теоретически заказчик должен составить и выдать разработчику Техническое Задание – документ, в котором грамотно и чётко обозначены все технические, эксплуатационные и экономические параметры будущего изделия. Но, к счастью, этого не происходит, поскольку заказчик поглощён своими ведомственными задачами, а, главное, не имеет достаточных навыков проектирования. Таким образом, инженер не остаётся без работы.**

- **Работа начинается с того, что заказчик и исполнитель совместно составляют (и подписывают) Техническое Задание. При этом исполнитель должен получить максимум информации о потребностях, пожеланиях, технических и финансовых возможностях заказчика, обязательных, предпочтительных и желательных свойствах будущего изделия, особенностях его эксплуатации, условиях ремонта, возможном рынке сбыта.**
- **Тщательный анализ этой информации позволит проектировщику правильно выстроить логическую цепочку "Задание – Цель – Средства" и максимально эффективно выполнить проект.**

- Разработка **Технического Предложения** начинается с изучения Технического Задания. Выясняются назначение, принцип устройства и способы соединения основных сборочных единиц и деталей. Всё это сопровождается анализом научно-технической информации об аналогичных конструкциях. Выполняются кинематический расчёт, проектировочные расчёты на прочность, жёсткость, износостойкость и по критериям работоспособности. Из каталогов предварительно выбираются все стандартные изделия – подшипники, муфты и т.п. Выполняются первые эскизы, которые постепенно уточняются. Необходимо стремиться к максимальной компактности расположения и удобства монтажа-демонтажа деталей.

- На стадии **Эскизного Проекта** выполняются уточнённые и проверочные расчёты деталей, чертежи изделия в основных проекциях, прорабатывается конструкция деталей с целью их максимальной технологичности, выбираются сопряжения деталей, прорабатывается возможность сборки-разборки и регулировки узлов, выбирается система смазки и уплотнения. Эскизный проект должен быть рассмотрен и утверждён, после чего он становится основой для Технического Проекта. При необходимости изготавливаются и испытываются макеты изделия.

Технический проект

Технический Проект должен обязательно содержать чертёж общего вида, ведомость технического проекта и пояснительную записку. Чертёж общего вида должен дать сведения о конструкции, взаимодействии основных частей, эксплуатационно-технических характеристиках и принципах работы .

Требования к машинам и критерии их качества

- **Степень соответствия требованиям характеризуют критерии качества (греч. "крит эрион" – узкое место) – некие конкретные параметры (греч. "пара мэтрос" – измеряемый), т.е. измеряемые или вычисляемые величины.**
- **Однако известно, что полное удовлетворение всех требований – абсолютно невыполнимая задача, поэтому всегда приходится идти на компромисс, обозначая главные требования и обеспечивая соответствующие им критерии качества. Отметим поэтому лишь основные требования к деталям и машинам.**

Технологичность, экономичность, работоспособность, надежность

- **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ** – изготовление изделия при минимальных затратах труда, времени и средств при полном соответствии своему назначению.
- **ЭКОНОМИЧНОСТЬ** – минимальная стоимость производства и эксплуатации.
- **РАБОТОСПОСОБНОСТЬ** – состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции.
- **НАДЁЖНОСТЬ** – свойство объекта сохранять во времени способность к выполнению заданных функций (ГОСТ 27.002-83).

Основные принципы инженерных расчетов

- Чаще всего конструктор имеет дело с расчётами на прочность .
- Различают **проектировочные** и **проверочные** расчёты.
- **Проектировочный расчёт** выполняется, когда по ожидаемым нагрузкам, с учётом свойств материала определяются геометрические параметры деталей.
- **Проверочный расчёт** выполняют, когда известна вся "геометрия" детали и максимальные нагрузки, а с учётом свойств материала определяются максимальные напряжения, которые должны быть меньше допусковых.

- Математическая формулировка условия прочности любой детали очень проста:
- $$\sigma \leq [\sigma], \quad \tau \leq [\tau] .$$
- **НАПРЯЖЕНИЯ В МАТЕРИАЛЕ ДЕТАЛИ**
- **ДОЛЖНЫ БЫТЬ МЕНЬШЕ ДОПУСКАЕМЫХ**
- Или, говоря техническим языком:
- Всегда, везде, при любых обстоятельствах конструктор обязан учитывать и обеспечивать такие условия работы, чтобы напряжения в материале деталей не превышали допустимых

Допуски и посадки в машиностроении (определения)

- **Допуск размера** – разность между наибольшим и наименьшими предельными размерами, регламентируется ГОСТ.
- **Посадкой** называется характер сопряжения двух деталей, определяющий большую или меньшую свободу их относительного перемещения, или степень сопротивления их взаимному смещению. Посадки неподвижные и подвижные. Посадки, при которых должна быть обеспечена прочность соединения сопряженных деталей, называются неподвижными.

- Посадками для свободного движения, или (кратко) **подвижными**, называются такие, при которых предусматривается постоянное относительное движение сопряженных деталей во время их работы.

В нашем машиностроении установлен и применяется ряд посадок, которые регламентируются ГОСТ.

Сопряжения деталей машин

- В зависимости от характера взаимного перемещения сопрягаемых поверхностей деталей различают сопряжения подвижные и неподвижные. *Подвижные сопряжения* характеризуются взаимными перемещениями сопряженных точек* и поверхностей контакта, обусловленными деформациями деталей и кинематикой узла. Подвижные сопряжения встречаются в конструкциях машин довольно часто, например, в зубчатых (рис.1, а) и винтовых (рис.1, б) передачах, подшипниках качения (рис. 1, в), муфтах (рис.21, г) и др.

Сопряжения деталей машин

Рис.1,а),б):

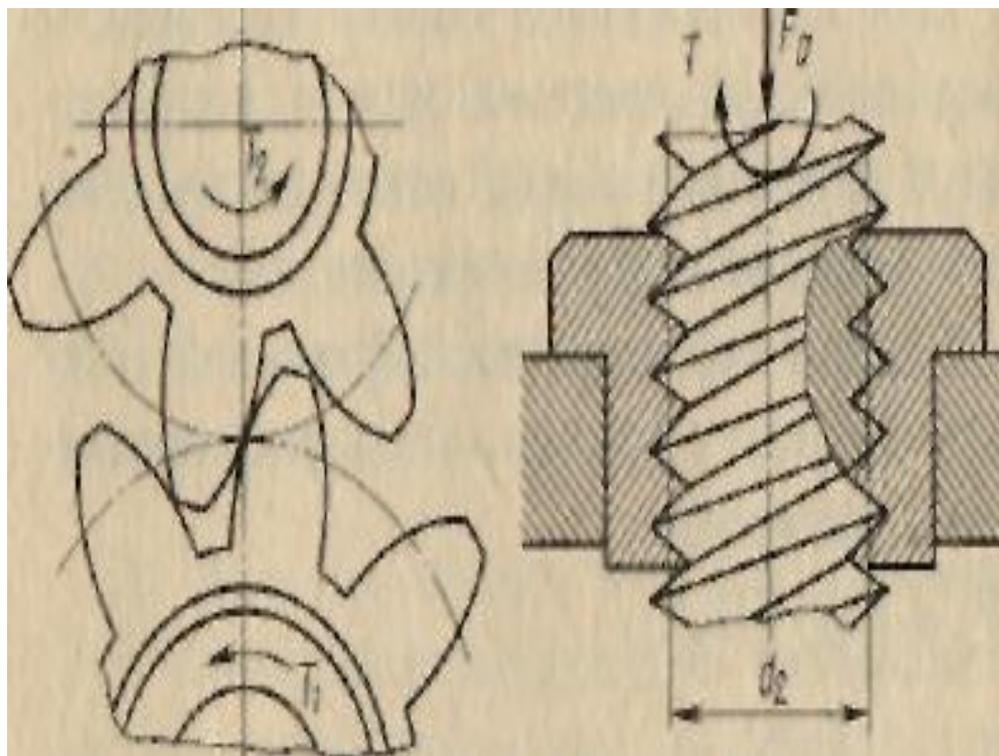
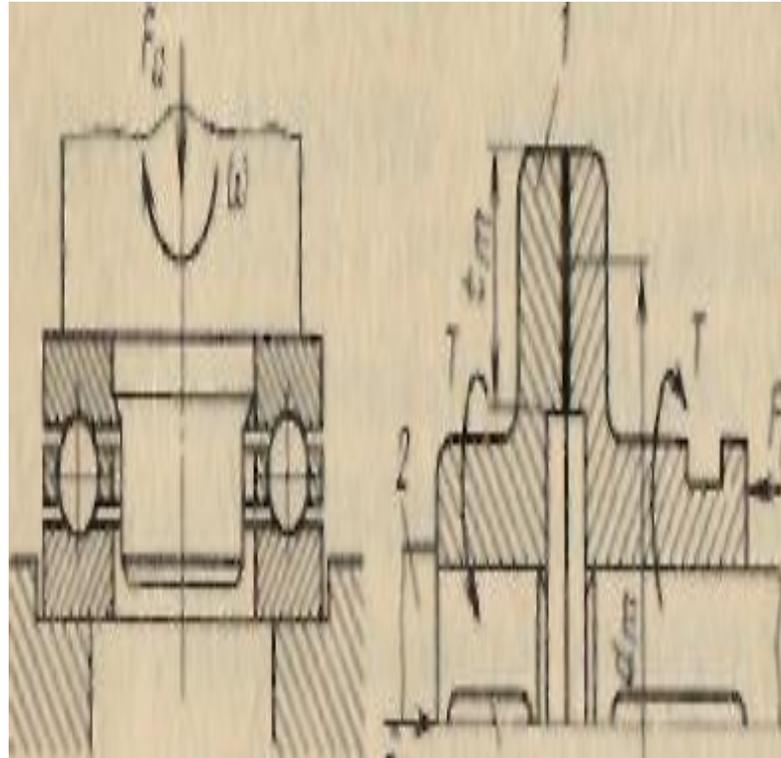


Рис.1, в),г):



Неподвижные сопряжения

-
- Они тоже широко распространены в узлах машин. Их образуют путем *фиксации взаимного положения* сопрягаемых деталей также формозапиранием или сцеплением, которую реализуют в узлах различными конструктивными способами.

Соединение вал - втулка

- Муфта – устройство для соединения валов, тяг, труб, канатов и т.п. Они , как правило, воспринимают осевые силы. **Ее выполняют**
- **в виде втулки с резьбой.** Муфты для передачи вращающего момента выполняют нерасцепляемой постоянной, компенсирующей или подвижной, а также сцепной.
- Постоянная муфта представляет собой **втулку, надетую на концы соединяемых валов,** или жестко соединенные детали, закрепленные на концах валов.

Контрольные вопросы

- 1. Что означают понятия: эскиз, компоновка, чертеж, пояснительная записка?**
- 2. Содержание технического задания?**
- 3. Требования к машинам и критерии их качества?**
- 4. В чем состоят основные принципы инженерных расчетов?**
- 5. Что понимают под допусками и посадками в машиностроении?**
- 6. Какие силы воспринимает соединение вал-втулка?**