

<p>ONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

## ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС

**Дисциплина: Прикладная механика**

**Код дисциплины: РМ 2301**

**Название ОП: 6В07201 - Технология фармацевтического производства**

**Объем учебных часов /(кредитов): 150 часов /(5 кредита)**

**Курс и семестр изучения: 2 курс, 4 семестр**

**Объем лекции: 5**

Шымкент, 2025 г.

Кафедра Инженерных дисциплин

76/11

Прикладная механика

Лекционный комплекс разработан в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины (силлабусом) «Прикладная механика» и обсужден на заседании кафедры

Протокол № 11 05.06.2025г.

Зав.кафедрой



Орымбетова Г.Э.

<p style="text-align: center;"> <small>ONTÜSTIK-KAZAQSTAN</small>  <b>MEDISINA</b>  <b>AKADEMIASY</b>  <small>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</small> </p>  <p style="text-align: center;"> <small>SOUTH KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDICAL</b>  <b>ACADEMY</b>  <small>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</small> </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

## Лекция №1

**Тема:** Содержание дисциплины «Прикладная механика» и ее значение для инженерного образования. Основные понятия и определения предмета. Виды и группировка механизмов. Звено механизма и их классификация. Общие сведения об аппаратах и приборах.

**Цель:** Ознакомление содержанием дисциплины ПМ. Изложение основные понятия и определения. Изучение классификации машин и оборудования и виды механизмов. Формирование общего сведения об аппаратах и приборах.

Тезисы лекции:

**Содержание дисциплины ПМ и ее значение для инженерного образования.**

Современный этап индустриально-инновационного развития в Республике требует решения ряда важнейших задач, среди них подготовка специалистов в совершенстве владеющих техникой и технологией производства. Подготовка этих специалистов не связывая теоретические знания с практикой является невозможным, поэтому будущий бакалавр-технолог химико-фармацевтической промышленности должен знать не только теорию механики и основные положения сопротивления материалов, но и ее применение.

Прикладная механика – это общинженерная дисциплина, которая изучает методы анализа и синтеза механизмов машин и оборудования, а также правила и нормы расчета и проектирования типовых деталей и сборочных единиц машин и аппаратов. Курс охватывает теорию машин и механизмов и основу конструирования изделий и оборудования медико-фармацевтического назначения.

**Основные понятия и определения**

В производстве различных фармацевтических отраслей используется общие и специальные оборудования, характерные только для конкретного технологического процесса. Еще на каждой стадии технологического цикла может использоваться другая специальная техника. В производстве используются все оборудование общего и специального назначения делятся на две группы: машины и аппараты.

Машины и аппараты по способу управления могут быть механические и автоматизированные непрерывного или периодического действия.

Машина есть устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации в целях замены или облегчения физического и умственного труда человека, а также повышения его качества и производительности. Под термином «машина» обычно понимается механические устройства согласованно работающими частями, осуществляющие определенные движения, служащий для выполнения полезной работы. Из принципиальной схемы понятно, что машина состоит из двигателя как источник



ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		76/11
Прикладная механика		

энергии передаточного устройства, исполнительного механизма и системы управления.



Рис1. Принципиальная схема машины


Машины и оборудования по выполняемым функциям можно разделить на следующие классы: энергетические машины и оборудования; транспортные машины и технологические оборудования; информационной техники и машины; кибернетические машины.

Энергетические машины и оборудования предназначены для получения тепловой и электрической энергии. Энергетической машиной, называется машина, предназначенная для преобразования любого вида энергии в механическую или наоборот. В первом случае она носит название двигателя, во втором случае – генератора. Двигателями являются: паровые машины, турбины, электродвигатели, ДВС и т.д. В условиях медико-фармацевтического производства в качестве двигателей чаще всего используются электродвигатели и в меньшей степени паровые машины.

Транспортные машины и технологические оборудования относятся к рабочим машинам, с помощью которых производятся изменения формы, свойств и положения объектов труда. Рабочие машины используются во всех отраслях народного хозяйства.

Информационной техникой и машиной называется для преобразования информации. К этим машинам относятся все средства массовой информации и компьютерные техники. Кибернетической машиной называется машина, заменяющая или имитирующая различные механические, физиологические, или биологические процессы, присущие человеку и живой природе, и обладающая элементами искусственного интеллекта. Это – автооператоры, роботы, манипуляторы и искусственные органы.

Машины бывают обычными механическими и машинами-автоматами. Процессы преобразования энергии, материалов и информации, выполняемой машиной, в некоторых случаях происходят без непосредственного участия человека. Такие машины получили название машин-автоматов. Совокупность машин-автоматов, соединенных между собой и предназначенных для выполнения определенного технологического процесса, называется автоматической линией.

<p>ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

## Виды и группировки механизмов

Обычные машины и оборудования представляют собой совокупность многих устройств и механизмов. Система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел, называется механизмом. Механизмы, входящие в состав машины, весьма разнообразны. Один из них представляют твердые тела, другие из них состоят их несколько твердых тел. Следующие имеют в своем основном составе гидравлические, пневматические, электрические, магнитные и другие устройства. Соответственно такие механизмы называются гидравлическими, пневматическими, электрическими и т.д.

В производстве используемые механизмы по структурным и конструктивным особенностям делятся на шарнирно-рычажные, зубчато- червячные, кулачково- эксцентриковые, винтовые, планетарные и механизмы с гибкой связью. С точки зрения их функционального назначения механизмы машин группируются на следующие виды:

- а) механизмы двигателей и преобразователи энергии или движения
- б) передаточные и исполнительные механизмы
- в) механизмы управления, контроля и регулирования
- г) механизмы подачи, транспортировки, сортировки и подъема
- д) автоматические механизмы с электронными устройствами

Все машины и оборудования состоят из отдельных деталей. Деталь – это изделие, изготавливаемое из однородного материала без сборочных и монтажных операций. Детали могут быть простыми или сложными. Простые детали выполняют одну функцию. Сложные детали состоят из нескольких простых деталей. Детали не только составляют машины, но и определяют их работоспособность.

В соответствии с ГОСТ 2. 101-68 в состав машины кроме деталей входят сборочные единицы. Сборочная единица – изделие, состоящее из нескольких деталей, соединенных между собой с помощью сборочных или монтажных операций и имеющих общее функциональное назначение.

Детали в составе машины частично или полностью объединяют узлы. Узел тоже представляет собой законченную сборочную единицу, состоящую из ряда деталей, имеющих общее функциональное назначение. Среди большого разнообразия деталей и узлов машин выделяют такие, которые применяют почти во всех машинах. Эти детали и узлы называют общим назначением и изучаются в курсе прикладной механики. Все другие детали и узлы относятся к специальному назначению и изучаются в специальных инженерных курсах. Детали общего назначения применяют в очень больших количествах и во всех отраслях.

Звено механизма и их классификация.

Всякий механизм состоит из отдельных деталей. В механизмах стационарного типа некоторые детали являются неподвижными, другие детали движутся относительно их. Каждая подвижная деталь или группа деталей,



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

образующие одну жёсткую подвижную систему тел, носит названия подвижного звена механизма. Таким образом, шатун двигателя является одним подвижным звеном, хотя шатун состоять из нескольких деталей; тела шатуна, крышек, болтов, стягивающие крышки и т.д. Все неподвижные детали образуют одну жесткую неподвижную систему тел, которая называется неподвижным или стойким звеном. Например, корпус двигателя с подшипниками вала образуют одно неподвижное звено или стойку.

Звеном называют одно или несколько жестко соединенных твердых тел, входящих в состав механизма. Звено механизма которому сообщается движение, преобразуемое в требуемое движение других звеньев механизма, называется входным звеном.

Звено механизма, совершающее требуемое движение, для которого предназначен механизм, называется выходным звеном. Соответственно их параметры тоже называются данные при входе и выходе.


В практике в основном применяют термин ведущее и ведомое звено. Звенья, которые передаются движению, для приведения движения других звеньев механизма называются ведущими. А звенья, которых получает движения, для выполнения требуемую функцию называется ведомым. Остальные относятся промежуточными и называются соединительными. В большинстве случаев входное звено является и ведущим, но, конечно, могут быть случаи инверсии, когда входное звено становится ведомым.

Общие сведения об аппаратах и приборах

При производстве лекарственных препаратов и лекарств, кроме машин широко используются различные аппараты и приборы. Если в предприятии к группе машин относятся все техники, имеющее движущиеся части, посредством которых осуществляется механическое воздействие на обрабатываемый продукт, то группе аппаратов относятся остальные оборудования, в которых осуществляется такое воздействие на вещества, в результате происходит изменение их физических или химических свойств.

Аппарат – устройство, в котором на продукт или на исходные материалы осуществляется воздействие, сопровождающееся изменением физико-химических свойств или их агрегатного состояния. Характерной особенностью аппаратов является обязательное наличие рабочего пространства, в котором осуществляется процесс. В некоторых аппаратах используется движущиеся приспособления или устройства, которые выполняют вспомогательные или дополнительные роли.

Прибор – общее название устройств и контрольных инструментов предназначенных для измерения, вычисления, наблюдения, управления движениями машин, регулирование технологических процессов, а также для определения значения или количества различных параметров. Машины и оборудования зачастую оснащены множеством приборами. Приборы также встречаются в виде отдельных устройств.

<p style="text-align: center;"> ONTUSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p style="text-align: center;"> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

**Иллюстративный материал:** плакаты, слайды, макеты механизмов и деталей машин, видеоролик действующего механизма.

Литература:

**Основная:**

Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. Учебник -М: Машиностроение, 2016.-576с.

Скайбеда А.Т. Прикладная механика. Учебник. -М: Альянс, 2016.-522 с.

З.Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Учебник.-М.:Альянс, 2016 . - 640 с.

Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. Учебник.- М.:Высшая школа,2009. - 316 с.

Ищенко В.И. Промышленная технология лекарственных средств. Учебник – Витебск, 2012 -565с.

Эрдеди А.А. Теория механизмов и детали машин: Учебник - М.:Машиностроение, 2016. -516с.

Торланова Б.О. Машины и автоматы для фасовки лекарственных форм. Учебное пособие.-Шымкент: ЮКГМА, 2003-162с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Структурный анализ механизмов. Методическое указание – Шымкент, ЮКГУ, 2014 – 56с.

Дополнительная:

Николаенко В.Л. Прикладная механика. Учебное пособие. – Минск.: Изд-во Гревцова, 2010. – 386 с.

Олофинский В.П. Детали машин. Учебное пособие -М: Форум., 2006.-208 с.

З.Муравьев И.А. Технология лекарств. Учебник, Т.1 – М: Изд-во Медицина, 1980 – 704 с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Основы конструирования и детали машин. Методические указания. – Шымкент.: ЮКГУ, 2017. – 31 с.

Мырзалиев Д.С. Курс теоретической и прикладной механики. Учеб.пособие. – Шымкент, 2008. – 186 с.

Электронные ресурсы:

Андреев, В.И. Детали машин и основы конструирования: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/12953/>

Гулиа, Н.В. Детали машин: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/5705/>

6. Контрольные вопросы:

Свободное движение твердого тела и их ограничение. Число связей.

Терминологическое название деталей машин, звеньев механизма и элементов конструкции.

Что такое звено и какие виды бывают. Понятие о деталях машин.

Кинематические пары и их классификации



<p style="text-align: center;"> <small>ONTÜSTIK-KAZAQSTAN</small>  <b>MEDISINA</b>  <b>AKADEMIASY</b>          «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ       </p>  <p style="text-align: center;"> <small>SOUTH KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDICAL</b>  <b>ACADEMY</b>          АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»       </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

Уметь определить условные обозначения и изображения в схемах.

Понятие и пояснения о механизмах и машинах, об оборудовании и аппаратах.

Что такое кинематическая цепь и какие виды бывают у них.

Уметь отличать ведущие, промежуточные и ведомые звенья в составе механизма.

Определение степени свободы плоского и пространственного механизма.

Классификация механизмов в составе машин и оборудования.

Что такое кинематическое соединение и как их изготовить.

Разложение на группы Ассура при различных вариантах начальных звеньев.

Используемые формулы при вычислении степени свободы механизма.

Звенья в составе механизма и их названия.

Как определяется виды, класс и порядок структурных групп.

## Лекция № 2

**1.Тема:** Сопротивление материалов и его основные понятия. Деформации и перемещения. Метод сечений. Напряжение.

**2. Цель:** Освоить теоретический материал для решения практических задач.

**3. Тезисы лекции:**

**План лекции:**

1.Основные понятия о силах. Классификация простейших тел. Расчетная схема.

2.Классификация внешних сил, действующих на элементы конструкций. Внутренние силы. Реактивные силы.

3.Опоры и виды опор. Реактивные силы. Полное, нормальное и касательное напряжение. 4.Определение внутренних сил методом сечений.

«Сопротивление материалов» - это наука, в котором излагаются теоретико-экспериментальные основы и методы расчета наиболее распространенных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

В сопротивлении материалов пользуются данными смежных дисциплин: физики, теоретической механики, материаловедения, математики и др. В свою очередь сопротивление материалов как наука является опорной базой для целого ряда технических дисциплин.

Любые создаваемые конструкции должны быть не только прочными и надежными, но и недорогими, простыми в изготовлении и обслуживании, с минимальным расходом материалов, труда и энергии.

Расчеты сопротивления материалов являются базовыми для обеспечения основных требований к деталям и конструкциям.

**Виды расчетов в курсе сопротивления материалов. Основные термины.**

*Механические свойства материалов*

*Прочность* - способность не разрушаться под нагрузкой.

*Жесткость* - способность незначительно деформироваться под нагрузкой.

*Устойчивость* - способность сохранять первоначальную форму упругого равновесия.



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

## **Виды расчетов**

*Расчет на прочность* обеспечивает неразрушение конструкции.

*Расчет на жесткость* обеспечивает деформации конструкции под нагрузкой в пределах допустимых норм.

*Расчет на выносливость* обеспечивает необходимую долговечность элементов конструкции.

*Расчет на устойчивость* обеспечивает сохранение необходимой формы равновесия и предотвращает внезапное искривление длинных стержней.

Для обеспечения прочности конструкций, работающих при ударных нагрузках (при ковке, штамповке и подобных случаях), проводятся *расчеты на удар*.

## **Основные гипотезы и допущения**

Приступая к расчетам конструкции, следует решить, что в данном случае существенно, а что можно отбросить, т. к. решение технической задачи с полным учетом всех свойств реального объекта невозможно.

### **Допущения о свойствах материалов:**

Материалы *однородные* — в любой точке материалы имеют одинаковые физико-механические свойства.

Материалы представляют *сплошную среду* — кристаллическое строение и микроскопические дефекты не учитываются.

Материалы *изотропны* — механические свойства не зависят от направления нагружения.

Материалы обладают *идеальной упругостью* — полностью восстанавливают форму и размеры после снятия нагрузки.

В реальных материалах эти допущения выполняются лишь отчасти, но принятие таких допущений упрощает расчет. Все упрощения принято компенсировать, введя запас прочности.

## **Классификация нагрузок и элементов конструкции**

### **Классификация нагрузок:**

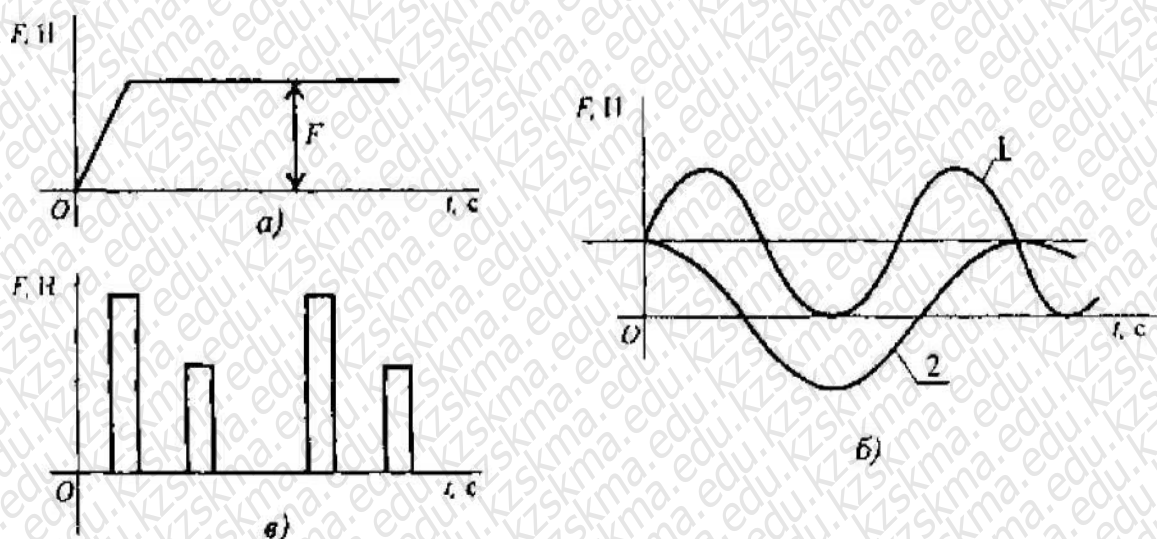


Рисунок 79.

*Статические* нагрузки (рис.79) меняются со временем или меняются очень медленно. При действии статических нагрузок проводится расчет на прочность.

*Повторно-переменные* нагрузки (рис.79,б) многократно меняют значение или значение и знак. Действие таких нагрузок вызывает усталость металла.

*Динамические* нагрузки (рис.79,в) меняют свое значение в короткий промежуток времени, они вызывают большие ускорения и силы инерции и могут привести к внезапному разрушению конструкции.

Из теоретической механики известно, что по способу приложения нагрузки могут быть *сосредоточенными* ИЛИ *распределенными* по поверхности.

Реально передача нагрузки между деталями происходит не в точке, а на некоторой площадке, т. е. нагрузка является *распределенной*.

Однако если площадка контакта пренебрежительно мала по сравнению с размерами детали, силу считают *сосредоточенной*.

При расчетах реальных деформируемых тел в сопротивлении материалов заменять *распределенную* нагрузку *сосредоточенной* НЕ следует.

Аксиомы теоретической механики в сопротивлении материалов используются ограниченно. Нельзя переносить пару сил в другую точку детали, перемещать *сосредоточенную* силу вдоль линии действия, нельзя систему сил. Заменять равнодействующей при определении перемещений. Все вышеперечисленное меняет *распределение* внутренних сил в конструкции.

### **Формы элементов конструкции**

Все многообразие форм сводится к трем видам по одному признаку.

1. *Брус*- любое тело, у которого длина значительно больше других размеров.

В зависимости от форм продольной оси и поперечных сечений различают несколько видов брусев:



- прямой брус постоянного поперечного сечения (рис.80,а);

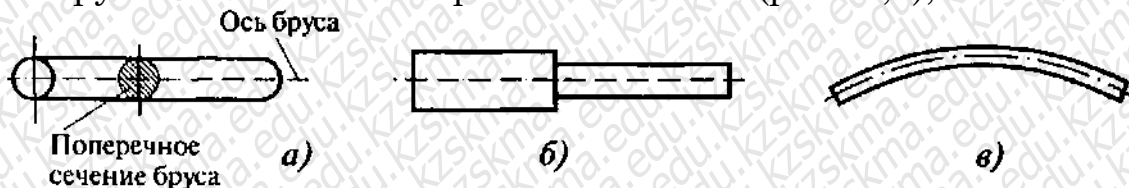


Рисунок 80.

- прямой ступенчатый брус (рис.80,б);

- криволинейный брус (рис.80,в).

2. **Пластина**- любое тело, у которого толщина значительно меньше других размеров (рис.81).



Рисунок 81.

3. **Массив** - тело, у которого три размера одного порядка.

Различают внешние и внутренние силы.

**Внешними силами** ( $P$ ) называются силы, действующие на точки (тела) данной системы со стороны материальных точек (тел), не принадлежащих этой системе. Внешние силы (нагрузка) – это активные силы и реакции связи.

**Внутренними силами** ( $Q$ ) называют силы взаимодействия между точками (телами) данной системы. Они действуют и в отсутствии внешних нагрузок. При действии на тело внешних сил возникают **дополнительные внутренние силы**, сопровождающие деформацию. Эти силы сопротивляются стремлению внешних сил изменить форму тела или отделить одну часть от другой. Мы будем изучать только дополнительные внутренние силы.

Элементы конструкции при работе испытывают внешнее воздействие, которое оценивается величиной внешней силы. К внешним силам относят активные силы и реакции опор. Под действием внешних сил в детали возникают внутренние силы упругости, стремящиеся вернуть телу первоначальную форму и размеры. Внешние силы должны быть определены методами теоретической механики, а внутренние определяются основным методом сопротивления материалов - методом сечений. В сопротивлении материалов тела рассматриваются в равновесии. Для решения задач используют уравнения равновесия, полученные в теоретической механике для тела в пространстве. Используется система координат, связанная с телом. Чаще продольную ось детали обозначают  $z$ , начало координат совмещают с левым краем и размещают в центре тяжести сечения.

**Опоры и виды опор.** При расчете конструкций в основном встречаются элементы, испытывающие изгиб. Стержни, работающие преимущественно на изгиб, называют балками. Для того чтобы балка могла испытывать нагрузку и передавать ее на основание, она должна быть соединена с ним опорными связями. На практике применяют несколько типов опорных связей, или, как говорят, несколько типов опор.

Различают три основных типа опор:

- а) шарнирно-подвижная опора;
- б) шарнирно-неподвижная опора;
- в) жесткая заделка.

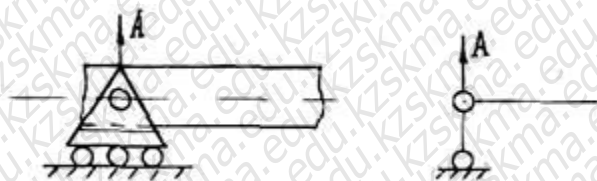


Рисунок 4

На рисунке 4 показана шарнирно-подвижная опора, такая опора позволяет балке свободно поворачиваться и перемещаться в горизонтальном направлении. Поэтому реакция в опоре будет одна - вертикальная сила. Условное обозначение такой опоры показано справа.

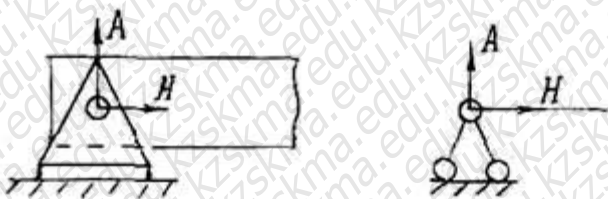
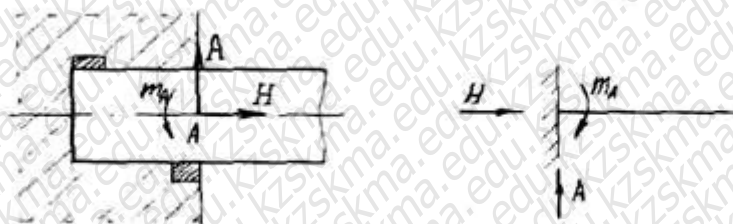


Рисунок 5

На рисунке 5 показана шарнирно-неподвижная опора. Такая опора позволяет балке свободно поворачиваться, но перемещаться она не может. Поэтому могут возникать две реакции - вертикальная и горизонтальная силы. Их можно сложить и получить одну результирующую силу, но нужно знать угол, под которым она будет направлена. Более удобно будет пользоваться вертикальной и горизонтальной составляющими реакции.

На рисунке 6 показана жесткая заделка. Она не позволяет балке ни поворачиваться, ни перемещаться. Поэтому могут возникать три опорные реакции: момент, вертикальная и горизонтальная силы. Если балка не имеет на конце опоры, то эта часть ее называется консолью.





## Метод сечений

Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела, плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, составленных для рассматриваемой части тела.

Рассекаем тело поперек плоскостью (рис.82). Рассматриваем правую часть. На нее действуют внешние силы  $F_4; F_5; F_6$  и внутренние силы упругости  $q_k$ , распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором  $R_0$ , помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил  $M_0$ :

$$R_0 = \sum_0^n q_k ; R_0 = \sum_0^n m_k$$

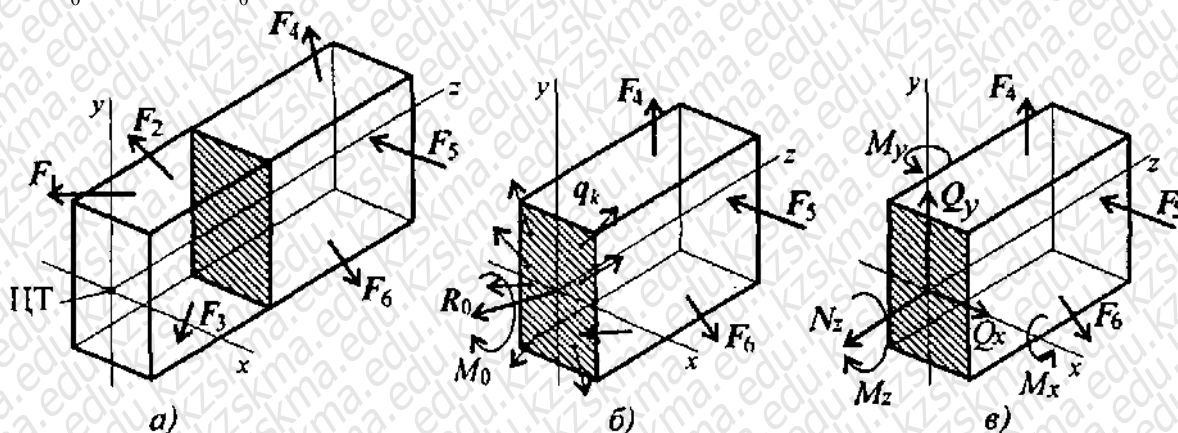


Рисунок 82.

Разложим главный вектор  $R_0$  по оси, получим три составляющие:

$$R_0 = N_z + Q_y + Q_x;$$

где  $N_z$ - продольная сила;

$Q_x$ - поперечная сила по оси  $x$ ;

$Q_y$ - поперечная сила по оси  $y$ .

Главный момент тоже принято представлять в виде моментов пар сил в трех плоскостях проекции:

$$M_0 = M_x + M_y + M_z,$$

$M_x$ - момент сил относительно  $O_x$ ;  $M_y$ - момент сил относительно  $O_y$ ;  $M_z$ - момент сил относительно  $O_z$ .

Полученные составляющие сил упругости носят название *внутренних силовых факторов*. Каждый из внутренних силовых факторов вызывает определенную деформацию детали. Внутренние силовые факторы уравнивают приложенные к этому элементу детали внешние силы. Используя шесть уравнений равновесия, можно получить величину

<p style="text-align: center;"> ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p style="text-align: center;"> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

внутренних силовых факторов:

$$\begin{aligned}
N_z &= \sum_0^n F_{kz}; & M_z &= \sum_0^n m_z(F_k); \\
Q_x &= \sum_0^n F_{kx}; & M_x &= \sum_0^n m_x(F_k); \\
Q_y &= \sum_0^n F_{ky}; & M_y &= \sum_0^n m_y(F_k).
\end{aligned}$$

Из приведенных уравнений следует, что:

$N_z$ -*продольная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось Z внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса; вызывает растяжение или сжатие;

$Q_x$ -*поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось X внешних сил, действующих на отсеченную часть;

$Q_y$ -*поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось Y внешних сил, действующих на отсеченную часть;

силы  $Q_x$  и  $Q_y$  вызывают сдвиг сечения;

$M_z$ -*крутящийся момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно продольной оси  $O_z$ ; вызывает скручивание бруса;

$M_x$ -*изгибающий момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси  $O_x$ ;

$M_y$ -*изгибающий момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси  $O_y$ ;

моменты  $M_x$  и  $M_y$  вызывают изгиб бруса в соответствующей плоскости.

### Напряжения

*Метод сечений* позволяет определить величину внутреннего силового фактора в сечении, но не дает возможности установить закон распределения внутренних сил по сечению. Для оценки прочности необходимо определить величину силы, приходящуюся на любую точку поперечного сечения.

Величину интенсивности внутренних сил в точке поперечного сечения называют *механическим напряжением*. Напряжение характеризует величину внутренней силы, приходящейся на единицу площади поперечного сечения.

Рассмотрим брус, к которому приложена внешняя нагрузка (рис.83).

С помощью *метода сечений* разрежем брус поперечной плоскостью, отбросим левую часть и рассмотрим равновесие оставшейся правой части. Выделим на секущей плоскости малую площадку  $\Delta A$ . На этой площадке действует равнодействующая внутренних сил упругости.



Направление напряжения совпадает с направлением внутренней силы в этом сечении.

Вектор  $P_{ср}$  называют *полным напряжением*. Его принято раскладывать на два вектора (рис. 83):

$\tau$ -лежащий в площадке сечения

$\sigma$ - направленный перпендикулярно площадке.

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

Если вектор  $p$  - пространственный, то его раскладывают на три составляющие:

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau_x^2 + \tau_y^2}$$

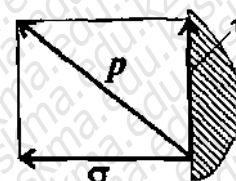
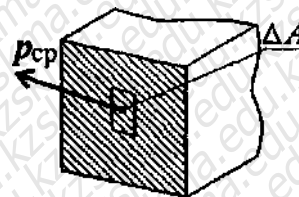


Рисунок 83.

Нормальное напряжение характеризует сопротивление сечения растяжению или сжатию.

Касательное напряжение характеризует сопротивление сечения сдвигу.

Сила  $N$  (продольная) вызывает появление нормального напряжения  $\sigma$ . Силы  $Q_x$  и  $Q_y$  вызывают появление касательных напряжений  $\tau$ . Моменты изгибающие  $M_x$  и  $M_y$  вызывают появление нормальных напряжений  $\sigma$ , переменных по сечению. Крутящий момент  $M_z$  вызывает сдвиг сечения вокруг продольной оси, поэтому появляются касательные напряжения  $\tau$ .

### Растяжение и сжатие

*Растяжением* или *сжатием* называют вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор - продольная сила ( $N_z$ ).

Продольные силы меняются по длине бруса. При расчетах после определения величин продольных сил по сечениям строится график - эпюра продольных сил.

Условно назначают знак продольной силы.



Рисунок 84.

Если продольная сила направлена *от сечения*, то брус растянут. Растяжение считают положительной деформацией (рис. 84,а).

<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

Если продольная сила направлена *к сечению*, то брус сжат. Сжатие считают отрицательной деформацией (рис. 84, б).

Сущность принципа Сен-Венана состоит в следующем: некоторую совокупность внешних сил, действующих на малой части поверхности, можно заменить другой совокупностью внешних сил, статически эквивалентной исходной, при этом внутренние усилия и деформации, соответствующие этим нагрузкам, будут отличаться только в непосредственной близости от места приложений обеих совокупностей сил. При удалении от места приложения этих совокупностей сил внутренние усилия и деформации будут все меньше отличаться друг от друга. Иначе говоря, **способ приложения внешней нагрузки сказывается на внутренних усилиях и деформациях только на малом расстоянии от места ее приложения.**

Принцип Сен-Венана не имеет теоретического обоснования (основан на опыте), однако играет большую роль в механике деформируемого тела, позволяя:

- заменить заданную нагрузку на заданном участке другой нагрузкой, статически ей эквивалентной;

**4.Иллюстративный материал:** Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

#### **5.Литература:**

##### **Основная:**

- 1.Кусаинов А. А. [и др.]. Статика, кинематика, динамика: учебное пособие; Рекоменд. МО и науки РК/. - Алматы: Эверо, 2015. - 316 с.
- 2.Анисимов Б.Ф., Сериков Т.П. Конспект лекции по теоретической механике / Атырауский ин-т нефти и газа. - Алматы: Эверо, 2011. - 188 с.
- 3.Анисимов, Б.Ф. Краткий курс теоретической механики / Б. Ф. Анисимов, М. Е. Баймиров, И. И. Джанзаков. - Алматы : Эверо, 2011. - 136 с.
- 4.Егемкулов Г.Т., Медетов А.К., Убакеев С.У. Кинематика (пособие к решению задач по теоретической механике) - Алматы: Эверо, 2009. - 56 с.
- 5.Дасибеков А.Д., Камбарова О.Б. Теоретическая механика. Учебное пособие. Шымкент, ЮКГУ, 2009г.
- 6.Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009г.- 592 с.
- 7.Александров А.В. и др. Сопротивление материалов. -М.: Высшая школа, 2011г. - 560 с.
- 8.Писаренко Г.С, Агарев В.А. и др. Сопротивление материалов. - Киев: Висща школа, 2006г.- 775 с.

##### **Дополнительная**

9. Сборник задач по сопротивлению материалов./Под ред. В.К. Качурина. – М: Наука, 2008г.- 432 с.



<p style="text-align: center;"> ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p style="text-align: center;"> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11
Прикладная механика	

10.Сборник задач по технической механике, Л.:Судостроение, 2007 г.,426с. / под редакцией 11.Багреев В.В., Винокуров В.И./-Сборник задач по сопротивлению материалов./Под ред. В.К. Качурина. – М: Наука, 2008г.- 432 с.

12.Бать Н.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика на примерах и

задачах –М: 2003. Т. 1,2,3-530, 487, 655 с.

13.Яблонский А.А Сборник заданий для расчетно-графических работ по теоретической механике.-М, Высшая Школа. 1999г.-367 с

### **Электронные ресурсы**

Для проведения занятий используется (электронная библиотека и электронные ресурсы, электронные книги, видеолекции, виртуальные работы, презентации, УМЛ, разработанные ППС на CD-дисках и др.

*Видео лекции:*

- [www.tychina.pro](http://www.tychina.pro)

- [sopromato.ru/ vidtokurs-lekcii](http://sopromato.ru/vidtokurs-lekcii)

- [https:// www.tychina.pro](https://www.tychina.pro)


### **6.Контрольные вопросы**

1. Какие силы в сопротивлении материалов считают внешними? Какие силы являются внутренними?
2. Какими методами определяют внешние силы? Как называют метод для определения внутренних сил?
3. Сформулируйте метод сечений.
4. Как в сопротивлении материалов располагают систему координат?
5. Что в сопротивлении материалов называют внутренними силовыми факторами? Сколько в общем случае может возникнуть внутренних силовых факторов?
6. Запишите систему уравнений, используемую при определении внутренних силовых факторов в сечении?
7. Какие деформации вызываются каждым из внутренних силовых факторов?
8. Что называют механическим напряжением?
9. Какие напряжения возникают в поперечном сечении при действии продольных сил?
10. Какие напряжения возникают при действии поперечных сил?

### ***Растяжение и сжатие***

*Растяжением* или *сжатием* называют вид нагружения, при котором в поперечном сечении бруса возникает только один внутренний силовой фактор - продольная сила ( $N_z$ ).

Продольные силы меняются по длине бруса. При расчетах после

ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин	76/11	
Прикладная механика		

определения величин продольных сил по сечениям строится график - эпюра продольных сил.

Условно назначают знак продольной силы.

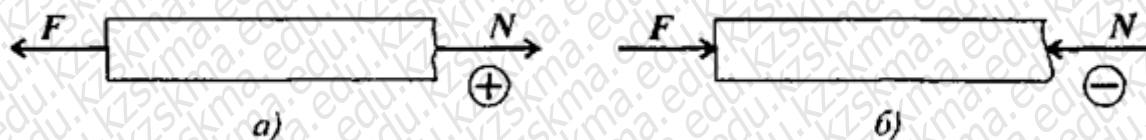


Рисунок 84.

Если продольная сила направлена *от сечения*, то брус растянут. Растяжение считают положительной деформацией (рис. 84,а).

Если продольная сила направлена *к сечению*, то брус сжат. Сжатие считают отрицательной деформацией (рис. 84, б).

Сущность принципа Сен-Венана состоит в следующем: некоторую совокупность внешних сил, действующих на малой части поверхности, можно заменить другой совокупностью внешних сил, статически эквивалентной исходной, при этом внутренние усилия и деформации, соответствующие этим нагрузкам, будут отличаться только в непосредственной близости от места приложений обеих совокупностей сил. При удалении от места приложения этих совокупностей сил внутренние усилия и деформации будут все меньше отличаться друг от друга. Иначе говоря, **способ приложения внешней нагрузки сказывается на внутренних усилиях и деформациях только на малом расстоянии от места ее приложения.**

Принцип Сен-Венана не имеет теоретического обоснования (основан на опыте), однако играет большую роль в механике деформируемого тела, позволяя:

- заменить заданную нагрузку на заданном участке другой нагрузкой, статически ей эквивалентной;

#### Лекция №4

**Тема:** Передачи и их назначение. Механические передачи и их параметры.

Передачи с зацеплением. Зубчатые передачи и их классификация. Геометрия и кинематика цилиндрических передач. Общие сведения и расчеты конических и червячных передач.

**Цель:** Изучение передачи и их назначение, механические передачи, виды и параметры. Освоение передачи с зацеплением и их классификации. Подробное разложение цилиндрических, конических и червячных передач. Знать отличие конических и червячных передач.

Тезисы лекции:



<p> ONTUSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p> <p>  </p> <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра «Инженерных дисциплин»	044-76/11
Лекционный комплекс	9 стр. из 61

*Механическими передачами*, или *передачами*, называют механизмы, передающие энергию от двигателя к рабочим органам машины с преобразованием скоростей, сил или моментов, а иногда и характера движения.

***Основные причины применения передач в машинах:***

- требуемые скорости рабочих органов машины часто не совпадают со скоростями стандартных двигателей;
- скорости рабочего органа машины часто необходимо регулировать (изменять) в процессе работы;
- большинство рабочих органов машин должны работать при малых скоростях и обеспечивать большие вращающие моменты, а высокооборотные двигатели экономичнее;
- двигатели изготовляют для равномерного вращательного движения, а в машинах иногда требуется прерывистое поступательное движение с изменяющимися скоростями.

***Классификация передач:***

- по принципу передачи движения: передачи трением и передачи зацеплением; внутри каждой группы существуют передачи непосредственным контактом и передачи гибкой связью;
- по взаимному расположению валов: передачи с параллельными валами (цилиндрические), передачи с пересекающимися осями валов (конические), передачи со скрещивающимися валами (червячные, цилиндрические с винтовым зубом, гипоидные);
- по характеру передаточного числа: с постоянным передаточным числом и с бесступенчатым изменением передаточного числа (вариаторы).



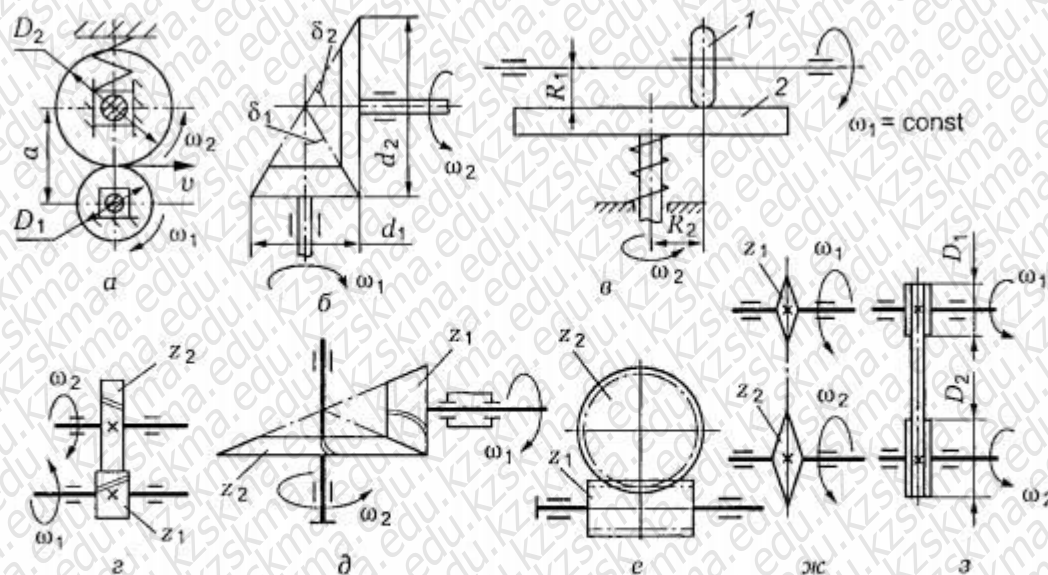


Рис. 1.1. Кинематические схемы механических передач: а — цилиндрическая фрикционная передача; б — коническая фрикционная передача; в — фрикционный вариатор; 1 — ролик; 2 — ведомый диск; г — цилиндрическая зубчатая передача; д — коническая зубчатая передача; е — червячная передача; ж — цепная передача; з — ременная передача

### Общий КПД передачи

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n,$$

где  $\eta_1, \eta_2, \eta_n$  — КПД ступеней.

Например, для привода, изображенного на рис. 1.2, а, общий КПД

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_p \eta_u \eta_{\text{подш}}^2,$$

где  $\eta_p$  — КПД ременной передачи;  $\eta_u$  — КПД цилиндрической зубчатой передачи;  $\eta_{\text{подш}}$  — КПД подшипников.

Для передачи, изображенной на рис. 1.3, можно записать

$$u_1 = \frac{z_2}{z_1}; \quad u_2 = \frac{z_4}{z_3}; \quad u_{\text{общ}} = u_1 u_2; \quad \omega_{\text{вых}} = \frac{\omega_{\text{вх}}}{u_{\text{общ}}}.$$

$$\text{Скорости валов: } \omega_1 = \omega_{\text{вх}}; \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{u_1}; \quad \omega_3 = \frac{\omega_2}{u_2}.$$


$$\text{Мощности на валах: } P_2 = P_1 \eta_1; \quad P_3 = P_2 \eta_2.$$

$$\text{Вращающие моменты на валах: } T_2 = T_1 u_1 \eta_1; \quad T_3 = T_2 u_2 \eta_2.$$

### Классификация зубчатых передач

В зубчатых передачах движение передается за счет зацепления пары зубчатых колес. Меньшее колесо сцепляющейся пары называют *шестерней*, большее — *колесом*.



ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин Лекционный комплекс		044-76/11

Зубчатые передачи применяют при любом расположении осей колес. При параллельном расположении осей колес используют *цилиндрическую передачу*, при пересекающихся осях — *коническую передачу*, при скрещивающихся осях валов — *винтовые, гипоидные, спироидные* (рис. 3.1).

Зубчатые передачи выполняют в основном *закрытыми* — работающими в корпусе и со смазкой.

*Открытые* передачи, работающие на воздухе без смазки, обычно отличаются крупными размерами. Для них характерно ускоренное изнашивание.

В зависимости от расположения зубьев на колесе различают прямозубые, косозубые, шевронные колеса и колеса с круговыми зубьями (рис. 3.1, *а—в, и, к*).

Винтовые передачи (зубчатые цилиндрические передачи с винтовым зубом) из-за повышенного скольжения и низкой нагрузочной способности применяют ограниченно (рис. 3.1, *е*).

Для преобразования вращательного движения в поступательное применяют передачу шестерня — рейка (рис. 3.1, *г*).

В зависимости от формы профиля зубьев передачи делятся на передачи с эвольвентными зубьями и зубьями очерченными дугами окружности (передача Новикова).

В зависимости от взаимного положения колес различают передачу с внешним (рис. 3.1, *а*) и с внутренним (рис. 3.1, *д*) зацеплением.

### **Геометрия и кинематика зубчатых колес**

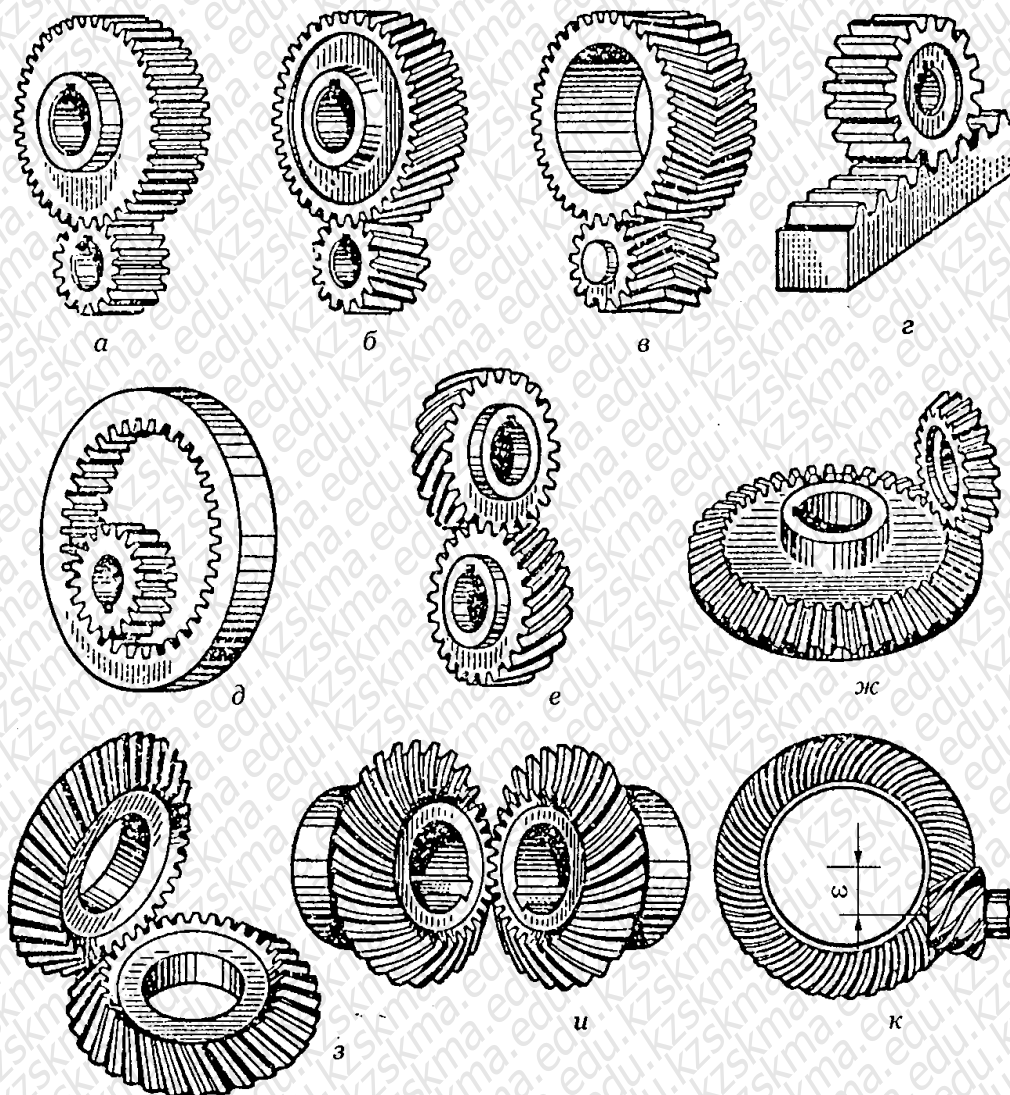
Поверхности взаимодействующих зубьев должны обеспечить <sup>РМ</sup>*постоянство передаточного числа*. Профили зубьев должны <sup>ОП</sup>*подчиняться* <sup>ОП</sup>*определенным* требованиям, вытекающим из *основной теоремы зацепления*: общая нормаль, проведенная через точку касания профилей, делит расстояние между центрами  $O_1 O_2$  на части, обратно пропорциональные угловым скоростям (рис. 3.2).

Практическое применение получило *эвольвентное* зацепление благодаря технологичности и достаточно высокой несущей способности. Рабочими профилями зубьев колес служит эвольвента. Каждое эвольвентное колесо нарезано так, что может сцепляться с соответствующими колесами, имеющими любое число зубьев.

Все геометрические параметры зубчатых передач стандартизированы.

С кинематической точки зрения зацепление зубчатых колес эквивалентно качению без скольжения двух окружностей с диаметрами  $O_2 P$  и  $O_1 P$ .





**Рис. 3.1.** Типы зубчатых передач: цилиндрические с внешним зацеплением (*a* — с прямозубыми колесами; *б* — с косозубыми колесами; *в* — с шевронными колесами); *г* — шестерня — рейка; *д* — цилиндрические с прямыми зубьями и внутренним зацеплением; *е* — цилиндрическая винтовая; конические передачи (*ж* — с коническими прямозубыми колесами; *з* — с коническими косозубыми колесами; *и* — с круговыми зубьями; *к* — гипоидная передача со скрещивающимися валами);  $\varepsilon$  — расстояние между осями валов

В качестве основного параметра зубчатых колес принят модуль.

**Модуль** — расчетная величина, равная отношению окружного шага зубьев  $p_t$  по делительной окружности к числу  $\pi$ :

$$m = \frac{p_t}{\pi}.$$

**Шаг зацепления** — расстояние между двумя одноименными профилями соседних зубьев по делительной окружности. Шаги сцепляющих зубьев должны быть равны.



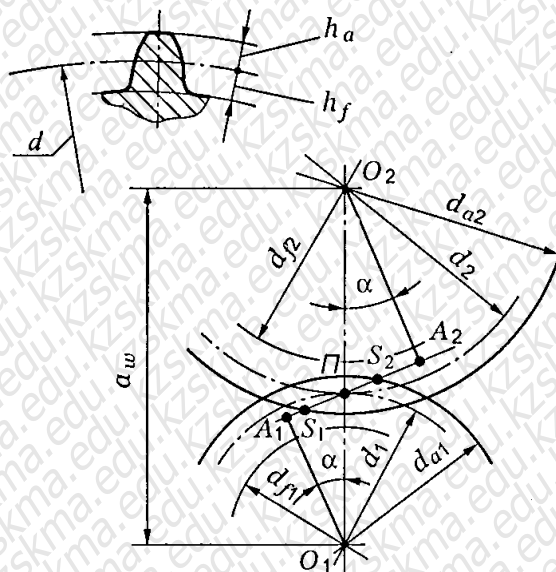


Рис. 3.2. Геометрия цилиндрической передачи:  $P$  — полюс зацепления;  $A_1A_2$  — линия зацепления;  $S_1S_2$  — длина активной линии зацепления;  $\alpha$  — угол зацепления;  $a_w$  — межосевое расстояние;  $d_1, d_2$  — диаметры делительных окружностей;  $h_a, h_f$  — высота головки и ножки зуба соответственно;  $d_{f1}, d_{f2}$  — диаметры окружностей впадин;  $d_{a1}, d_{a2}$  — диаметры окружностей выступов

*Делительная окружность* делит зуб на две части: головку и ножку.

Геометрия цилиндрических колес определяется несколькими концентрическими окружностями.

*Начальные окружности* — это сопряженные окружности двух сцепляющихся колес. Их радиусы равны  $O_1P$  и  $PO_2$ . Начальные окружности относятся только к зацеплению пары колес. При изменении межосевого расстояния  $O_1O_2$  диаметры начальных окружностей также меняются.

Делительная окружность принадлежит каждому отдельно взятому колесу. Делительная окружность является начальной при зубонарезании, при зацеплении колеса с производящей рейкой. У большинства зубчатых передач делительные окружности совпадают с начальными:

$$|O_1P| = \frac{d_1}{2}; \quad |O_2P| = \frac{d_2}{2}.$$

Основные параметры зубчатого колеса могут быть выражены через модуль  $m$ .

Диаметр делительной окружности  $d = mz$ , где  $z$  — число зубьев.

Диаметр окружности выступов  $d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$ .

Диаметр окружности впадин  $d_f = d - 2h_f = m(z - 2,5)$ .

<div>ONTUSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> <div><div>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div></div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

Высота головки зуба  $h_a = m$ .

Высота ножки зуба  $h_f = 1,25m$ .

Для обеспечения взаимозаменяемости модули зубьев цилиндрических колес стандартизированы (см. табл. П1 Приложения).

При передаче движения зубья колес сцепляются на линии  $A_1A_2$  (линия зацепления). Линия зацепления образует с касательной, проведенной в точке касания  $P$  (полюс зацепления), угол зацепления  $\alpha$ ; для цилиндрических колес  $\alpha = 20^\circ$ .

Линия  $A_1A_2$  — общая нормаль к поверхностям зубьев в точке касания. Практически зацепление происходит между точками пересечения линии зацепления с окружностями вершин колес  $S_1S_2$ .

Основным геометрическим параметром цилиндрической передачи является межосевое расстояние

$$a_w = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = m(z_1 + z_2).$$

Межосевые расстояния и передаточные числа цилиндрических зубчатых колес стандартизованы (см. табл. П4, П5 Приложения).

Непрерывность работы передачи обеспечена, если последующая пара зубьев входит в зацепление до выхода предыдущей (перекрытие). Коэффициент торцового перекрытия  $\varepsilon_\alpha$  — отношение длины активной линии зацепления к основному шагу,  $\varepsilon_\alpha > 1$ .

### Материалы

Основные требования к материалам:


- прочность поверхностного слоя и высокое сопротивление истиранию;
- достаточная прочность при изгибе;
- обрабатываемость, возможность получения достаточной точности и чистоты поверхности.

Основным материалом зубчатых колес является *сталь*, используют также *чугун* и *пластмассу*. Для уменьшения опасности повреждения поверхности зубьев применяют термообработку. Твердость поверхности должна быть такой, чтобы получить колеса необходимой точности.

Наибольшее распространение получили углеродистые *стали* 35; 40; 50; 50Г. Применяют легированные стали 40Х; 45ХН. Углеродистые стали подвергают нормализации и улучшению, твердость поверхности 300...320 НВ.

Легированные стали закаливают, иногда применяют поверхностную закалку, цементацию, азотирование (НВ > 350).



<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <small>ONTUSTIK-KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDISINA</b>  <b>AKADEMIASY</b>  <small>«Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</small> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <small>SOUTH KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDICAL</b>  <b>ACADEMY</b>  <small>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</small> </div> </div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

Применение *высокотвердых материалов* уменьшает габаритные размеры передачи и увеличивает ее долговечность. Однако колеса из таких материалов требуют повышенной точности изготовления и монтажа, а обработку резанием производят до термообработки. Рекомендации по выбору материалов и термообработке приводятся в табл. П7 Приложения.

Крупные зубчатые колеса из пластмассы применяют для обеспечения бесшумной работы. Шестерня из пластмассы работает с колесом из стали; нагрузочная способность таких передач невысока.

ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин Лекционный комплекс		044-76/11

Для зубчатых передач основными причинами выхода из строя являются повреждения поверхности: усталостное выкрашивание для закрытых передач, работающих в масле, и износ поверхности для открытых передач.

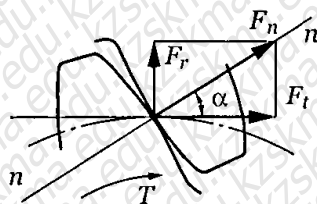
В высоконагруженных и высокоскоростных передачах может возникнуть заедание — сваривание частиц металла с последующим отрывом от менее прочной поверхности. Образовавшиеся наросты задирают рабочие поверхности.

Все виды повреждений поверхности связаны с нормальными напряжениями в контакте зубьев  $\sigma_H$ , называемыми *контактными напряжениями*.

Основными критериями работоспособности зубьев являются контактная прочность и прочность при изгибе.

#### ***Силы в зацеплении прямозубых колес***

Распределенную нагрузку на площадке контакта принято представлять в виде сосредоточенной силы, приложенной в точке зацепления и направленной по линии зацепления (рис. 4.1).



**Рис. 4.1.** Силы в зацеплении прямозубого колеса

Для расчетов силу  $F_n$  раскладывают на составляющие:


$$\vec{F}_n = \vec{F}_t + \vec{F}_r,$$

где  $F_t$  — окружная сила,  $F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2T_2}{d_2}$ ;

$F_r$  — радиальная сила,  $F_r = F_t \tan \alpha$ .

**Косозубые и шевронные зубчатые передачи**



ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин Лекционный комплекс		044-76/11

У *косозубых колес* зубья образуют с образующей делительного цилиндра угол  $\beta$ . Оси колес остаются параллельными. Зубья нарезают теми же инструментами, что и прямые зубья. У пары зубчатых колес с внешним зацеплением одинаковые углы наклона зуба, но зубья противоположно направлены. У косозубого колеса параметры измеряют в торцовом (окружном) и нормальном ( $n-n$ ) направлениях (рис. 5.1).

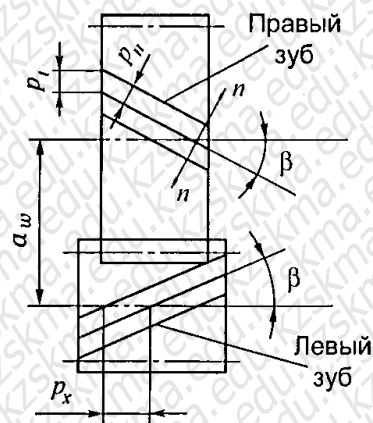


Рис. 5.1. Схема косозубых цилиндрических колес

### **Геометрические параметры косозубых цилиндрических колес**

Нормальный модуль:  $m = m_n = \frac{p_n}{\pi}$ .

Шаг в нормальном сечении  $p_n$ ; окружной шаг  $p_t$ .

Окружной модуль  $m_t = \frac{p_t}{\pi}$ .

Делительный диаметр  $d = m_t z = \frac{m_n z}{\cos \beta}$ .

Диаметр вершин  $d_a = d + 2m_n$ ; диаметр впадин  $d_f = d - 2,5m_n$ .

Коэффициент осевого перекрытия косозубой передачи  $\varepsilon_\beta = \frac{b}{p_x}$ , где

$b$  — ширина венца колеса;  $p_x$  — осевой шаг.

### **Силы в зацеплении косозубой передачи**

Нормальную силу  $F_n$  в зацеплении можно разложить на три составляющие (рис. 5.2, а):

$$\vec{F}_n = \vec{F}_t + \vec{F}_r + \vec{F}_a,$$

где  $\vec{F}_t$  — окружная сила,  $F_t = \frac{2T}{d}$ ;

$\vec{F}_r$  — радиальная сила,  $F_r = \frac{F_t \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}$ ;

$\vec{F}_a$  — осевая сила,  $F_a = F_t \operatorname{tg} \beta$ .

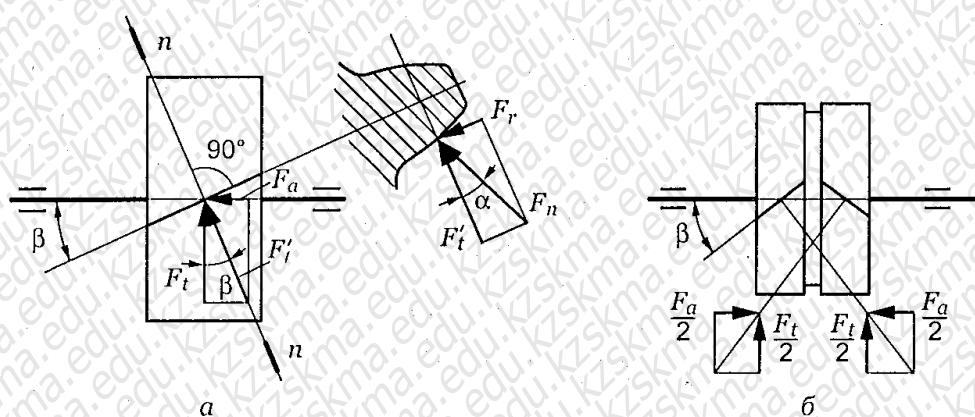


Рис. 5.2. Силы в зацеплении косозубых (а) и шевронных (б) колес

При работе косозубых передач зубья входят в зацепление не сразу по всей длине, а постепенно. Передаваемая нагрузка распределяется на несколько зубьев. В зацеплении всегда находятся минимум две пары зубьев. По сравнению с прямозубыми передачами *повышаются нагрузочная способность, плавность и бесшумность* работы. Косозубые передачи широко применяют в технике.

С увеличением угла наклона увеличиваются длина контактной линии и коэффициент перекрытия, т. е. плавность и бесшумность работы повышаются. *Одновременно увеличивается осевое усилие*, дополнительно нагружающее валы и подшипники.

Для *ограничения осевых сил* угол наклона выбирают в диапазоне 8...20°, стандартные косозубые колеса изготавливают с углом  $\beta < 15^\circ$ .

Для уравнивания осевых усилий применяют цилиндрические колеса с венцами, разделенными на участки с *правым* и *левым* зубом, — *шевронные колеса*. В шевронном колесе осевые силы на полушевронах направлены в разные стороны (рис. 5.2, б): они уравниваются внутри колеса и не передаются на валы и опоры. Углы наклона на шевронных колесах увеличивают до 35°, иногда больше. Недостатком шевронных колес является их высокая стоимость.



Кафедра Инженерных дисциплин

Лекционный комплекс

044-76/11

<div>ONTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> <div><div>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div></div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

**Иллюстративный материал:** плакаты, слайды, макеты механизмов и деталей машин, видеоролик действующего механизма.

Литература:

**Основная:**

Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. Учебник -М: Машиностроение, 2016.-576с.

Скайбеда А.Т. Прикладная механика. Учебник. -М: Альянс, 2016.-522 с.

З.Артоболовский И.И. Теория механизмов и машин. Учебник.-М.:Альянс, 2016 . - 640 с.

Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. Учебник.- М.:Высшая школа,2009. - 316 с.

Ищенко В.И. Промышленная технология лекарственных средств. Учебник – Витебск, 2012 -565с.

Эрдеди А.А. Теория механизмов и детали машин: Учебник - М.:Машиностроение, 2016. -516с.



<div>ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> <div><div>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div></div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	
Лекционный комплекс	
044-76/11	

Торланова Б.О. Машины и автоматы для фасовки лекарственных форм. Учебное пособие.-Шымкент: ЮКГМА, 2003-162с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Структурный анализ механизмов. Методическое указание – Шымкент, ЮКГУ, 2014 – 56с.

Дополнительная:

Николаенко В.Л. Прикладная механика. Учебное пособие. – Минск.: Изд-во Гревцова, 2010. – 386 с.

Олофинский В.П. Детали машин. Учебное пособие -М: Форум., 2006.-208 с.

Муравьев И.А. Технология лекарств. Учебник, Т.1 – М: Изд-во Медицина, 1980 – 704 с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Основы конструирования и детали машин. Методические указания. – Шымкент.: ЮКГУ, 2017. – 31 с.

Мырзалиев Д.С. Курс теоретической и прикладной механики. Учеб.пособие. – Шымкент, 2008. – 186 с.

Электронные ресурсы:

Андреев, В.И. Детали машин и основы конструирования: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/12953/>

Гулиа, Н.В. Детали машин: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/5705/>

6. Контрольные вопросы:

Что рассматривается в кинематическом анализе механизма.

Что такое масштабный коэффициент и как они определяются.

Что нужно знать для построения плана положения.

Что рассматривается в силовом анализе механизма.

Порядок кинематического и силового анализа.

Что означают рабочие и принципиальные схемы.

Эскизы сборочной единицы и узлы машин.

Эскизы элементов аппаратов и приборов.

Изучение стандартные элементы вдоль деталей машин.

Знать и применять схематические изображения в международных и государственных стандартах.

Назначение цилиндрических зубчатых передач и их классификация.

Понятие о простых планетарных и дифференциальных механизмах.

Как определяется передаточные отношения зубчатого механизма с неподвижными осями.

Определение степени свободы и начертить схему цилиндрического зубчатого механизма.

Характеристика и параметры многоступенчатой зубчатой передачи

Лекция №4

**Тема:** Соединения деталей и изделий. Виды, параметры и элементы резьбового соединения. Заклепочные и сварные соединения. Назначение и область применения.

**Цель:** Изложение общего сведения соединения деталей и изделий. Изучение видов,

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <small>ONTUSTIK-KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDISINA</b>  <b>AKADEMIASY</b>  <small>«Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>SKMA</small>  <small>1979</small> </div> <div style="text-align: center;"> <small>SOUTH KAZAKHSTAN</small>  <b>MEDICAL</b>  <b>ACADEMY</b>  <small>АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</small> </div> </div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

параметров и элементов соединения. Знать конструкции соединения и область применения.

#### ЛЕКЦИЯ № 5


### **Соединения деталей машин**

Детали и узлы, составляющие машину или оборудования, связаны между собой различными способами. Во время связи тел относительно друг друга могут быть подвижными или неподвижными. Так как подвижное соединение между собой образуют кинематические пары, то неподвижные в технике называются соединениями.

Соединения являются важным элементом конструкции. Многие аварии и прочие неполадки в работе машин и оборудования обусловлены неудовлетворительным качеством соединений. Сборочные единицы, деталей и узлов машин тоже соединяются различными способами. Все виды соединений разложить на две: разъемные и неразъемные.

Резьбовые соединения – распространенный вид разъемного соединения. Это объясняется удобством сборки и разборки, относительно малой стоимостью, обусловленной стандартизацией и высокой надежностью работы. Степень ответственности этих соединений весьма велика. В ряде случаев надежность работы всей машины определяется прочностью резьбового соединения.



ONTUSTIK-KAZAKHSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044-76/11
Лекционный комплекс		


## Резьбовые соединения

Профили *крепежных резьб* треугольные. Основная треугольная резьба — *метрическая* (рис. 16.1, а) с углом профиля  $60^\circ$ . Метрические резьбы делятся на резьбы с *крупным* и *мелким шагом*, за основную крепежную резьбу принята резьба с крупным шагом. Метрическую резьбу обозначают буквой М и наружным диаметром резьбы; в мелких резьбах дополнительно указывают шаг резьбы.

Например, М20 — метрическая резьба с крупным шагом и наружным диаметром 20 мм; М20×1,5 — метрическая резьба с мелким шагом, равным 1,5 мм, наружным (номинальным) диаметром 20 мм.

К крепежным резьбам относится *дюймовая резьба* (рис. 16.1, б) с треугольным профилем (угол профиля  $55^\circ$ ). Дюймовая резьба не стандартизована и для новых изделий не используется.

Для соединений труб применяется специальная *трубная резьба* (рис. 16.1, в) — *мелкая дюймовая крепежно-уплотнительная резьба*. За

ONTUSTIK-KAZAKHSTAN <b>MEDISINA          AKADEMIASY</b> «Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ		SOUTH KAZAKHSTAN <b>MEDICAL          ACADEMY</b> АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра Инженерных дисциплин		044-76/11
Лекционный комплекс		

основной размер трубы, указанный в обозначении, принят внутренний диаметр.

Обозначение трубной резьбы: G1 — цилиндрическая трубная резьба, размер 1 дюйм.

В специальных случаях применяют *круглые* (рис. 16.1, г) и *конические* (рис. 16.1, д, е) резьбы.

Резьбы, применяемые для крепежа деталей, должны по возможности создавать большое трение при завинчивании и вывинчивании. Угол подъема и профиль крепежных резьб обеспечивают самоторможение — надежное стопорение гайки (винта) в любом положении. При вибрациях и переменных нагрузках самоторможения недостаточно, поэтому используют специальные стопорные детали (рис. 16.2).

В винтовых механизмах трение вредно, так как снижает КПД машины. Профили *ходовых резьб* (используемых в передачах винт — гайка) обеспечивают минимальное трение в резьбе. Минимальное трение возникает в *резьбе прямоугольного профиля* (рис. 16.1, ж), но основной резьбой для передачи винт — гайка является *трапецеидальная резьба* (рис. 16.1, з), более удобная в изготовлении и более прочная, чем прямоугольная. Для механизмов с большой односторонней осевой нагрузкой (домкраты, нажимные устройства) используется *упорная резьба* (рис. 16.1, и)

Обозначение трапецеидальной резьбы: Tr30×4 — наружный диаметр 30 мм, шаг 4 мм.

Обозначение упорной резьбы: S30×4 — наружный диаметр резьбы 30 мм, шаг 4 мм.



### **Крепежные резьбовые соединения и их детали**

Основными резьбовыми соединениями являются соединения винтами с гайками (болтовые) и без гаек и соединения шпильками.

*Болтовые соединения* наиболее простые и дешевые, поскольку не требуют нарезания резьбы на соединяемых деталях, но требуют места для размещения гаек.

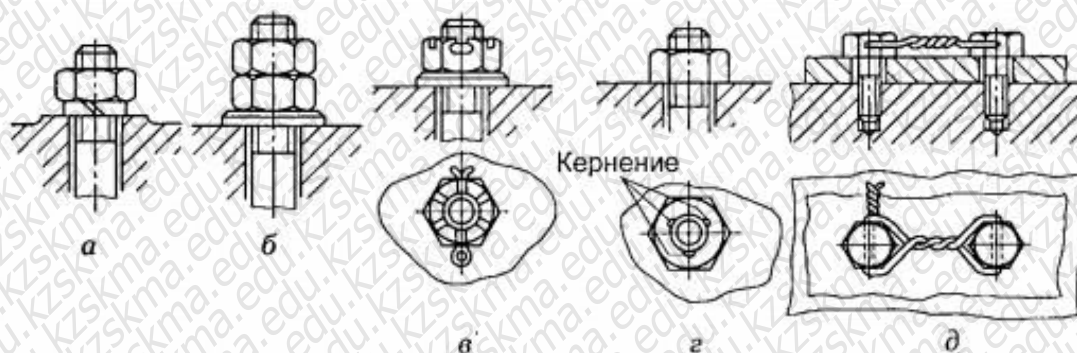
*Винт* ввинчивают в резьбовое отверстие детали.

*Соединения шпилькой* применяют там, где требуется частая разборка. Болты, винты, шайбы и гайки стандартизованы, конструкции их разнообразны.

В зависимости от характера нагружения и способа сборки деталей резьбовых соединений их делят на соединения *без предварительной затяжки* и *с предварительной затяжкой*.

### **Материалы**

Стандартные крепежные детали общего назначения изготовляют из низко- и среднеуглеродистых сталей обыкновенного качества Ст3, качественных сталей — сталь 10, 20, 35 и др.



**Рис. 16.2.** Способы стопорения крепежных деталей: *а* — пружинной шайбой; *б* — двумя гайками; *в* — шплинтами; *г* — приваркой или кернением; *д* — проволокой



Стальные винты, болты и шпильки изготавливают из материалов 12 классов прочности, которые обозначаются двумя числами: первое число, умноженное на 100, равно пределу прочности материала; если первое число умножить на второе и на 10, получим предел текучести материала. Например, 4,6:  $\sigma_b = 400$  МПа,  $\sigma_t = 240$  МПа.

Для ответственных деталей используют легированные стали 40Х, 30ХГСА.

Для повышения коррозионной стойкости резьбовые детали оксидируют, омедняют, оцинковывают.

### ***Причины выхода из строя и критерии работоспособности крепежных деталей***

Выход из строя винтов, болтов и шпилек происходит вследствие

- разрыва стержня по резьбе или переходному сечению под головкой болта;
- смятия, износа, среза резьбы;
- разрушения головки.

Прочность является основным критерием работоспособности крепежных деталей.

Стандартные крепежные детали рассчитывают по главному критерию работоспособности — прочности стержня на растяжение.

### ***Расчет одиночных болтов при постоянной нагрузке***

Опасное сечение — сечение по резьбе; диаметр опасного сечения — внутренний диаметр резьбы (табл. П32 Приложения).

1. Расчет незатянутого болта при действии осевой силы. Стержень болта работает только на растяжение (рис. 16.3). Проектировочный расчет болта выполняют по формуле

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi[\sigma_p]}}$$

где  $d_p$  — минимальный расчетный диаметр болта;  $F$  — внешняя осевая сила.

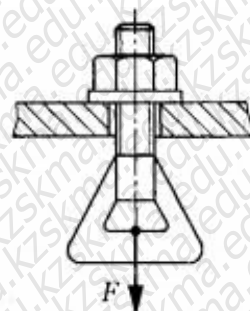



Рис. 16.3. Схема к расчету незатянутого болта



ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Онтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин Лекционный комплекс		044-76/11

2. Расчет затянутого болта, нагруженного внешней растягивающей силой. Для обеспечения плотности стыка и жесткости соединения болты (винты, шпильки) затягивают. В затянутом резьбовом соединении полная нагрузка на болт составляет

$$F_{\delta} = F_0 + \chi F,$$

где  $F_0$  — сила предварительной затяжки;  $\chi$  — коэффициент внешней нагрузки, учитывающий, какая часть внешней нагрузки при совместной деформации болта и деталей стыка приходится на болт;  $\chi = 0,2 \dots 0,3$  при соединении деталей без прокладки,  $\chi = 0,4 \dots 0,5$  при соединении деталей с упругой прокладкой (резина, картон и др.).

Затянутый болт растянут и скручен за счет трения в резьбе и под головкой болта. Эквивалентное напряжение в стержне по гипотезе формоизменения  $\sigma_{\sigma} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau_k^2}$ .

Для метрической резьбы  $\sigma_{\sigma} = 1,3\sigma_p$ .

Расчет болта при совместном действии растяжения и кручения сводится к расчету на растяжение по увеличенной растягивающей силе.

3. Расчет болтов для крепления крышек цилиндров, находящихся после затяжки под давлением (рис. 16.4). Используя формулу для определения полной нагрузки на болт, можно записать окончательную расчетную формулу с учетом кручения:

$$F_p = 1,3F_0 + \chi F,$$

где  $F_0$  — сила предварительной затяжки болта, рассчитывается из условия нераскрытия стыка;  $F$  — часть внешней силы в расчете на один болт,  $F = \frac{F_{\Sigma}}{z}$ ;  $z$  — число болтов.

Расчетный диаметр болта определяют по формуле

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4F_p}{\pi[\sigma_p]}},$$

где  $[\sigma_p] = \sigma_r/[s]$ ;  $\sigma_r$  — предел текучести материала;  $[s]$  — коэффициент запаса прочности, зависящий от условий работы, материала и диаметра резьбы.



В начале расчета величина  $[s]$  задается ориентировочно, после расчета уточняется.

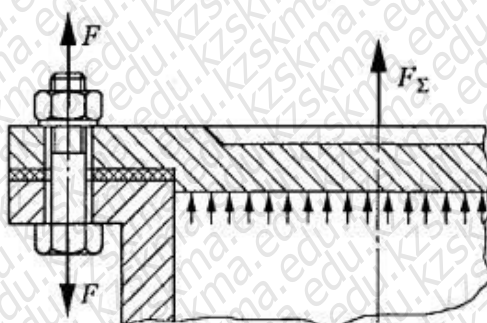


Рис. 16.4. Схема к расчету затянутого болта под действием внешней силы

4. Расчет болта под действием поперечной силы, болт установлен без зазора (рис. 16.5, а). Болт установлен в отверстие из-под развертки, работает на срез и смятие.

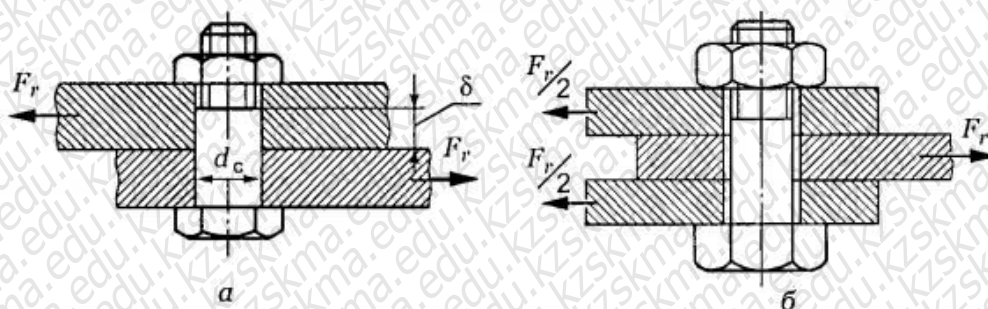


Рис. 16.5. Схема к расчету затянутого болта под действием поперечной силы:  
а — без зазора; б — с зазором

Условие прочности на срез:  $d_c = \sqrt{\frac{4F_r}{\pi[\tau_c]}}$ .

Проверочный расчет на смятие:  $\sigma_{cm} = \frac{F_r}{d_c \delta} \leq [\sigma_{cm}]$ .

5. Расчет болта под действием поперечной силы, болт установлен в отверстие с зазором (рис. 16.5, б).



Необходимая затяжка создает силу трения, препятствующую сдвигу деталей под действием внешней силы. Затянутый болт работает на растяжение и скручен за счет трения в резьбе.

Потребная затяжка

$$F_{\text{зат}} \geq \frac{F_r}{if}; \quad F_{\text{зат}} = \frac{KF_r}{if},$$

где  $i$  — число плоскостей трения;  $K$  — коэффициент запаса сцепления,  $K = 1,3 \dots 1,5$ .

На рис. 16.5, б число плоскостей трения  $i = 2$ .

Влияние скручивания болта при затяжке учитывают, увеличивая расчетную нагрузку на 30 %:

$$F_{\text{расч}} = 1,3 F_{\text{зат}}.$$

Расчетный диаметр болта

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4F_{\text{расч}}}{\pi[\sigma_p]}} = 1,3 \sqrt{\frac{KF_r}{if[\sigma_p]}}.$$

6. Формулы для проверочного расчета болтов:

болт растянут и скручен:  $\sigma_z = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma_p];$

болт работает на сдвиг:  $\tau_c = \frac{F_r}{A_c} \leq [\tau_c].$

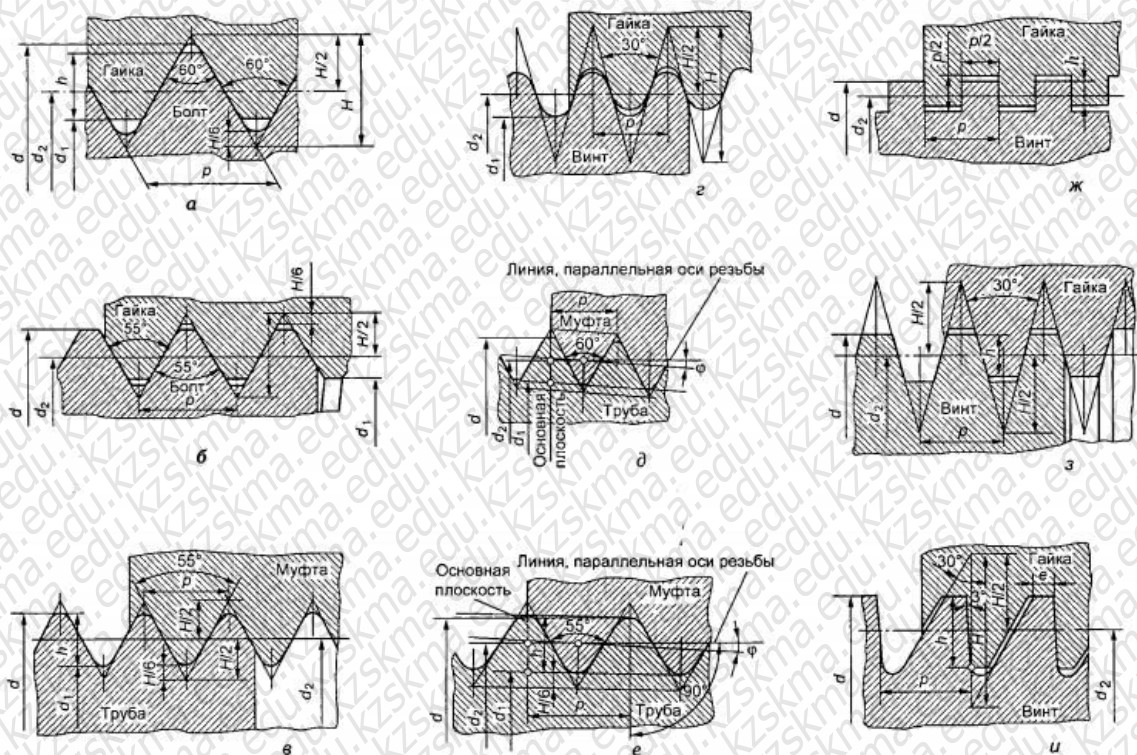


Рис. 16.1. Типы и геометрические параметры крепежной (а–е) и ходовой (ж–и) резьбы: а — метрическая; б — дюймовая; в — трубная; г — круглая; д — метрическая коническая; е — трубная коническая; ж — прямоугольная; з — трапециевидная; и — упорная

**Иллюстративный материал:** плакаты, слайды, макеты механизмов и деталей машин, видеоролик действующего механизма.

Литература:

**Основная:**

Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. Учебник -М: Машиностроение, 2016.-576 с.

Скайбеда А.Т. Прикладная механика. Учебник. -М: Альянс, 2016.-522 с.

З.Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Учебник.-М.:Альянс, 2016. - 640 с.

Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. Учебник.- М.:Высшаяшкола, 2009. - 316 с.


Ищенко В.И. Промышленная технология лекарственных средств. Учебник – Витебск, 2012 -565с.

Эрдеди А.А. Теория механизмов и детали машин: Учебник - М.: Машиностроение, 2016. -516с.

Торланова Б.О. Машины и автоматы для фасовки лекарственных форм. Учебное пособие.-Шымкент: ЮКГМА, 2003-162с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Структурный анализ механизмов. Методическое указание – Шымкент, ЮКГУ, 2014 – 56с.



<div>ONTUSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> <div><div>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div></div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

Дополнительная:

Николаенко В.Л. Прикладная механика. Учебное пособие. – Минск.:Изд-во Гревцова, 2010. – 386 с.

Олофинский В.П. Детали машин. Учебное пособие -М: Форум., 2006.- 208 с.

Муравьев И.А. Технология лекарств. Учебник, Т.1 – М: Изд-во Медицина, 1980 – 704 с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Основы конструирования и детали машин. Методические указания. – Шымкент.:ЮКГУ, 2017. – 31 с.

Мырзалиев Д.С. Курс теоретической и прикладной механики. Учеб. пособие. – Шымкент, 2008. – 186 с.

Электронные ресурсы:

Андреев, В.И. Детали машин и основы конструирования: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/12953/>

Гулиа, Н.В. Детали машин: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/5705/>

6. Контрольные вопросы:

Кинематика и силовые расчеты механических передач.

Определение передаточных отношений многоступенчатых передач.

Расчеты ременных и цепных передач.

Назначение и конструкция ременных и цепных передач.

Фрикционные передачи и вариаторы.

Определение параметров резьбовых и винтовых соединений.

Детали конструктивные элементы резьбовых соединений.

Расчеты и элементы винтовых пар.

Назначение и применение механических соединений.

Разъемные и неразъемные соединения.

Предварительные проектные задачи и проверочные расчеты валов.

Сходства и отличия валов и осей.

Виды и конструкции валов и их применение.

Понятия об опорах оборудования и машины.

Виды и конструкции осей и их назначение.

<p> ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

## Лекция №1

**1. Тема:** Содержание дисциплины «Прикладная механика» и ее значение для инженерного образования. Основные понятия и определения предмета. Виды и группировка механизмов. Звено механизма и их классификация. Общие сведения об аппаратах и приборах.

**2. Цель:** Ознакомление содержанием дисциплины ПМ. Изложение основных понятия и определения. Изучение классификации машин и оборудования и виды механизмов. Формирование общего сведения об аппаратах и приборах.

### 3. Тезисы лекции:

#### 1. Содержание дисциплины ПМ и ее значение для инженерного образования.

Современный этап индустриально-инновационного развития в Республике требует решения ряда важнейших задач, среди них подготовка специалистов в совершенстве владеющих техникой и технологией производства.

Подготовка этих специалистов не связывая теоретические знания с практикой является невозможным, поэтому будущий бакалавр-технолог химико-фармацевтической промышленности должен знать не только теорию механики и основные положения сопротивления материалов, но и ее применение.

В связи с образованием инженерно-технического направления при подготовке в ВУЗ-ах бакалавров по 6В07201 – Технология фармацевтического производства дисциплина «Прикладная механика» в образовательную программу была внесена в число базовых дисциплин.

Прикладная механика – это общинженерная дисциплина, которая изучает методы анализа и синтеза механизмов машин и оборудования, а также правила и нормы расчета и проектирования типовых деталей и сборочных единиц машин и аппаратов. Курс охватывает теорию машин и механизмов и основу конструирования изделий и оборудования медико-фармацевтического назначения.

#### 2. Основные понятия и определения

В производстве различных фармацевтических отраслей используется общие и специальные оборудования, характерные только для конкретного технологического процесса. Еще на каждой стадии технологического цикла может использоваться другая специальная техника. В производстве



<p> ONTÜSTIK-KAZAQSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>	
<p>  SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

используемые все оборудования общего и специального назначения делятся на две группы: машины и аппараты. Машины и аппараты по способу управления могут быть механические и автоматизированные непрерывного или периодического действия.

Машина есть устройство, выполняющее механические движения для преобразования энергии, материалов и информации в целях замены или облегчения физического и умственного труда человека, а также повышения его качества и производительности. Под термином «машина» обычно понимается механические устройства согласованно работающими частями, осуществляющие определенные движения, служащий для выполнения полезной работы. Из принципиальной схемы понятно, что машина состоит из двигателя как источник энергии передаточного устройства, исполнительного механизма и системы управления.

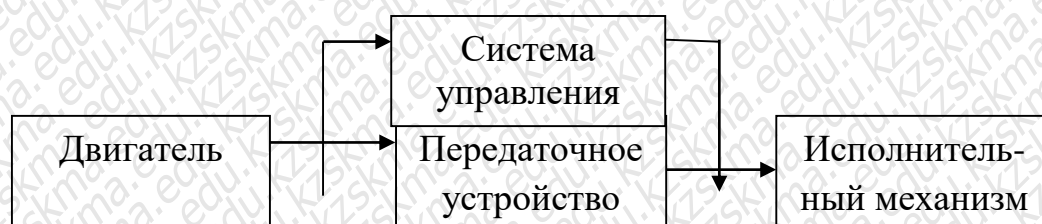


Рис1. Принципиальная схема машины

Машины и оборудования по выполняемым функциям можно разделить на следующие классы: энергетические машины и оборудования; транспортные машины и технологические оборудования; информационной техники и машины; кибернетические машины.

Энергетические машины и оборудования предназначены для получения тепловой и электрической энергии. Энергетической машиной, называется машина, предназначенная для преобразования любого вида энергии в механическую или наоборот. В первом случае она носит название двигателя, во втором случае – генератора. Двигателями являются: паровые машины, турбины, электродвигатели, ДВС и т.д. В условиях медико-фармацевтического производства в качестве двигателей чаще всего используются электродвигатели и в меньшей степени паровые машины. Транспортные машины и технологические оборудования относятся к рабочим машинам, с помощью которых производятся изменения формы, свойств и положения объектов труда. Рабочие машины используются во всех отраслях народного хозяйства.

Информационной техникой и машиной назначается для преобразования информации. К этим машинам относятся все средства массовой информации

<p> ONTÜSTIK-KAZAQSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

и компьютерные техники. Кибернетической машиной называется машина, заменяющая или имитирующая различные механические, физиологические, или биологические процессы, присущие человеку и живой природе, и обладающая элементами искусственного интеллекта. Это – автооператоры, роботы, манипуляторы и искусственные органы.

Машины бывают обычными механическими и машинами-автоматами.

Процессы преобразования энергии, материалов и информации, выполняемой машиной, в некоторых случаях происходят без непосредственного участия человека. Такие машины получили название машин-автоматов. Совокупность машин-автоматов, соединенных между собой и предназначенных для выполнения определенного технологического процесса, называется автоматической линией.

### 3. Виды и группировки механизмов

Обычные машины и оборудования представляют собой совокупность многих устройств и механизмов. Система тел, предназначенная для преобразования движения одного или нескольких тел в требуемые движения других тел, называется механизмом. Механизмы, входящие в состав машины, весьма разнообразны. Один из них представляют твердые тела, другие из них состоят их несколько твердых тел. Следующие имеют в своем основном составе гидравлические, пневматические, электрические, магнитные и другие устройства. Соответственно такие механизмы называются гидравлическими, пневматическими, электрическими и т.д.

В производстве используемые механизмы по структурным и конструктивным особенностям делятся на шарнирно-рычажные, зубчато-червячные, кулачково-эксцентрикковые, винтовые, планетарные и механизмы с гибкой связью. С точки зрения их функционального назначения механизмы машин группируются на следующие виды:

- а) механизмы двигателей и преобразователи энергии или движения
- б) передаточные и исполнительные механизмы
- в) механизмы управления, контроля и регулирования
- г) механизмы подачи, транспортировки, сортировки и подъема
- д) автоматические механизмы с электронными устройствами

Все машины и оборудования состоят из отдельных деталей. Деталь – это изделие, изготавливаемое из однородного материала без сборочных и монтажных операций. Детали могут быть простыми или сложными.

Простые детали выполняют одну функцию. Сложные детали состоят из нескольких простых деталей. Детали не только составляют машины, но и определяют их работоспособность.

В соответствии с ГОСТ 2. 101-68 в состав машины кроме деталей входят



<p> ONTÜSTIK-KAZAQSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

сборочные единицы. Сборочная единица – изделие, состоящее из нескольких деталей, соединенных между собой с помощью сборочных или монтажных операций и имеющих общее функциональное назначение. Детали в составе машины частично или полностью объединяют узлы. Узел тоже представляет собой законченную сборочную единицу, состоящую из ряда деталей, имеющих общее функциональное назначение. Среди большого разнообразия деталей и узлов машин выделяют такие, которые применяют почти во всех машинах. Эти детали и узлы называют общее назначение и изучаются в курсе прикладной механики. Все другие детали и узлы относятся к специальному назначению и изучаются в специальных инженерных курсах. Детали общего назначения применяют в очень больших количествах и во всех отраслях.

#### **4. Звено механизма и их классификация.**

Всякий механизм состоит из отдельных деталей. В механизмах стационарного типа некоторые детали являются неподвижными, другие детали движутся относительно их. Каждая подвижная деталь или группа деталей, образующие одну жёсткую подвижную систему тел, носит названия подвижного звена механизма. Таким образом, шатун двигателя является одним подвижным звеном, хотя шатун состоять из нескольких деталей; тела шатуна, крышек, болтов, стягивающие крышки и т.д. Все неподвижные детали образуют одну жесткую неподвижную систему тел, которая называется неподвижным или стойким звеном. Например, корпус двигателя с подшипниками вала образуют одно неподвижное звено или стойку.

Звеном называют одно или несколько жестко соединенных твердых тел, входящих в состав механизма. Звено механизма которому сообщается движение, преобразуемое в требуемое движение других звеньев механизма, называется входным звеном. Звено механизма, совершающее требуемое движение, для которого предназначен механизм, называется выходным звеном. Соответственно их параметры тоже называются данные при входе и выходе.

В практике в основном применяют термин ведущее и ведомое звено. Звенья, которые передаются движению, для приведения движения других звеньев механизма называются ведущими. А звенья, которых получает движения, для выполнения требуемую функцию называется ведомым. Остальные относятся промежуточными и называются соединительными. В большинстве случаев входное звено является и ведущим, но, конечно, могут быть случаи инверсии, когда входное звено становится ведомым.

#### **5. Общие сведения об аппаратах и приборах**

<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

При производстве лекарственных препаратов и лекарств, кроме машин широко используются различные аппараты и приборы. Если в предприятии к группе машин относятся все техники, имеющее движущиеся части, посредством которых осуществляется механическое воздействие на обрабатываемый продукт, то группе аппаратов относятся остальные оборудования, в которых осуществляется такое воздействие на вещества, в результате происходит изменение их физических или химических свойств.

Аппарат – устройство, в котором на продукт или на исходные материалы осуществляется воздействие, сопровождающееся изменением физико-химических свойств или их агрегатного состояния. Характерной особенностью аппаратов является обязательное наличие рабочего пространства, в котором осуществляется процесс. В некоторых аппаратах используется движущиеся приспособления или устройства, которые выполняют вспомогательные или дополнительные роли.

Прибор – общее название устройств и контрольных инструментов предназначенных для измерения, вычисления, наблюдения, управления движениями машин, регулирование технологических процессов, а также для определения значения или количества различных параметров. Машины и оборудования зачастую оснащены множеством приборами. Приборы также встречаются в виде отдельных устройств.

**4. Иллюстративный материал:** плакаты, слайды, макеты механизмов и деталей машин, видеоролик действующего механизма.

## **5. Литература:**

### **Основная:**

Иосилевич Г.Б. Прикладная механика. Учебник -М: Машиностроение, 2016.-576 с.

Скайбеда А.Т. Прикладная механика. Учебник. -М: Альянс, 2016.-522 с.

Артоблевский И.И. Теория механизмов и машин. Учебник.-М.:Альянс, 2016 . -640 с.

Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин. Учебник.- М.:Высшая школа, 2009. -316 с.

Ищенко В.И. Промышленная технология лекарственных средств. Учебник – Витебск, 2012 -565с.

Эрдеди А.А. Теория механизмов и детали машин: Учебник - М.: Машиностроение, 2016. -516с.

Торланова Б.О. Машины и автоматы для фасовки лекарственных форм. Учебное пособие.-Шымкент: ЮКГМА, 2003-162с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Структурный анализ механизмов. Методическое указание – Шымкент, ЮКГУ, 2014 – 56с.



<p> ONTUSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

**Дополнительная:**

Николаенко В.Л. Прикладная механика. Учебное пособие. – Минск.: Изд-во Гревцова, 2010. – 386 с.

Олофинский В.П. Детали машин. Учебное пособие -М: Форум., 2006.-208 с.

Муравьев И.А. Технология лекарств. Учебник, Т.1 – М: Изд-во Медицина, 1980 – 704 с.

Абдрашев С.Ж., Байжанов А.Ж., Мырзалиев Д.С. Основы конструирования и детали машин. Методические указания. – Шымкент.: ЮКГУ, 2017. – 31 с.

Мырзалиев Д.С. Курс теоретической и прикладной механики. Учеб.пособие. – Шымкент, 2008. – 186 с.

**Электронные ресурсы:**

Андреев, В.И. Детали машин и основы конструирования: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/12953/>

Гулия, Н.В. Детали машин: [Электронный ресурс]. 2013. URL:

<http://e.lanbook.com/view/book/5705/>

**6. Контрольные вопросы:**

1. Свободное движение твердого тела и их ограничение. Число связей.
2. Терминологическое название деталей машин, звеньев механизма и элементов конструкции.
3. Что такое звено и какие виды бывают. Понятие о деталях машин.
4. Кинематические пары и их классификация.
5. Уметь определить условные обозначения и изображения в схемах.
6. Понятие и пояснения о механизмах и машинах, об оборудовании и аппаратах.
7. Что такое кинематическая цепь и какие виды бывают у них.
8. Уметь отличать ведущие, промежуточные и ведомые звенья в составе механизма.
9. Определение степени свободы плоского и пространственного механизма.
10. Классификация механизмов в составе машин и оборудования.
11. Что такое кинематическое соединение и как их изготовить.
12. Разложение на группы Ассур при различных вариантах начальных звеньев.
13. Используемые формулы при вычислении степени свободы механизма.
14. Звенья в составе механизма и их названия.
15. Как определяется виды, класс и порядок структурных групп.

<p> ONTÜSTIK-KAZAQSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

## Введение

Конспект лекций по дисциплине «Прикладная механика» включает в себя все основные разделы общепрофессиональной дисциплины «Теоретическая механика» и «Сопротивление материалов». «ТММ» и «Детали машин» кинематика точки, кинематика твердого тела, статика, динамика, геометрические характеристики сечений, виды деформаций и напряжений, прочность и жесткость, испытание материалов и расчет конструкций, классификация деталей машин, виды соединений и виды механических передач. Кроме теоретических сведений и большого количества иллюстративного и справочного материала, конспект лекций содержит контрольные вопросы по каждой теме курса. Конспект лекций по дисциплине «Прикладная механика» предназначен для формирования у студентов общих представлений о методах анализа, расчета и проектирования деталей и узлов механических систем, а также знаний и навыков, которые помогут им успешно осваивать последующие профилирующие дисциплины и решать практические инженерные задачи. Предложенный конспект лекций целиком охватывает основной материал программы предмета для машиностроительных специальностей.

Создание легких и надежных конструкций возможно лишь на базе глубокого изучения общетехнических дисциплин. Среди таких дисциплин важное место принадлежит общепрофессиональной дисциплине, называемой «прикладная механика».

«Теоретическая механика» - раздел, в котором излагаются основные законы движения твердых тел и их взаимодействия. «Сопротивление материалов» изучает основы прочности материалов и методы расчетов элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость под действием внешних сил. В разделе «Теория механизмов и машин» излагается структурный и силовой анализ механизмов. В разделе «Детали машин» излагаются различные классы деталей машин, классификация механических передач и способы их расчета. Для расчетов на прочность нужно знать свойства материала, из которого изготовлен рассчитываемый элемент. Дисциплина «Прикладная механика» является общепрофессиональной, обеспечивающей базовые знания при усвоении специальных дисциплин, изучаемых в дальнейшем. Работоспособность и надежность деталей машин и металлоконструкций характеризуется определенными критериями.

В настоящее время все машины, механизмы, мосты, здания строятся по



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

заранее составленным проектам, где указываются размеры конструкции в целом и ее отдельных элементов, их материал и другие необходимые данные.

## **Теоретическая механика**

### **Задачи теоретической механики**

*Теоретическая механика* — наука о механическом движении материальных твердых тел и их взаимодействиях. Механическое движение понимается как перемещение тела в пространстве и во времени по отношению к другим телам, в частности к Земле.

Для удобства изучения теоретическую механику подразделяют на статику, кинематику и динамику.

*Статика* изучает условия равновесия тел под действием сил.

*Кинематика* рассматривает движение тел как перемещение в пространстве; характеристики тел и причины, вызывающие движение, не рассматриваются.

*Динамика* изучает движение тел под действием сил.

В отличие от физики теоретическая механика изучает законы движения некоторых абстрактных абсолютно твердых тел: здесь материалы, форма тел существенного значения не имеют. При движении абсолютно твердое тело не деформируется и не разрушается. В случае, когда размерами тела можно пренебречь, тело заменяют материальной точкой.

### **Основные понятия кинематики.**

#### **Кинематика точки**

*Иметь представление о пространстве, времени, траектории, пути, скорости и ускорении. Знать способы задания движения точки (естественный и координатный). Знать обозначения, единицы измерения, взаимосвязь кинематических параметров движения, формулы для определения скоростей и ускорений.*

Кинематика рассматривает движение как перемещение в пространстве. Кинематика устанавливает способы задания движения и определяет методы определения кинематических параметров движения.

### **Основные кинематические параметры**

#### **Траектория**

<p>ONTÜSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIA SY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> <p> SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

Линию, которую очерчивает материальная точка при движении в пространстве, называют *траекторией*.

Траектория может быть прямой и кривой, плоской и пространственной линией.

Уравнение траектории при плоском движении:  $y = f(x)$ .

### Пройденный путь

Путь измеряется вдоль траектории в направлении движения.

Обозначение -  $S$ , единицы измерения - метры.

### Уравнение движения точки

Уравнение, определяющее положение движущейся точки в зависимости от времени, называется *уравнением движения*.

Положение точки в каждый момент времени можно определить по расстоянию, пройденному вдоль траектории от некоторой неподвижной точки, рассматриваемой как начало отсчета. Такой способ задания движения называется *естественным*.

Таким образом, уравнение движения можно представить в виде  $S = f(t)$ . Положение точки можно также определить, если известны ее координаты в зависимости от времени (рис.1.). Тогда в случае движения на плоскости должны быть заданы два уравнения:

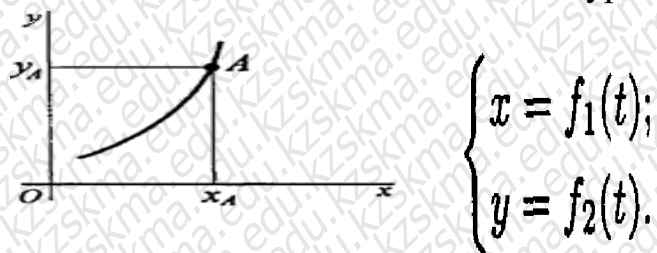


Рисунок 1.

В случае пространственного движения добавляется и третья координата  $z = f_3(t)$

Такой способ задания движения называют *координатным*.

### Скорость движения

Векторная величина, характеризующая в данный момент быстроту и направление движения по траектории, называется *скоростью*.

*Скорость*- вектор, в любой момент направленный по касательной к траектории



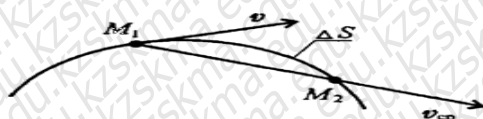


Рисунок 2.

в сторону направления движения (рис.2.).

Если точка за равные промежутки времени проходит равные расстояния, то движение называют *равномерным*.

Средняя скорость на пути  $\Delta S$  определяется как

$$v_{cp} = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

где  $\Delta S$ - пройденный путь за время  $\Delta t$ ;  $\Delta t$ - промежуток времени.

Если точка за равные промежутки времени проходит неравные пути, то движение называют *неравномерным*.

В этом случае скорость - величина переменная и зависит от времени  $v = f(t)$ .

При рассмотрении малых промежутков времени ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) средняя скорость становится равной истинной скорости движения в данный момент. Поэтому скорость в данный момент определяют как производную пути по времени:

$$v = \frac{dS}{dt}.$$

За единицу скорости принимают 1 м/с. Иногда скорость измеряют в км/ч,  $1 \text{ км/ч} = \frac{1000}{3600} = 0,278 \text{ м/с}$ .

### Ускорение точки

Векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по величине и направлению, называется *ускорением точки*.

Среднее значение ускорения за этот промежуток времени

$$a_{cp} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

При рассмотрении бесконечно малого промежутка времени среднее ускорение превратится в ускорение в данный момент:

$$a = \frac{dv}{dt}.$$

Обычно для удобства рассматривают две взаимно перпендикулярные составляющие ускорения: нормальное и касательное.

Нормальное ускорение  $a_n$  характеризует изменение скорости по направлению и определяется как

$$a_n = \frac{v^2}{r},$$

где  $r$  - радиус кривизны траектории в данный момент времени.

Нормальное ускорение всегда направлено перпендикулярно скорости к центру дуги.

Касательное ускорение  $a_t$  характеризует изменение скорости по величине и всегда направлено по касательной к траектории; при ускорении его направление *совпадает* с направлением скорости, а при замедлении оно направлено *противоположно* направлению вектора скорости.

$$a_t = \frac{dv}{dt} = v' = S''.$$

Формула для определения касательного ускорения имеет вид:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

Контрольные вопросы и задания:

1. Запишите в общем виде закон движения в естественной и координатной форме?
2. Что называют траекторией движения?
3. Как определяется скорость движения точки при естественном способе задания движения?
4. Запишите формулы для определения касательного, нормального и полного ускорений?
5. Что характеризует касательное ускорение и как оно направлено по отношению к вектору скорости?
6. Что характеризует и как направлено нормальное ускорение?

### Кинематика точки

*Иметь представление о скоростях средней и истинной, об ускорении при прямолинейном и криволинейном движениях, о различных видах движения точки. Знать формулы и графики равномерного и равнопеременного движений точки. Уметь определять параметры движения точки по заданному закону движения, строить и читать кинематические графики.*

### Анализ видов и кинетических параметров движений

#### Равномерное движение



*Равномерное движение* - это движение с постоянной скоростью:

$$v = \text{const.}$$

Для прямолинейного равномерного движения (рис.3,а)

$$a_t = \frac{dv}{dt} \Rightarrow a_t = 0;$$

$$r = \infty \Rightarrow a_n = \frac{v^2}{r} = 0.$$

Полное ускорение движения точки равно нулю:  $a = 0$ .

При криволинейном равномерном движении

$$r \neq \infty \Rightarrow a_n = \frac{v^2}{r} \neq 0.$$



Рисунок 3.

Полное ускорение равно нормальному ускорению:  $a = a_n$ .

Уравнение (закон) движения точки при равномерном движении можно получить, проделав ряд несложных операций.

Так как  $v = \text{const}$ , закон равномерного движения в общем виде является уравнением прямой:  $S = S_0 + vt$ , где  $S_0$  - путь, пройденный до начала отсчета.

### **Равнопеременное движение**

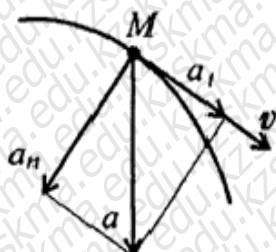
*Равнопеременное движение* это движение с постоянным касательным ускорением:

$$a_t = \text{const.}$$

Для прямолинейного равнопеременного движения

$$r = \infty \Rightarrow a_n = 0; \quad a = a_t = \text{const}$$

Полное ускорение равно касательному ускорению. Криволинейное равнопеременное движение (рис.4):



$$a_n \neq 0; \quad a_t = \text{const} \neq 0.$$

Учитывая, что  $a_t = \frac{dv}{dt}$ ;  $a_t = \text{const}$  и сделав ряд преобразований:

$$dv = a_t dt; \quad \int_v dv = a_t \int_t dt,$$

Рисунок 4.

получим значение скорости при равнопеременном движении

$$v = v_0 + a_t t; \quad v = \frac{dS}{dt}.$$

После интегрирования будем иметь закон равнопеременной движения в общем виде, представляющий уравнение параболы:

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{a_t t^2}{2},$$

где  $v_0$  — начальная скорость движения;

$S_0$  — путь, пройденный до начала отсчета;

$a_t$  — постоянное касательное ускорение.

### Неравномерное движение

При *неравномерном движении* численные значения скорости и ускорения меняются.

Уравнение неравномерного движения в общем виде представляет собой уравнение третьей  $S = f(t^3)$  и выше степени.

### Кинематические графики

Кинематические графики - это графики изменения пути, скорости и ускорения в зависимости от времени.

Контрольные вопросы и задания:

1. Запишите формулу ускорения при прямолинейном движении?
2. Запишите формулу ускорения (полного) при криволинейном движении?



3. По заданному уравнению движения точки  $S = 25 + 1,5t + 6t^2$  определите вид движения и без расчетов, используя законы движения точки, ответьте, чему равны начальная скорость и ускорение?
4. Охарактеризуйте равномерное, равнопеременное и неравномерное движение?
5. Какие графики относятся к кинематическим?

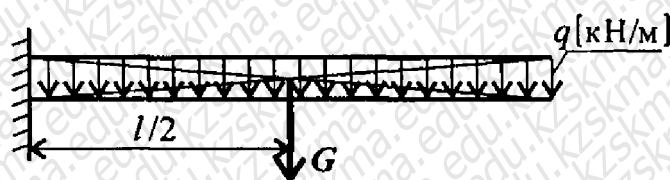
### Виды нагрузок и разновидности опор

#### Виды нагрузок

По способу приложения нагрузки делятся на сосредоточенные и распределенные. Если реально передача нагрузки происходит на пренебрежимо малой площадке (в точке), нагрузку называют *сосредоточенной*.

Часто нагрузка распределена по значительной площадке или линии (давление воды на плотину, давление снега на крышу и т.п.), тогда нагрузку считают *распределенной*.

В задачах статики для абсолютно твердых тел распределенную нагрузку можно заменить равнодействующей *сосредоточенной силой* (рис.51.).



$q$  [кН/м]  $q$  — интенсивность нагрузки;  
 $l$  — длина стержня;  
 $G = ql$  — равнодействующая распределенной нагрузки.

Рисунок 51.

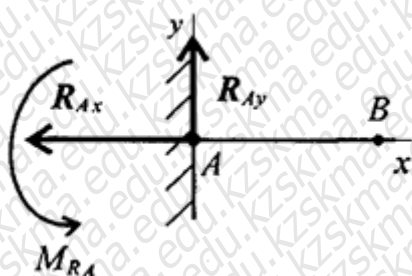
#### Разновидности опор балочных систем

Балка - конструктивная деталь в виде прямого бруса, закрепленная на опорах и изгибаемая приложенными к ней силами.

Высота сечения балки незначительна по сравнению с длиной.

#### Жесткая заделка (защемление) (рис.52.)

Опора не допускает перемещений и поворотов. Заделку заменяют двумя составляющими силы  $R_{Ax}$  и  $R_{Ay}$  и парой с моментом  $M_R$ .



Для определения этих неизвестных удобно использовать систему уравнений в виде

$$\sum_0^n F_{kx} = 0; \quad \sum_0^n F_{ky} = 0; \quad \sum_0^n m_{kA} = 0$$

Рисунок 52.

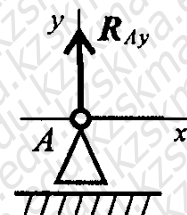
Каждое уравнение имеет одну неизвестную величину и решается без подстановок.

Для контроля правильности решений используют дополнительное уравнение моментов относительно любой точки на балке, например B:

$$\sum_0^n m_{kB} = 0.$$

Шарнирно-подвижная опора (рис. 53.)

Опора допускает поворот вокруг шарнира и перемещение вдоль опорной поверхности. Реакция направлена перпендикулярно опорной поверхности. Рисунок 53.



Шарнирно-неподвижная опора (рис. 54.)

Опора допускает поворот вокруг шарнира и может быть заменена двумя составляющими силы вдоль осей координат.

Балка на двух шарнирных опорах (рис. 55)

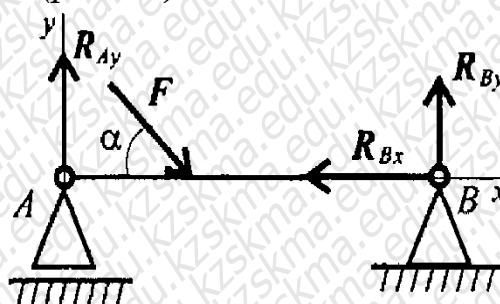
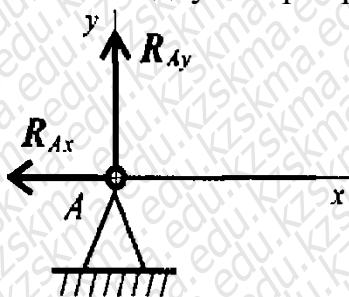


Рисунок 54. Рисунок 55.

Не известны три силы, две из них - вертикальные, следовательно, удобнее для определения неизвестных использовать систему уравнений во второй форме



$$\sum_0^n m_{kA} = 0; \quad \sum_0^n m_{kB} = 0; \quad \sum_0^n F_{kx} = 0.$$

Составляются уравнения моментов относительно точек крепления балки. Поскольку момент силы, проходящей через точку крепления, равен 0, в уравнении останется одна неизвестная сила.

Из уравнения  $\sum_0^n F_{kx} = 0$  определяется реакция  $R_{Bx}$ .

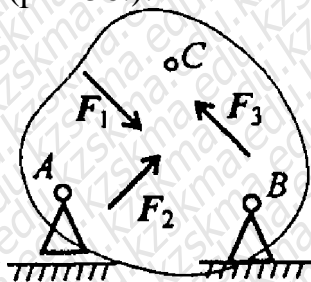
Из уравнения  $\sum_0^n m_{kA} = 0$  определяется реакция  $R_{By}$ .

Из уравнения  $\sum_0^n m_{kB} = 0$  определяется реакция  $R_{Ay}$ .

Для контроля правильности решения используется дополнительное уравнение

$$\sum_0^n F_{ky} = 0.$$

При равновесии твердого тела, где можно выбрать три точки, не лежащие на одной прямой, удобно использовать систему уравнений в третьей форме (рис.56.):



$$\begin{cases} \sum_0^n m_A(F_k) = 0; \\ \sum_0^n m_B(F_k) = 0; \\ \sum_0^n m_C(F_k) = 0. \end{cases}$$

Рисунок 56.

Контрольные вопросы и задания:

- 1.Какую из форм уравнений равновесия целесообразно использовать при определении реакций в заделке?
- 2.Какую форму системы уравнений равновесия целесообразно использовать при определении реакций в опорах двухопорной балки и почему?
- 3.Определите реактивный момент в заделке одноопорной балки?
- 4.Виды нагрузок?

<p> ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

## 5.Разновидности опор балочных систем?

### Лекция №2.

Сопротивление материалов.Основные положения.

#### Гипотезы и допущения

*Иметь представление о видах расчетов в сопротивлении материалов, о классификации нагрузок, о внутренних силовых факторах и возникающих деформациях, о механических напряжениях.Знать основные понятия, гипотезы и допущения в сопротивлении материалов.*

«Сопротивление материалов» - это наука, в котором излагаются теоретико-экспериментальные основы и методы расчета наиболее распространенных элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

В сопротивлении материалов пользуются данными смежных дисциплин: физики, теоретической механики, материаловедения, математики и др. В свою очередь сопротивление материалов как наука является опорной базой для целого ряда технических дисциплин.

Любые создаваемые конструкции должны быть не только прочными и надежными, но и недорогими, простыми в изготовлении и обслуживании, с минимальным расходом материалов, труда и энергии.

Расчеты сопротивления материалов являются базовыми для обеспечения основных требований к деталям и конструкциям.

#### **Основные требования к деталям и конструкциям и виды расчетов в сопротивлении материалов**

##### *Механические свойства материалов*

*Прочность* - способность не разрушаться под нагрузкой.

*Жесткость* - способность незначительно деформироваться под нагрузкой.

*Выносливость*- способность длительное время выдерживать переменные нагрузки.

*Устойчивость*- способность сохранять первоначальную форму



<p> ONTÜSTIK-KAZAQSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

упругого равновесия.

**Вязкость**- способность воспринимать ударные нагрузки.

### **Виды расчетов**

*Расчет на прочность* обеспечивает неразрушение конструкции.

*Расчет на жесткость* обеспечивает деформации конструкции под нагрузкой в пределах допустимых норм.

*Расчет на выносливость* обеспечивает необходимую долговечность элементов конструкции.

*Расчет на устойчивость* обеспечивает сохранение необходимой формы равновесия и предотвращает внезапное искривление длинных стержней.

Для обеспечения прочности конструкций, работающих при ударных нагрузках (при ковке, штамповке и подобных случаях), проводятся *расчеты на удар*.

### **Основные гипотезы и допущения**

Приступая к расчетам конструкции, следует решить, что в данном случае существенно, а что можно отбросить, т. к. решение технической задачи с полным учетом всех свойств реального объекта невозможно.

#### **Допущения о свойствах материалов:**

Материалы *однородные* — в любой точке материалы имеют одинаковые физико-механические свойства.

Материалы представляют *сплошную среду* — кристаллическое строение и микроскопические дефекты не учитываются.

Материалы *изотропны* — механические свойства не зависят от направления нагружения.

Материалы обладают *идеальной упругостью* — полностью восстанавливают форму и размеры после снятия нагрузки.

В реальных материалах эти допущения выполняются лишь отчасти, но принятие таких допущений упрощает расчет. Все упрощения принято компенсировать, введя запас прочности.

#### **Допущения о характере деформации:**

*Все материалы под нагрузкой деформируются, т. е. меняют форму и размеры.*

Характер деформации легко проследить при испытании материалов на растяжение.

Перед испытаниями цилиндрический образец закрепляется в захватах разрывной машины, растягивается и доводится до разрушения. При этом записывается зависимость между приложенным усилием и деформацией. Получают график, называемый диаграммой растяжения.

Для примера на рис.78 представлена диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.

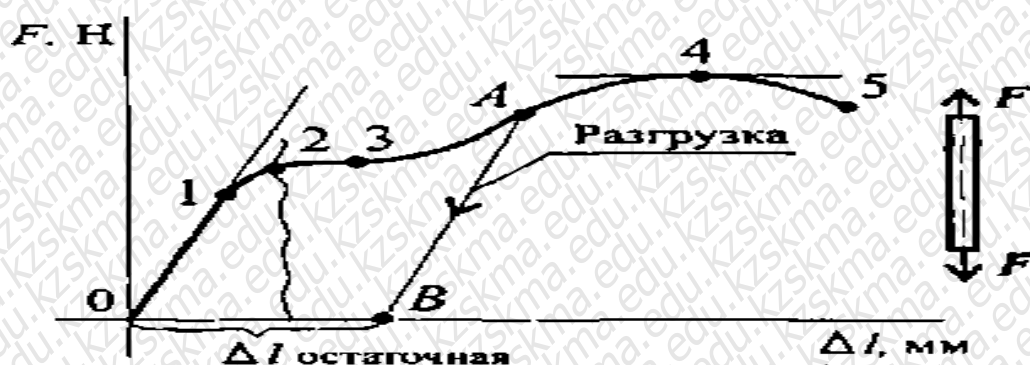


Рисунок 78.

На диаграмме отмечают особые точки:

-от точки 0 до точки 1 -*прямая* линия (деформация прямо пропорциональна нагрузке);-от точки 2 до точки 5 деформации быстро нарастают и образец разрушается, разрушению предшествует появление *утончения* (шейки) в точке 4.

Если прервать испытания до точки 2, образец вернется к исходным размерам; эта область называется *областью упругих деформаций*.

Упругие деформации полностью исчезают после снятия нагрузки.

При продолжении испытаний после точки 2 образец уже не возвращается к исходным размерам, деформации начинают накапливаться.

При выключении машины в точке A образец несколько сжимается по линии AB, параллельной линии 01. Деформации после точки 2 называются *пластическими*, они полностью не исчезают; сохранившиеся деформации называются *остаточными*.



На участке 01 выполняется закон Гука:

*В пределах упругости деформации прямо пропорциональны нагрузке.*

*Считают, что все материалы подчиняются закону Гука.*

Поскольку упругие деформации малы по сравнению с геометрическими размерами детали, при расчетах считают, что размеры поднагрузкой не изменяются.

Расчеты ведут используя принцип начальных размеров. При работе конструкции деформации должны оставаться упругими, к нарушению прочности следует относить и возникновение пластических деформаций. Хотя в практике бывают случаи, когда местные пластические деформации считаются допустимыми.

### **Классификация нагрузок и элементов конструкции**

#### **Классификация нагрузок:**

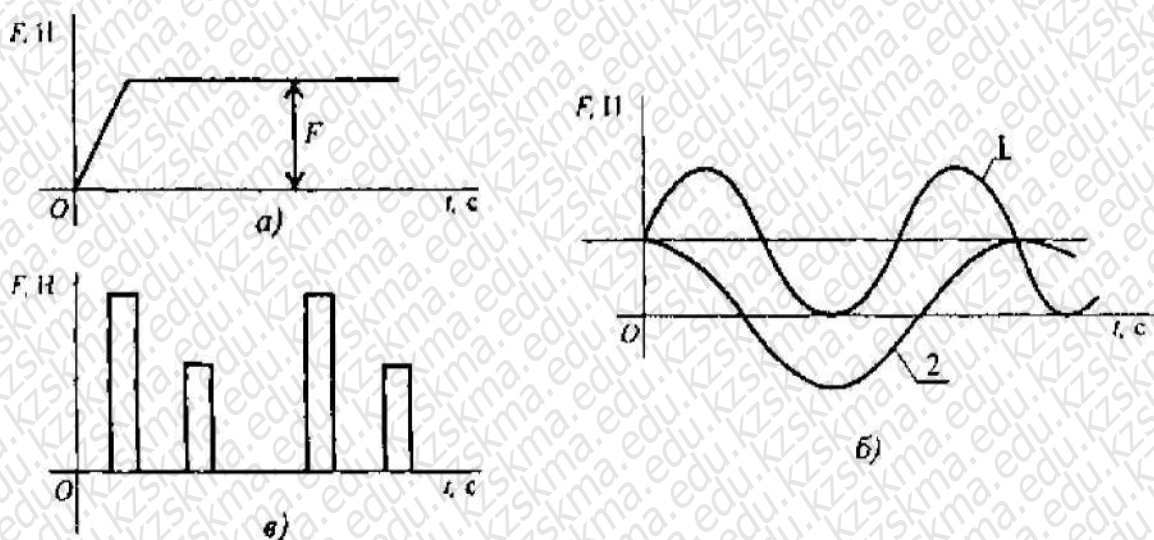


Рисунок 79.

*Статические нагрузки (рис.79) меняются со временем или меняются очень медленно. При действии статических нагрузок проводится расчет на прочность.*

*Повторно-переменные нагрузки (рис.79,б) многократно меняют значение или значение и знак. Действие таких нагрузок вызывает усталость металла.*

*Динамические нагрузки (рис.79,в) меняют свое значение в*

<p>ONTÜSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> <p> SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

короткий промежуток времени, они вызывают большие ускорения и силы инерции и могут привести к внезапному разрушению конструкции.

Из теоретической механики известно, что по способу приложения нагрузки могут быть сосредоточенными или *распределенными* по поверхности.

Реально передача нагрузки между деталями происходит не в точке, а на некоторой площадке, т. е. нагрузка является распределенной. Однако если площадка контакта пренебрежительно мала по сравнению с размерами детали, силу считают сосредоточенной. При расчетах реальных деформируемых тел в сопротивлении материалов заменять распределенную нагрузку сосредоточенной не следует.

Аксиомы теоретической механики в сопротивлении материалов используются ограниченно. Нельзя переносить пару сил в другую точку детали, перемещать сосредоточенную силу вдоль линии действия, нельзя систему сил. Заменять равнодействующей при определении перемещений. Все вышеперечисленное меняет распределение внутренних сил в конструкции.

### **Формы элементов конструкции**

Все многообразие форм сводится к трем видам по одному признаку.

1. *Брус*- любое тело, у которого длина значительно больше других размеров.

В зависимости от форм продольной оси и поперечных сечений различают несколько видов брусьев:

- прямой брус постоянного поперечного сечения (рис.80,а);

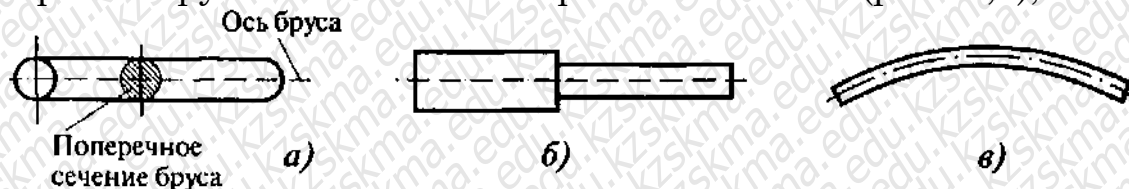


Рисунок 80.

- прямой ступенчатый брус (рис.80,б);

- криволинейный брус (рис.80,в).

2. *Пластина*- любое тело, у которого толщина значительно меньше других размеров (рис.81).



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p> <p> SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	



Рисунок 81.

3. Массив - тело, у которого три размера одного порядка.

Контрольные вопросы и задания

Что называется прочностью, жесткостью, устойчивостью?

По какому принципу классифицируют нагрузки в сопротивлении материалов? К какому виду разрушений приводят повторно-переменные нагрузки?

Какие нагрузки принято считать сосредоточенными?

Какое тело называют брусом? Нарисуйте любой брус и укажите ось бруса и его поперечное сечение. Какие тела называют пластинами?

Что называется деформацией? Какие деформации называют упругими?

При каких деформациях выполняется закон Гука? Сформулируйте закон Гука?

Что такое принцип начальных размеров?

В чем заключается допущение о сплошном строении материалов.

Поясните допущение об однородности и изотропности материалов?

### **Основные положения.**

#### **Нагрузки внешние и внутренние, метод сечений**

*Знать метод сечений, внутренние силовые факторы, составляющие напряжений. Уметь определять виды нагружений и внутренние силовые- факторы в поперечных сечениях.*

Элементы конструкции при работе испытывают внешнее воздействие, которое оценивается величиной внешней силы. К внешним силам относят активные силы и реакции опор. Под действием внешних сил в детали возникают внутренние силы упругости, стремящиеся вернуть телу первоначальную форму и размеры. Внешние силы должны быть определены методами теоретической механики, а внутренние определяются основным

методом сопротивления материалов - методом сечений. В сопротивлении материалов тела рассматриваются в равновесии. Для решения задач используют уравнения равновесия, полученные в теоретической механике для тела в пространстве. Используется система координат, связанная с телом. Чаще продольную ось детали обозначают  $z$ , начало координат совмещают с левым краем и размещают в центре тяжести сечения.

### Метод сечений

*Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела, плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.*

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. *Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, составленных для рассматриваемой части тела.*

Рассекаем тело поперек плоскостью (рис.82). Рассматриваем правую часть. На нее действуют внешние силы  $F_4, F_5, F_6$  и внутренние силы упругости  $q_k$ , распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором  $R_0$ , помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил  $M_0$ :

$$R_0 = \sum_0^n q_k ; R_0 = \sum_0^n m_k$$

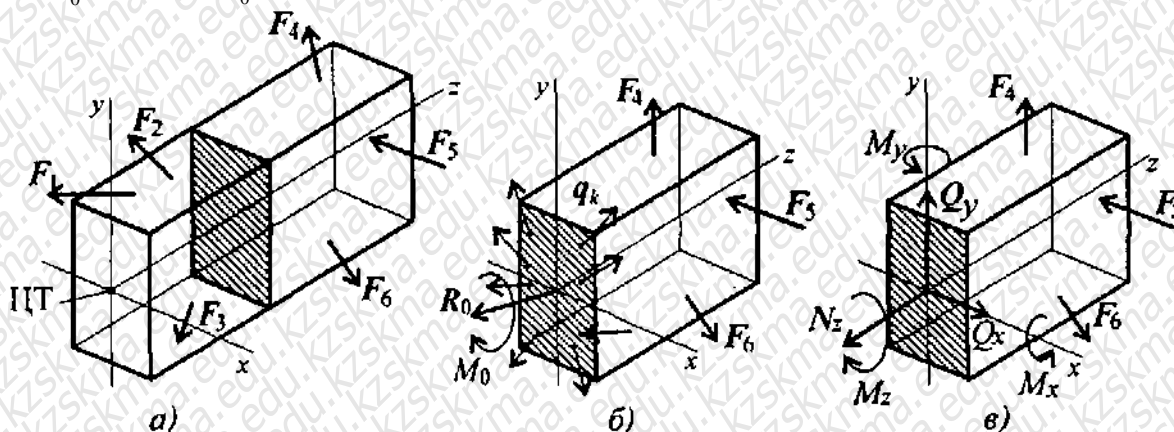


Рисунок 82.

Разложим главный вектор  $R_0$  по оси, получим три составляющие:



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

$$R_0 = N_z + Q_y + Q_x;$$

где  $N_z$ - продольная сила;

$Q_x$ - поперечная сила по оси  $x$ ;

$Q_y$ - поперечная сила по оси  $y$ .

Главный момент тоже принято представлять в виде моментов пар сил в трех плоскостях проекции:

$$M_0 = M_x + M_y + M_z,$$

$M_x$ - момент сил относительно  $O_x$ ;  $M_y$ - момент сил относительно  $O_y$ ;

$M_z$ - момент сил относительно  $O_z$ .

Полученные составляющие сил упругости носят название *внутренних силовых факторов*. Каждый из внутренних силовых факторов вызывает определенную деформацию детали. Внутренние силовые факторы уравнивают приложенные к этому элементу детали внешние силы. Используя шесть уравнений равновесия, можно получить величину внутренних силовых факторов:

$$N_z = \sum_0^n F_{kz}; \quad M_z = \sum_0^n m_z(F_k);$$

$$Q_x = \sum_0^n F_{kx}; \quad M_x = \sum_0^n m_x(F_k);$$

$$Q_y = \sum_0^n F_{ky}; \quad M_y = \sum_0^n m_y(F_k).$$

Из приведенных уравнений следует, что:

$N_z$ -*продольная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось  $O_z$  внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса; вызывает растяжение или сжатие;

$Q_x$ -*поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось  $O_x$  внешних сил, действующих на отсеченную часть;

$Q_y$  -*поперечная сила*, равная алгебраической сумме проекций на ось  $O_y$  внешних сил, действующих на отсеченную часть;

силы  $Q_x$  и  $Q_y$  вызывают сдвиг сечения;

$M_z$ -*крутящийся момент*, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно продольной оси  $O_z$ ; вызывает скручивание бруса;

$M_x$ -*изгибающий момент*, равный алгебраической сумме моментов

внешних сил относительно оси  $O_x$ ;  
 $M_y$ -изгибающий момент, равный алгебраической сумме моментов  
внешних сил относительно оси  $O_y$ ;  
моменты  $M_x$  и  $M_y$  вызывают изгиб бруса в соответствующей  
плоскости.

## Напряжения

*Метод сечений* позволяет определить величину внутреннего си-  
лового фактора в сечении, но не дает возможности установить закон  
распределения внутренних сил по сечению. Для оценки прочности  
необходимо определить величину силы, приходящуюся на любую  
точку поперечного сечения.

Величину интенсивности внутренних сил в точке поперечного  
сечения называют *механическим напряжением*. Напряжение  
характеризует величину внутренней силы, приходящейся на  
единицу площади поперечного сечения.

Рассмотрим брус, к которому приложена внешняя нагрузка (рис.83).

Спомощью *метода сечений* рассечем брус поперечной плоскостью,  
отбросим левую часть и рассмотрим равновесие оставшейся правой  
части. Выделим на секущей плоскости малую площадку  $\Delta A$ . На  
этой площадке действует равнодействующая внутренних сил  
упругости.

Направление напряжения совпадает с  
направле-нием внутренней силы в этом  
сечении.

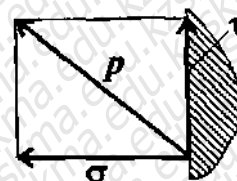
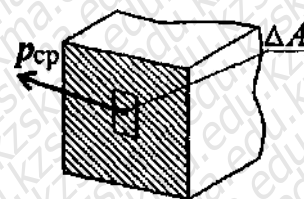
Вектор  $P_{ср}$  называют *полным напряжением*.  
Его принято раскладывать на два вектора  
(рис. 83):

$\tau$ -лежащий в площадке сечения  
 $\sigma$ - направленный перпендикулярно площад-  
ке.

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

Если вектор  $\mathbf{p}$  - пространственный, то его  
раскла-дывают на три составляющие:

$$p = \sqrt{\sigma^2 + \tau_x^2 + \tau_y^2}$$





<p>ONTÜSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

### Рисунок 83.

Нормальное напряжение характеризует сопротивление сечения растяжению или сжатию.

Касательное напряжение характеризует сопротивление сечения сдвигу.

Сила  $N$  (продольная) вызывает появление нормального напряжения  $\sigma$ . Силы  $Q_x$  и  $Q_y$  вызывают появление касательных напряжений  $\tau$ . Моменты изгиб-бающие  $M_x$  и  $M_y$  вызывают появление нормальных напряжений  $\sigma$ , переменных по сечению. Крутящий момент  $M_z$  вызывает сдвиг сечения вокруг продольной оси, поэтому появляются касательные напряжения  $\tau$ .

### Контрольные вопросы и задания:

Какие силы в сопротивлении материалов считают внешними?

Какие силы являются внутренними?

Какими методами определяют внешние силы? Как называют метод для определения внутренних сил?

Сформулируйте метод сечений?

Как в сопротивлении материалов располагают систему координат?

Что в сопротивлении материалов называют внутренними силовыми факторами? Сколько в общем случае может возникнуть внутренних силовых факторов?

Запишите систему уравнений, используемую при определении внутренних силовых факторов в сечении?

Как обозначается и как определяется продольная сила в сечении? ,

Как обозначаются и как определяются поперечные силы?

Как обозначаются и определяются изгибающие и крутящий моменты?

Какие деформации вызываются каждым из внутренних силовых факторов?

Что называют механическим напряжением?

Как по отношению к площадке направлены нормальное и касательные напряжения? Как они обозначаются?

Какие напряжения возникают в поперечном сечении при действии продольных сил?

Какие напряжения возникают при действии поперечных сил?

### ЛЕКЦИЯ №3.

#### Растяжение и сжатие.

#### Продольные и поперечные деформации.

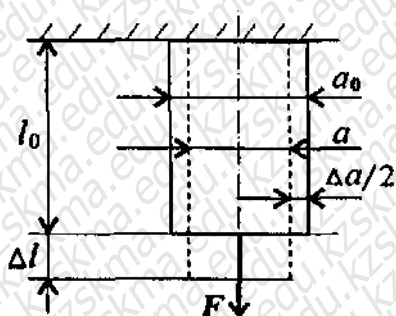
#### Закон Гука

*Иметь представление о продольных и поперечных деформациях и их связи.*

*Знать закон Гука, зависимости и формулы для расчета напряжений и перемещений.*

*Уметь проводить расчеты на прочность и жесткость статически определимых брусьев при растяжении и сжатии.*

#### Деформации при растяжении и сжатии



Рассмотрим деформацию бруса под действием продольной силы  $F$  (рис. 90.).

Начальные размеры бруса:  $l_0$ - начальная длина,  $a_0$ - начальная ширина.

Брус удлиняется на величину  $\Delta l$ ;

$\Delta l$  - абсолютное удлинение. При растяжении поперечные размеры уменьшаются,  $\Delta a$  - абсолютное сужение;  $\Delta l > 0$ ;  $\Delta a < 0$ .

При сжатии выполняется соотношение  $\Delta l < 0$ ;  $\Delta a > 0$ .

Рисунок 90.

В сопротивлении материалов принято рассчитывать деформации в относительных единицах:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad \varepsilon - \text{относительное удлинение};$$

$$\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a_0}, \quad \varepsilon' - \text{относительное сужение}.$$

Между продольной и поперечной деформациями существует зависимость

$$\varepsilon' = \mu \varepsilon_1,$$



<p>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMİASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

где  $\mu$  - коэффициент поперечной деформации, или коэффициент Пуассона, характеризует пластичность материала.

### Закон Гука

В пределах упругих деформаций деформации прямо пропорциональны нагрузке:

$$F = k\Delta l,$$

где  $F$  - действующая нагрузка;  $k$  - коэффициент.

В современной форме:

$$\sigma = \frac{N}{A}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Получим зависимость  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $E$  - модуль упругости, характеризует жесткость материала.

*В пределах упругости нормальные напряжения пропорциональны относительному удлинению.*

Значение  $E$  для сталей в пределах  $(2 \div 2,1) \cdot 10^5$  МПа.

При прочих равных условиях, чем жестче материал, тем меньше он деформируется:

$$\downarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E \uparrow}$$

### Формулы для расчета перемещений поперечных сечений бруса при растяжении и сжатии

Используем известные формулы.

Закон Гука  $\sigma = E\varepsilon$ .

$$\text{Откуда } \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Относительное удлинение

В результате получим зависимость между нагрузкой, размерами бруса и возникающей деформацией:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}, \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

$$\Delta l = \frac{\sigma l}{E} \quad \text{или} \quad \Delta l = \frac{Nl}{AE}$$

где  $\Delta l$  - абсолютное удлинение, мм;

$\sigma$  - нормальное напряжение, МПа;

$l$ -начальная длина, мм;

$E$ -модуль упругости материала, МПа;

$N$ -продольная сила, Н;

$A$ - площадь поперечного сечения, мм<sup>2</sup>;

Произведение  $AE$ называют *жесткостью сечения*.

### Выводы

1. Абсолютное удлинение бруса прямо пропорционально величине продольной силы в сечении, длине бруса и обратно пропорционально площади поперечного сечения и модулю упругости.

2. Связь между продольной и поперечной деформациями зависит от свойств материала, связь определяется *коэффициентом Пуассона*, называемом *коэффициентом поперечной деформации*.

Коэффициент Пуассона: у стали  $\mu$  от 0,25 до 0,3; у пробки  $\mu=0$ ; у резины  $\mu=0,5$ .

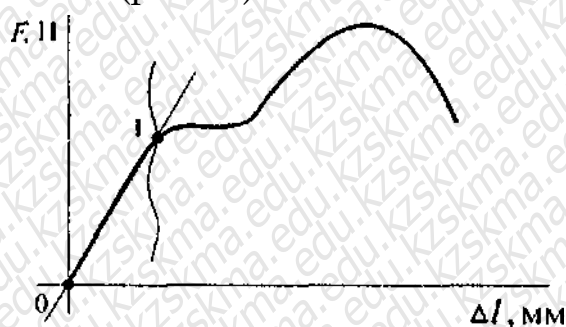
3. Поперечные деформации меньше продольных и редко влияют на работоспособность детали; при необходимости поперечная дефор-

$$\epsilon' = \mu \epsilon; \quad \epsilon = \frac{\Delta a}{a_0}; \quad \text{откуда } \Delta a = \epsilon' a_0,$$

мация рассчитывается через продольную.

где  $\Delta a$  - поперечное сужение, мм;  $a_0$  - начальный поперечный размер, мм.

4. Закон Гука выполняется в зоне упругих деформаций, которая определяется при испытаниях на растяжение по диаграмме растяжения (рис.91).



действует закон Гука.

При работе пластические деформации не должны возникать, упругие деформации малы по сравнению с геометрическими размерами тела. Основные расчеты в сопротивлении материалов проводят-ся в зоне упругих деформаций, где



<p> ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN  MEDISINA  AKADEMIASY  «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ </p>  <p> SOUTH KAZAKHSTAN  MEDICAL  ACADEMY  АО «Южно-Казахстанская медицинская академия» </p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

*Рисунок 91.*

*На диаграмме (рис.91) закон Гука действует от точки 0 до точки 1.*

5.Определение деформации бруса под нагрузкой и сравнение ее с допускаемой (не нарушающей работоспособности бруса) называют *расчетом на жесткость.*

Контрольные вопросы и задания:

Стальной стержень длиной 1,5 м вытянулся под нагрузкой на 3 мм. Чему равно относительное удлинение? Чему равно относительное сужение? ( $\mu$ - 0,25.)

Что характеризует коэффициент поперечной деформации?

Сформулируйте закон Гука в современной форме при растяжении и сжатии?

Что характеризует модуль упругости материала? Какова единица измерения модуля упругости?

Запишите формулы для определения удлинения бруса. Что характеризует произведение  $A\epsilon$  и как оно называется?

Как определяют абсолютное удлинение ступенчатого бруса, нагруженного несколькими силами?

**Механические испытания,механические характеристики.**

**Предельные и допускаемые напряжения**

*Иметь представление о предельных и допускаемых напряжениях и коэффициенте запаса прочности.Знать диаграммы растяжения и сжатия пластичных и хрупких материалов, порядок расчетов на прочность.*

При выборе материалов для элементов конструкции и расчетов на прочность необходимо знать механические характеристики. Необходимые сведения получают экспериментально при испытаниях на растяжение, сжатие, срез, кручение и изгиб.

**Механические характеристики**

При построении приведенной диаграммы рассчитываются величины, имеющие условный характер, усилия в каждой из

точек делят на величину *начальной площади поперечного сечения*, хотя в каждый момент идет деформация и площадь образца уменьшается. Приведенная диаграмма растяжения не зависит от абсолютных размеров образца (рис.92.).

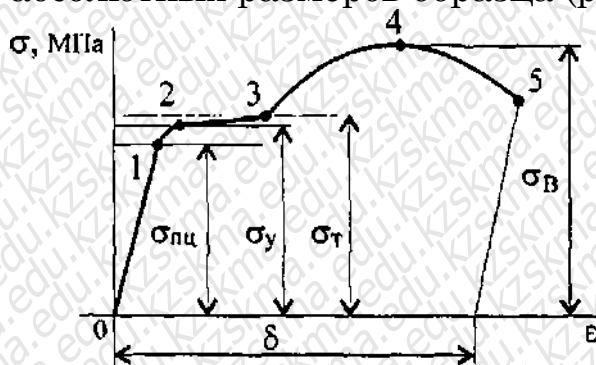


Рисунок 92.

### Основные характеристики прочности

предел пропорциональности  $\sigma_{пц} = F_1 / A_0$

предел упругости  $\sigma_y = F_2 / A_0$

предел текучести  $\sigma_T = F_3 / A_0$

предел прочности, или временное сопротивление разрыву,  
 $\sigma_B = F_{max} / A_0$  где  $A_0 = \pi d_0^2 / 4$  - начальная площадь сечения.

### Характеристики пластичности материала

$\Delta$ -максимальное удлинение в момент разрыва

$$\delta = \frac{\Delta l_{max}}{l_0} \cdot 100 \%,$$

где  $\Delta l_{max}$  - максимальное остаточное удлинение;  
максимальное сужение при разрыве

$$\psi = \frac{A_0 - A_{ш}}{A_0} \cdot 100 \%,$$

где  $A_{ш}$  - площадь образца в месте разрыва.

Характеристики пластичности определяют способность материала к деформированию.



## Виды диаграмм растяжения

Различные материалы по-разному ведут себя под нагрузкой, характер деформаций и разрушения зависит от типа материалов.

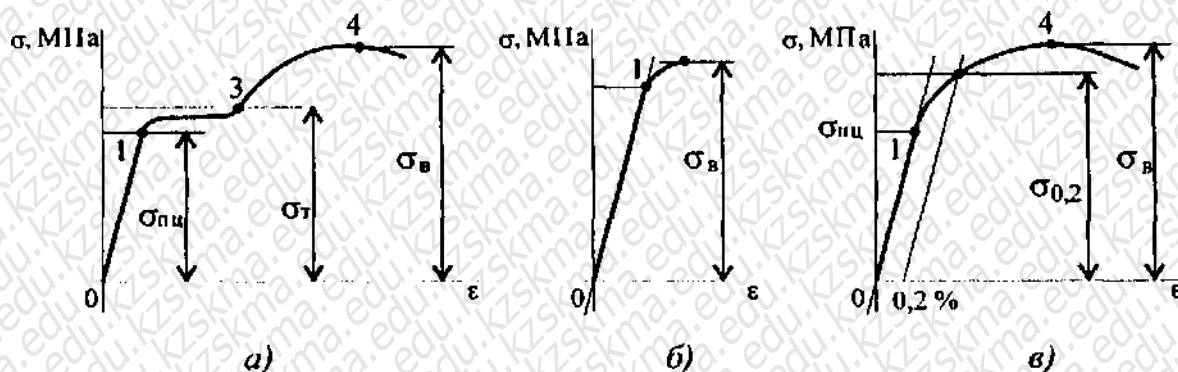


Рисунок 93.

Принято делить материалы по типу их диаграмм растяжения на три группы. К первой группе относят *пластичные материалы*, эти материалы имеют на диаграмме растяжения *площадку текучести* (диаграммы первого типа) (рис. 93,а). Ко второй группе относятся *хрупкие материалы*, эти материалы *мало деформируются*, разрушаются по хрупкому типу. На диаграмме нет площадки текучести (рис.93,б).

К третьей группе относят *материалы, не имеющие площадку текучести*, но значительно деформирующиеся под нагрузкой, их называют *пластично-хрупкими* (рис. 93,в).

Таким образом, *хрупкий и пластично-хрупкий материалы не имеют площадки текучести*, а в справочниках отсутствует характеристика «предел текучести». По этой особенности их можно узнать.

Пластично-хрупкие материалы значительно деформируются, этого нельзя допустить в работающей конструкции. Поэтому их *деформацию обычно ограничивают*. Максимально возможная относительная деформация  $\epsilon = 0,2\%$ . По величине максимально возможной деформации определяется соответствующее нормальное напряжение  $\sigma_{0,2}$ , которое принимают за предельное.

## Предельные и допустимые напряжения

<p>ONTUSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>  <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

*Предельным напряжением* считают напряжение, при котором в материале возникает опасное состояние (разрушение или опасная деформация).

Для *пластичных* материалов предельным напряжением считают *предел текучести*, т. к. возникающие пластические деформации не исчезают после снятия нагрузки:

$$\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{\text{т}}$$

Для *хрупких* материалов, где пластические деформации отсутствуют, а разрушение возникает по хрупкому типу (шейки не образуется), за предельное напряжение принимают *предел прочности*:

$$\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{\text{в}}$$

Для *пластично-хрупких* материалов предельным напряжением считают напряжение, соответствующее максимальной деформации 0,2% ( $\sigma_{0,2}$ ):

$$\sigma_{\text{пред}} = \sigma_{0,2}$$

*Допускаемое напряжение* - максимальное напряжение, при котором материал должен нормально работать.

Допускаемые напряжения получают по предельным с учетом запаса прочности:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{[s]},$$

где  $[\sigma]$  - допускаемое напряжение;  $\delta$  - коэффициент запаса прочности;  $[s]$  - допускаемый коэффициент запаса прочности.

**П р и м е ч а н и е .** В квадратных скобках принято обозначать допускаемое значение величины.

*Допускаемый коэффициент запаса прочности* зависит от качества материала, условий работы детали, назначения детали, точности обработки и расчета и т. д.

Он может колебаться от 1,25 для простых деталей до 12,5 для сложных деталей, работающих при переменных нагрузках в условиях ударов и вибраций.

### ***Особенности поведения материалов при испытаниях на сжатие***

1. Пластичные материалы практически одинаково работают при растяжении и сжатии. Механические характеристики при растяжении и сжатии одинаковы.



ONTÜSTIK-KAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ  SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

2. Хрупкие материалы обычно обладают большей прочностью при сжатии, чем при растяжении:  $\sigma_{\text{вр}} < \sigma_{\text{вс}}$ .

Если допускаемое напряжение при растяжении и сжатии различно, их обозначают  $[\sigma_r]$  (растяжение),  $[\sigma_c]$  (сжатие).

### **Расчеты на прочность при растяжении и сжатии**

Расчеты на прочность ведутся по условиям прочности — неравенствам, выполнение которых гарантирует прочность детали при данных условиях.

Для обеспечения прочности расчетное напряжение не должно превышать допускаемого напряжения:

$$\sigma \leq [\sigma], \text{ где } \sigma = \frac{N}{A}; \quad [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{[s]}.$$

Расчетное напряжение зависит *от нагрузки и размеров* поперечного сечения, допускаемое только *от материала детали* условий работы.

Существуют три вида расчета на прочность.

**1. Проектировочный расчет** - задана расчетная схема и нагрузки; материал или размеры детали подбираются: -определение размеров поперечного сечения:

$$A \geq \frac{N}{[\sigma]};$$

подбор материала

$$\sigma_{\text{пред}} \geq \frac{N[s]}{A};$$

по величине  $\sigma_{\text{пред}}$  можно подобрать марку материала.

**2. Проверочный расчет** - известны нагрузки, материал, размеры детали; необходимо *проверить, обеспечена ли прочность*.

Проверяется неравенство

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma].$$

**3. Определение нагрузочной способности (максимальной нагрузки):**

$$[N] = [\sigma]A$$

Контрольные вопросы и задания:

<div>ONTÜSTIK-KAZAKHSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</div> <div></div> <div>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</div>	
Кафедра Инженерных дисциплин	044-76/11
Лекционный комплекс	

Какое явление называют текучестью?

Что такое «шейка», в какой точке диаграммы растяжения она образуется?

Почему полученные при испытаниях механические характеристики носят условный характер?

Перечислите характеристики прочности?

Перечислите характеристики пластичности?

В чем разница между диаграммой растяжения, вычерченной автоматически, и приведенной диаграммой растяжения?

Какая из механических характеристик выбирается в качестве предельного напряжения для пластичных и хрупких материалов?

В чем различие между предельным и допускаемым напряжениями?

Запишите условие прочности при растяжении и сжатии. Отличаются ли условия прочности при расчете на растяжение и расчете на сжатие?