Минобрнауки России

Бузулукский гуманитарно-технологический институт

(филиал) федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения

высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра *«Общая инженерия»*

*А.О. Шустерман*

**Методические указания**

**по освоению дисциплины «Механика материалов и основы конструирования»**

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)*

(код и наименование направления подготовки)

*Энергетика*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

*Программа академического бакалавриата*

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Бузулук 2017

Механика материалов и основы конструирования: методические указания для обучающихся по освоению дисциплины / А.О. Шустерман; Бузулукский гуманитарно-технолог. ин-т (филиал) ОГУ. – Бузулук: БГТИ (филиал) ОГУ, 2017.

Составитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.О. Шустерман

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) очного обучения.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины являются приложением к рабочей программе по дисциплине.

**Содержание**

[Введение](#_Toc466217638) 4

1 Виды работ студентов……………………………………………………………..5

2 Основные виды работ студентов и особенности их проведения при изучении курса…………………………………………………………………………………..5

# Введение

Цель методических указаний – помочь студенту в организации изучения дисциплины выполнения различных форм аудиторной и самостоятельной работы.

Для освоения данной дисциплины в вузе читаются лекции и проводятся практические занятия.

**Цель (цели)** освоения дисциплины: освоение студентами принципа выбора конструкционных материалов, в зависимости от условий их эксплуатации, основываясь на знании состава и строения металлических и неметаллических конструкционных материалов для решения технических и технологических проблем эксплуатации и технического обслуживания учебно-технологической среды.

**Задачи:**

**-** изучить внутреннее строение конструкционных материалов;

- изучить связи строения материалов с механическими, физическими свойствами и химическим составом, а также с технологическими и эксплуатационными воздействиями;

- овладеть навыками использования основных общефизических законов и принципов в важнейших практических приложениях.

# 1 Виды работы студентов

Основные виды занятий: по курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практические занятия, самостоятельная работа, сдача экзамена.

Самостоятельная работа предусматривает аудиторною и внеаудиторную работу.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задания для самостоятельной работы содержатся в фонде оценочных средств по дисциплине. Выполненные задания к каждому разделу сдаются в письменном виде.

Содержание самостоятельной работы определяется в соответствии с рекомендуемыми видами заданий согласно рабочей программы дисциплины.

# 2 Основные виды работы студентов и особенности их проведения при изучении данного курса

**2.1 Рекомендации к прослушиванию лекционного курса**

Лекция – это развернутое, продолжительное и системное изложение сущности какой-либо учебной, научной проблемы. Основа лекции – теоретическое обобщение, в котором конкретный фактический материал служит иллюстрацией или необходимым отправным моментом, это форма учебного занятия, цель которого состоит в рассмотрении теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме.

В учебном процессе в зависимости от дидактических задач и логики учебного материала мы будем использовать вводные, текущие и обзорные лекции; в зависимости от деятельности студентов - информационные, объяснительные, лекции - беседы.

Лекционная форма целесообразна в процессе:

* изучения нового материала, мало связанного с ранее изученным;
* рассмотрения сложного для самостоятельного изучения материала;
* подачи информации крупными блоками;
* выполнения определенного вида заданий по одной или нескольким темам либо разделам;
* применения изученного материала при решении практических задач.

В состав учебно-методических материалов лекционного курса включаются:

* учебники и учебные пособия, в том числе разработанные преподавателями кафедры, конспекты (тексты, схемы) лекций в печатном виде и /или электронном представлении - электронный учебник, файл с содержанием материала, излагаемого на лекциях, файл с раздаточными материалами;
* тесты и задания по различным темам лекций (разделам учебной дисциплины) для самоконтроля студентов;
* списки учебной литературы, рекомендуемой студентам в качестве основной и дополнительной по темам лекций (по соответствующей дисциплине).

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной и научной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, темы и сроки проведения семинаров, написания учебных и творческих работ, завести в свою рабочую тетрадь.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; пишут контрольные работы, готовят презентации и сообщения к практическим занятиям; выполняют самостоятельные творческие работы, участвуют в выполнении практических заданий. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы в данных направлениях.

**2.2 Рекомендации при подготовке к практическим занятиям**

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий. Они составляют важную часть профессиональной подготовки.

Подготовка к практическому занятию

* подберите необходимую учебную и справочную литературу, конспекты,
* освежите в памяти теоретические сведения, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы,
* определитесь в целях и специфических особенностях практической работы.
* отберите те задачи и упражнения, которые позволят в полной мере реализовать цели и задачи предстоящей работы,
* прорешайте задачи, примеры из лекции, учебника,
* ответьте на контрольные вопросы.

**Тематика практических занятий**

**Тема 1. Испытание металла на растяжение**

Основой материал.

Металлы и сплавы, используемые в качестве конструкционных материалов, должны обладать определенными механическими свойствами – прочностью, упругостью, пластичностью, твердостью.

Прочность – это способность металла сопротивляться деформации и разрушению.

Деформацией называется изменение размеров и формы тела под действием внешних сил. Деформации подразделяются на упругие и пластические.

Упругие деформации исчезают, а пластические остаются после окончания действия сил. В основе пластических деформаций – необратимые перемещения атомов от исходных положений на расстояния, большие межатомных, изменение формы отдельных зерен металла, их расположения в пространстве.

Способность металлов пластически деформироваться называется пластичностью. Пластичность обеспечивает конструктивную прочность деталей под нагрузкой и нейтрализует влияние концентратов напряжений – отверстий, вырезов и т.п. При пластическом деформировании металла одновременно с изменением формы меняется ряд свойств, в частности при холодном деформировании повышается прочность, но снижается пластичность.

Большинство механических характеристик металла определяют в результате испытания образцов на растяжение (ГОСТ 1497-84).

При растяжении образцов с площадью поперечного сечения Fо и рабочей (расчетной) длиной lо строят диаграмму растяжения в координатах: нагрузка Р – удлинение ∆l образца (рис. 1).

Диаграмма растяжения характеризует поведение металла при деформировании от момента начала нагружения до разрушения образца. На диаграмме выделяют три участка: упругой деформации – до нагрузки Рупр; равномерной пластической деформации от Рупр до Рmax и сосредоточенной пластической деформации от Рmax до Рк . Если образец нагрузить в пределах Рупр, а затем полностью разгрузить и замерить его длину, то никаких последствий нагружения не обнаружится. Такой характер деформирования образца называется упругим.

При нагружении образца более Рупр появляется остаточная (пластическая) деформация. Пластическое деформирование идет при возрастающей нагрузке, так как металл упрочняется в процессе деформирования. Упрочнение металла при деформировании называется наклепом.

При дальнейшем нагружении пластическая деформация, а вместе с ней и наклеп, все более увеличиваются, равномерно распределяясь по всему объему образца. После достижения максимального значения нагрузки Рmax в наиболее слабом месте появляется местное утонение образца – шейка, в которой в основном и протекает дальнейшее пластическое деформирование. В это время между деформированными зернами, а иногда и внутри самих зерен могут зарождаться трещины. В связи с развитием шейки, несмотря на продолжающееся упрочнение металла, нагрузка уменьшается от Рmax до Рк , и при нагрузке Рк происходит разрушение образца. При этом упругая деформация образца (Δlупр) исчезает, а пластическая (Δlост) остается (рис. 1).

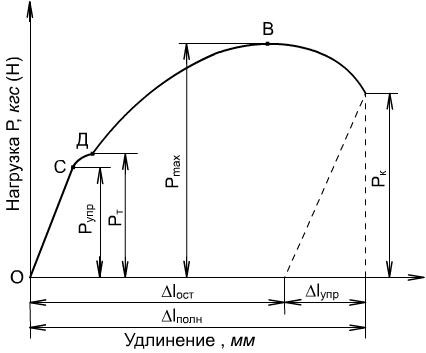


Рисунок 1- Диаграмма растяжения металла

При деформировании твердого тела внутри него возникают внутренние силы. Величину сил, приходящуюся на единицу площади поперечного сечения образца, называют напряжением. Размерность напряжения кгс/мм2, или МПа (1кгс/мм2=10МПа).

Отмеченные выше нагрузки на кривой растяжения (Рупр , Рт, Рmax , Рк) служат для определения основных характеристик прочности (напряжений): предела упругости, физического предела текучести, временного сопротивления (предела прочности) и истинного сопротивления разрушению.

В технических расчетах вместо предела прочности обычно используется условный предел текучести, которому соответствует нагрузка Р0,2 (рис. 2).

При растяжении образец удлиняется, а его поперечное сечение непрерывно уменьшается. Но поскольку площадь поперечного сечения образца в каждый данный момент определить сложно, то при расчете предела

упругости, предела текучести и временного сопротивления пользуются условными напряжениями, считая, что поперечное сечение образца остается неизменным. Истинное напряжение рассчитывается только при определении сопротивления разрушению.

Условный предел текучести (σ0,2) – это напряжение, при котором образец получает остаточное (пластическое) удлинение, равное 0,2 % своей расчетной длины:

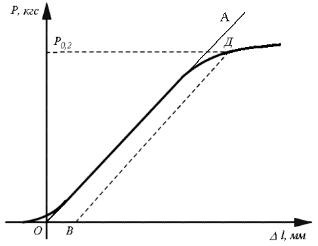


Рисунок 2 - Участок диаграммы растяжения металла

Временное сопротивление (предел прочности) σb– это напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению образца.

Временное сопротивление(предел прочности) характеризует несущую способность материала, его прочность, предшествующую разрушению.

Истинное сопротивление разрушению (Sk)– истинное напряжение, предшествующее моменту разрушения образца

Несмотря на то, что Рmах больше Рк , истинное сопротивление разрушению Sк > σb , поскольку площадь поперечного сечения образца в месте разрушения Fк значительно меньше начальной площади поперечного сечения Fо.

Для оценки пластичности металла служат относительное остаточное удлинение образца при растяжении (σр, %) и относительное остаточное сужение площади поперечного сечения образца (Ψр, %).

Практически для определения нагрузки, которая вызывает деформацию, соответствующую условному пределу текучести, следует выполнить следующие действия.

На диаграмме растяжения провести прямую ОА (рисунок 2), совпадающую с прямолинейным участком диаграммы растяжения. Определить положение точки О. Через точку О провести ось ординат ОР. Масштаб записи диаграммы по нагрузке: одному миллиметру ординаты соответствует 2 кгс нагрузки. Численная величина искомой нагрузки Р (кгс) равна соответствующей ординате диаграммы (мм), умноженной на масштаб диаграммы (2 кгс/мм). Для определения нагрузки, соответствующей условному пределу текучести Р0,2, необходимо от начала координат по оси абсцисс отложить отрезок ОВ, величина которого равна заданному остаточному удлинению 0,2 %.

Из точки В провести прямую ВД, параллельную прямолинейному участку диаграммы растяжения (рисунок 2), до пересечения с диаграммой. Используя известный масштаб записи диаграммы по нагрузке, определить численные значения нагрузок Р02, Рmах, Рк , после чего рассчитать соответствующее напряжения: σ0,2 , σb , Sк. Полученные данные занести в протокол испытания.

## Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какими механическими свойствами характеризуются конструкционные материалы?
2. Что такое прочность?
3. Что называется деформацией?
4. Что называется упругой деформацией?
5. Что называется пластической деформацией?
6. Как влияет холодная пластическая деформация на прочность и пластичность?
7. Какие характерные участки можно выделить на диаграмме растяжения?
8. Почему пластическая деформация идет при возрастающей нагрузке?
9. Что такое наклеп?
10. Что такое напряжение?
11. Почему различают истинные и условные напряжения?
12. Что такое условный предел текучести, временное сопротивление и истинное сопротивление разрушению?
13. Какие вы знаете характеристики пластичности?

Самостоятельная работа.

Задание на самостоятельную работу содержаться в фонде оценочных средств.

**Тема 2. Изучение диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов**

Основной материал

Диаграмма железоуглеродистых сплавов может быть представлена в двух вариантах: метастабильном, отражающем превращения в системе “железо- карбид железа”, и стабильном, отражающем превращения в системе “железо-графит”. Наибольшее практическое значение имеет диаграмма состояния “железо-карбид железа”, т.к. для большинства технических сплавов превращения реализуются по этой диаграмме. Карбид железа (Fe3C) называют цементитом, поэтому метастабильную диаграмму железоуглеродистых сплавов называют диаграммой состояния “железо-цементит” (Fe-Fe3C).

Основными компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо и углерод, которые относятся к полиморфным элементам. В железоуглеродистых сплавах эти элементы взаимодействуют, образуя различные фазы.

Под фазой в общем смысле понимается однородная часть системы, имеющая одинаковый химический состав, физические свойства и отделенная от других частей системы поверхностью раздела.

Взаимодействие железа и углерода состоит в том, что углерод может растворяться как в жидком (расплавленном) железе, так и в различных его модификациях в твердом состоянии. Помимо этого, он может образовывать с железом химическое соединение. Таким образом, в железоуглеродистых сплавах могут образовываться следующие фазы: жидкий раствор, аустенит, феррит, цементит.

**Аустенит**– твердый раствор внедрения углерода в КГЦ– решетку, растворяет углерода до 2,14 %, немагнитен, твердость (HB 160-200).

**Феррит**– твердый раствор внедрения углерода в ОЦК– решетку, растворяет углерода до 0,02 % (727 °C), при 20 °C менее 0,006 %, ферромагнитен до температуры 769 °C, твердость (HB 80-100).

**Цементит** (Ц) – химическое соединение железа с углеродом (Fe3C). Содержит 6,67 % C. При нормальных условиях цементит тверд (HB 800) и хрупок. Слабо ферромагнитен до 210 °C.

Диаграмма состояния Fe-Fe3C (рисунок 8) показывает фазовый состав и превращения в сплавах с концентрацией от чистого железа до цементита. Превращения в железоуглеродистых сплавах происходит как при кристаллизации (затвердевании) жидкой фазы (Ж), так и в твердом состоянии.

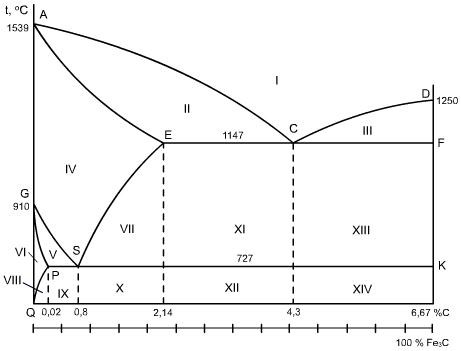


Рисунок 8 - Диаграмма состояния Fe – Fe3C (в упрощенном виде).

Первичная кристаллизация идет в интервале температур, ограниченных линиями ликвидус (ACD) и солидус(AECF).

Вторичная кристаллизация происходит за счет превращения железа одной аллотропической модификации в другую и за счет изменения растворимости углерода в аустените и феррите, которая уменьшается с понижением температуры.

Эвтектическое превращение на линии ECF (1147 °C) (Эвтектикой называют равномерную мелкодисперсную механическую смесь двух фаз, которые одновременно кристаллизуются из жидкого сплава.)

Эвтектоидное превращение на линии PSK (727 °C) (Эвтектоид -это механическая смесь двух фаз, образующаяся из твердого раствора.)

Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется ледебуритом (Л), а эвтектоидная смесь феррита и цементита – перлитом (П).

**Ледебурит** содержит 4,3 % углерода. При охлаждении ледебурита ниже линий PSK входящий в него аустенит превращается в перлит и при нормальной температуре ледебурит представляет собой смесь перлита и цементита и называется ледебуритом превращенным (Л пр). Цементит в этой структурной составляющей образует сплошную матрицу, в которой размещены колонии перлита. Такое строение ледебурита объясняет его большую твердость (HB 700) и хрупкость.

Перлит содержит 0,8 % углерода. В зависимости от формы частичек цементит бывает пластинчатый и зернистый. Является прочной структурной составляющей с твердостью (HB210).

Линии диаграммы представляют собой совокупность критических точек сплавов с различным составом, характеризующих превращения в этих сплавах при соответствующих температурах.

Рассмотрим значение линий диаграммы при медленном охлаждении.

ACD – линия ликвидус. Выше этой линии все сплавы находятся в жидком состоянии.

AECF – линия солидус. Ниже этой линии все сплавы находятся в твердом состоянии.

АС – из жидкого раствора выпадают кристаллы аустенита. CD – линия выделения первичного цементита.

AE – заканчивается кристаллизация аустенита. ECF – линия эвтектического превращения.

GS – определяет температуру начала выделения феррита из аустенита (910-727 °C).

GP – определяет температуру окончания выделения феррита из аустенита. PSK – линия эвтектоидного превращения.

ES – линия выделения вторичного цементита. PQ – линия выделения третичного цементита.

Линии диаграммы делят все поле диаграммы на области равновесного существования фаз. Каждой области диаграммы соответствует определенное структурное состояние, сформированное в результате происходящих в сплавах превращений.

I – Жидкий раствор (Ж).

1. –Жидкий раствор (Ж) и кристаллы аустенита (А).
2. – Жидкий раствор (Ж) и кристаллы цементита первичного (ЦI). IV – Кристаллы аустенита (А).

V – Кристаллы аустенита (А) и феррита (Ф). VI – Кристаллы феррита (Ф).

VII – Кристаллы аустенита (А) и цементита вторичного (ЦII). VIII – Кристаллы феррита (Ф) и цементита третичного (ЦIII). IX – Кристаллы феррита (Ф) и перлита (П).

1. – Кристаллы перлита (П) и цементита вторичного (ЦII).
2. – Кристаллы аустенита (А), ледебурита (Л) и цементита вторичного (ЦII). XII – Кристаллы перлита (П), цементита вторичного (ЦII) и ледебурита превращенного (Л).
3. –Кристаллы ледебурита и цементита первичного (ЦI).
4. – Кристаллы цементита первичного (ЦI) перлита (П) и ледебурита превращенного (Л).

## Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое фаза?
2. Что такое аустенит?
3. Что такое феррит?
4. Что такое цементит?
5. Какими линиями диаграммы ограничивается температурный интервал первичной кристаллизации?
6. В чем состоит сущность эвтектического превращения?
7. В чем состоит сущность эвтектоидного превращения?
8. Что такое ледебурит?
9. Что такое перлит?
10. На какой линии происходят эвтектические превращения?
11. На какой линии происходят эвтектоидные превращения?
12. Линия выделения первичного цементита?
13. Линия выделения вторичного цементита?
14. Линия выделения третичного цементита?

15. Назовите фазы железоуглеродистых сплавов.

16. Содержание углерода в цементите?

1. При какой температуре происходит эвтектическое превращение?
2. При какой температуре происходит эвтектоидное превращение?

Самостоятельная работа.

Задание на самостоятельную работу содержаться в фонде оценочных средств.

**Тема 3. Изучение под микроскопом (с зарисовкой) микроструктур металлов и сплавов**

Основной материал

Чугунами называются сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода.

Кроме углерода, являющегося главным компонентом сплава, в чугунах всегда имеются и другие элементы, из которых кремний Si , марганец Мn, сера S и фосфор Р присутствуют в каждом чугуне, переходя в его состав в доменной печи из руд, топлива и флюсов; никель Ni, хром Сr , кобальт Со , молибден Мо, вольфрам V и др. случайно попадают из железных руд или же вводятся в чугун для придания ему особых свойств.

Углерод в чугунах монет присутствовать либо в химически связанном с железом состоянии в виде Fе3С, называемом цементитом, или карбидом железа, либо в свободном состоянии. В зависимости от этого чугуны делятся на белые, серые, ковкие и высокопрочные.

Белые чугуны идут в передел на сталь, а также являются необходимым продуктом для получения ковких чугунов.

В белых чугунах углерод находится в виде Fе3С. Этому способствуют, главным образом, повышенное содержание в чугунах Мn (от 1,0 до 2,5%), который сам образует карбиды с углеродом.

Аналогично марганцу действуют Сг, Мо и др.

Микроструктура белых чугунов зависит от содержания в них углерода и легко может быть определена по диаграмме Fе - Fе3С.

Характерной структурой белых чугунов является эвтектика ледебурит, которая содержит 4,3% С и образуется при температуре 1147°.

Белые чугуны, содержащие углерод от 2,14 до 4,3% (доэвтектические чугуны), кроме ледебурита имеют зерна перлита и вторичного цементита.

Белый чугун, содержащий 4,3% С, имеет структуру, состоящую только из зерен ледебурита. Это белый эвтектический чугун. При комнатной температуре ледебурит представляет собой смесь цементита и перлита.

Белые чугуны, содержащие от 4,3 до 6,67% углерода (заэвтектические чугуны), кроме ледебурита имеют зерна первичного цементита в форме длинных игольчатых кристаллов.

Белые чугуны очень хрупки и тверды.

Серый чугун. Характерной структурной составляющей серых чугунов является графит. Графит в серых чугунах располагается в виде пластинок разнообразней формы и длины, разрыхляя его металлическую основу и ухудшая его свойства.

Графит как неметаллическая составляющая не отражает света в микроскопе, поэтому его легко можно различить на фоне основной металлической массы чугуна.

Углерод в сером чугуне преимущественно находится в виде графита. Структура серых чугунов зависит от количества связанного углерода, а количество связанного углерода в свою очередь зависит от наличия в чугуне кремния, который способствует графитизации серого чугуна. На количество РезС в чугуне оказывает значительное влияние также скорость охлаждения. Большая скорость способствует увеличению Fе3С и наоборот.

Ковким называется чугун, получаемый первоначально в виде отливки белого чугуна, который путем длительного отжига (томления) изменяет свое внутреннее строение и механические свойства. Выделяющийся углерод (графит) имеет форму хлопьев и называется углеродом отжига. Он меньше разрыхляет и нарушает связь зерен металла, нежели графит в сером чугуне, и ковкий чугун по сравнена с серым обладает повышенными механическими свойствами.

Высокопрочный чугун получается из серого чугуна путем введения в ковш с жидким чугуном металлического магния. Магний способствует образованию графита шаровидной формы.

Чугуны, модифицированные магнием, имеют более высокие механические свойства, чем серый и ковкий чугун, и приближаются по свойствам к стали. Они применяются для ответственных деталей, которые раньше делали из стали (коленчатые валы, кулачковые валики и др.).

Структура металлической основы высокопрочных чугунов такая же, как в сером чугуне, то есть в зависимости от химического состава чугуна и скорости охлаждения.

Вокруг шаровидного графита располагается феррит.

Так как шаровидный графит наименее ослабляет металлическую основу, то чугуны, модифицированные магнием, имеют высокую прочность, пластичность и вязкость.

## Порядок выполнения работы

1 .Получить микрошлифы чугунов.

2.Рассмотреть микрошлифы под микроскопом и определить вид чугуна по его микроструктуре.

3.Зарисовать рассмотренные микроструктуры серого, ковкого и высокопрочного чугунов.

4.Ответить на контрольные вопросы:

* Что называете чугуном?
* Какая разница между сталью и чугуном?
* В каком виде может присутствовать углерод в чугунах?
* Какие структурные составляющие встречаются в белых чугунах?
* Какая разница между белым и серым чугунами? Область их применения.
* Как влияет графит на свойство металлической основы серого чугуна?
* Как влияют Мn и Si на свойства чугунов?
* Как влияют Р и S на литейные свойства чугунов?
* Что называется ковкий чугуном?
* Как получается высокопрочный чугун?
* Какая разница между серым, ковким и высокопрочным чугунами по форме графита?
* Свойства серого, ковкого и высокопрочного чугунов и область их применения.
* Объяснить маркировку серого, ковкого и высокопрочного чугунов.

Самостоятельная работа.

Задание на самостоятельную работу содержаться в фонде оценочных средств.

**Тема 4. Общие черты и циклы конструирования**

Основной материал

Планетарными называются передачи, содержащие зубчатые колеса с перемещающимися осями (рис. 8). Передача состоит из центрального колеса 1 с наружными зубьями, центрального колеса 3 с внутренними зубьями, водила Н и сателлитов 2. Сателлиты вращаются вокруг своих осей и вместе с осью вокруг центрального колеса, т.е. совершают движение, подобное движению планет.

При неподвижном колесе 3 движение может передаваться от 1 к Н или от Н к 1; при неподвижном водиле Н – от 1 к 3 или от 3 к 1. При всех свободных звеньях одно движение можно раскладывать на два (от 3 к 1 и Н) или два соединять в одно (от 1 и Н к 3). В этом случае передачу называют дифференциальной.

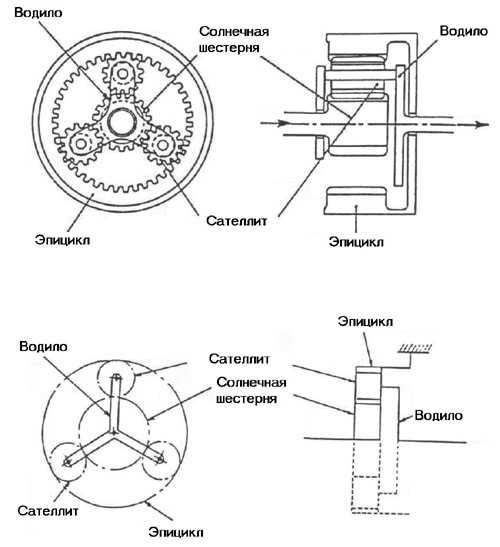
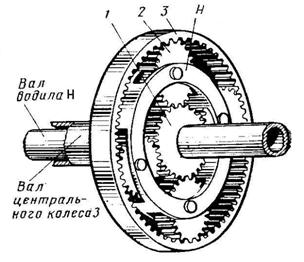


Рисунок 8 - Планетарный механизм

Планетарные передачи имеют существенные преимущества:

     нагрузка в планетарных передачах передается одновременно несколькими сателлитами, следовательно, силы, действующие на зубья колес, соответственно уменьшаются, что позволяет использовать колеса меньших габаритных размеров и массы;

     в планетарных передачах рационально используются колеса внутреннего зацепления, обладающие большой (по сравнению с колесами наружного зацепления) нагрузочной способностью;

     равномерное распределение сателлитов по окружности приводит к уравновешиванию радиальных сил, действующих на колеса, и, следовательно, к разгрузке подшипников центральных колес и водила;

     применение планетарного механизма позволяет легко осуществить компактную конструкцию соосного редуктора, т.е. такого редуктора, у которого оси ведущего и ведомого валов совпадают. Это имеет важное значение для поршневых и турбовинтовых авиационных двигателей. Например, при помощи так называемого дифференциального планетарного редуктора можно от одного двигателя приводить во вращение два соосных винта, скорости вращения которых будут изменяться в полете в соответствии с изменением шага винта.

К недостаткам планетарных передач относятся повышенные требования к точности изготовления и монтажа.

**Мальтийский механизм**

Мальти́йский механи́зм — [механизм](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC) прерывистого движения, преобразующий равномерное вращательное движение в прерывистое вращательное движение. Основное применение механизм получил в [кинопроекторах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) в качестве [скачкового механизма](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC) для прерывистого перемещения [киноплёнки](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BA%D0%B0) на шаг кадра.

Механизм преобразует равномерное вращение ведущего вала в скачкообразное вращение ведомого, на котором закреплён [скачковый барабан](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D0%BD), непосредственно осуществляющий прерывистое перемещение киноплёнки. Мальтийский механизм имеет намного большие габариты и массу, нежели [грейферные](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D0%B9%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC) скачковые механизмы. Однако по сравнению с ними обеспечивает меньшее и более равномерное воздействие на [перфорацию](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BA%D0%B8) киноплёнки при более высоком [КПД](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%8F). Мальтийские механизмы используются не только в киноаппаратуре и бывают с внешним и внутренним зацеплением, и, как правило, с числом пазов от 3 до 12.

Одной из главных характеристик мальтийского механизма (как и других разновидностей скачковых механизмов) является рабочий угол. Это величина, характеризующая угол поворота ведущего вала, за который происходит перемещение ведомого. У мальтийского механизма с четырёхлопастным крестом рабочий угол составляет 90°, что означает угол покоя в 270°. Это соответствует КПД в 75 %. Таким образом, чем меньше рабочий угол, тем выше КПД.

В подавляющем большинстве применяется мальтийский механизм с четырёхлопастным крестом. Это обусловлено максимальным КПД при относительно низких [ускорениях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) ведомого звена, важных с точки зрения износа перфорации. Четырёхлопастный мальтийский механизм обладает рабочим углом 90° — минимальным из всех возможных, не считая трёхлопастного, рабочий угол которого 60°. Мальтийские механизмы с бо́льшим количеством лопастей имеют более низкий КПД, обладая большим рабочим углом.

Применяются механизмы с внешним и внутренним зацеплением. В механизмах с внешним зацеплением (рис. 9) привращении ведущего звена (кривошипа) 1 его палец 2 в точке A входит в прорезь 3 ведомого звена (креста) 4 и, скользя в ней, поворачивает крест.

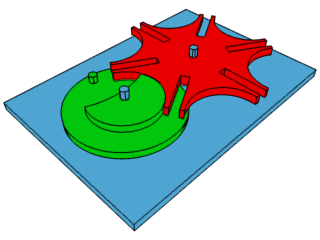
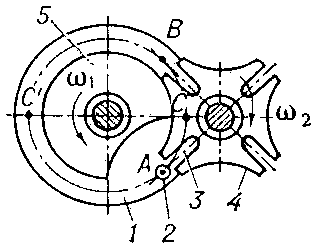


Рисунок 9 - Мальтийский механизм с внешним зацеплением

 ω1 и ω2 — угловые скорости ведущего иведомого звеньев.

**Цевочный механизм**

Цевочный механизм, зубчатый механизм для передачи вращения между параллельными валами, в котором одно из колёс, называемое цевочным, имеет зубья, выполненные в виде круговых цилиндров — цевок  3(рис. 10).

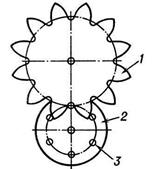


Рисунок 10 - Цевочный механизм:

1 – зубчатое колесо; 2 – цевочное колесо; 3 – цевка

 Зубья колеса *1*, сопряжённого с цевочным *2*, выполнены по эквидистанте (равноотстоящей кривой) к эпи- или гипоциклоиде. Преимущество цевочного механизма перед другими видами зубчатых механизмов в том, что цевки можно сделать вращающимися относительно своих осей. При этом уменьшаются потери на трение в зубчатом зацеплении и снижается износ поверхностей зубьев. Цевочное зацепление является частным случаем циклоидного зацепления. На рис. 3 изображен цевочный механизм с внешним зацеплением, при котором цевочное колесо *2* и зубчатое колесо *1*вращаются в противоположных направлениях. Цевки в этом случае располагаются на начальной окружности цевочного колеса *2.* При внутреннем зацеплении цевочное и зубчатое колёса вращаются в одном н том же направлении. Цевки располагаются на окружности, радиус которой больше радиуса начальной окружности. Цевочный механизм с внутренним зацеплением даёт возможность получить разность между числом цевок и числом зубьев, равную единице, что обеспечивает большое передаточное число в планетарном редукторе при относительно высоком КПД (около 0,75) и компактности передачи. Цевочный механизм применяется преимущественно в планетарных редукторах и приборах.

**Зубчатый механизм с эвольвентным зацеплением**

Подавляющее большинство зубчатых передач, применяемых в технике, имеет зубчатые колеса с эвольвентным профилем.

Эвольвента как кривая для формирования профиля зуба была предложена Л. Эйлером. Она обладает значительными преимуществами перед другими кривыми, применяемыми для этой цели, – удовлетворяет основному закону зацепления, обеспечивает постоянство передаточного отношения, нечувствительна к неточностям межосевого расстояния (что облегчает сборку), наиболее проста и технологична в изготовлении, легко стандартизируется (что особенно важно для такого распространенного вида механизмов как зубчатые передачи).

Эвольвента – это траектория движения точки, принадлежащей прямой, перекатывающейся без скольжения по окружности. Данная прямая называется производящей прямой, а окружность, по которой она перекатывается – основной окружностью (рисунок 11).

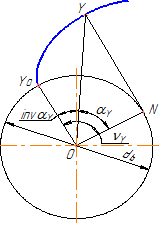
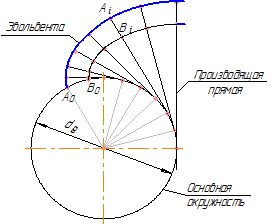


Рисунок 11 – Методика построения эвольвенты

Эвольвента обладает следующими свойствами, которые используются в теории зацепления:

1. форма эвольвенты определяется радиусом основной окружности;
2. нормаль к эвольвенте в любой ее точке является касательной к основной окружности. Точка касания нормали с основной окружностью является центром кривизны эвольвенты в рассматриваемой точке;
3. эвольвенты одной и той же основной окружности являются эквидистантными (равноотстоящими друг от друга) кривыми.

Самостоятельная работа.

Задание на самостоятельную работу содержаться в фонде оценочных средств.

**2.3 Методические рекомендации по подготовке к рубежному контролю**

Рубежный контроль студентов осуществляется в тестовой форме на 8 и 14 неделе каждого семестра. Тестирование позволяет путем поиска правильного ответа и разбора допущенных ошибок лучше усвоить тот или иной материал. Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать индекс (цифровое обозначение), соответствующий правильному ответу. На выполнение теста отводится ограниченное время. Оно может варьироваться в зависимости от уровня тестируемых, сложности и объема теста. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 30-45 секунд на один вопрос. К работе над тестовым заданием следует приступать после изучения рекомендованной литературы и материалов лекций.

**2.4 Методические рекомендации по подготовке к зачету**

Цель зачета - проверка и оценка уровня полученных студентом специальных познаний по учебной дисциплине, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве правовых норм. Оценке подлежит также и правильность речи студента. Студент в целях получения качественных и системных знаний должен начинать подготовку к зачету задолго до его проведения, лучше с самого начала лекционного курса.  В ходе подготовки студентам необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем.