

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области  
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Свердловской области  
**«Уральский колледж технологий и предпринимательства»**  
(ГАПОУ СО «УКТП»)

Преподаватель ВКК Мишарина Наталья Юрьевна

**Обратная связь осуществляется :**

- 8 912 669 76 26,
- эл.почта [teslia@uralweb.ru](mailto:teslia@uralweb.ru) ,
- группа в Контакте «Строители колледж»
- WhatsApp по телефону 8 953 821 01 05

УД. Техническая механика

Лекция 12. Поперечный изгиб прямого бруса  
(4 часа, 2 пары)

Вид учебного занятия: изучение нового материала; повторение пройденного

## **Задание.**

1. Записать в тетрадь лекцию 12
2. Выполнить чертежи (чертежи повторяются на слайдах для пояснения текста ). Качество чертежей учитывается в оценивании всего задания.
3. Составление вопросов к пройденному материалу в форме теста.

Вопросы должны быть составлены в разной форме.

## **Формы тестовых заданий**

- 1. - **задания закрытой формы**, в которых выбирают правильный ответ из данного набора ответов к тексту задания;
- 2. - **задания открытой формы**, требующие при выполнении самостоятельного формулирования ответа;
- 3. - **задание на соответствие**, выполнение которых связано с установлением соответствия между элементами двух множеств;
- 4. - **задания на установление правильной последовательности**, в которых требуется указать порядок

### **Требования при составлении теста:**

- 1. Соответствие источникам заданной теме.
- 2. Соответствие содержанию и объему полученной ими информации в теме.
- 3. Однозначность задания (формулировка вопроса должна быть понятна)
- 4. Предпочтительнее подробный вопрос и лаконичные (краткие) ответы.
- 5. Оптимальное количество вариантов ответа — четыре-пять.
- 6. Совершенно неприемлемы абсурдные, очевидно неправильные ответы.
- 7. Значимость теста возрастает, если:
  - А) необходимо отметить неправильный или негативный ответ
  - Б) все ответы правильные, но один предпочтительнее по тем или иным критериям.

### **Критерии оценивания составленного теста:**

- 1. Содержание теста соответствует заданной теме, выдержаны все требования к его оформлению;
- 2. Основные требования к оформлению теста соблюдены, но при этом допущены недочеты, например: неточно и некорректно составлены вопросы (задания), имеются упущения в оформлении;
- 3. Оценка не выставляется, если:
  - - вопросы или задания теста не соответствуют заданной теме
  - - обнаруживается существенное непонимание вопроса
  - - тест обучающимся не представлен

- Данная работа позволяет:
  - а) подготовиться к контрольному тестированию;
  - б) повторить пройденный материал;
  - в) самостоятельно изучить дополнительный материал по пройденной теме.
  - г) проявить творчество при выполнении работы

**Результат.** Лекцию ,чертежи и задание сфотографировать и отправить 16.11.2020 в WhatsApp, группу в контакте «Строители колледж» или на электронную почту. На каждом листе скана должна быть подписана фамилия студента и номер страницы в тетради.

### ***Литература:***

- И.А. Синявский, Н.И. Манешина «Проектно-сметное дело»
- Проектно-сметное дело: Учебное пособие / Гаврилов Д.А. - М.:Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2018. – 352
- Федеральная государственная информационная система ценообразования в строительстве —[Электронный ресурс]— Режим доступа: <https://fgiscs.minstroyrf.ru/#/>
- Конспект лекций

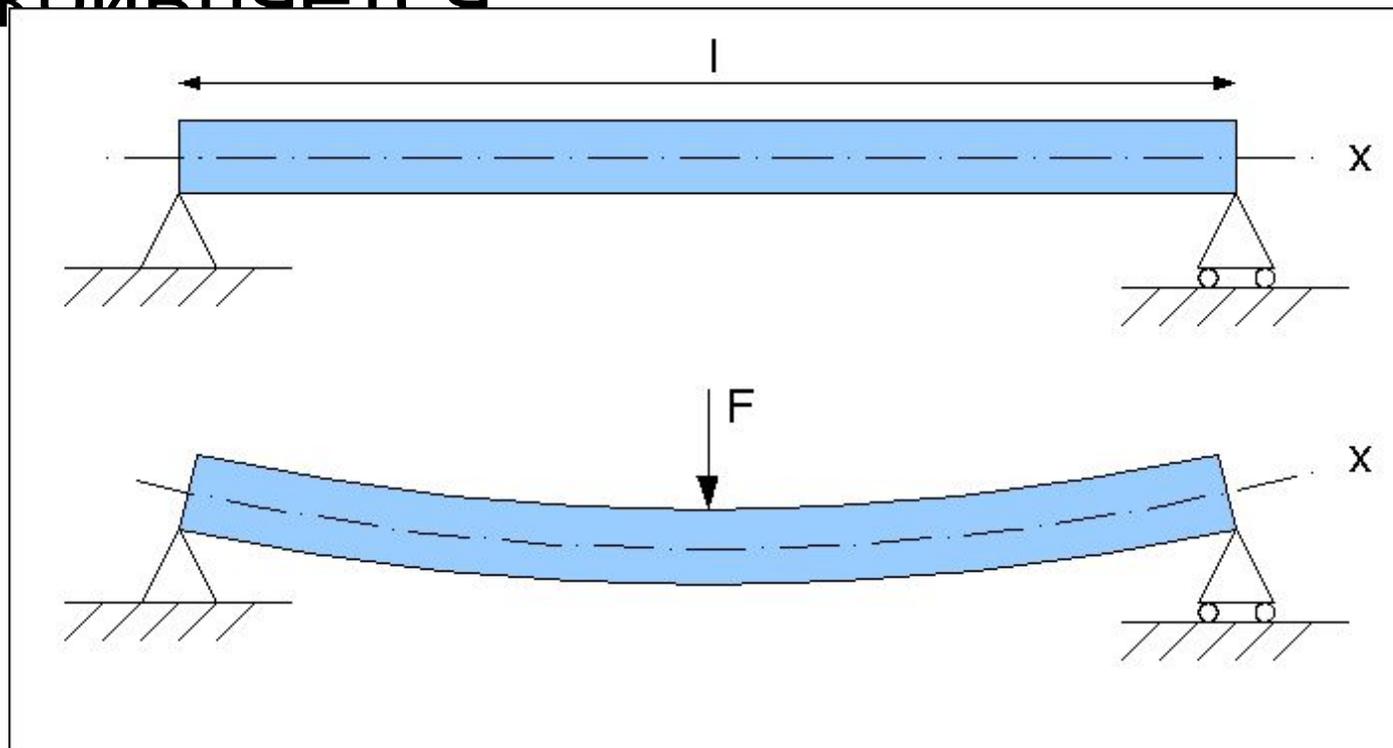
# Рекомендации

- Цель составления теста: переработка, систематизация учебного материала
- Изучите внимательно требования к составлению теста
- Отнеситесь ответственно к составлению теста, не составляйте его наспех
- Количество вопросов не обозначаю, главное – как сказано в требованиях, чтобы была охвачена вся тема.
- За работу – конспект, чертежи и тест ставится две оценки и отводится две пары, поэтому времени у вас достаточно
- Если в теме есть сложные для вас вопросы, консультируйтесь по указанным выше видам связи

# **Лекция 12.**

## **Поперечный изгиб прямого бруса**

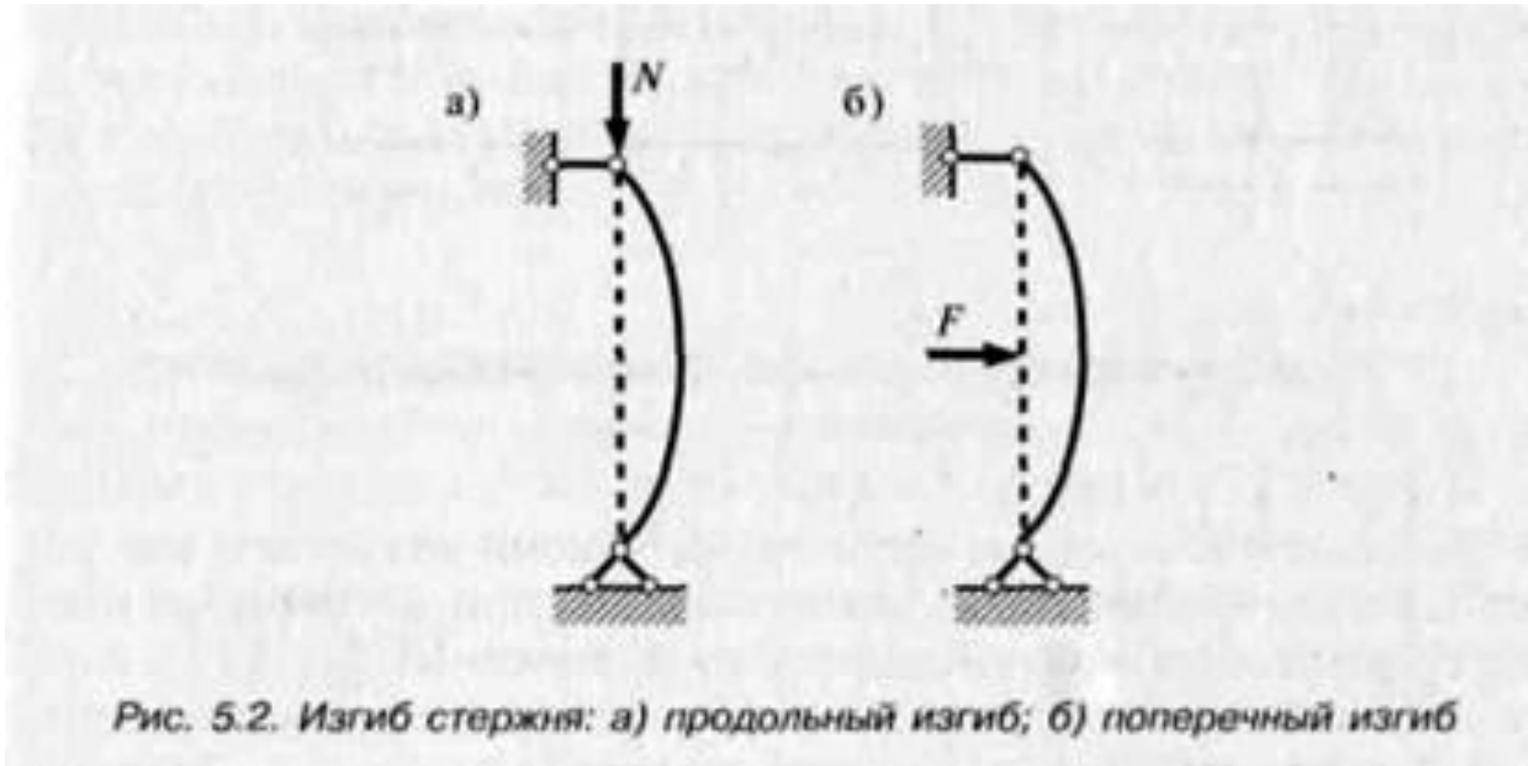
1. Изгиб – вид нагружения, при котором в поперечных сечения бруса возникают изгибающие моменты. При изгибе, прямолинейная ось бруса искривляется.



## 2. Виды изгиба:

А) продольный и поперечный

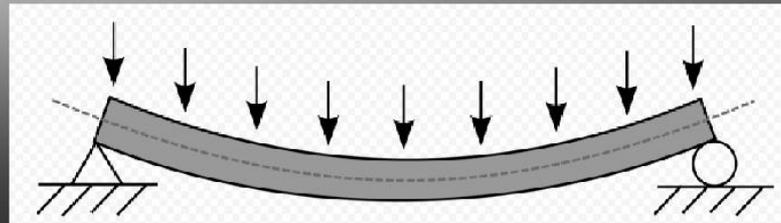
Б) простой (прямой, чистый) или сложный



### 3. Наиболее распространённая изгибаемая конструкция – балка (брус, работает на изгиб)

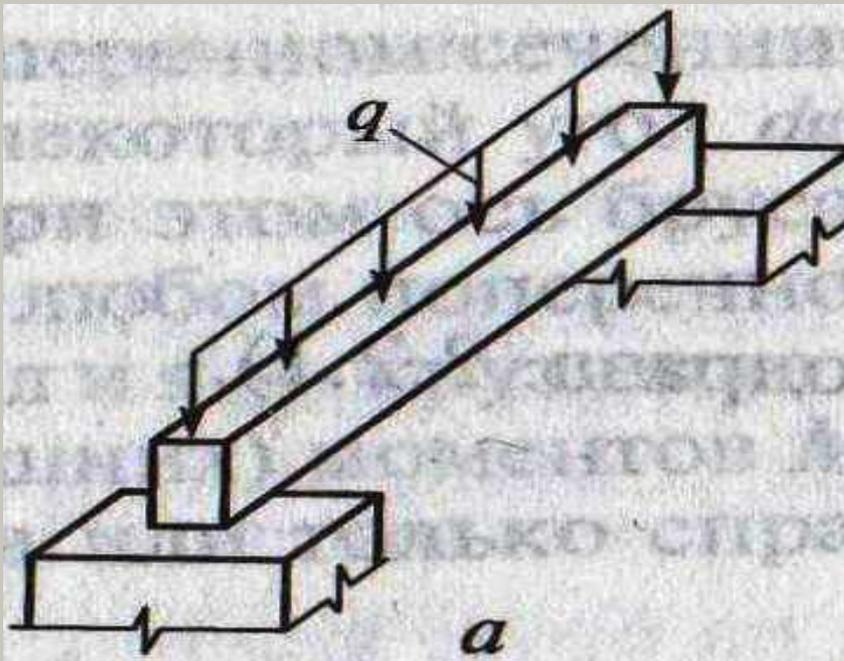
2. Брус, работающий на изгиб,  
называют...

**Балкой.**



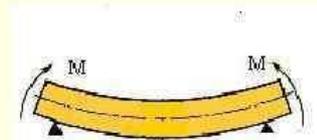
## 4. Чистый изгиб – если изгибаемый момент единственный силовой фактор, а поперечные и нормальные силы отсутствуют

– начертить (на дальнейших слайдах повторяющиеся чертежи только для пояснения текста на данном слайде)

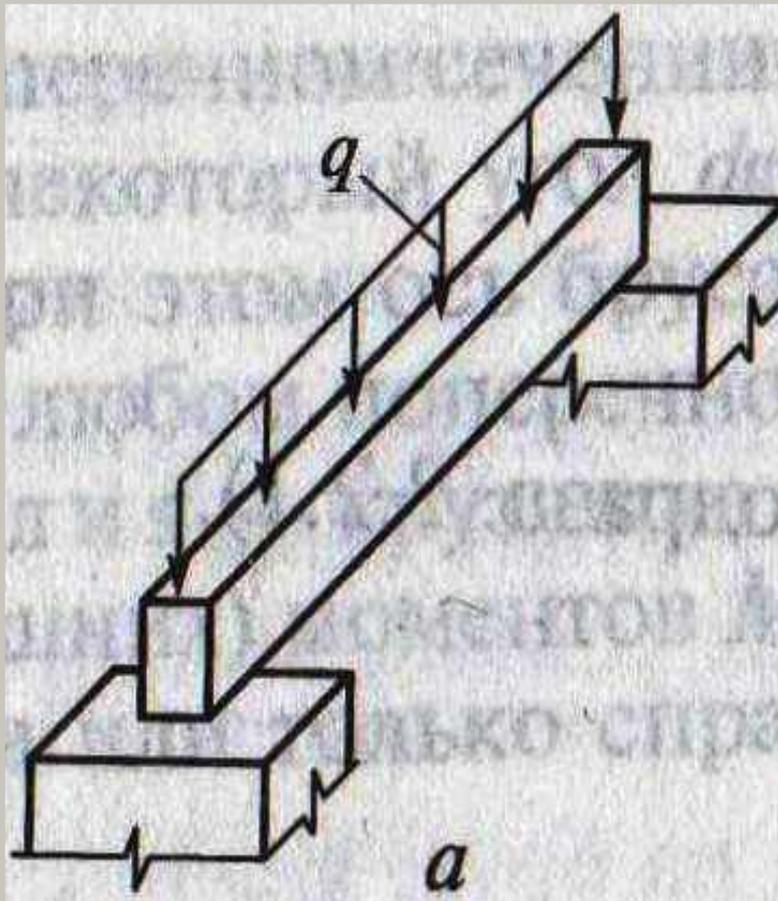


### Чистый изгиб

- Если изгибающий момент в сечении является единственным силовым фактором, изгиб называют **чистым**. При этом в сечении отсутствуют поперечные силы.

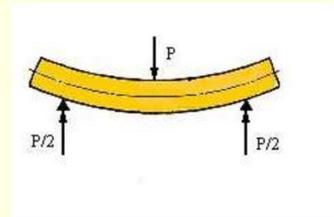


# 5. Простейший случай изгиба балки - плоский поперечный изгиб.

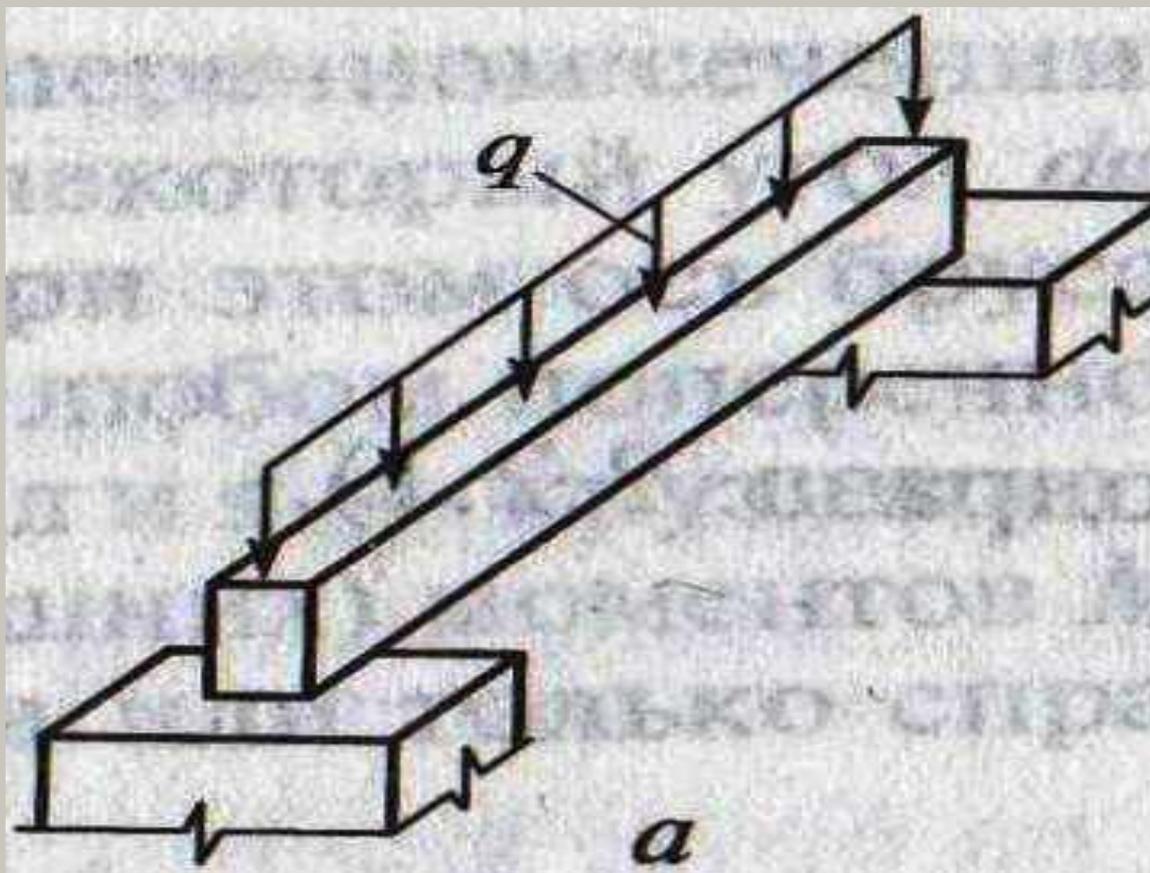


## Поперечный изгиб

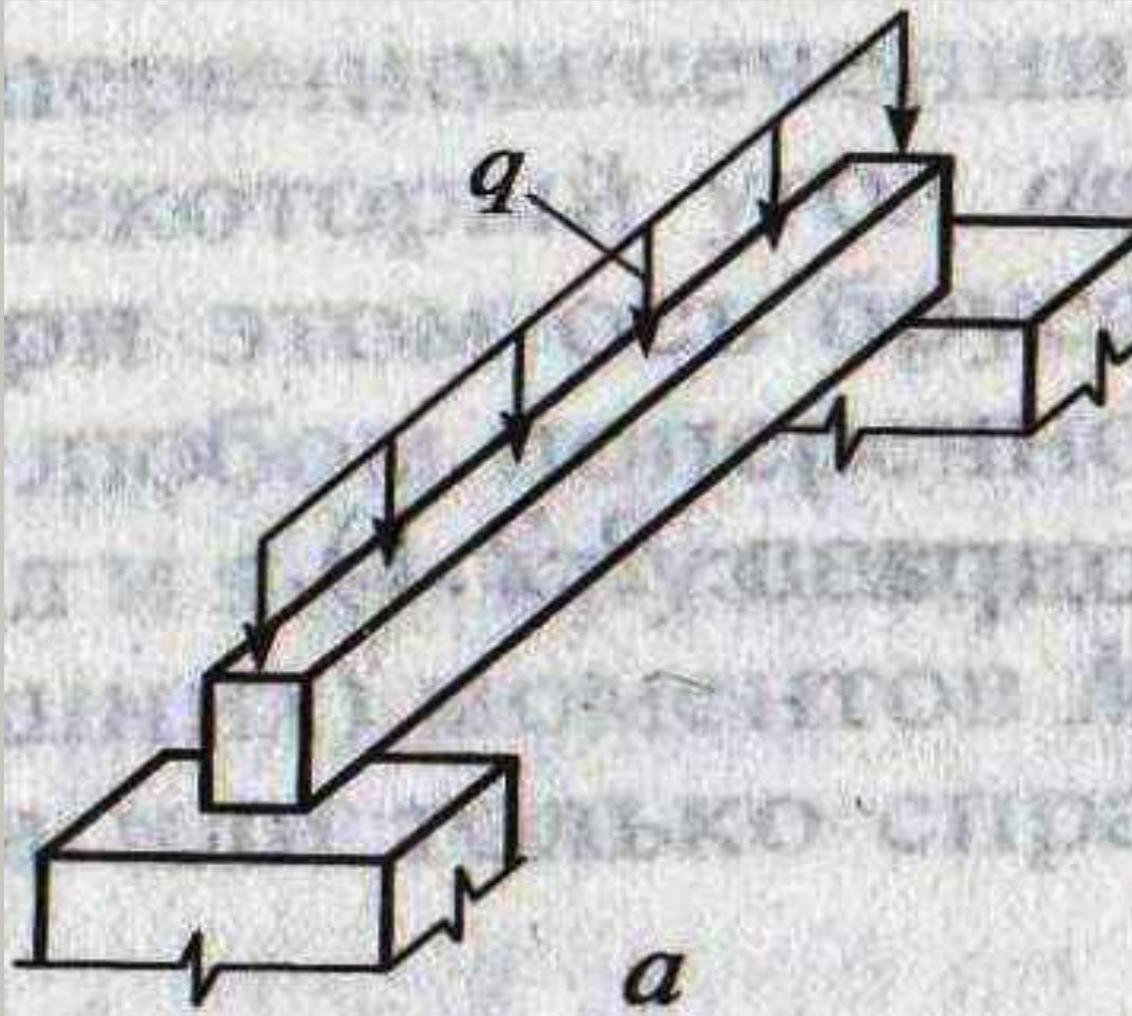
- При наличии в поперечном сечении наряду с моментом поперечных сил изгиб называют *поперечным*.



6. Изгиб называется плоским, если поперечное сечение балки симметрично относительно вертикальной оси и нагрузки расположены в плоскости сечения;



7. Если все нагрузки вертикальные, изгиб называется плоским поперечным.



# **Напряжён- деформированное состояние балки**

**при прямом  
поперечном изгибе**

# Внешние нагрузки

1. Простейший случай прямого изгиба балки: внешние нагрузки действуют в одной (вертикальной) плоскости перпендикулярно оси балки.

2. На балку могут действовать силы:

А) сосредоточенные

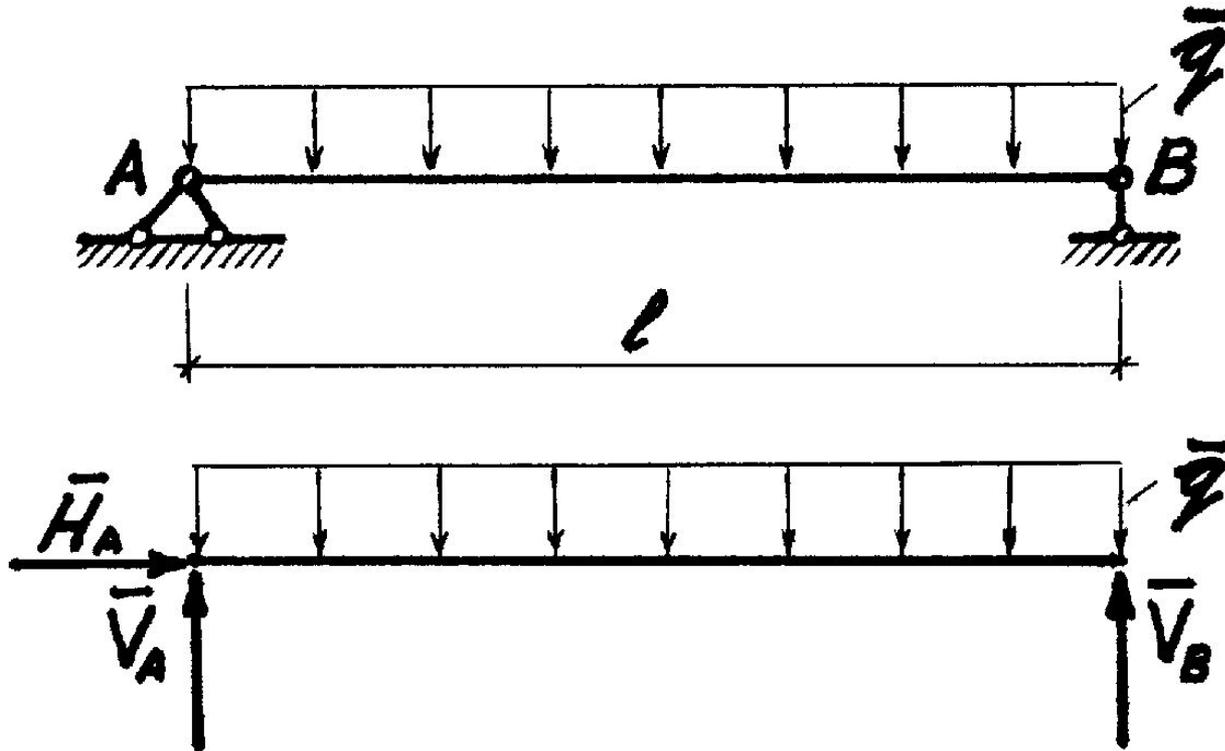
Б) распределённые по длине

В) изгибающие моменты

## 3. Простая балка

- если балка опирается на опоры свободно и
- одна опора считается шарнирно-неподвижной,
- другая – шарнирно-подвижной.

# Простая балка – начертить

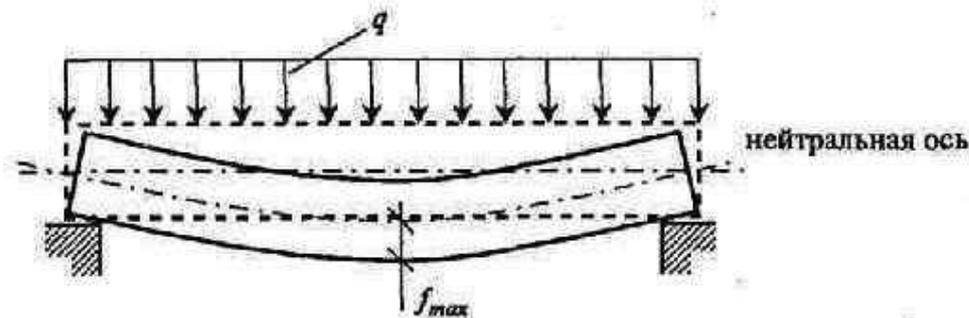


# Деформации

1. Балка - прямолинейный стержень, под нагрузкой искривился, появился изгиб:
  - А) со стороны нагрузки стержень стал вогнутым (сжат);
  - Б) с противоположной стороны – выпуклым (растянут)

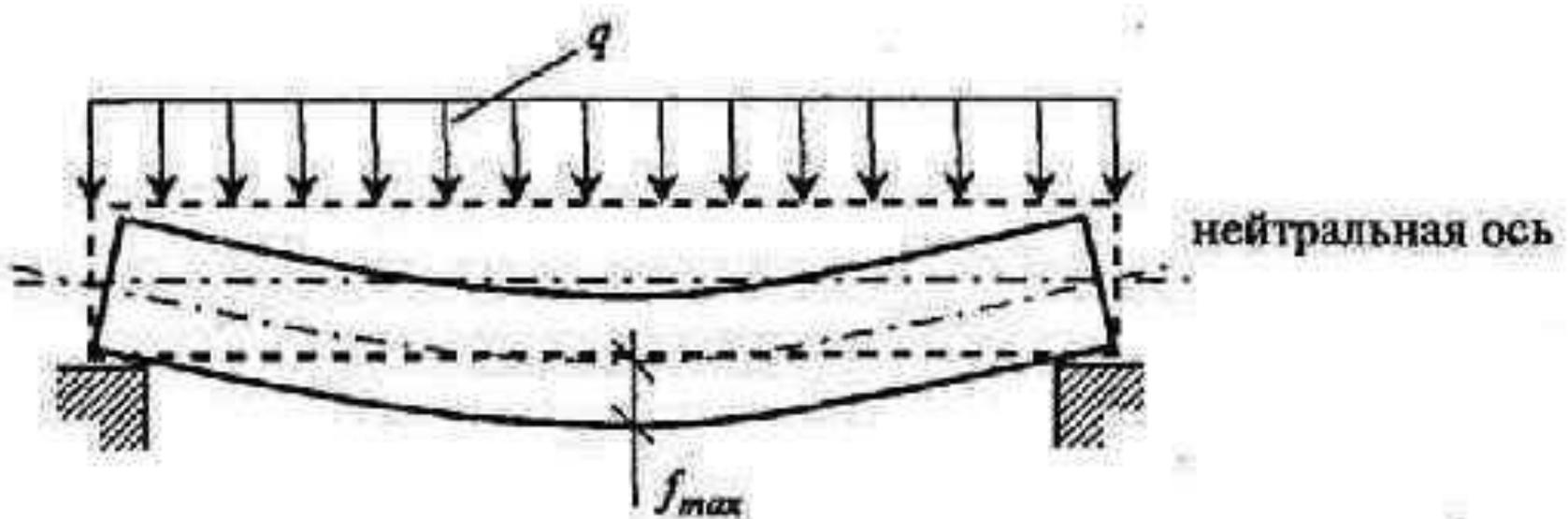
## 2. Деформации (неравномерные) при изгибе:

- А) продольные волокна - удлиняются  
внизу балки, укорачиваются – сверху
- Б) удлинения и укорочения различны по  
отношению к середине сечения: чем  
ближе к краю, тем больше деформация.

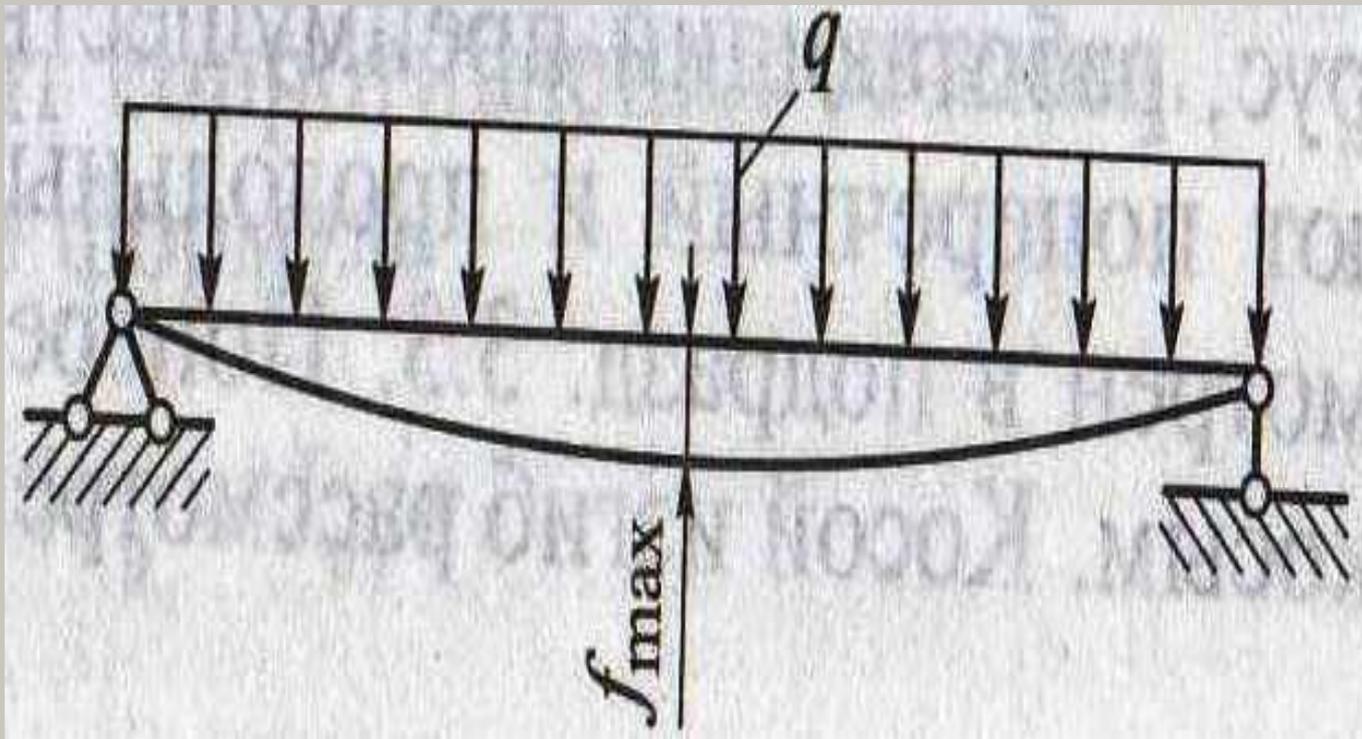


В) нейтральная ось (слой) при искривлении длину не меняет.

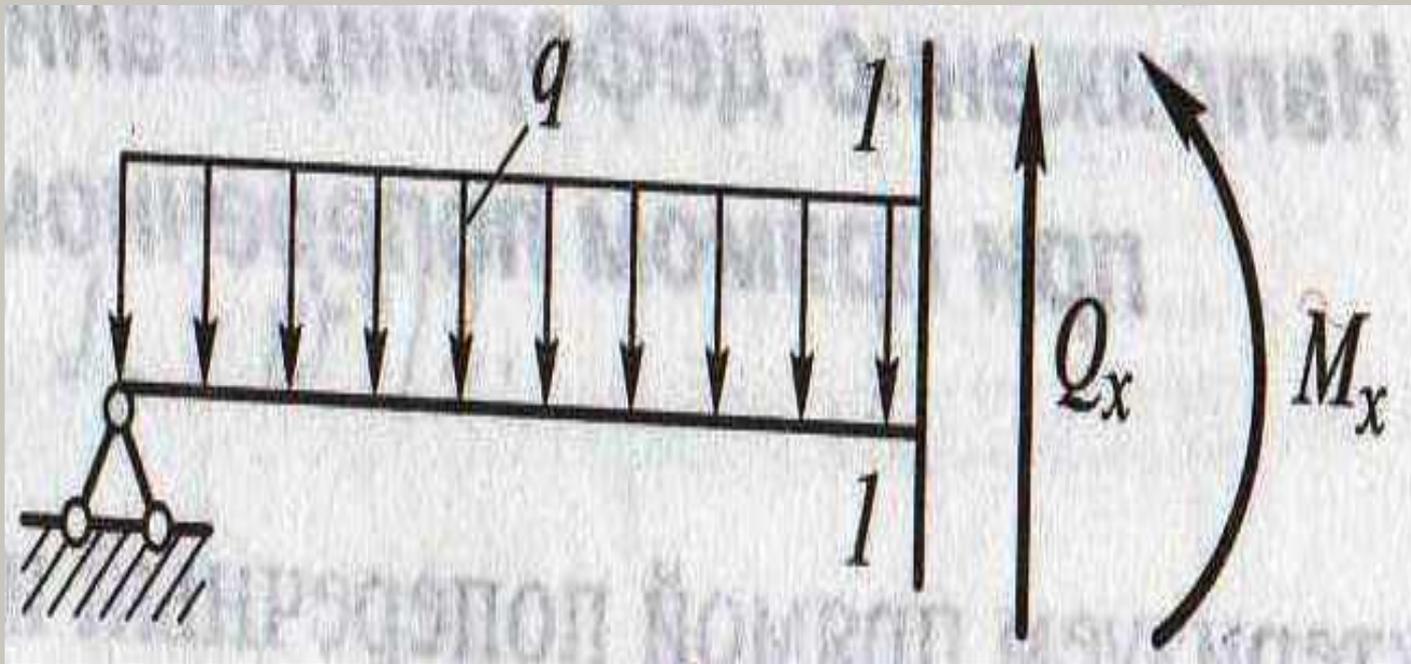
*Нейтральная ось* – делит участки сжатия и растяжения, меняет положение при увеличении нагрузки.



**3. Прогиб – перемещения точек балки  
вниз от искривления оси. Наибольший  
– в середине балки**



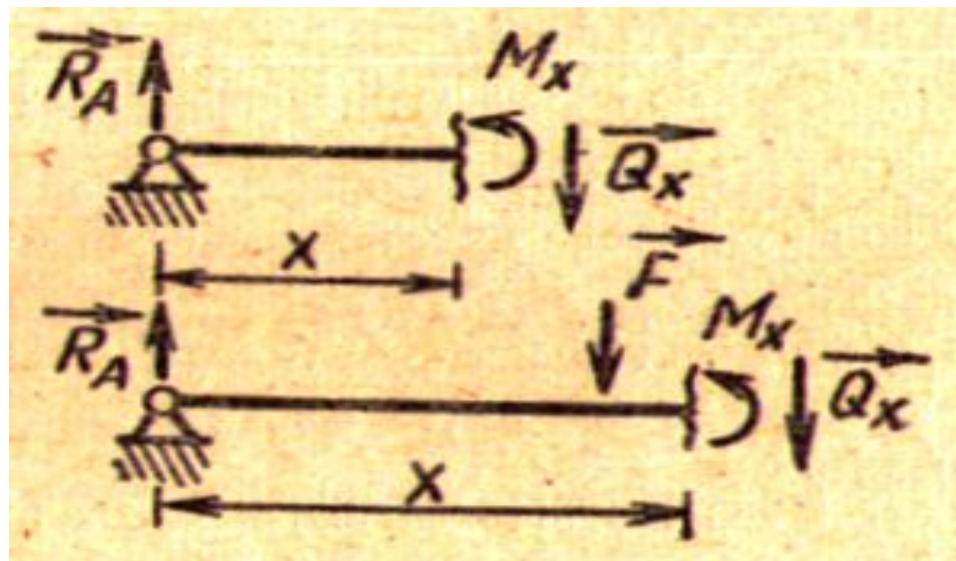
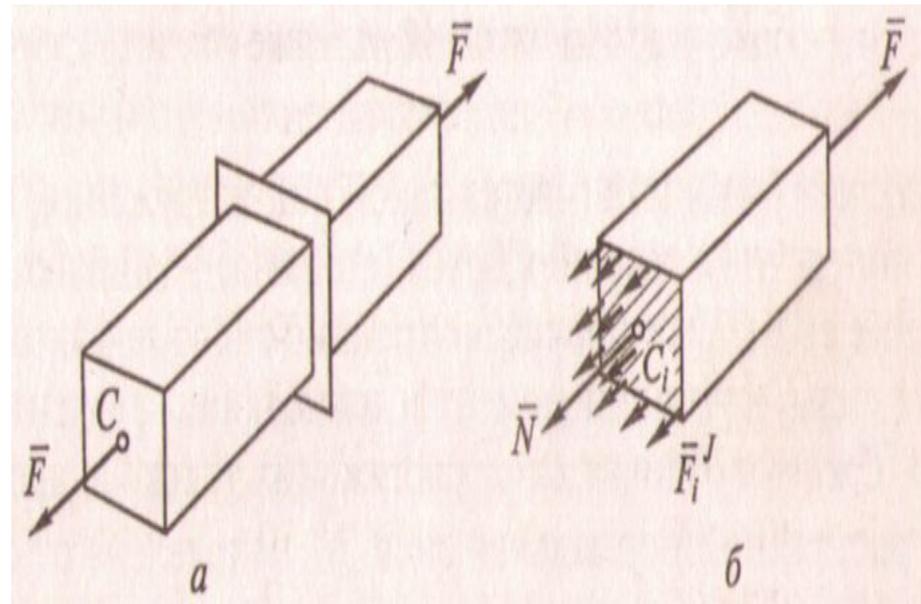
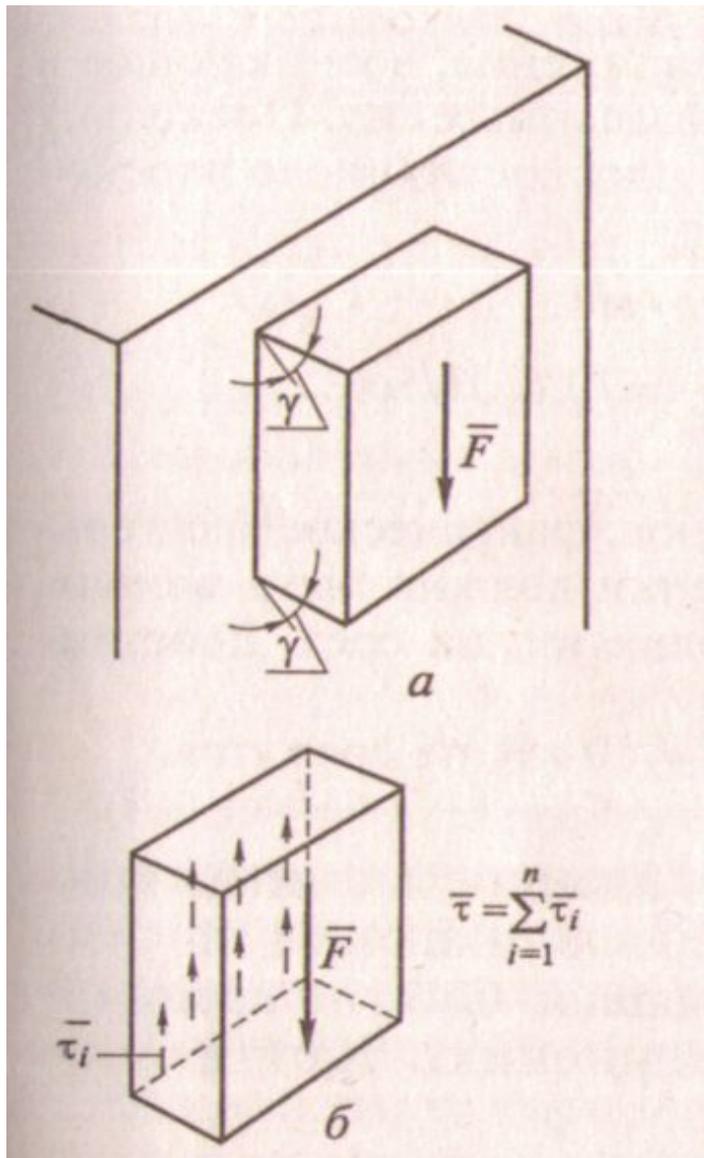
**4. Внутренние усилия** – в любом сечении по длине балки возникают:  
Изгибающие моменты  $M_x$  и  
Поперечные силы  $Q_x$



# 5. Метод сечений для изгиба

(для определения внутренних напряжений от внешних сил)

- При растяжении, сжатии (чертёж справа вверху) – **внутреннее напряжение** –  $\sigma$ , равнодействующая напряжений  $N$  возникает от внешней силы  $F$ , т.е. если «разрежем» балку и отбросим одну часть, действие отброшенной части заменим  $N$
- При сдвиге, срезе (чертёж слева вверху) – **внутреннее напряжение**  $\tau$ , равнодействующая напряжений  $Q$  возникает от внешней силы  $F$ , действие отброшенной части заменим  $Q$
- При изгибе (нижний чертёж) внутренние усилия – внутренние усилия **поперечная сила  $Q$  и изгибающий момент  $M$**  (т.е. если «разрежем» балку и отбросим правую часть, действие отброшенной части заменим  $Q$  и  $M$



# 6. Деформации

- А) от растяжения и сжатия:** удлинение или укорочение вдоль балки – линейная деформация (только нормальные напряжения  $\sigma$ )
- Б) от сдвига:** угловая деформация (только касательные напряжения  $\tau$ )
- В) от изгиба:**  $\sigma$  и  $\tau$  (и нормальные, и касательные напряжения)
- изгиб (прогиб) – нормальные напряжения  $\sigma$
  - сдвиг – касательные напряжения  $\tau$

# Нормальные напряжения при изгибе

1. Из-за неравномерного распределения деформаций напряжения по высоте сечения при изгибе разные.
2. Наибольшее напряжение соответствует наибольшим деформациям (закон Гука)
3. Края поперечного сечения находятся в напряжённом состоянии (верх и низ).

# НОРМАЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

(Начертить. Записать: Мысленно положим нитку на балку сверху и снизу под балку. Балка изогнулась под нагрузкой. Нитка сверху сжалась, нитка снизу под балкой растянулась, следовательно, верхняя часть балки испытывает сжатие, нижняя часть растяжение). Причём на самом верху балки сжатие будет максимальным, внизу максимальным будет растяжение. Подпишите на чертеже, где сжатие, где растяжение. *От этого логично содержание следующего слайда.*



# 4. Распределение нормальных напряжений $\sigma$

А) в крайних верхних волокнах – max сжимающие напряжения  $\sigma_x^{\text{сж}}$ .

Б) в крайних нижних - наибольшие растягивающие напряжения  $\sigma_x^{\text{раст}}$

В) на уровне нейтрального слоя (оси)  $\sigma_x = 0$

Нейтральный слой – делит участки сжатия и растяжения, нейтральный слой не испытывает ни растяжения, ни сжатия.

5. Удлинения и укорочения зависят от расстояния до нейтральной оси: чем ближе к нейтральному слою, тем меньше сжатие вверху и растяжение внизу.
6. Нормальные напряжения изменяются по линейному закону (т.е. равномерно приложенной нагрузке).
7. В середине балки изгибающий момент максимальный

# 5. Момент сопротивления $W = bh^2/6$

А) геометрическая характеристика  $W$  - при изгибе, характеризует способность балки сопротивляться прогибу (геометрические характеристики – в прошлой лекции, показывают способность балки сопротивляться разрушению)

Б) аналогично площадь сечения  $S = a \cdot b$  – геометрическая характеристика при растяжении\сжатии),

$$\sigma = N/S$$

$$\sigma = M/W$$

# Касательные напряжения при изгибе Q

1. Касательные напряжения зависят от поперечной силы  $Q_x$
2. Там, где  $Q_x$  максимальная (на опорах) - там касательные напряжения.
3.  $Q_x = 0$  ( в середине)

## КАСАТЕЛЬНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

(Начертить. Записать: ось балки – горизонтальная линия.

Сила  $P$  ( $F$ ) действует поперёк оси, поэтому сила  $P$  ( $F$ ) – внешняя поперечная, от которой внутри балки возникает внутренняя поперечная сила  $Q$ .

Сила  $P$  действует по сечению балки, «касается» сечения, поэтому напряжения – касательные.

По рисунку – балку представим в виде пластин. От нагрузки  $P$  происходит сдвиг этих пластин. В середине этот сдвиг = 0, по краям максимальный.



# Касательные и нормальные напряжения в балке - зарисовать

поперечное сечение балки (поперёк оси балки)



- нормальные сечения  
(направлены по нормали - перпендикулярно к сечению балки, видно, что вверху они сжимают балку при изгибе, внизу растягивают)

# Основные расчётные предпосылки при изгибе

1. Плоское сечение остаётся после изгиба плоским и нормальным к изогнутой оси бруса (гипотеза плоских сечений)
2. Продольные волокна при его деформации не надавливают друг на друга

Прим. Это допущения, сечение после изгиба будет не совсем плоским, и волокна вдоль балки будут надавливать друг на друга, но это незначительные изменения, поэтому пренебрегаем ими

# Типы задач при расчётах на прочность при изгибе (как при растяжении и сжатии)

1. Определение несущей способности балки в существующем здании или при проектировании
2. Проверка несущей способности балки (в существующем здании)
- В) подбор сечения балки (чаще, при проектировании)
3. Балки рассчитывают на прочность и жёсткость

