

Преподаватель  
Юдина Евгения Васильевна

# Лекция 4. Балки. Часть 1

Общие положения

# Балки

Балка – брус, работающий преимущественно на изгиб.

Могут применяться для перекрытия пролетов до 24 м (зависит от материала)

Материалы: сталь, железобетон, древесина

# Балки. Материалы

## Сталь:

- прокатные профили
- сварные

## Железобетон:

- Монолитные;
- Сборные

## Дерево:

- Цельная древесина
- Клееные
- Составные

# Балки. Классификация

## По назначению:

- Прогоны
- Ригели
- Перемычки

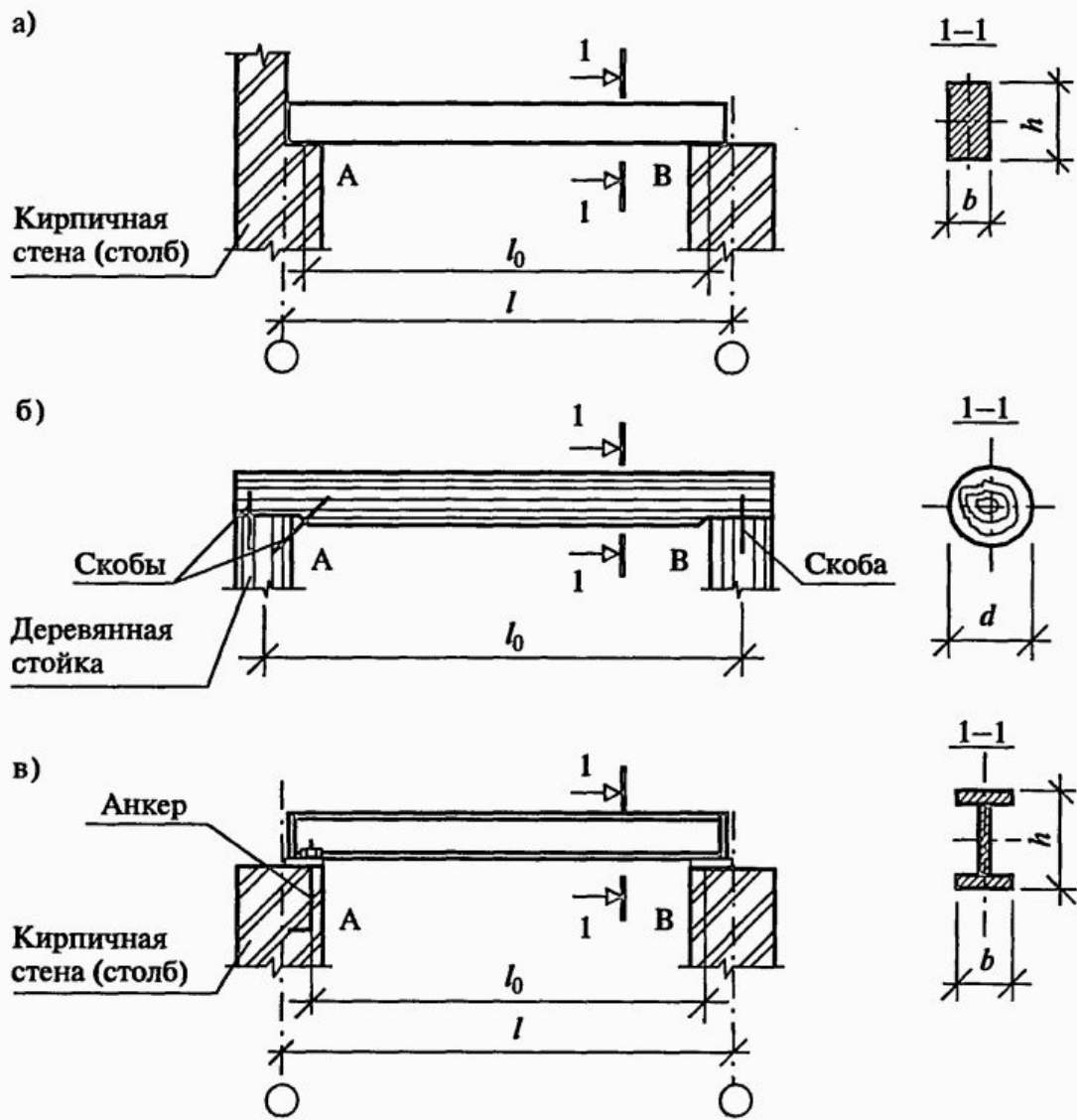
## По схеме работы:

- Разрезные
- Неразрезные
- Консольные

# Балки. Конструктивные схемы

Схема балки, в которой отражены материал, форма и размер сечения, а так же специальные устройства (анкеры, болты, приварка и т.д.), называется

**конструктивной схемой**



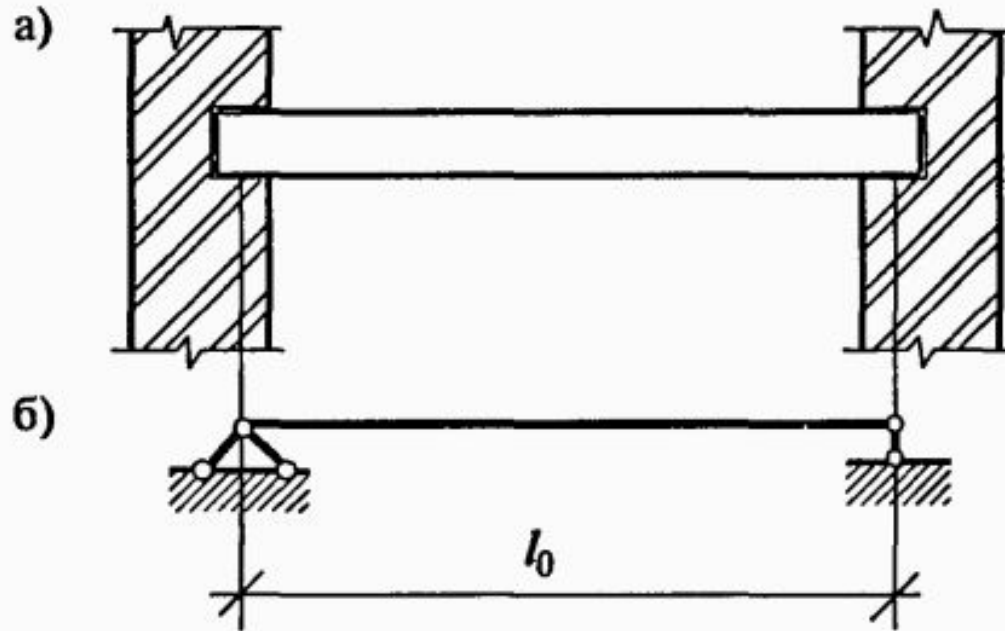
Конструктивные схемы балок:  
 а) железобетонной; б) деревянной; в) стальной;  
 $l_0$  — расчетный пролет

# Балки. Расчетные схемы

## **Расчетная схема балки** –

идеализированное изображение конструктивной схемы, в которой не отражены свойства, незначительно влияющие на точность расчета

# Балки. Конструктивная и расчетная схемы



*Вариант опирания железобетонной балки (плиты) на кирпичные стены: а) конструктивная схема; б) расчетная схема*



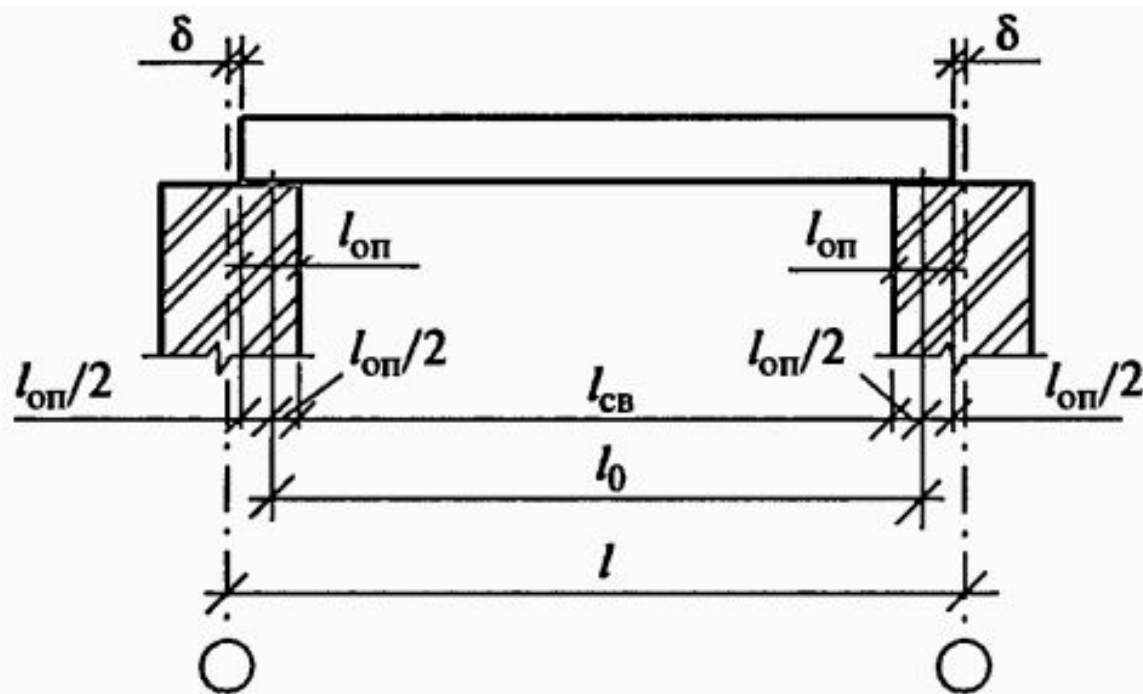


Схема определения расчетного пролета:  $l$  – расстояние между разбивочными осями;  $l_{\text{св}}$  – расстояние между опорами в свету;  $l_0$  – расчетный пролет;  $l_{\text{оп}}$  – опорный участок;  $\delta$  – расстояние от оси до края элемента

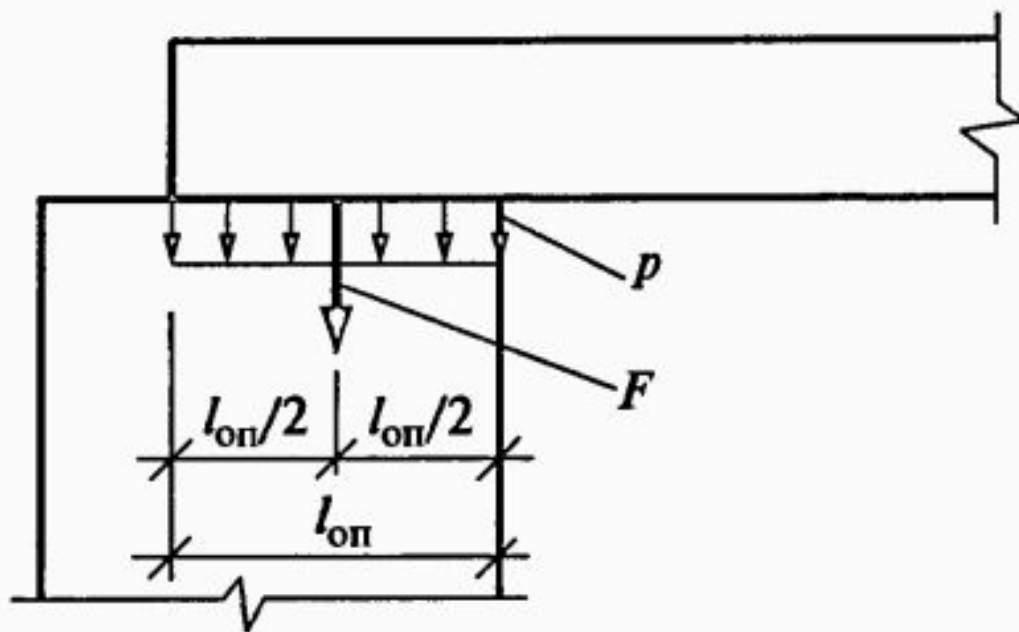


Схема распределения давления под балкой:  
 $l_{\text{оп}}$  — длина опорного участка балки

# Балки. Простая балка

**Простой балкой** называют  
однопролетную балку на  
двух опорах

# Балки. Простая балка

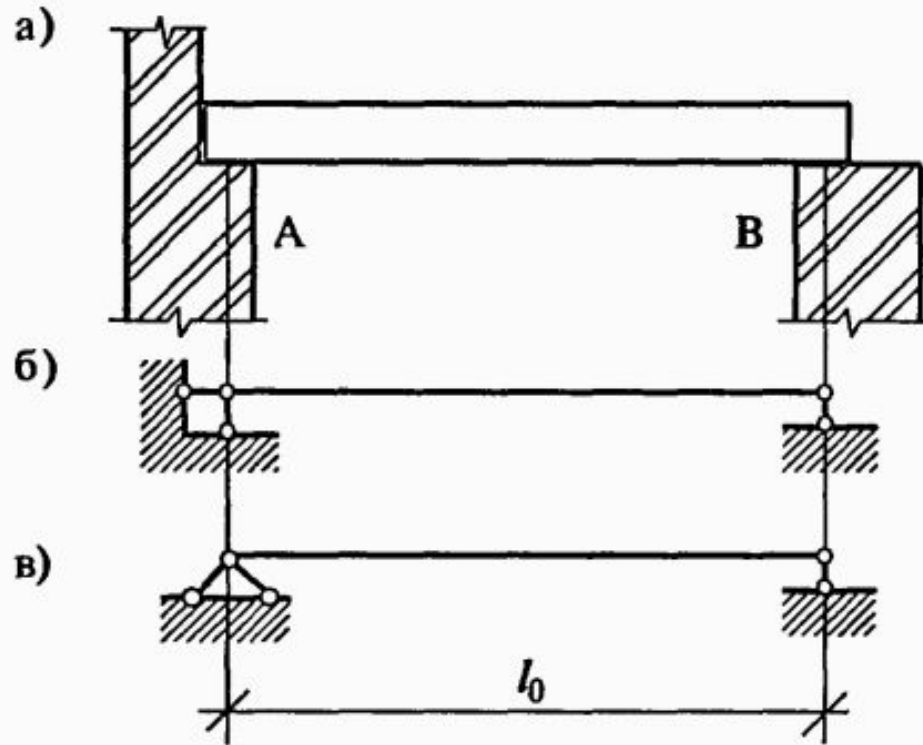


Схема простой балки:

а) конструктивная схема простой балки; б), в) расчетные схемы

# Балки. Опоры в схемах

- Шарнирно-подвижная опора (допускается поворот сечения балки на опоре и горизонтальное перемещение конца балки)
- Шарнирно-неподвижная опора (допускается поворот сечения балки на опоре и не допускает никаких линейных перемещений конца балки)
- Жесткая заделка (не допускаются поворот и линейные перемещения)

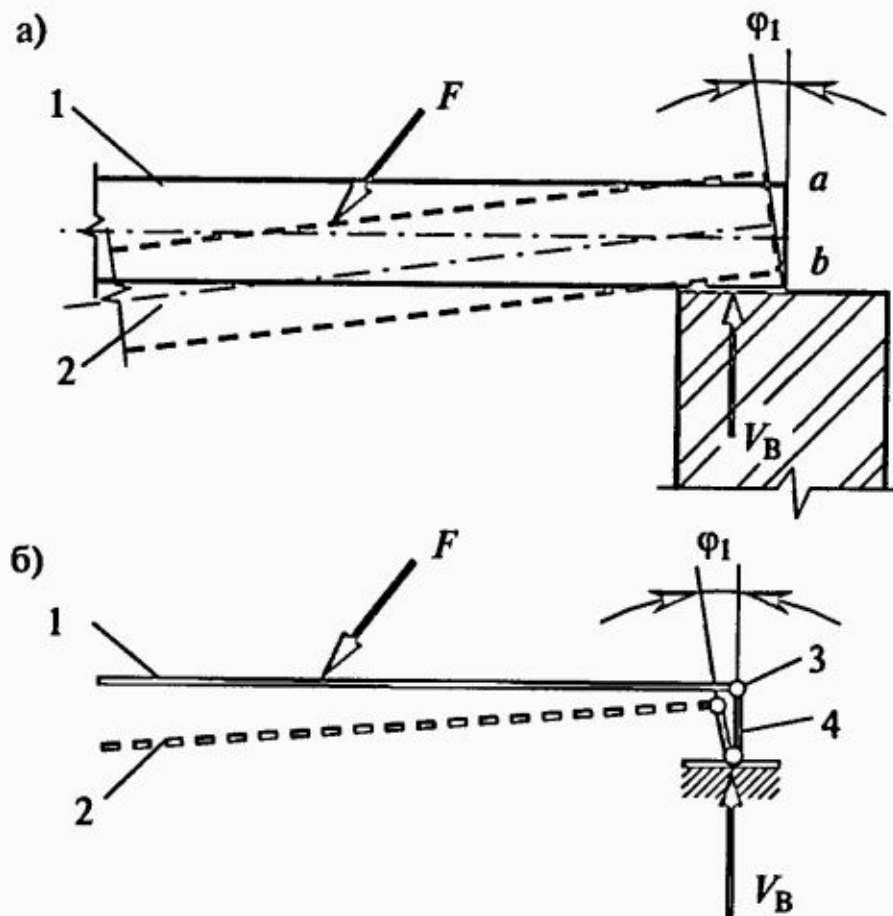


Схема шарнирно-подвижной опоры:  
 а) конструктивная схема; б) расчетная схема;  
 1 — балка до приложения силы  $F$ ; 2 — балка после приложения силы  $F$ ;  
 3 — шарнир; 4 — опорный стержень

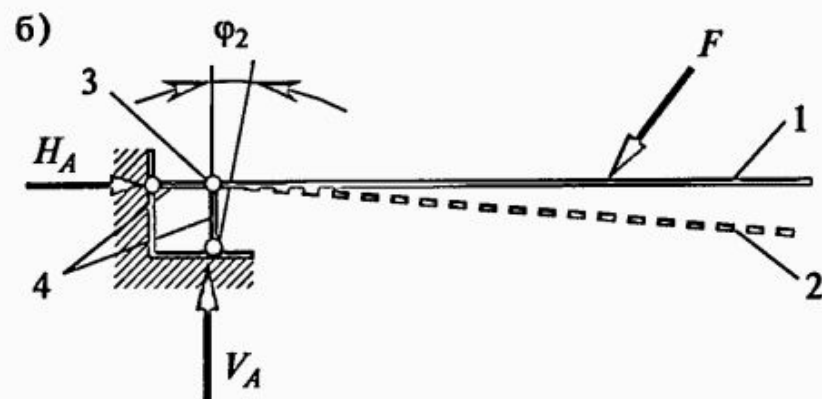
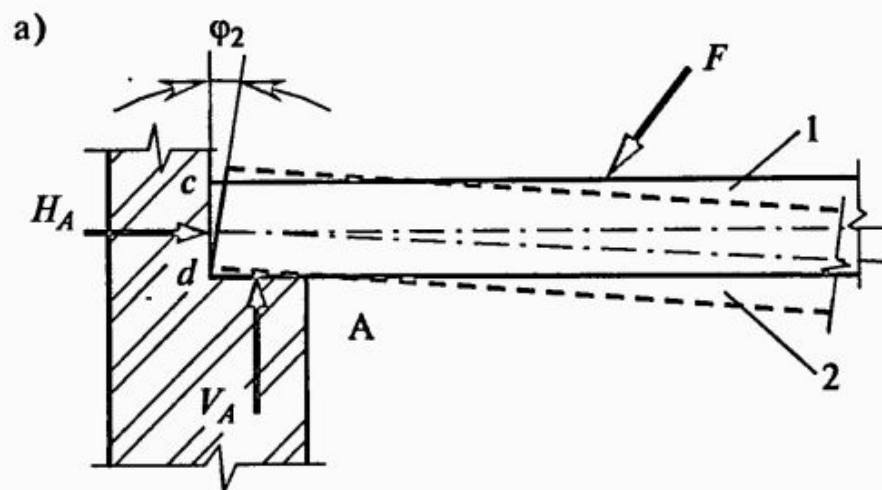
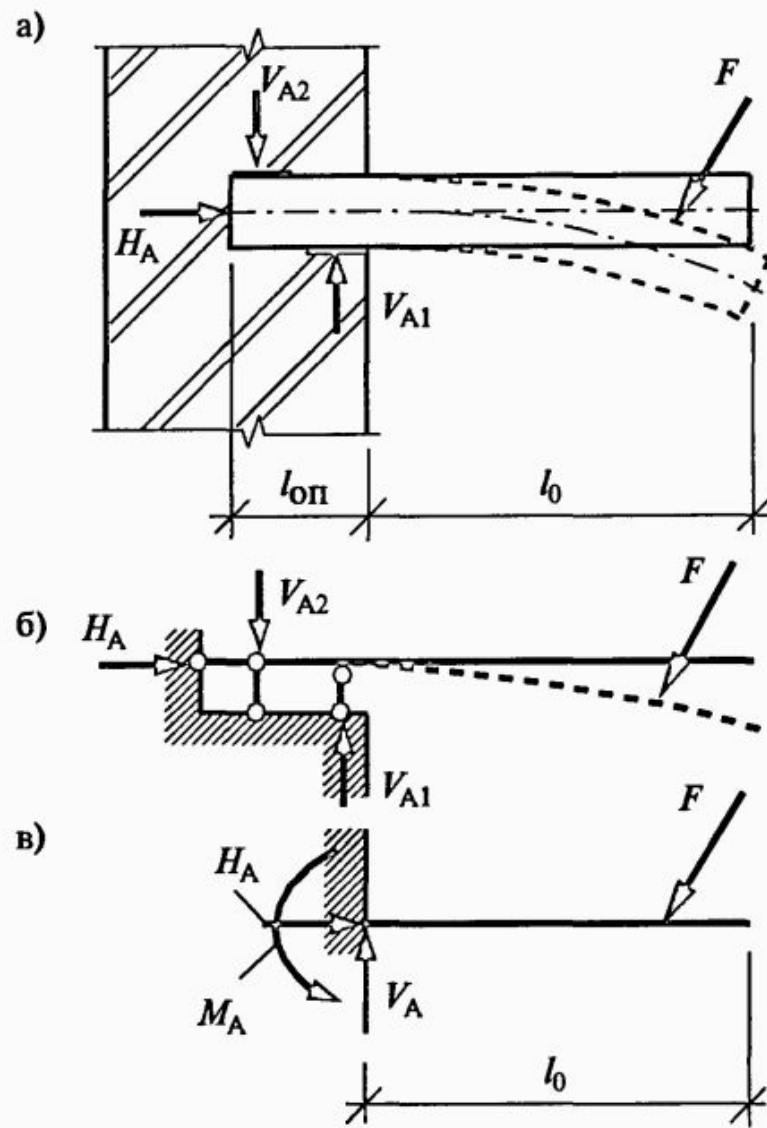


Схема шарнирно-неподвижной опоры:

а) конструктивная схема; б) расчетная схема; 1 — балка до приложения силы  $F$ ; 2 — балка после приложения силы  $F$ ; 3 — шарнир; 4 — опорные стержни

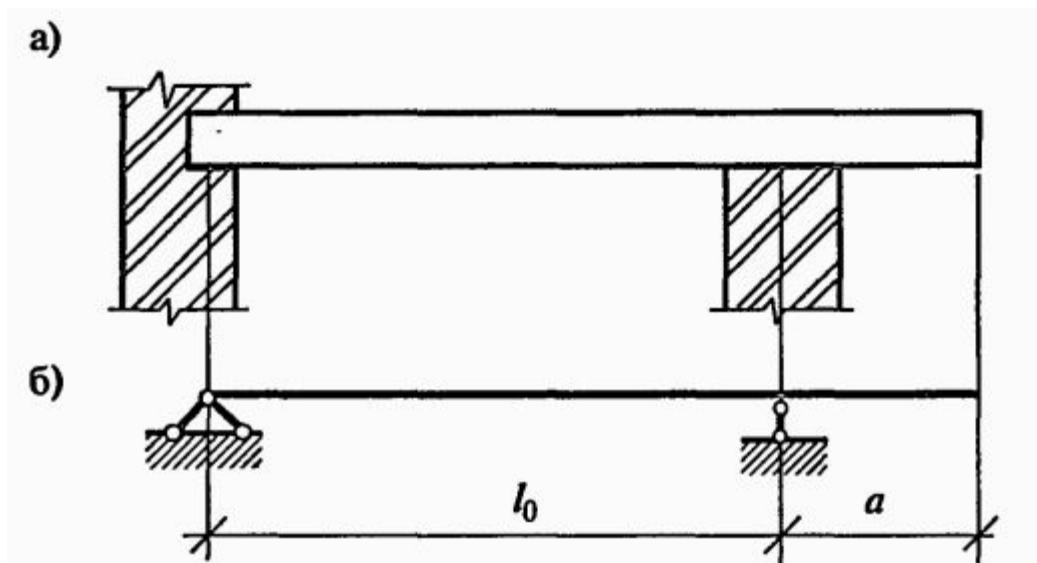


а) конструктивная схема; б), в) расчетные схемы



# Балки. Консоль

Балка может иметь один конец свободный, расположенный за опорой - **КОНСОЛЬ**



Балка с консольным участком:

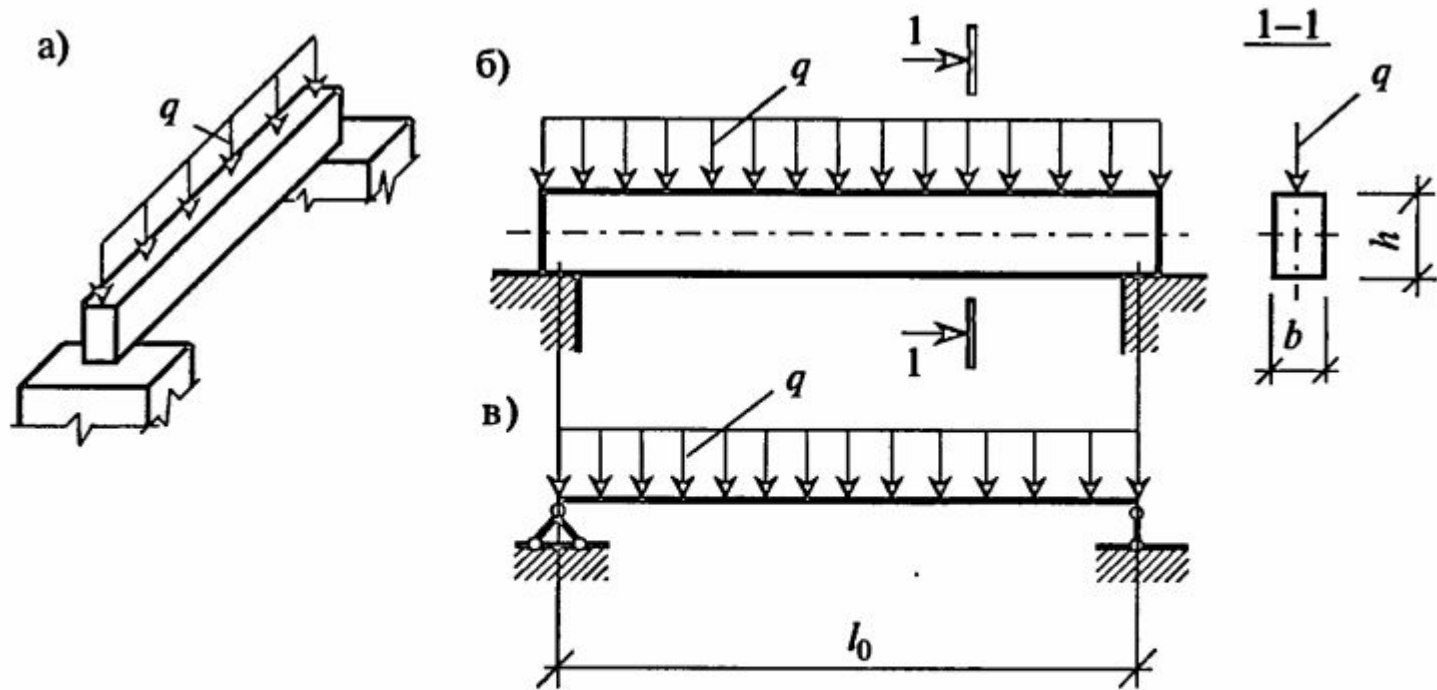
а) конструктивная схема; б) расчетная схема

# Балки. Работа под нагрузкой

Нагрузки: распределенные и  
сосредоточенные (усилие, момент)

Балки работают на изгиб (прямой  
(простой) и сложный)

# Балки. Работа под нагрузкой



*Прямой поперечный изгиб балки от равномерно распределенной нагрузки: а) аксонометрическая схема балки; б) конструктивная схема балки; в) расчетная схема балки*

# Балки. Прямой изгиб

С геометрической точки зрения:

- искривление оси балки;
- удлинение растянутых (нижних) волокон;
- укорочение сжатых (верхних) волокон;
- неизменность длины нейтральной оси (слоя).

# Балки. Прямой изгиб

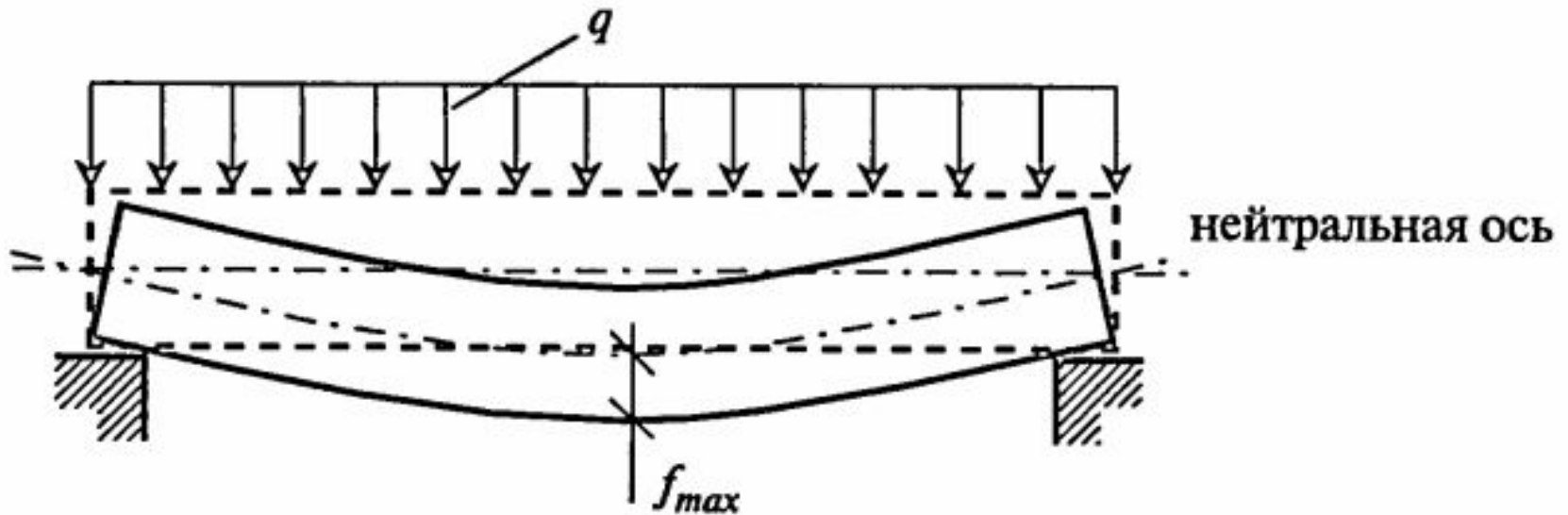


Схема деформации балки

# Балки. Прямой изгиб

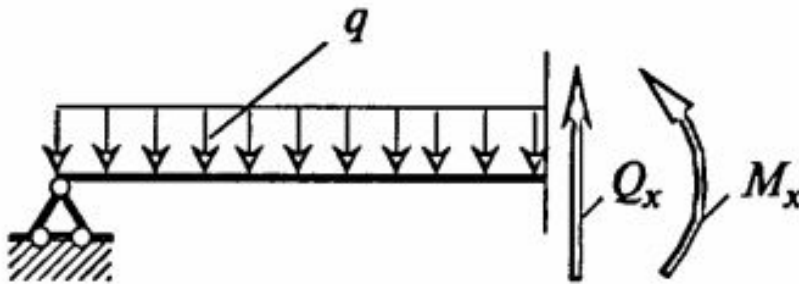
Со статической точки зрения (внутренние усилия по длине балки):

- изгибающий момент  $M_x$ ;
- поперечная сила  $Q_x$ .

# Балки. Работа под нагрузкой

Усилия определяются по правилам строительной механики.

Для равномерно распределенной нагрузки:

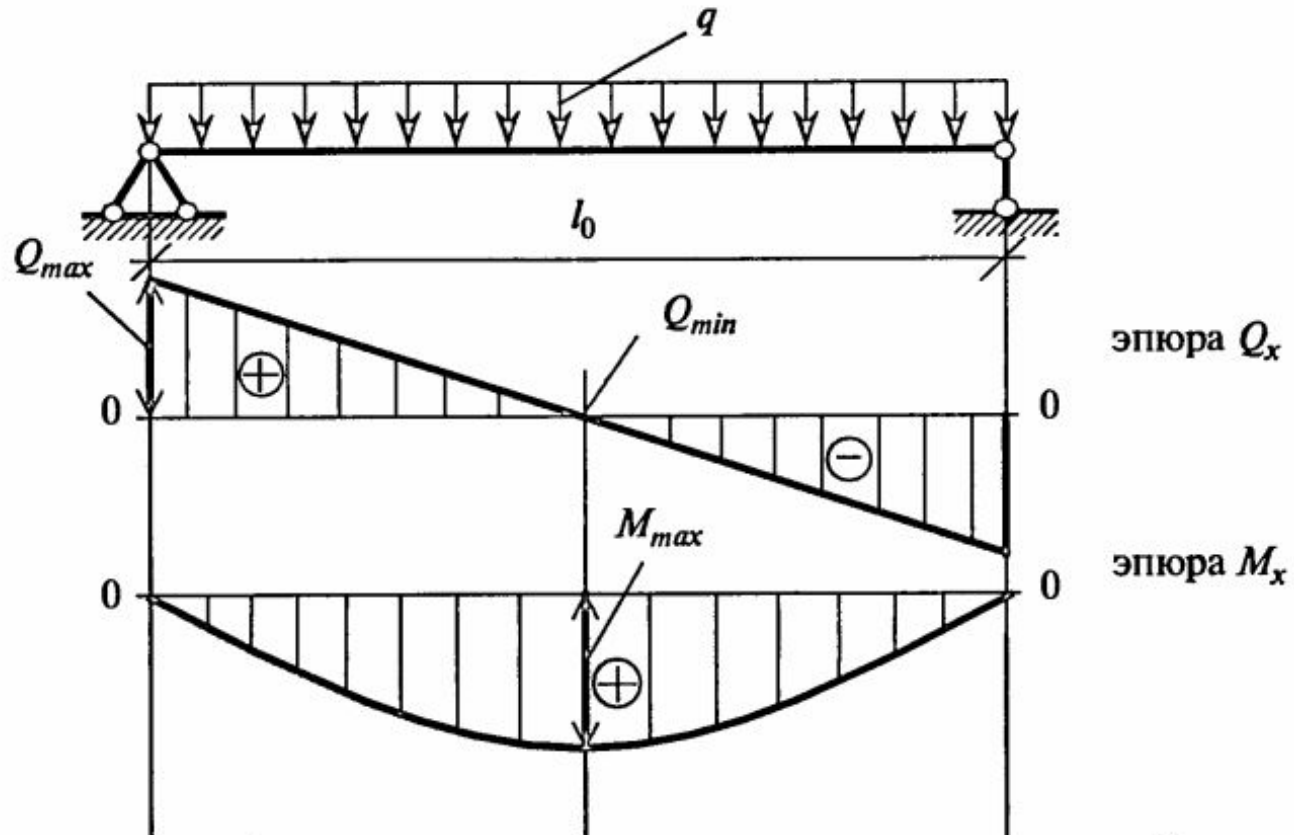


$$M_{max} = \frac{ql_0^2}{8};$$

$$Q_{max} = \frac{ql_0}{2};$$

Внутренние усилия в балке:  
изгибающий момент —  $M_x$  и поперечная сила —  $Q_x$

# Балки. Прямой изгиб

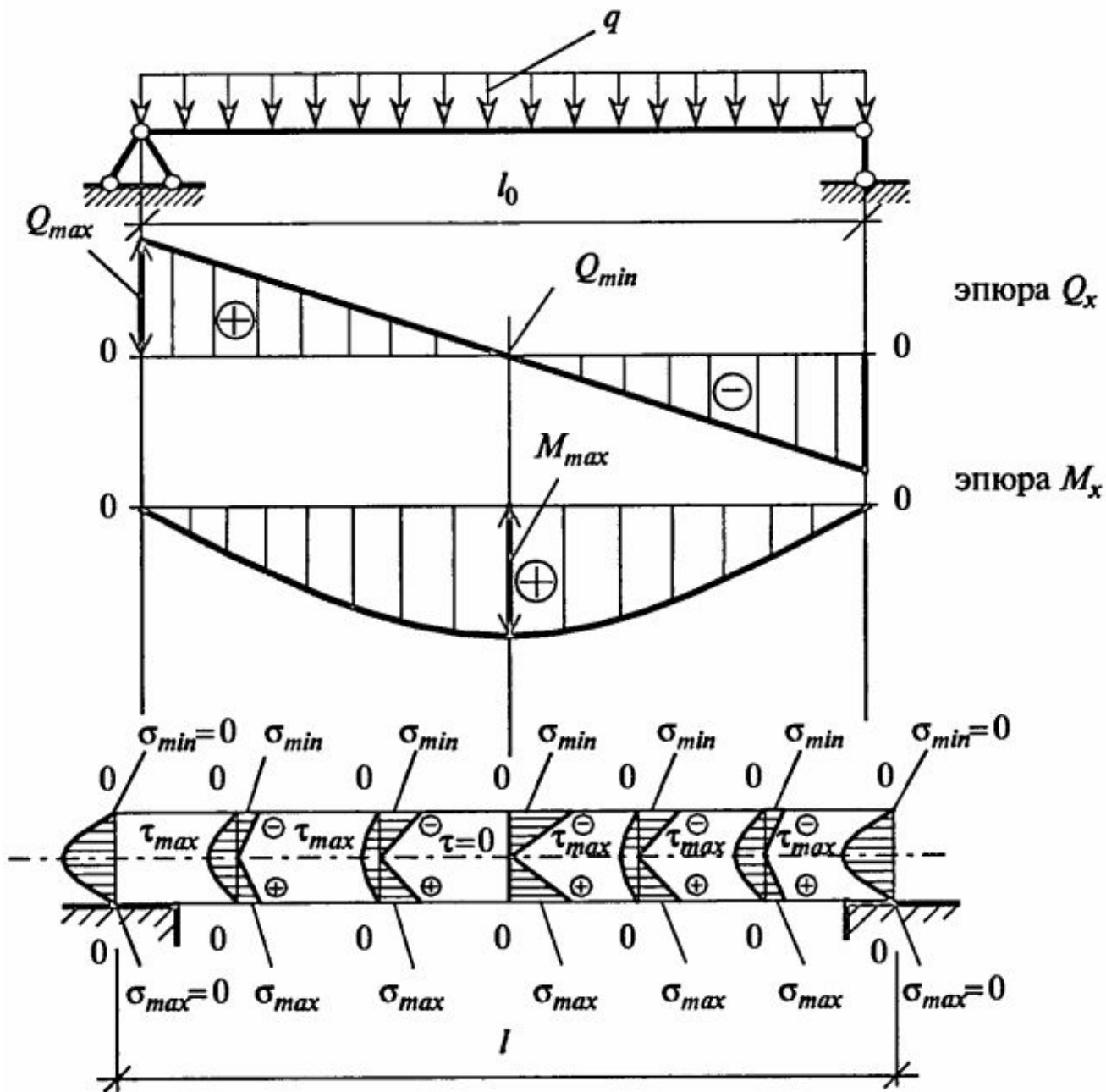




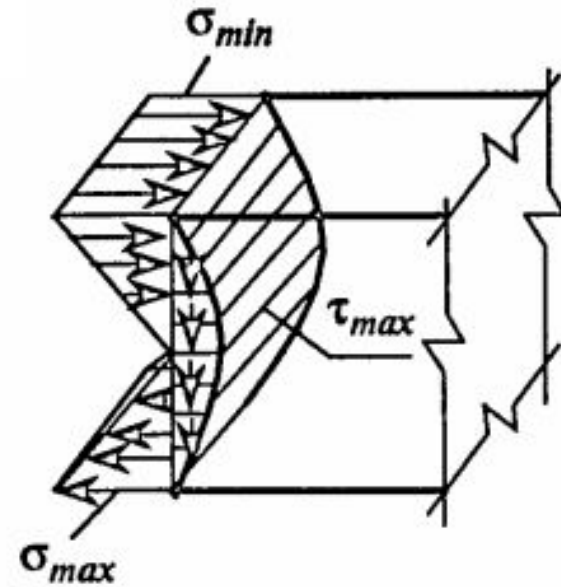
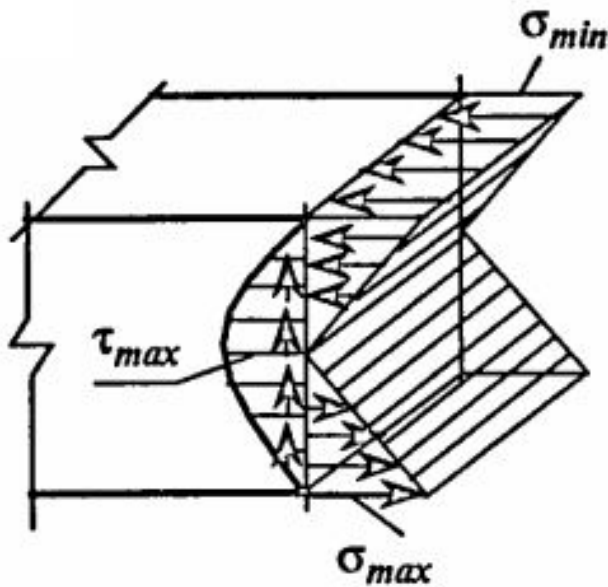
# Балки. Прямой изгиб

С точки зрения напряженного состояния:

- Нормальные напряжения  
(перпендикулярны к вертикальной плоскости сечения)
- Касательные напряжения (лежат в плоскости сечения)



# Балки. Прямой изгиб



# Балки. Прямой изгиб

- Нормальные напряжения в любом сечении балки:

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x},$$

где  $M_x$  — изгибающий момент в рассматриваемом сечении балки;  
 $W_x$  — момент сопротивления относительно оси  $x-x$ , определяется по формулам сопротивления материалов; для профилей стального проката принимается по сортаменту

# Балки. Прямой изгиб

- Касательные напряжения в любом сечении балки:

$$\tau_x = \frac{Q_x S_x}{I_x b},$$

где  $Q_x$  — поперечная сила в рассматриваемом сечении;

$S_x$  — статический момент сечения, определяется по формулам или таблицам;

$I_x$  — момент инерции сечения, определяется аналогично  $W_x$ ,  $S_x$ ;

$b$  — ширина сечения балки.

# Балки. Прямой изгиб

Расчет балок по 1-ому предельному состоянию состоит из проверок расчетных сопротивлений материала на растяжение, сжатие и сдвиг:

- Нормальных напряжений в крайних волокнах (растянутых и сжатых);

$$\text{а) } \sigma_{min} \leq R_{\text{растяжения}};$$

$$\text{б) } \sigma_{max} \leq R_{\text{сжатия}}.$$

- Касательных напряжений  $\tau_{max} \leq R_{\text{сдвига}}$

# Балки. Прямой изгиб

Расчет балок по 2-ому предельному  
состоянию состоит из:

- Для стали и древесины – проверка прогиба
- Для железобетона – проверка прогиба и расчет раскрытия трещин в бетоне

Значения прогибов для различных схем нагружения балок

№ п/п	Схема нагрузки и опоры	Опорные реакции	Изгибающие моменты	Прогибы
1		$R_A = Nb/l,$ $R_B = Na/l$	$M_{x_1} = Nbx_1/l$ $M_{x_2} = Na(l-x_2)/l$ $M_{max} = Nab/l$	$f_{max} = \frac{1}{48} \cdot \frac{NP^3}{EI}$ при $a=l/2$
2		$R_A = ql/2,$ $R_B = ql/2$	$M_{max} = ql^2/8$	$f_{max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI}$
3		$R_A = N$	$M_{max} = -Nl$	$f_{max} = \frac{NP^3}{3EI}$
4		$R_A = ql$	$M_{max} = -ql^2/2$	$f_{max} = \frac{ql^4}{8EI}$



# Прогибы

- Технологические ограничения
- Конструктивные ограничения
- Физиологические ограничения
- Эстетико-психологические ограничения

Требования установлены в СП