

**ИСА | 08.03.01 | ПГС | 6-й семестр**

# **Железобетонные и каменные конструкции**

## **Практическое занятие №2**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

www: [mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/](http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/)

e-mail: [gbk@mgsu.ru](mailto:gbk@mgsu.ru); [PekinDA@mgsu.ru](mailto:PekinDA@mgsu.ru)

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.

# Практическое занятие №2 – краткий обзор:

- Расчетные модели бетонных и железобетонных конструкций
- Узлы сопряжения железобетонных конструкций
- Нагрузки и воздействия
- Методы определения внутренних усилий в конструкциях
- Напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкций
- Стадии НДС железобетонных конструкций
- Методы расчета по допускаемым напряжениям, разрушающим усилиям и предельным состояниям

# Расчетные модели конструкций разделяются на:

- Стержневые: для балок, колонн и других им подобных элементов на основе теорий Эйлера-Бернулли (без учета сдвигов) и Тимошенко (с учетом сдвигов)
- Пластинчатые: для перекрытий, покрытий и других плитных конструкций на основе теорий Кирхгофа-Лява (без учета сдвигов) и Рейсснера-Миндлина (с учетом сдвигов)  
Под сдвигом понимается возможность поворота нормального элемента (сечения) относительно изогнутой продольной оси стержня или срединной поверхности пластины – без учета сдвига угол между ними  $90^\circ$
- Объемные: для массивных бетонных и железобетонных конструкций, в которых применение указанных выше теорий приводит к существенному искажению картины НДС  
Согласно п. 3.13 СП 63.13330 к массивным конструкциям относятся элементы, у которых отношение поверхности, открытой для их высыхания ( $\text{м}^2$ ) к их объему ( $\text{м}^3$ ) меньше либо равно 2, например, фундаментные плиты толщиной более 0,5 м

# Допущения при линейном расчете БиЖБК:

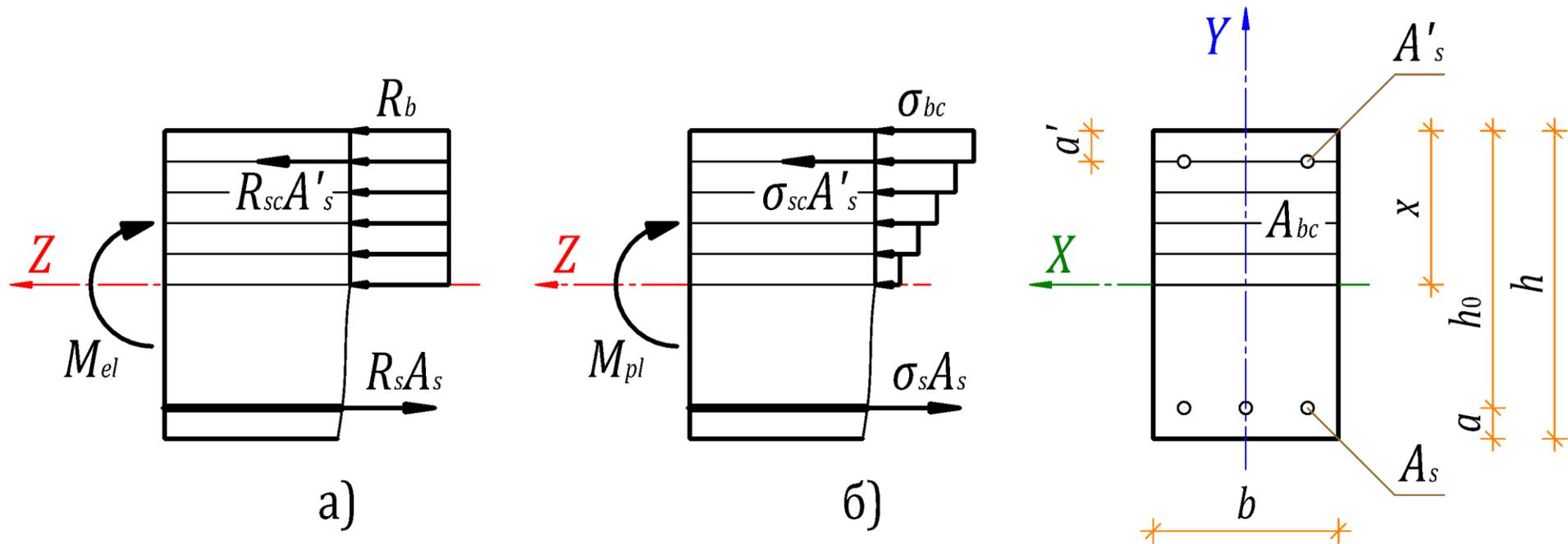
- Сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю за исключением отдельных случаев, например, для бетонных конструкций или при выполнении нелинейных расчетов
- Нормальные напряжения в сжатой зоне бетона принимаются равномерно распределенными по высоте сжатой зоны и равными призматической прочности бетона  $R_b$  на последней стадии НДС
- Напряжения (деформации) в продольной арматуре определяются в зависимости от высоты сжатой зоны бетона
- Растягивающие  $\sigma_s$  и сжимающие  $\sigma_{sc}$  напряжения в продольной арматуре принимают не более соответствующих сопротивлений  $R_s$  и  $R_{sc}$
- Высота сжатой зоны бетона ограничена возможностью его предельной сжимаемости

# Допущения при нелинейном расчете ЖБК:

- Распределение относительных деформаций бетона и арматуры по высоте сечения элемента принимают по линейному закону (гипотеза плоских сечений)
- Связь между нормальными напряжениями и относительными деформациями бетона и арматуры принимают в виде диаграмм состояния (деформирования) бетона и арматуры с ограничением предельных деформаций и нормальных напряжений
- Сопротивление бетона растянутой зоны допускается не учитывать, принимая при  $\varepsilon_{bi} \geq 0$  нормальные напряжения  $\sigma_{bi} = 0$  за исключением отдельных случаев
- Нормальные напряжения в бетоне в пределах малых участков принимают равномерно распределенными (усредненными) – по сечению в целом эпюры напряжений близки к треугольным

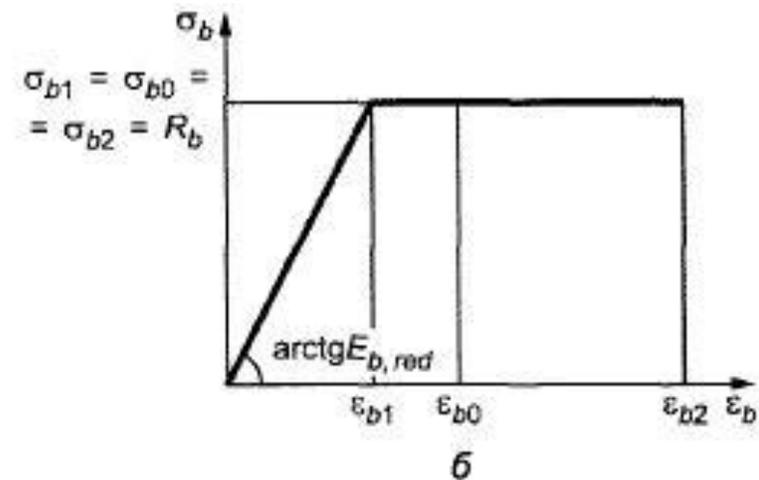
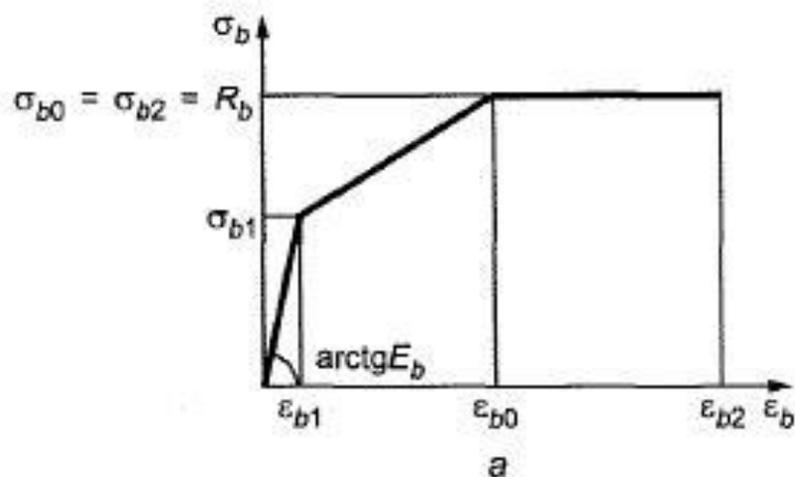
# Эпюры нормальных напряжений в сжатой зоне:

- а) – эпюра, принимаемая для расчетов ЖБК после выполнения линейных расчетов
- б) – эпюра, принимаемая для расчетов ЖБК на основе нелинейной деформационной модели

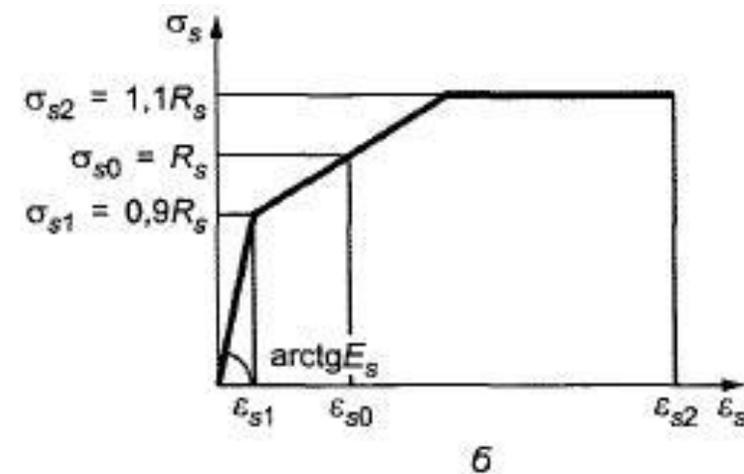
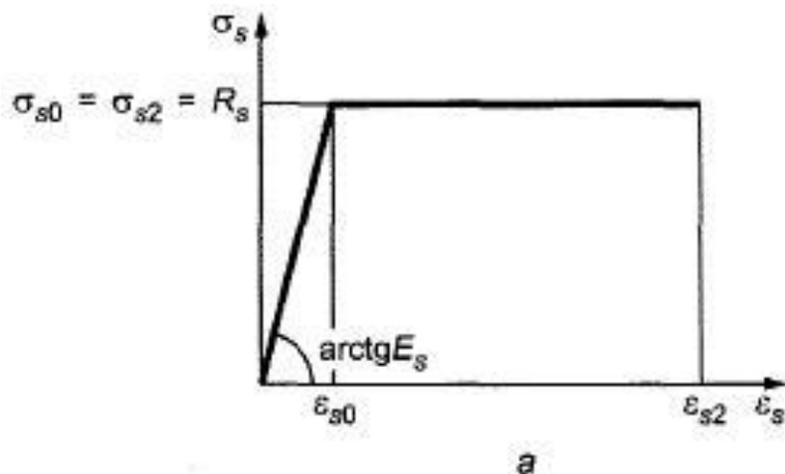


# Диаграммы состояния: напряжения-деформации

- а) и б) – трехлинейная и двухлинейная диаграммы состояния сжатого бетона, соответственно



- а) и б) – двухлинейная и трехлинейная диаграммы состояния растянутой арматуры, соответственно



# Нагрузки и воздействия разделяются

В зависимости от продолжительности действия на:

- Постоянные  $P_d$ :
  - Вес несущих и ограждающих строительных конструкций
  - Вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление
  - Гидростатическое давление
- Временные:
  - Длительные  $P_l$  (вес временных перегородок, стяжек и стационарного оборудования; давление газов, жидкостей, сыпучих тел; нагрузки на перекрытия от складироваемых материалов, ...)
  - Кратковременные  $P_t$  (нагрузки от людей и оборудования на перекрытия, от кранового и лифтового оборудования, транспорта, климатические, ...)
  - Особые  $P_s$  (сейсмические, взрывные, ударные, ...)

# Нагрузки и воздействия сочетаются

Для поиска и определения наиболее неблагоприятного и при этом возможного варианта загрузки в зависимости от вида расчета:

- **Основные сочетания:** постоянные  $P_d$ , длительные  $P_l$ , кратковременные  $P_t$  :

$$C_m = P_d + (\psi_{l1}P_{l1} + \psi_{l2}P_{l2} + \psi_{l3}P_{l3} + \dots) + (\psi_{t1}P_{t1} + \psi_{t2}P_{t2} + \psi_{t3}P_{t3} + \dots),$$

где  $\psi_{l1} = 1,0$ ;  $\psi_{l2} = \psi_{l3} = \dots = 0,95$  – коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок;

$\psi_{t1} = 1,0$ ;  $\psi_{t2} = 0,9$ ;  $\psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0,7$  – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок

- **Особое сочетание:** неблагоприятное основное сочетание и одна особая:

$$C_s = C_m + P_s$$

при этом  $\psi_{t1} = 0,5$ ;  $\psi_{t2} = \psi_{t3} = \dots = 0,3$  – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок

# Полезные нагрузки (от людей, ...) на перекрытия

Рассматриваются по отдельности как:

- **Кратковременные** с полным нормативным значением –  $P_t$
- **Длительные** с пониженным нормативным значением –  $P_l = 0,35P_t$

Отдельные полезные нагрузки при расчете балок, ригелей, плит, стен, колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного ( $\varphi_1, \varphi_2$ ) и более ( $\varphi_3, \varphi_4$ ) перекрытий, допускается умножать на понижающие коэффициенты  $\varphi_i$  в зависимости от грузовой площади:

$$\varphi_1 = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{A/A_1}}; \quad \varphi_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{A/A_2}}; \quad \varphi_3 = 0,4 + \frac{\varphi_1 - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad \varphi_4 = 0,5 + \frac{\varphi_2 - 0,5}{\sqrt{n}}$$

для  $\varphi_1$ :  $A > A_1 = 9 \text{ м}^2$ ; для  $\varphi_2$ :  $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$ ; для  $\varphi_3, \varphi_4$ :  $n$  – общее число перекрытий, рассматриваемое при расчете колонны, стены, фундамента

# Методы определения внутренних усилий

В статических неопределимых конструктивных системах зависят от топологии элементов расчетной модели:

- Для стержневых систем могут использоваться метод перемещений (в большинстве ПК) или метод сил
- Для пластинчатых систем могут использоваться метод конечных элементов (в большинстве ПК) или метод конечных разностей
- Для массивных конструкций могут использоваться методы конечных (в большинстве ПК) или граничных элементов
- В разнородных системах используется комбинация этих методов

В статически определимых конструктивных системах внутренние усилия находятся с помощью метода сечений – на основе равновесия внешних сил и опорных реакций с одной из сторон выбранного сечения

# Метод сечений

На примере шарнирно-опертой балки с двумя сосредоточенными силами  $P_Y$  на равном расстоянии от опор  $l_P$ :

Опорные реакции  $R_{Y,A}$  и  $R_{Y,B}$  находятся из уравнений равновесия сил на ось  $Y$  и моментов относительно точки  $B$ :

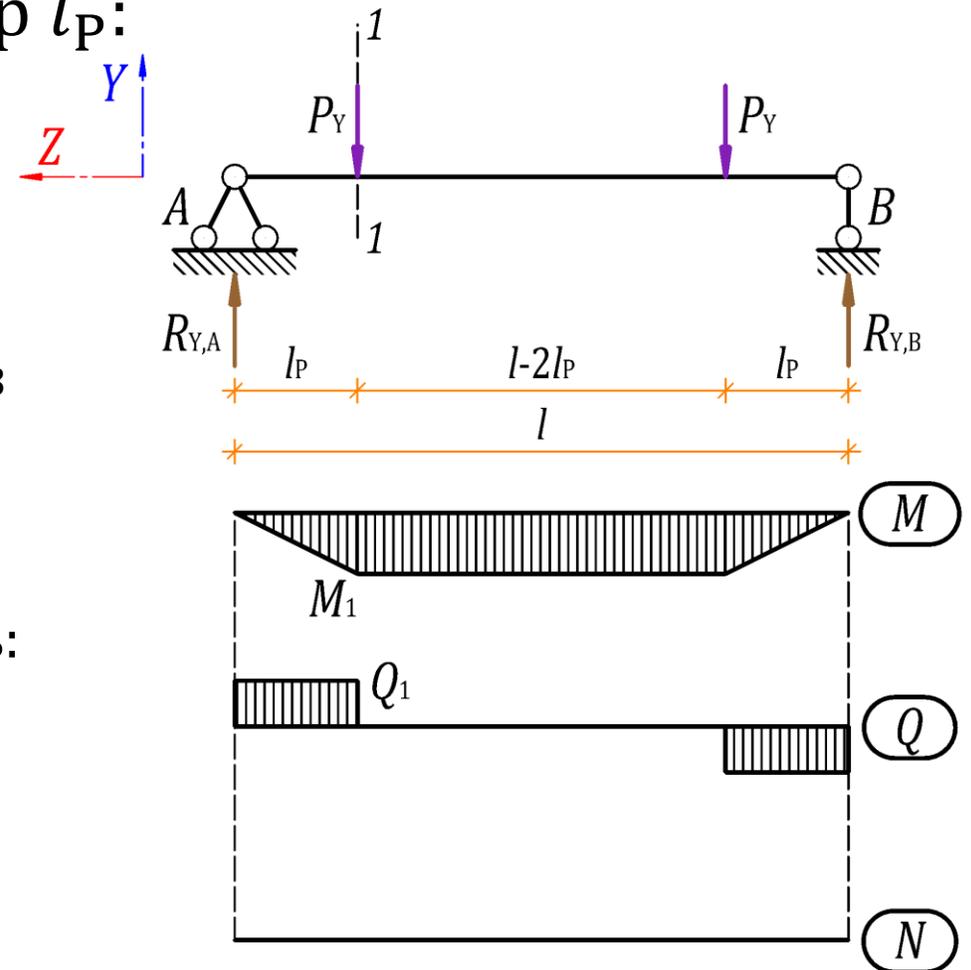
$$\Sigma Y = -2P_Y + R_{Y,A} + R_{Y,B} = 0 \rightarrow 2P_Y = R_{Y,A} + R_{Y,B}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= R_{Y,A}l - P_Y(l - l_P) - P_Yl_P = 0 \rightarrow \\ &\rightarrow R_{Y,A}l = P_Yl \rightarrow R_{Y,A} = P_Y \rightarrow R_{Y,B} = P_Y \end{aligned}$$

Проведем сечение 1-1 и отбросим правую часть:

$$M_1 = R_{Y,A}l_P \quad \text{и} \quad Q_1 = R_{Y,A} = P_Y$$

Участок данной балки между двумя силами  $P_Y$  находится в состоянии **чистого изгиба** –  $Q = 0$



# Внутренние напряжения в поперечном сечении

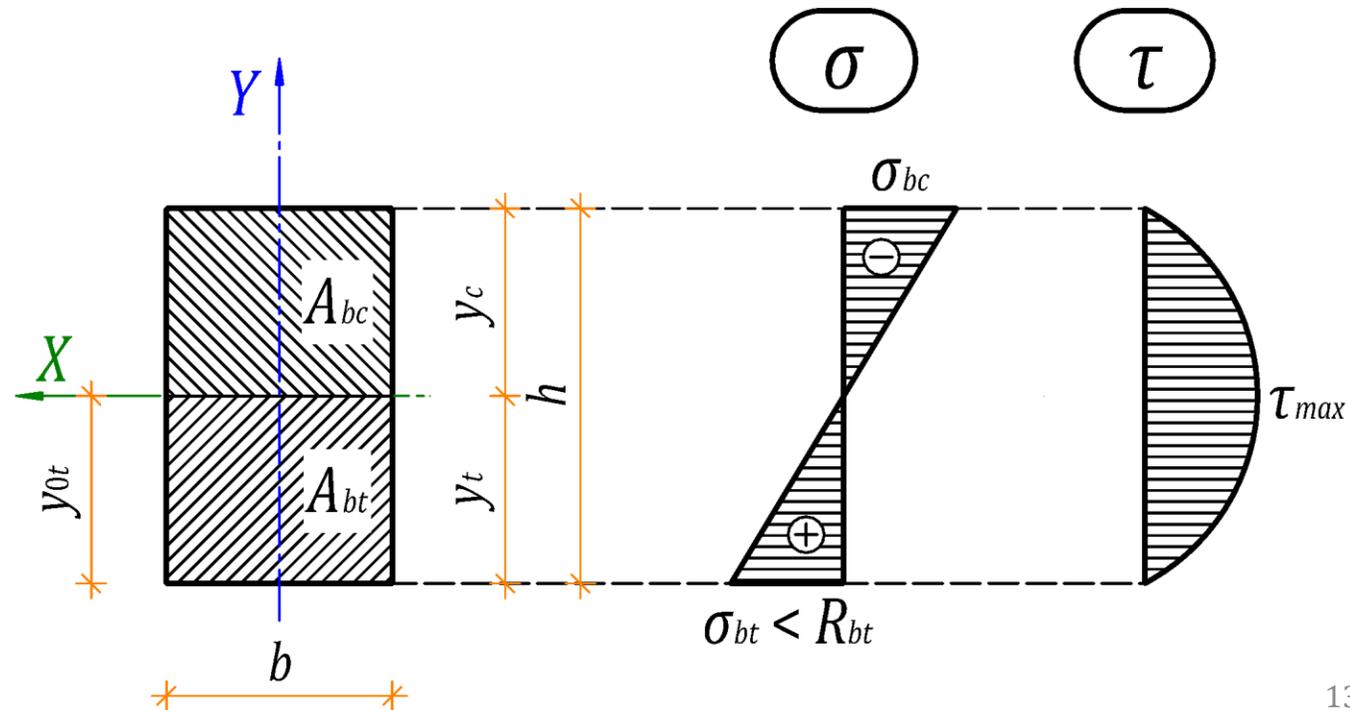
При изгибе балки в одной плоскости вычисляют по формулам:

$$\sigma = \frac{M_x y_i}{I_x} \quad \text{и} \quad \tau = \frac{Q_y S_x^{\text{отс}}}{I_x b}$$

где  $\sigma$  и  $\tau$  – нормальные и касательные напряжения соответственно;

$M_x$  и  $Q_y$  – изгибающий момент и поперечная сила соответственно;

$I_x$  и  $S_x^{\text{отс}}$  – момент инерции и статический момент отсекаемой части сечения относительно центральной оси  $X$  соответственно



# Главные напряжения при изгибе балки

В одной плоскости действуют в нормальных сечениях в состоянии чистого изгиба ( $Q = 0$ ) и нормально к таким наклонным площадкам, где касательные напряжения отсутствуют (равны нулю), и определяются по формуле:

$$\sigma_{mt} = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

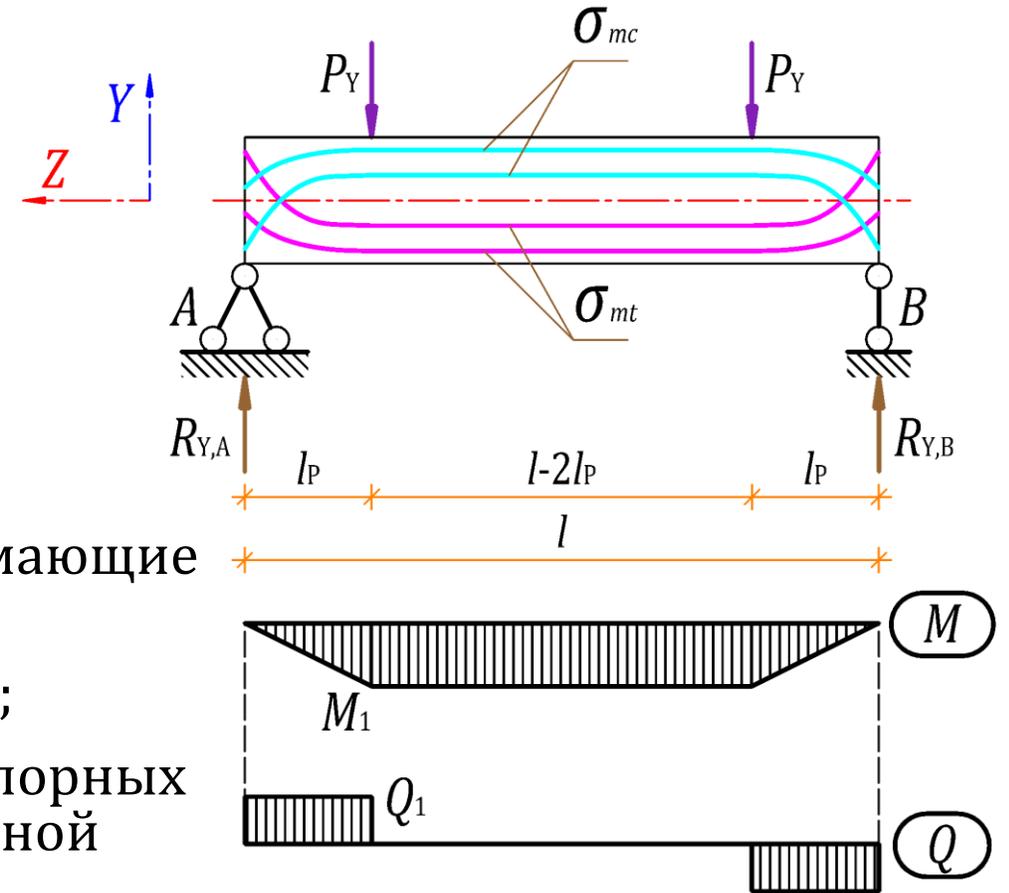
$$\sigma_{mc} = \frac{\sigma}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\tau}{\sigma}$$

где  $\sigma_{mt}$  и  $\sigma_{mc}$  – главные растягивающие и сжимающие напряжения соответственно;

$\sigma$  и  $\tau$  – нормальные и касательные напряжения;

$\alpha$  – угол наклона главных площадок к оси  $Y$  в опорных зонах на длине  $l_p$  является переменной величиной



# Изгиб балки в двух плоскостях

Характеризуется следующей формулой для определения уровня внутренних нормальных напряжений в поперечном сечении:

$$\sigma_i = \frac{P_Z}{A} + \frac{M_x y_i}{I_x} + \frac{M_y x_i}{I_y}$$

где  $P_Z, P_Y, P_X$  – внешние нагрузки;  $R_Z, R_Y, R_X$  – опорные реакции;

$M_x, M_y$  – изгибающие моменты относительно осей  $X$  и  $Y$  соответственно;

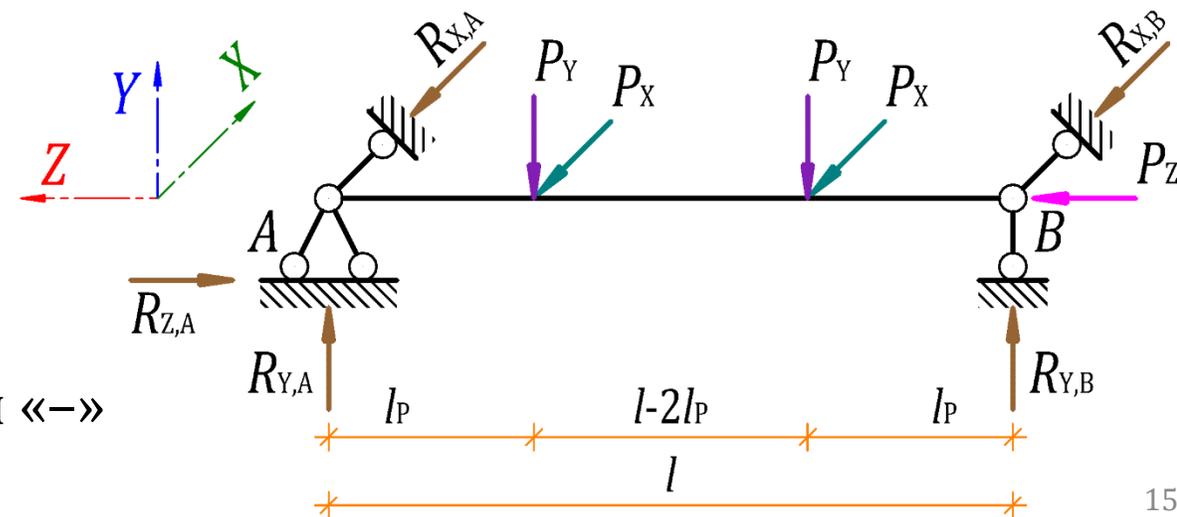
$x_i, y_i$  – расстояния от центральных осей

$X$  и  $Y$  до точки  $i$  соответственно;

$I_x, I_y$  – моменты инерции относительно центральных осей  $X$  и  $Y$  соответственно;

$A$  – площадь поперечного сечения;

$P_Z, M_x, M_y$  и  $x_i, y_i$  – с учетом знаков «+» или «-»



# Виды НДС стержневых элементов

Можно условно разделить в зависимости от направления и характера действия внешних нагрузок на конструкцию:

- Поперечный изгиб – силы приложены поперек элемента в одной плоскости, совпадающей с продольной осью элемента
- Косой изгиб (изгиб в двух плоскостях) – силы приложены поперек элемента в разных плоскостях, совпадающих с продольной осью элемента
- Центральное сжатие/растяжение – силы действуют вдоль элемента и приложены в центр тяжести поперечного сечения
- Внецентренное сжатие/растяжение – силы действуют вдоль элемента на некотором расстоянии от центра тяжести поперечного сечения
- Кручение – силы приложены поперек элемента в плоскости, не совпадающей с продольной осью элемента
- Сложное НДС – другие сочетания отдельных компонентов внутренних напряжений
- Объемное НДС – наличие всех компонентов внутренних напряжений

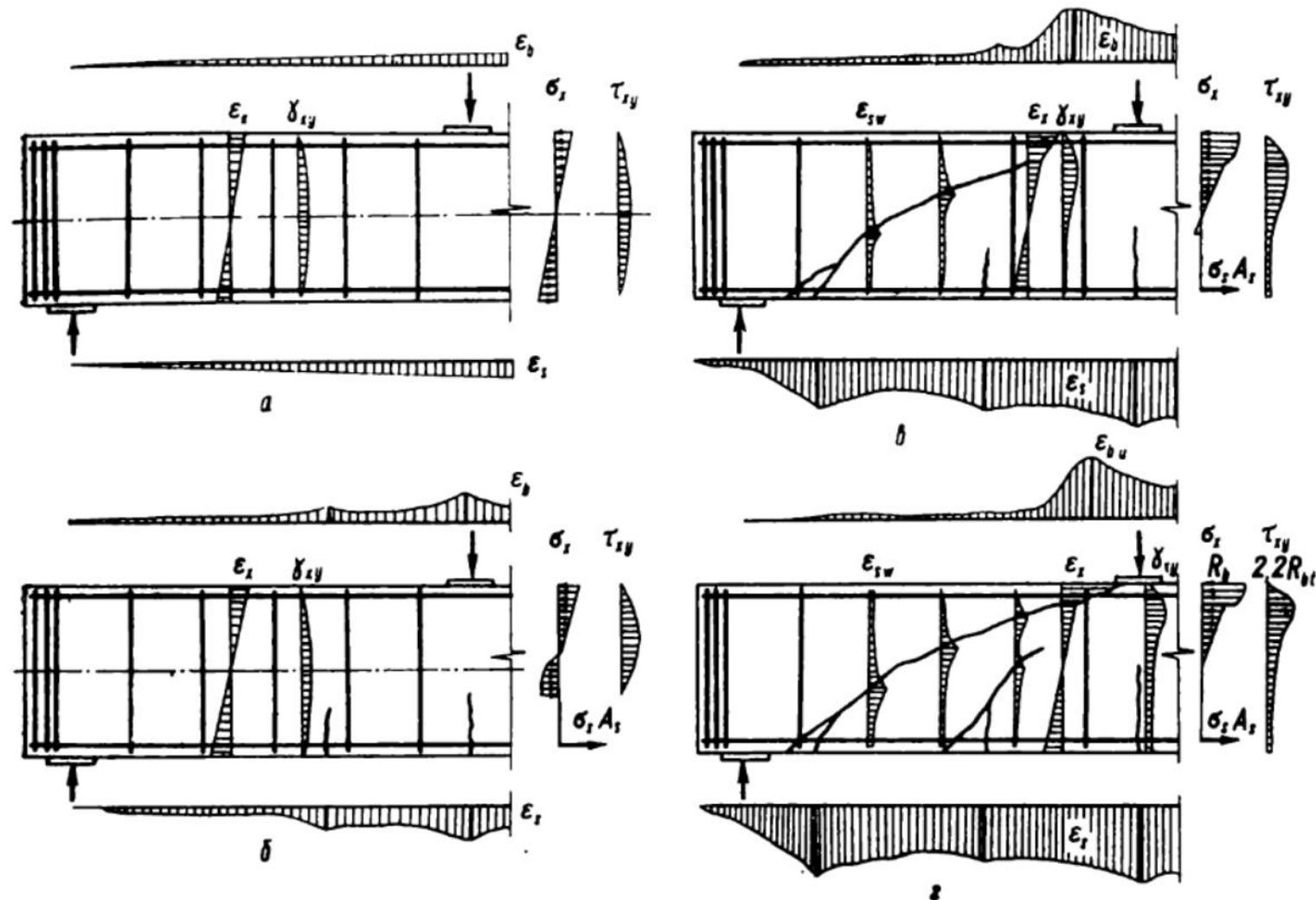
# Виды НДС пластинчатых и массивных элементов

Также можно условно разделить в зависимости от направления действия внешних нагрузок и характера деформирования конструкции:

- Плоское напряженное состояние – силы приложены в плоскости элемента, при этом поперечные деформации не равны нулю, а напряжения по толщине элемента равны нулю (характерно отдельным слоям пластин по толщине элемента)
- Плоская деформация – силы приложены в плоскости элемента, при этом поперечные деформации равны нулю, а напряжения по толщине элемента не равны нулю (характерно для балок-стенок на некотором удалении от опор)
- Поперечный изгиб совместно со сжатием или растяжением – силы приложены поперек и вдоль срединной поверхности элемента (характерно для плит)
- Сложное НДС – другие сочетания отдельных компонентов внутренних напряжений
- Объемное НДС – наличие всех компонентов внутренних напряжений, характерно опорным зонам плитных и массивных конструкций

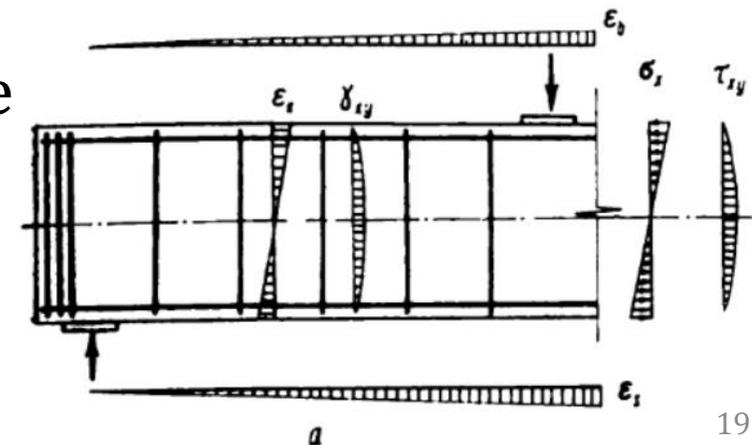
# Стадии НДС железобетонных балок:

- а) Стадия I – без трещин
- б) Стадия II – образование нормальных трещин
- в) Стадия III – образование и развитие наклонных трещин
- г) Стадия IV – разрушение по наклонному или нормальному сечению в зависимости от принятого армирования



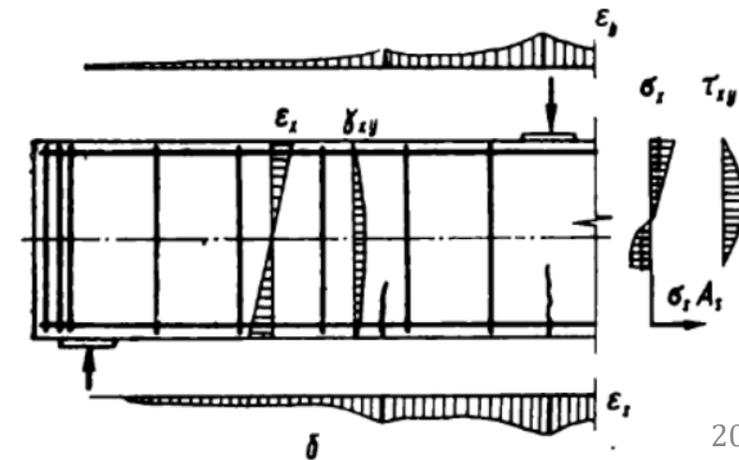
# Стадия I – до образования трещин

- Работа конструкции при нагружении происходит в упругой стадии и описывается законами механики деформируемого твердого тела и в частности разделом – сопротивление материалов
- Продольная и поперечная арматура деформируются совместно с окружающим бетоном, деформации невелики и распределяются равномерно в хомутах и пропорционально изгибающим моментам в продольной арматуре
- По мере нагружения в растянутом бетоне развиваются неупругие деформации, нормальные напряжения достигают предела прочности на растяжение и по длине элемента начинают образовываться нормальные трещины



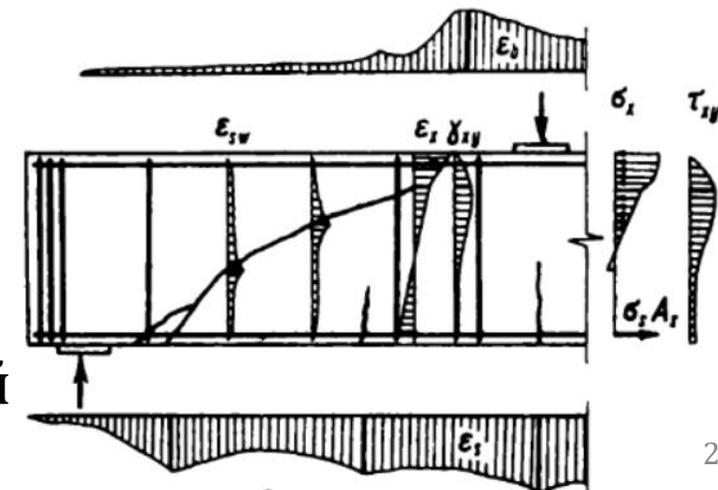
# Стадия II – образование нормальных трещин

- Существенно меняет НДС конструкции и возникает необходимость использования специального раздела – сопротивление железобетона
- В сечениях между трещинами НДС характеризуется стадией I
- В сечениях с трещинами происходит перераспределение внутренних напряжений по высоте – в зону над вершиной трещины
- Дальнейший рост нагрузок приводит к образованию новых нормальных трещин и к неупругой работе сжатого бетона в существующих
- Напряжения и деформации в продольной растянутой арматуре и сжатом бетоне в местах нормальных трещин заметно увеличиваются
- В хомутах сохраняется равномерный характер деформирования до появления наклонной трещины



# Стадия III – образование наклонных трещин

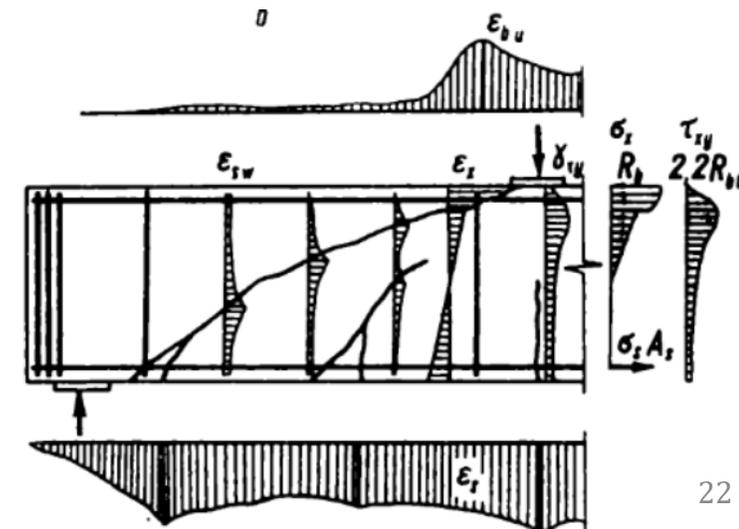
- Происходит вблизи середины высоты элемента после достижения главными растягивающими напряжениями предела прочности бетона на растяжение
- Вызывает дальнейшие существенные изменения НДС конструкции и в отсутствии хомутов может привести к ее преждевременному разрушению
- Развитие главной наклонной трещины происходит в направлениях к опоре и к сосредоточенной нагрузке, пересекая растянутые и сжатые зоны бетона в нормальных сечениях
- Деформации сжатия бетона по мере дальнейшего нагружения и развития наклонной трещины растут в несколько раз быстрее над ее вершиной, чем под ней
- В хомутах в местах пересечений наклонной трещиной происходит заметный рост деформаций и напряжений



# Стадия IV – разрушение

И его форма определяются заданным армированием элемента:

- При отсутствии или малом количестве поперечной арматуры разрушение будет происходить по наклонному сечению:
  - после достижения предела текучести в поперечной и растянутой продольной арматуре в местах их пересечения с главной наклонной трещиной или потери сцепления с бетоном (нарушение анкеровки)
  - в противном случае по сжатой зоне бетона – раздробление или срез
- При достаточном количестве поперечной арматуры:
  - по сжатой бетонной полосе между наклонными трещинами
  - по сжатой зоне бетона или продольной арматуре в нормальном сечении



# Причины разрушения ЖБК при изгибе:

- В большинстве случаев спусковым механизмом разрушения железобетонных конструкций при изгибе является достижение напряжениями в растянутой арматуре предела текучести
- В случае большого резерва продольного и поперечного армирования разрушение может произойти по сжатой зоне бетона в нормальном или наклонном сечении
- Несоблюдение конструктивных требований при армировании изгибаемых элементов может вызвать принципиально другой характер разрушения – выпучивание сжатой арматуры, приводящее к сколу сжатого бетона и разрушению
- Реактивное давление арматуры на бетон, приводящее к сколу бетона и разрушению, в местах сопряжения элементов под некоторым углом

# Метод расчета по допускаемым напряжениям

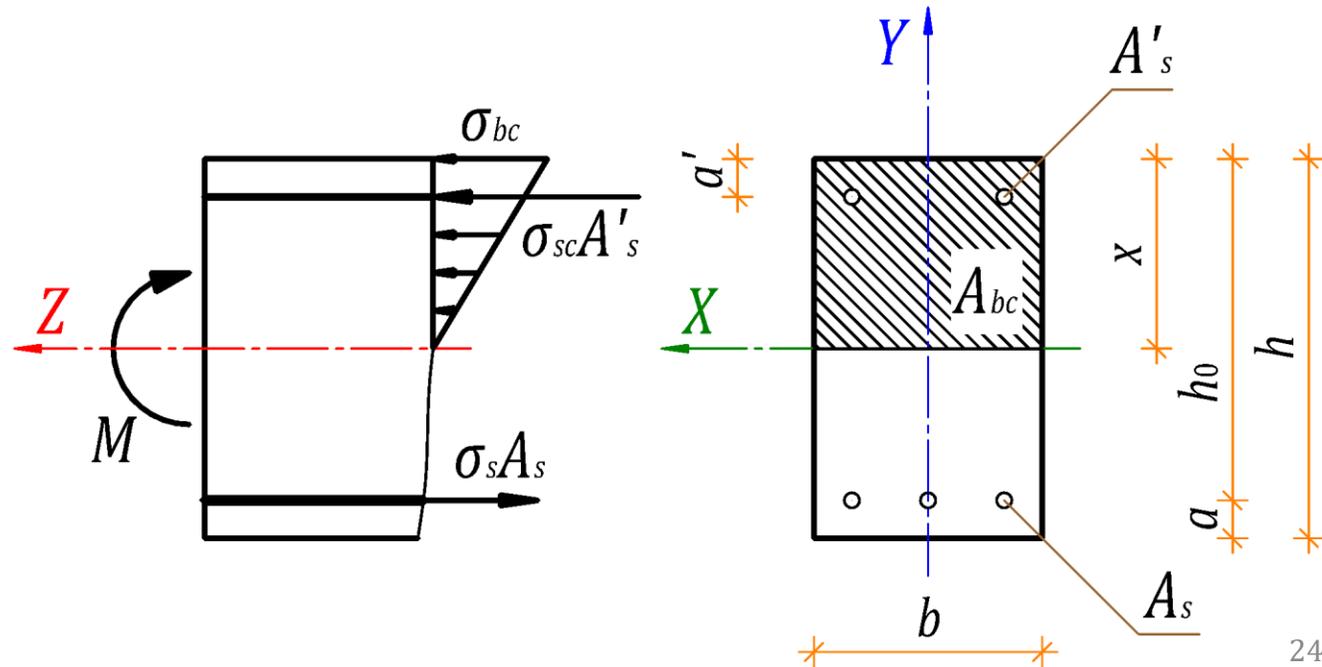
Основан на совместных ограничениях напряжений, действующих в сжатом бетоне  $\sigma_{bc}$  и арматуре  $\sigma_{sc}$ , в растянутой арматуре  $\sigma_s$  относительно соответствующих пределов сопротивления материалов:

$$[\sigma_{bc}; \sigma_{sc}; \sigma_s] \leq \frac{[R_b; R_{sc}; R_s]}{\gamma} \quad \text{при} \quad A_{red} = A_{bc} + \alpha A'_s + \alpha A_s$$

где  $\sigma_{bc}$  и  $\sigma_{sc}$ ,  $\sigma_s$  ( $A_{bc}$  и  $A'_s$ ,  $A_s$ ) – напряжения (площади) в сжатом бетоне и арматуре, в растянутой арматуре соответственно;

$R_b$ ,  $R_{sc}$  и  $R_s$  – пределы сопротивления бетона, сжатой и растянутой арматуры соответственно;

$\gamma > 1$  – обобщенный коэффициент запаса



# Высота сжатой зоны определяется

На основе равенства нулю статического момента всего сечения или теоремы о моменте равнодействующем с вспомогательной осью вдоль верхней грани:

$$\alpha A'_s(x - a') + \frac{A_{bc}x}{2} = \alpha A_s(h_0 - x) \quad \text{или} \quad x = \frac{S_{c,red}}{A_{red}} = \frac{A_{bc}x/2 + \alpha A'_s a' + \alpha A_s h_0}{A_{bc} + \alpha A'_s + \alpha A_s}$$

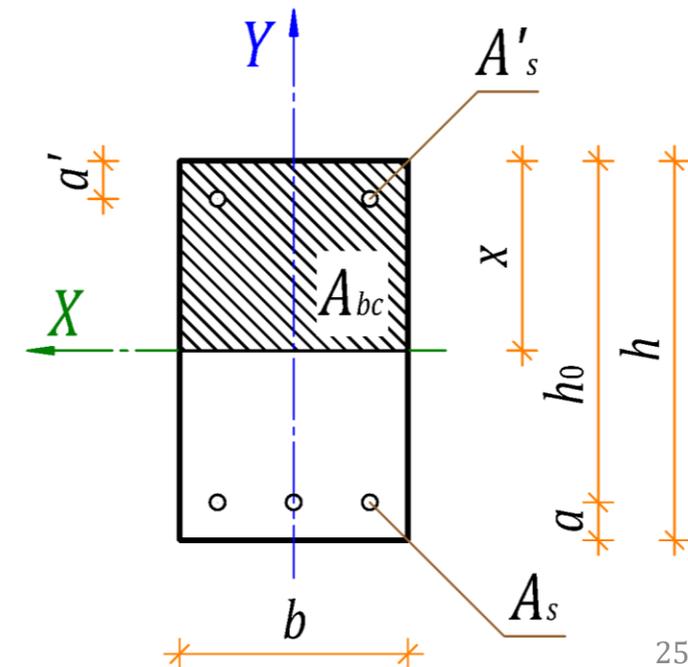
и решения квадратного уравнения относительно  $x$ :

$$bx^2 + 2\alpha(A'_s + A_s)x - 2\alpha(A'_s a' + A_s h_0) = 0$$

$$x = \frac{\sqrt{\alpha^2(A'_s + A_s)^2 + 2\alpha b(A'_s a' + A_s h_0)} - \alpha(A'_s + A_s)}{b}$$

$$x = h_0 \left[ \sqrt{\alpha^2(\mu'_s + \mu_s)^2 + 2\alpha(\mu'_s a'/h_0 + \mu_s)} - \alpha(\mu'_s + \mu_s) \right]$$

где  $\mu_s = A_s/(bh_0)$  и  $\mu'_s = A'_s/(bh_0)$  – проценты армирования



# Метод расчета по разрушающим нагрузкам

Заключается определении допускаемой нагрузки  $F$  на основе равновесия внутренних усилий в нормальном сечении на стадии разрушения:

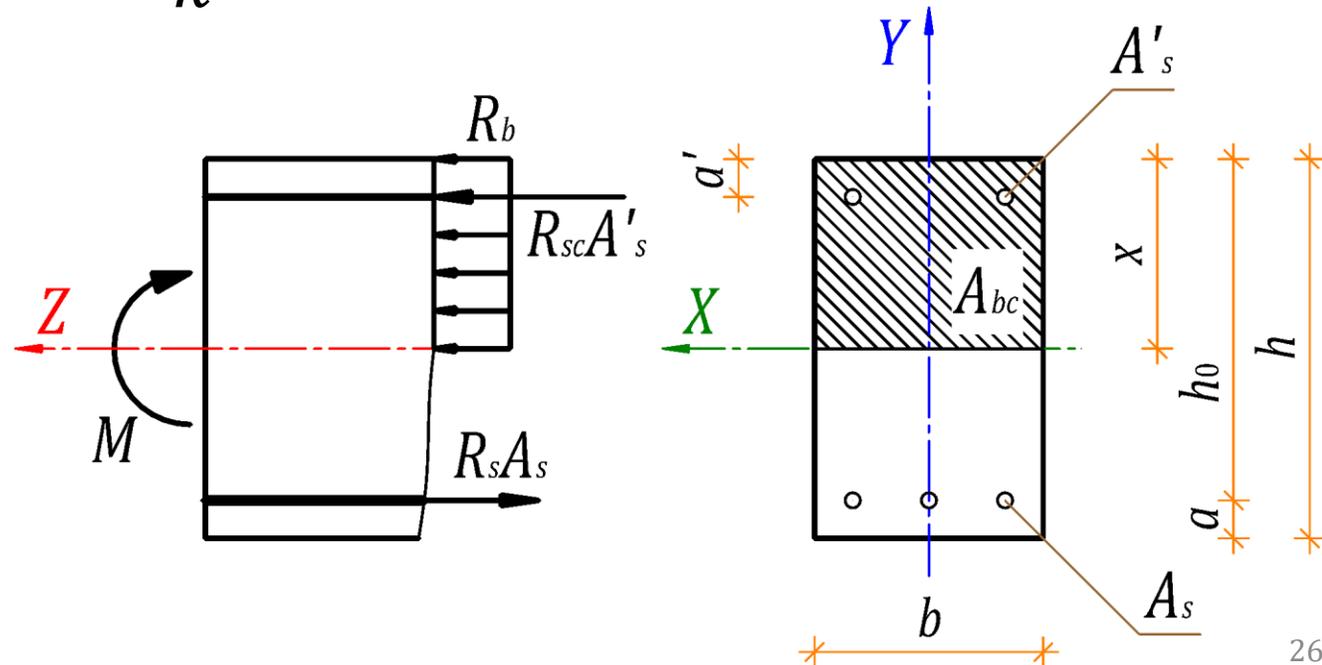
$$[F] = \frac{[F_{ult}]}{k}$$

где  $F$  – допускаемая нагрузка на конструкцию;

$F_{ult}$  – разрушающая нагрузка на основе равновесия внутренних усилий при:

$$\sigma_{bc} = R_b, \sigma_{sc} = R_{sc}, \sigma_s = R_s;$$

$k > 1$  – коэффициент запаса прочности



# Высота сжатой зоны определяется

На основе равновесия продольных усилий на ось  $Z$  и позволяет вычислить предельный изгибающий момент сечения:

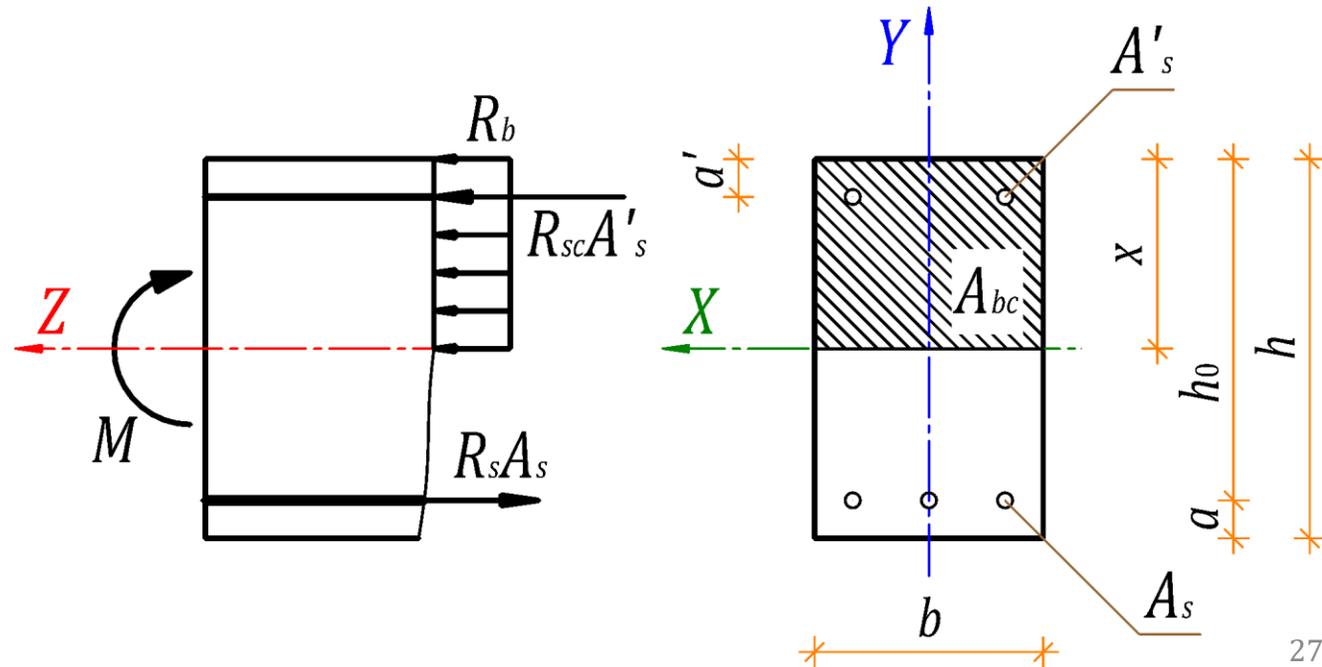
$$R_s A_s = R_{sc} A'_s + R_b A_{bc} = R_{sc} A'_s + R_b b x$$

$$M_{ult} = R_{sc} A'_s (x - a') + R_b b x^2 / 2 + R_s A_s (h_0 - x)$$

где  $M_{ult}$  – предельный изгибающий момент;

$R_b$ ,  $R_{sc}$  и  $R_s$  – пределы сопротивления бетона, сжатой и растянутой арматуры соответственно;

$x$  – высота сжатой зоны бетона



# Метод расчета по предельным состояниям

Является развитием методов расчета по разрушающим нагрузкам и допускаемым напряжениям для I и II предельных состояний, соответственно, и учитывает вероятностную природу нагрузок и прочностных свойств материалов, а также условия работы отдельных конструкций:

Расчеты по I предельному состоянию включают:

- расчет по прочности
- расчет по устойчивости формы (для тонкостенных конструкций)
- расчет по устойчивости положения (опрокидывание, скольжение, всплывание)

Расчеты по II предельному состоянию включают:

- расчет по образованию трещин
- расчет по раскрытию трещин
- расчет по деформациям

# I предельное состояние

Рассматривает расчетные ситуации, приводящие к полной непригодности эксплуатации конструкций:

- Расчеты по прочности направлены на ограничение в конструкциях усилий или напряжений от различных воздействий по сравнению с соответствующими пределами сопротивления материалов
- Расчеты по устойчивости формы конструкции (местная потеря устойчивости, общая устойчивость системы) и по устойчивости положения (опрокидывание, сдвиг по контакту с грунтом, всплытие) производятся для предотвращения других видов разрушения и ситуаций, приводящих к невозможности дальнейшей эксплуатации конструкций

# II предельное состояние

Рассматривает расчетные ситуации, приводящие к затруднению нормальной эксплуатации конструкций или уменьшающие их долговечность по сравнению с предусмотренным сроком службы:

- Расчет по образованию трещин направлен на исключение возможности их появления
- Расчет по раскрытию трещин направлен на ограничение ширины их раскрытия
- Расчет по деформациям направлен на ограничение прогибов, углов поворота, перемещений и амплитуд колебаний конструкций

# Коэффициент надежности по нагрузке – $\gamma_f$

Учитывает природу и изменчивость нагрузок в зависимости от различные факторов и предельных состояний:

- Для II предельного состояния используются нормативные значения нагрузок, вычисляемые на основе габаритов элементов и удельного веса или регламентированные в различных сводах правил и иных документах
- Для I предельного состояния используются расчетные значения нагрузок, определяемые при помощи умножения нормативных значений нагрузок на коэффициент надежности по нагрузке  $0,9 < \gamma_f < 1,4$

Расчетные значения нагрузок и воздействий принимают в зависимости от вида расчетного предельного состояния и расчетной ситуации для учета возможного отклонения нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от нормативных значений

# Коэффициент надежности по материалу – $\gamma_m$

Учитывает изменчивость прочностных свойств материалов в зависимости от различных факторов и предельных состояний:

- Для II предельного состояния используются нормативные значения прочностных свойств материалов, регламентированные в различных сводах правил и иных документах
- Для I предельного состояния используются расчетные значения прочностных свойств материалов, определяемые при помощи деления нормативных значений на коэффициент надежности по материалу:
  - $1,0 < \gamma_b < 1,5$  – для бетона в зависимости от плотности и состава
  - $1,0 < \gamma_s < 1,15(1,2)$  – для арматуры классов А, К1550-К1900 (В, Вр, К1400-К1500)

# Коэффициенты условий работы – $\gamma_{bi} \leq 1,0$

Учитывают особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды, ...) при помощи снижения расчетных значений прочностных характеристик бетона:

- $\gamma_{b1} = 1,0(0,9)$  – для  $R_b$  и  $R_{bt}$  бетона в зависимости от длительности действия статической нагрузки – при действии всех нагрузок, включая кратковременные (при действии только постоянных и длительных нагрузок)
- $\gamma_{b2} = 0,9$  – для  $R_b$  в бетонных конструкциях (учет характера разрушения)
- $\gamma_{b3} = 0,85$  – для  $R_b$  бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых вертикально с высотой элемента более 1,5 м
- $\gamma_{b4} = 1,0(0,85)$  – для  $R_b$  ячеистых бетонов при влажности 10% и менее (более 25%)
- $\gamma_{b5} = 1,0(\leq 1,0)$  – влияние попеременного замораживания и оттаивания, а также отрицательных температур (при расчетной температуре ниже  $-40^\circ\text{C}$ )

# Коэффициент надежности по ответственности – $\gamma_n$

Назначается в зависимости от уровня ответственности сооружения (класса сооружения) и корректирует полученные по результатам расчетов внутренние усилия (нагрузочные эффекты)

Уровни ответственности (классы сооружений):

- Пониженный (КС-1) – теплицы, парники, мобильные и другие здания без постоянного пребывания людей
- Нормальный (КС-2) – здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3 (большинство объектов реализуемых в строительстве)
- Повышенный (КС-3) – технически сложные, особо опасные и уникальные объекты согласно Статьи 48\_1 Градостроительного кодекса РФ (АЭС, ГЭС, ...)

Коэффициент надежности по ответственности:

- $\gamma_n \geq 0,8$  для пониженного уровня ответственности (КС-1)
- $\gamma_n \geq 1,0$  для нормального уровня ответственности (КС-2)
- $\gamma_n \geq 1,1$  для повышенного уровня ответственности (КС-3)
- $\gamma_n = 1,0$  допускается принимать для II группы предельных состояний

# Литература:

- ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований
- СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции
- СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
- СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений
- СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии
- Залесов А.С., Климов Ю.А. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил. – К.: Будивэльник, 1989. – 104 с.

**ИСА | 08.03.01 | ПГС | 6-й семестр**

# **Железобетонные и каменные конструкции**

## **Практическое занятие №2**



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

www: [mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/](http://mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/ZhBK/)

e-mail: [gbk@mgsu.ru](mailto:gbk@mgsu.ru); [PekinDA@mgsu.ru](mailto:PekinDA@mgsu.ru)

тел.: +7 495 287 49 14 доб. 3036, 3084

Пекин Дмитрий Анатольевич, доцент, к.т.н.