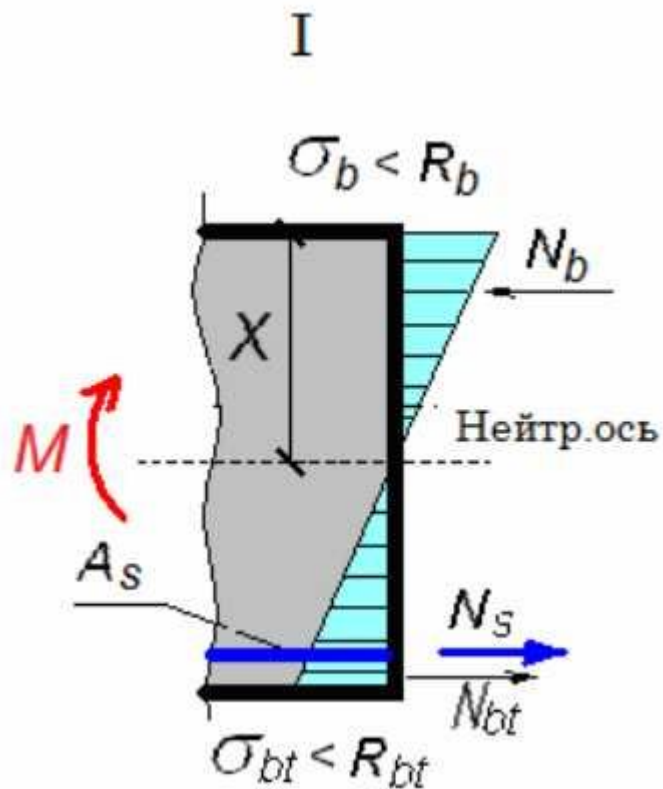


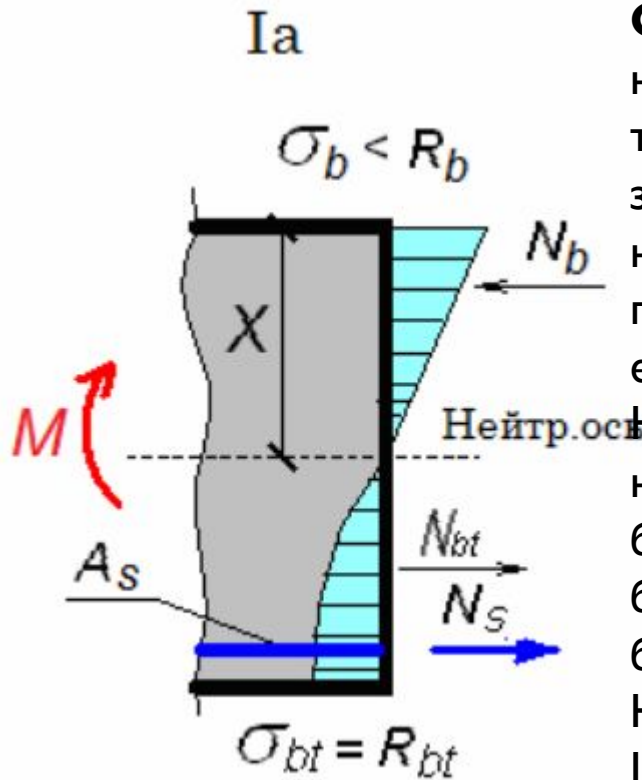


# Основы теории сопротивления железобетона

# Три стадии напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов



**Стадия I - стадия работы элемента до появления первых трещин в бетоне растянутой зоны.** Она соответствует небольшим нагрузкам, составляющим приблизительно 15...20% от разрушающей нагрузки. Напряжения в бетоне и арматуре невелики, деформации носят преимущественно упругий характер, а эпюры нормальных напряжений в бетоне сжатой и растянутой зонах треугольные.



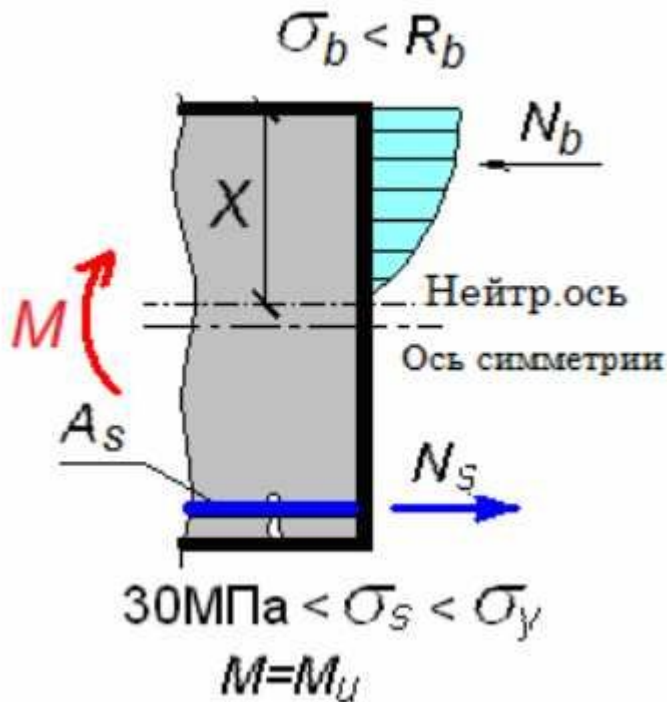
**Стадия Ia – конец стадии I –** непосредственно при образовании первых трещин. Напряжения бетона в растянутой зоне достигают предела прочности бетона на растяжение  $R_{bt}$ , и после исчерпания пластических свойств бетона происходит его разрыв, то есть образование трещин.

Непосредственно перед разрывом эпюра напряжений бетона в растянутой зоне близка к прямолинейной. В сжатой зоне бетон работает упруго, эпюра напряжений близка к треугольной.

Напряжения в растянутой арматуре в стадии Ia, в соответствии с условием совместности деформаций бетона и арматуры  $\varepsilon_s = \varepsilon_{bt}$  и законом Гука, равны:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s,crc} &= E_s \cdot \varepsilon_{s,crc} = E_s \cdot \varepsilon_{b,ult} \\
 &= 2 \cdot 10^5 \cdot \frac{(0.1 \div 0.15)}{10^3} = \\
 &= 20 \div 30 \text{ МПа}
 \end{aligned}$$

## II



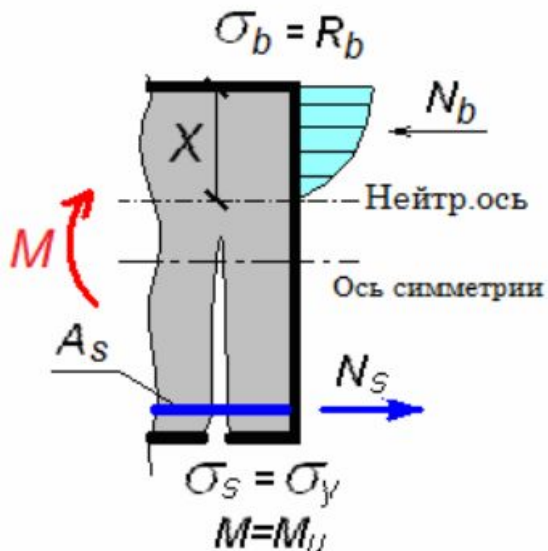
### Стадия II – стадия эксплуатации.

Это новое качественное состояние балки, которое наступает после появления трещин в бетоне растянутой зоны. В сечениях с трещинами бетон выключается из работы и растягивающие усилия воспринимаются арматурой и бетоном над трещиной (расположенным ниже нейтральной оси). Между трещинами бетон работает на растяжение, сцепление арматуры с бетоном не нарушается, напряжения в арматуре уменьшаются по мере удаления от сечения с трещиной.

# Стадия III - стадия

## разрушения

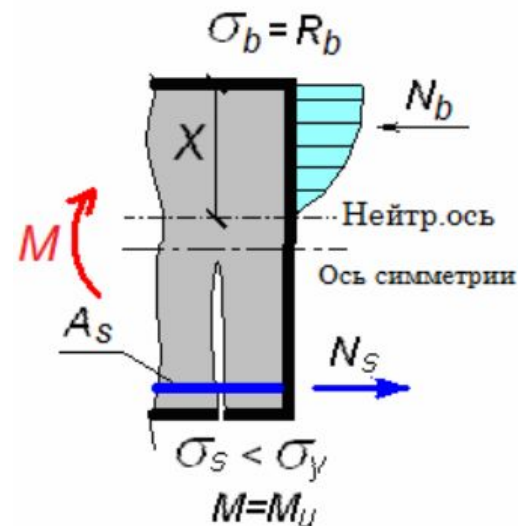
III-1



**I-й случай разрушения.** При относительно невысоком содержании в сечении арматуры, разрушение балки начинается с достижения в арматуре напряжений, равных физическому или условному пределу текучести стали

**2-й случай разрушения.** Он имеет место в элементах с избыточным содержанием арматуры. Разрушение таких переармированных элементов происходит внезапно (хрупко) по бетону сжатой зоны от его раздробления  $\sigma_b = R_b$ . Напряжения в растянутой арматуре в этот момент времени не достигают предела текучести  $\sigma_s < \sigma_y$ . Здесь переход из стадии II в стадию III происходит внезапно.

III-2



# Метод расчета железобетонных конструкций по предельным состояниям

- **Предельным состоянием** называют такое состояние конструкции (сооружения), при наступлении которого она перестаёт удовлетворять предъявляемым ей требованиям при эксплуатации или при возведении, т.е. теряет способность сопротивляться внешним воздействиям или получает недопустимые деформации или местные повреждения.

**I группа предельных состояний** – по непригодности к эксплуатации (по потере несущей способности).

Цель расчёта – не допустить:

- I. любого вида разрушение конструкции (расчёты на прочность);
- II. потери устойчивости положения конструкции (расчёты на опрокидывание, скольжение);
- III. потери устойчивости формы конструкции (расчёты на общую и местную устойчивость).

**II группа предельных состояний** – по непригодности к нормальной эксплуатации.

Цель расчёта – не допустить:

- I. чрезмерных деформаций конструкции: прогибы, осадки, углы поворота, амплитуды колебаний и т.п. (расчёты по деформациям);
- II. образования или чрезмерного раскрытия трещин (расчёты по образованию и раскрытию трещин).



Главными факторами, способствующими переходу конструкции в предельное состояние, являются:

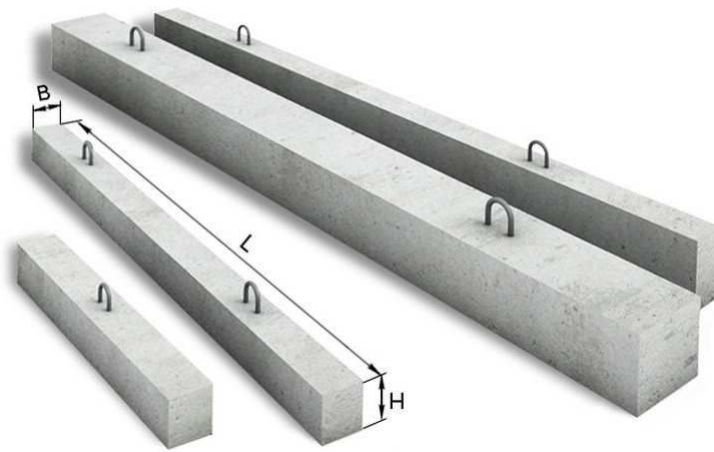
**1. Возможная изменчивость внешней нагрузки.** Её учитывают с помощью коэффициентов надёжности по нагрузке  $\gamma_f$ , а также коэффициентов надёжности по ответственности  $\gamma_n$

**2. Возможная изменчивость прочностных свойств материалов.** Её учитывают с помощью коэффициентов надёжности по материалам: бетону –  $\gamma_b$  и арматуре –  $\gamma_s$ .

**3. Особенности изготовления и работы материалов и конструкций.** Их учитывают с помощью коэффициентов условий работы: бетона –  $\gamma_{bi}$ , арматуры –  $\gamma_{si}$  и конструкции –  $\gamma_i$ .

# Изгибаемые элементы

- К изгибаемым элементам относятся балки и плиты. Они составляют значительную часть элементов зданий и сооружений (балки перекрытий и покрытий, фундаментные балки, подкрановые балки, перемычки, ригели железобетонных рам, плиты перекрытий и покрытий, конструкции переходов, мостов, галерей и т.д.).



*Рис. Железобетонные балки  
прямоугольного сечения*

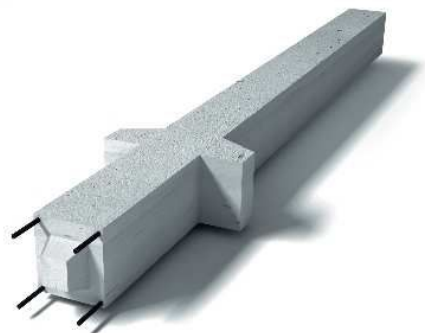


*Рис. Пустотная плита*



# Сжатые железобетонные элементы

- К сжатым железобетонным элементам относятся несущие колонны одноэтажных и многоэтажных зданий различного назначения, опоры-стойки секционных мостов, сжатые элементы ферм (верхние пояса, стойки, некоторые раскосы) и другие элементы конструкций.



*Рис. Сборная железобетонная колонна*



*Рис. Ж.б. фермы*



*Рис. Сборная железобетонная колонна крановой эстакады*

## Растянутые железобетонные элементы

- В условиях центрального (осевого) растяжения находятся затяжки арок, нижние пояса и нисходящие раскосы ферм, стенки круглых в плане резервуаров для жидкостей и некоторые другие конструктивные элементы.



*Рис. Пожарные резервуары из железобетона*

# Расчет по прочности

Согласно п.5.2.1 СП 63.13330 расчет бетонных и железобетонных элементов по прочности производят:

- I. **по нормальным сечениям** (при действии изгибающих моментов и продольных сил) - по нелинейной деформационной модели. Для простых типов железобетонных конструкций (прямоугольного, таврового и двутаврового сечений с арматурой, расположенной у верхней и нижней граней сечения) допускается выполнять расчет по предельным усилиям;
- II. **по наклонным сечениям** (при действии поперечных сил), по пространственным сечениям (при действии крутящих моментов), на местное действие нагрузки (местное сжатие, продавливание) - по предельным усилиям.

Расчет по прочности бетонных и железобетонных элементов по предельным усилиям производят из условия, что усилие от внешних нагрузок и воздействий  $F$  в рассматриваемом сечении не должно превышать предельного усилия  $F_{ult}$  которое может быть воспринято элементом в этом сечении

$$F \leq F_{ult}$$



## Общие требования к расчету по прочности нормальных сечений

Согласно п.5.2.7-п.5.2.9 СП 63.13330 расчет железобетонных элементов по предельным усилиям следует проводить, определяя предельные усилия, которые могут быть восприняты бетоном и арматурой в нормальном сечении, исходя из следующих положений:

- I. сопротивление бетона растяжению принимают равным нулю;
- II. сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными расчетному сопротивлению бетона сжатию и равномерно распределенными по условной сжатой зоне бетона;
- III. растягивающие и сжимающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления растяжению и сжатию соответственно.