

Лекция №2

- 1. Физико-механические свойства бетона**
- 2. Физико-механические свойства арматуры**

Вопросы, подлежащие изучению:

1. Прочность бетона.
2. Деформации материалов.
3. Некоторые сведения о модуле упругости бетона.
4. Деформации бетона.

1. Прочность бетона

Бетоны подразделяются по структуре на:

- тяжелый (на плотных заполнителях, крупнозернистый);
- легкий (на пористых заполнителях, крупнозернистый);
- мелкозернистый (на плотных мелких заполнителях).

В ответственных несущих конструкциях применяют, главным образом, тяжелые бетоны с плотностью (объемной массой) $D2300 \div D2500 \text{ кг/м}^3$.

Имеются специальные виды бетона (силикатный, жаростойкий, кислотостойкий, пластбетон, полимербетон, самоупрочающийся и т.д.).

Кроме того, также имеются бетоны ячеистые и поризованные (пенобетоны, газобетоны, крупнопористые).

СНиП (СП) устанавливают следующие классы и марки для тяжелого бетона

Класс прочности на осевое сжатие, (МПа)	B7,5 ÷ B60
Класс прочности на осевое растяжение, (МПа)	B _t 0,8 ÷ B _t 3,2
Марки по морозостойкости (кол-во циклов замораживания - оттаивания), (циклов)	F25 ÷ F 500
Марки по водонепроницаемости (предельное давление на стенку толщиной 15 мм, через которую не должна проникать жидкость), (МПа)	W2 ÷ W12
Марки по плотности (объемной массе), (кг/м ³)	D2300 ÷ D2500

Прочность бетона зависит от многих факторов, главными из которых являются:

- состав бетона;
- возраст бетона;
- условия твердения (естественного, тепловлажностная или автоклавная обработка при высоком давлении);
- форма и размеры образца;
- характер напряженного состояния (сжатие, растяжение, изгиб, сдвиг, срез и т.д.).

Бетон приобретает прочность постепенно, но интенсивно она растет в течение первого месяца выдержки и продолжается в течение года и более.

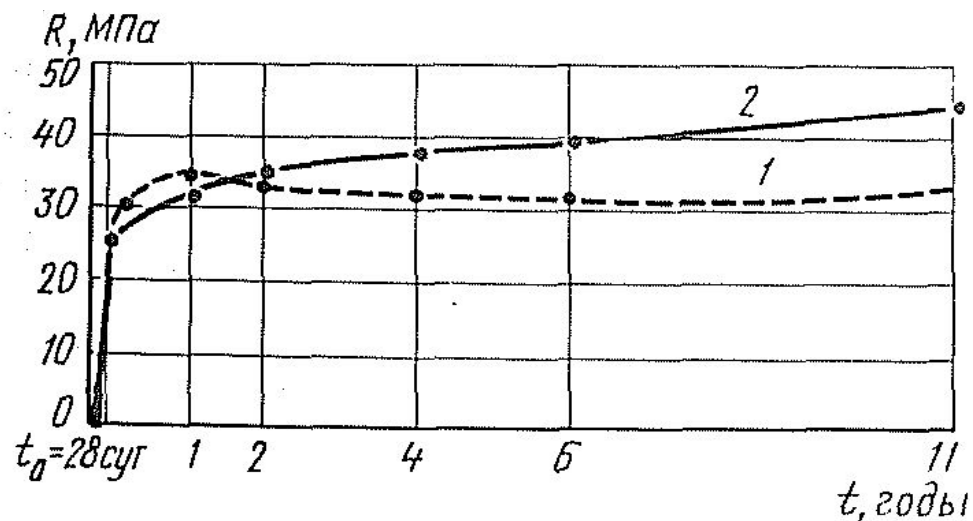


Рис. К определению прочности бетона:
 нарастание прочности бетона во времени;
 1 – при хранении в сухой среде; 2 – при хранении во влажной
 среде

Класс бетона на сжатие B (кубиковая прочность) определяется испытанием кубиков размерами 15x15x15 см в возрасте 28 дней (среднестатистическое значение).

Когда рассчитываются ЖБК, пользуются обычно не кубиковой прочностью B , а призмной прочностью R_{bn} (временным сопротивлением призмы осевому сжатию)

$$R_{bn} / B = (0,77 - 0,0001B)$$

*Призмная
нормативная
прочность*

*Нормативная
кубиковая
прочность*

Прочность бетона на растяжение, срез, скалывание можно выразить следующими зависимостями:

$$R_{btn} = (0,5 \div 0,05) R_{bn}$$

- прочность на срез,

$$R_{sh} = (1,5 \div 2) R_{bt}$$

скалывание при
изгибе.

Значения сопротивлений для бетона приведены в СНиП (СП).

2. Деформации материалов

Деформативность твердых тел – это свойство менять размеры и форму под действием силовых воздействий и несиловых факторов. Деформации – относительное удлинение (укорочение)

$$\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon$$

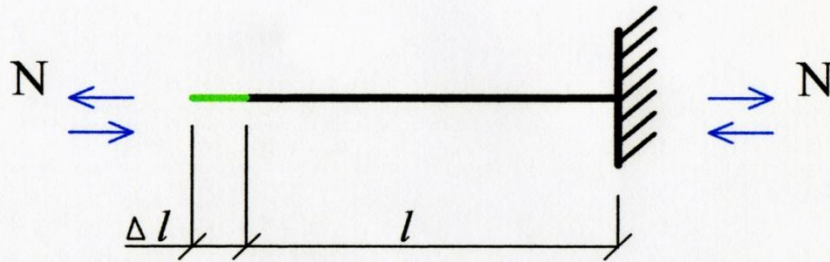
$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}; \quad \sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \varepsilon E \quad - \text{закон Гука}$$

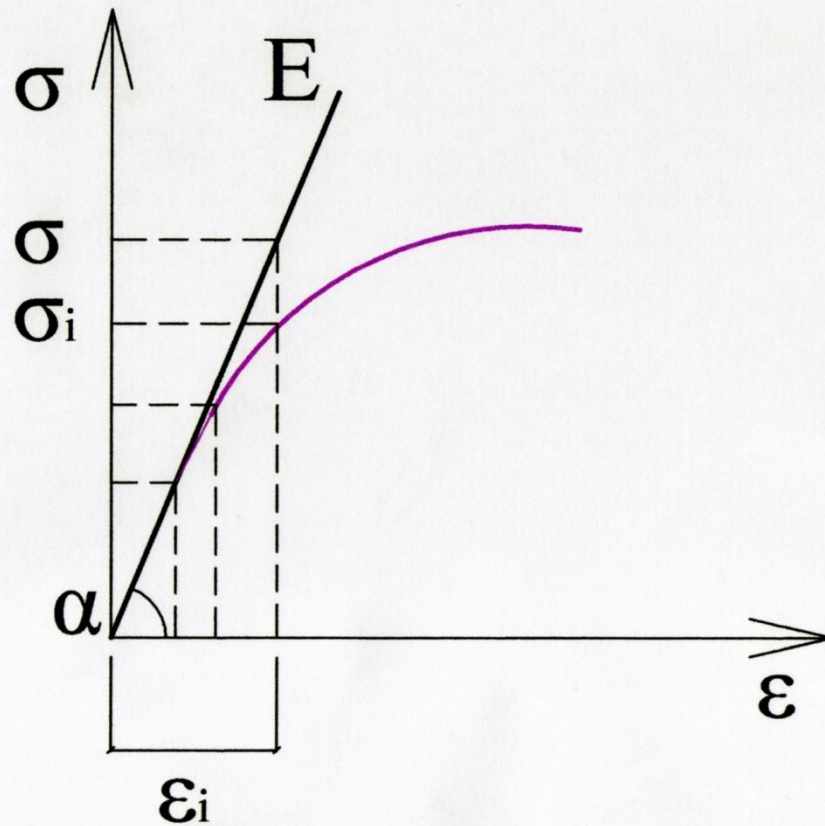
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \operatorname{tg} \alpha$$

E - модуль упругости материала.

A (площадь сечения стержня)



Растяжение (сжатие) стержня



3. Некоторые сведения о модуле упругости бетона

Когда рассчитываются строительные конструкции по деформациям, прогибам, раскрытию трещин в формулах участвует деформативная характеристика материала E , которая называется модулем упругости материала.

В однородных упругих материалах $E = \text{const}$:

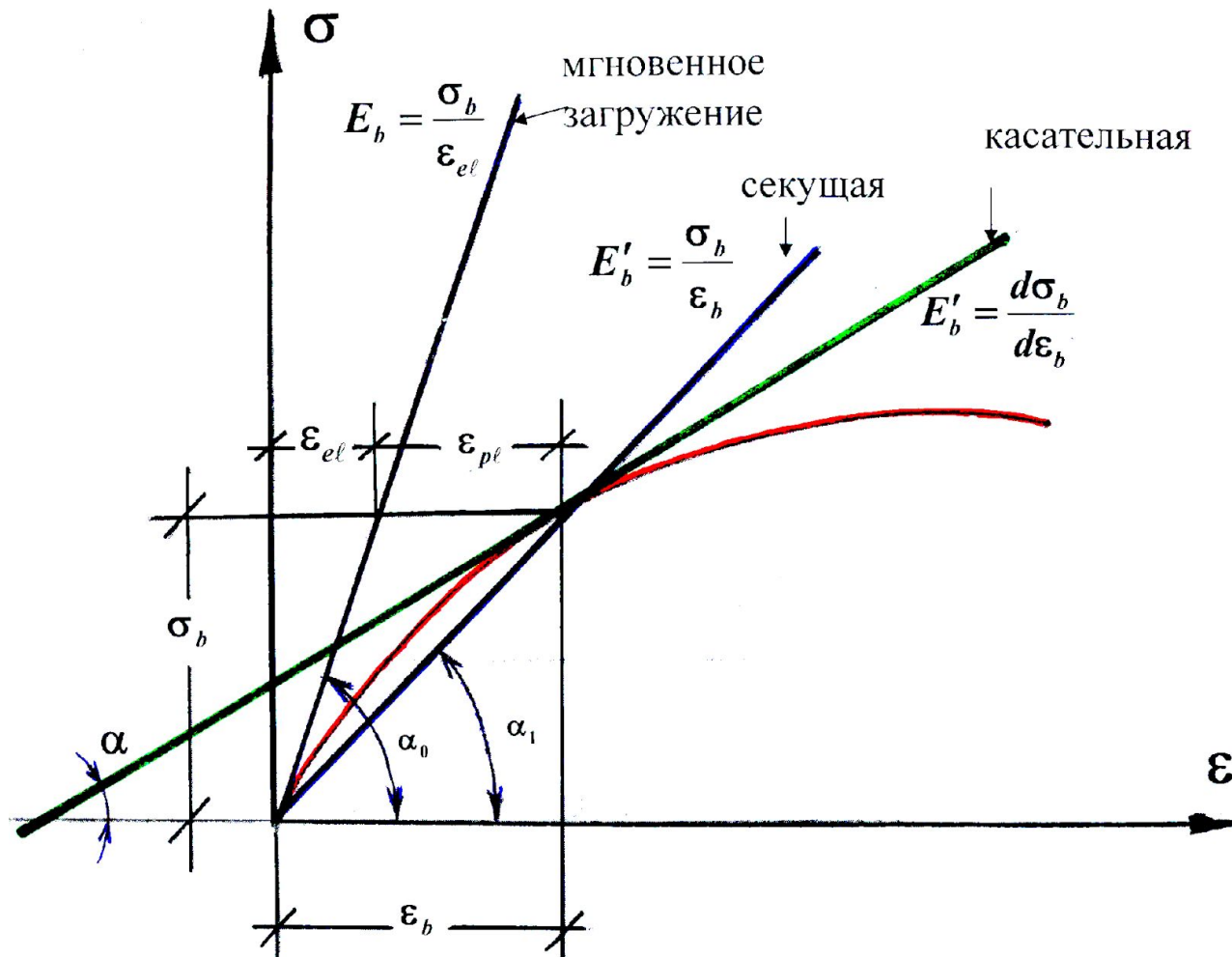
для металла $E_s = 2,1 \times 10^5$ Мпа;

для бетона $E_b = 2,7 \times 10^4$ МПа

для дерева $E_w = 1,0 \times 10^4$ МПа и т.д.

Железобетон – комплексный материал, с упруго-пластичными анизотропными свойствами; модуль упругости – переменный.

- $E_b \neq \text{const}$.



Графическое определение модулей упругости бетона

- **Начальный модуль упругости бетона при сжатии $E_b (E_0)$** соответствует упругим деформациям, возникающим при мгновенном нагружении. Определяется как тангенс угла наклона прямой упругих деформаций $E_b = \operatorname{tg} \alpha_0 = \sigma_b / \varepsilon_{el}$.
- **Модуль полных деформаций бетона при сжатии E_b** соответствует полным деформациям (включая ползучесть) и является величиной переменной. Геометрически он определяется как тангенс угла наклона касательной к кривой $\sigma_b - \varepsilon_b$ в точке с заданным напряжением $E_b = \operatorname{tg} \alpha = d\sigma_b / d\varepsilon_b$. Такой способ определения E_b затруднителен, т.к. аналитическая зависимость для кривой $\sigma_b - \varepsilon_b$ неизвестна.
- **Модуль упругопластичности (средний или секущий модуль) E'_b** представляет собой тангенс угла наклона секущей к кривой $\sigma_b - \varepsilon_b$ в точке с заданным напряжением $E'_b = \operatorname{tg} \alpha_i$; наиболее часто используется при расчетах ЖБК.

$$\sigma_b = \varepsilon_b \cdot \lambda_b E_b = \varepsilon_b \cdot E'_b ;$$

$$E'_b = \lambda_b \cdot E_b; \lambda_b = \varepsilon_{el} / \varepsilon_b .$$

λ_b - коэффициент упругопластических деформаций бетона ($1 \div 0,15$).

4. Деформации бетона

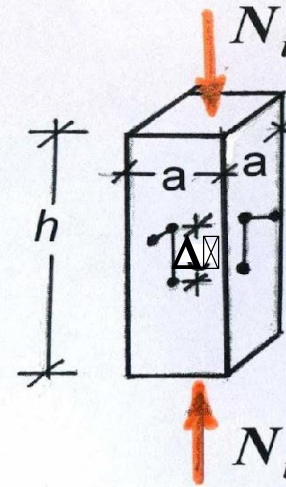
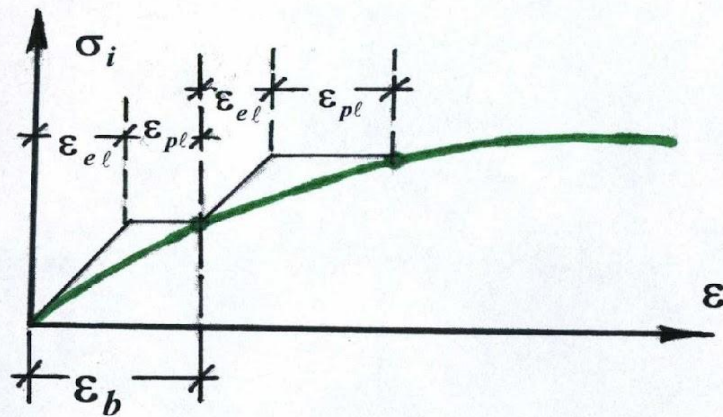
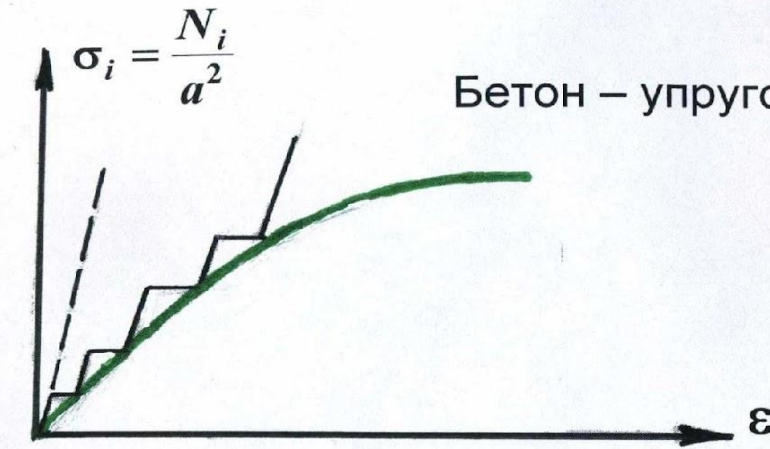
Различают:

- силовые деформации бетона, возникающие под действием приложенных нагрузок;
- объемные деформации бетона, вызванные усадкой, набуханием, изменением t^0 среды.

Силовые деформации бетона подразделяют на 3 вида в зависимости от характера приложенной нагрузки:

- 1) деформация при однократном нагружении;
- 2) деформация при длительном нагружении;
- 3) деформация при многократно-повторном нагружении.

Когда рассчитывают ЖБК при кратковременном действии нагрузки, E_b принимают по классу бетона из СНиП (СП).



Зависимость между силой и деформацией бетона
(на примере испытания бетонной призмы на сжатие)

Предельная деформативность бетона составляет:

$\varepsilon_{ub} \approx 0,002$ - при сжатии;

$\varepsilon_{ubt} \approx 0,00015$ - растяж

Бетон обладает своим свойством уменьшения в объеме при твердении на воздухе (усадки) и увеличения в объеме при твердении в воде (набухания).

Если бетонный образец загрузить длительной нагрузкой, в нем будут развиваться необратимые деформации в течение длительного времени. Этот процесс называется ползучестью бетона. Конечные полные деформации конструкций могут за 3-4 года в несколько раз превышать мгновенные деформации. Напряжения при этом не растут. Ползучесть бетона оказывает дополнительное влияние на работу ЖБК и это обстоятельство учитывается при проектировании конструкций. Учет ползучести в расчетах конструкций очень сложен. Деформации ползучести бетона тем больше, чем выше уровень напряжений в конструкции. Процесс ползучести неограничен во времени.

При длительном действии нагрузки модуль упругопластичности бетона при сжатии составит

$$E'_b = \nu \cdot E_b = (1 - \lambda) E_b.$$

где $\lambda = \varepsilon_{pl} / \varepsilon_b$ – коэффициент пластичности бетона, учитывающий нелинейности мгновенного деформирования и ползучесть.

Физико-механические свойства арматуры

Вопросы, подлежащие изучению:

1. Классификация арматурной стали.
2. Армирование ж/б конструкций.

Мягкие горячекатаные **стали** на диаграмме имеют четко выраженную площадку текучести и большие остаточные деформации при разрыве (0,25 ϵ).

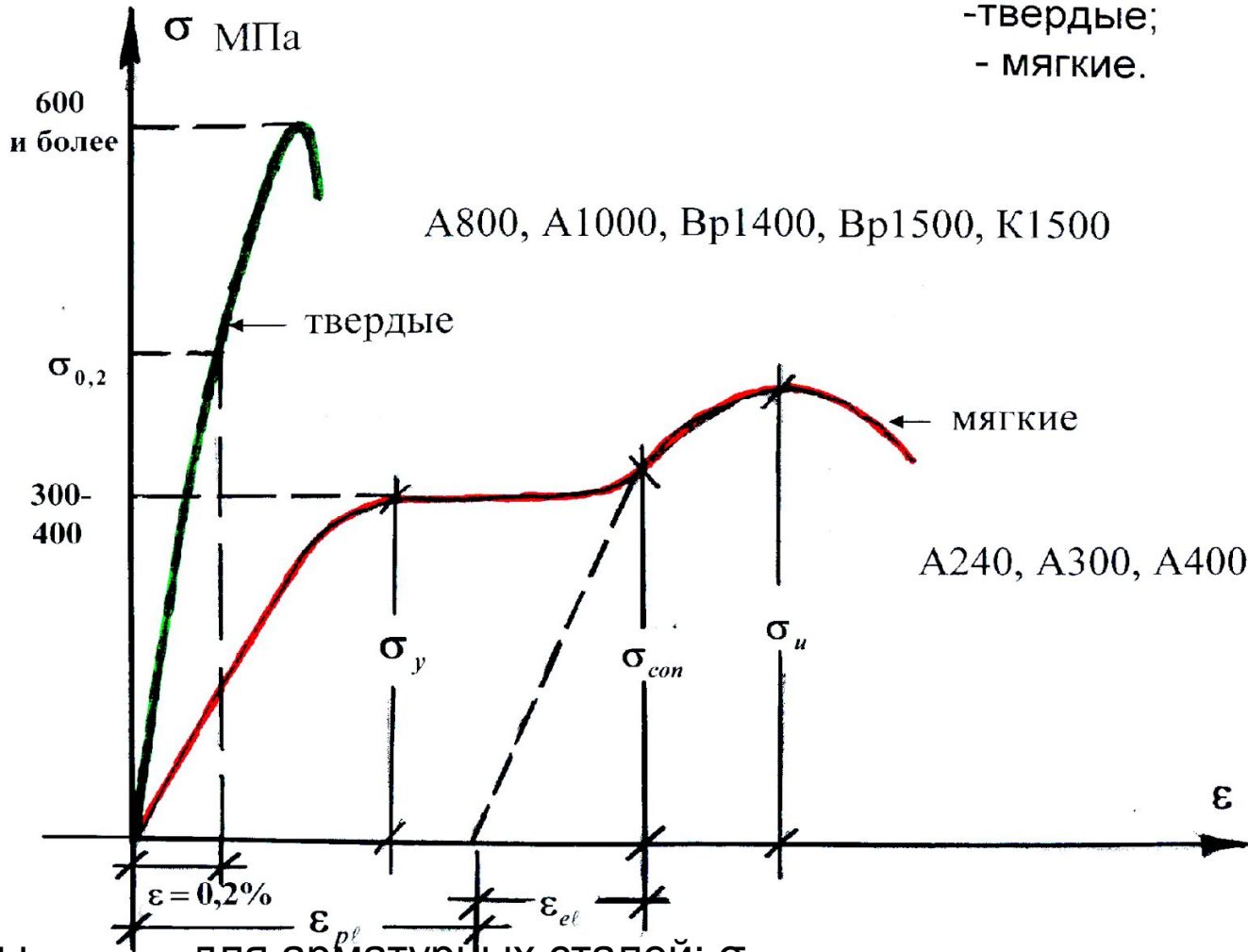
Твердые стали не имеют площадку текучести, ее принимают условно. Прочность твердых сталей выше, чем у мягких. Относительное удлинение составляет $\sim 3\div 5\%$.

Для арматурных сталей важны такие характеристики как: свариваемость, хладноломкость, реологические свойства, динамическая прочность, усталостное разрушение, снижение прочности при высокотемпературном нагреве.

Стеклопластиковая арматура (АНС, АСП) — неметаллические стержни из **стеклянных волокон** (**стеклоровинг**) с выполненными на поверхности поперечными или спиральными рёбрами, пропитанных **термореактивным или термопластичным полимерным связующим** и отверждённых. Также есть стеклопластиковая арматура, имеющая на поверхности вместо рёбер **кварцевую** обсыпку. Имеется арматура из **базальтопластика**.

Сталефибробетон. Стальная фибра изготавливается из стального проката (лента, лист), либо из проволоки катанки и представляет собой, как правило, стальные полоски различной формы. Наиболее распространенная: стальная резаная из листа (дугообразная рифленая); стальная анкерная, изготовленная как из листа, так и из проволоки; стальная анкерная или волновая латунированная из металлокорда.

Стали бывают:
- твердые;
- мягкие.



Диаграммы для арматурных сталей: σ_y - физический предел текучести; $\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести; σ_u - временное сопротивление разрыву.

1. Классификация арматурной стали

Стройиндустрия производит следующую арматуру:

- стержни горячекатаные;
- проволоку холоднотянутую;
- семи-, девятнадцатипроволочные пряди (канаты).

По способу обработки поверхности:

- гладкая арматура;
- рифленая арматура (периодического профиля).

Арматура может быть: а) термически упрочненной; б) упрочненной в холодном состоянии – вытяжкой или волочением. Различают напрягаемую арматуру (подвергаемую предварительному натяжению) и ненапрягаемую арматуру.

СНиП (СП) подразделяет арматуру на классы по технологическим и механическим свойствам:

A240 - гладкая арматура, $R_{sn}=240$ МПа $\varnothing 6\div 40$ мм;

A300 - рифленая арматура (периодического профиля), $R_{sn}=300$ МПа $\varnothing 10\div 40$ мм;

A400 - рифленая арматура, $R_{sn}=400$ МПа $\varnothing 10\div 40$ мм.

A500 - рифленая арматура, $R_{sn}=500$ МПа $\varnothing 10\div 40$ мм.

A300, A400, A500 – основная рабочая арматура для ЖБК.

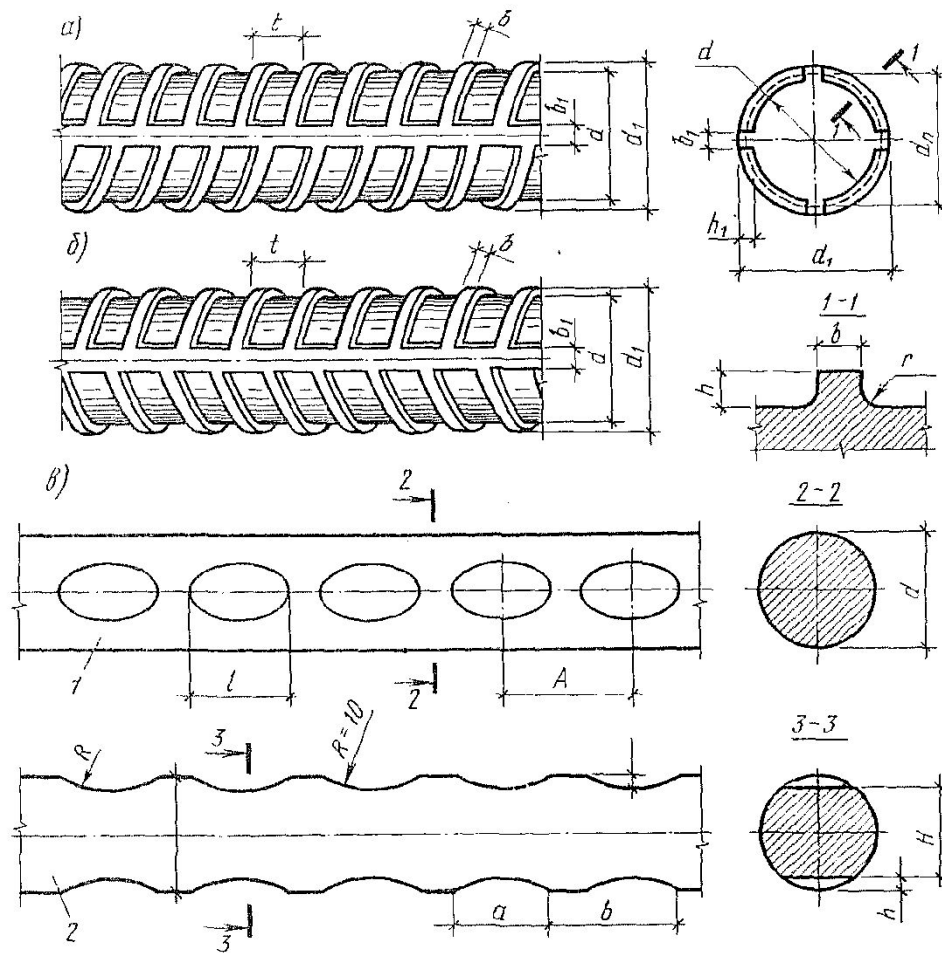


Рис. Виды арматуры периодического профиля:
 а – стержневая класса А-II; б – то же, А-III и А-IV;
 в – высокопрочная проволока Вр1400; 1 – вид со
 стороны вмятин;
 2 – вид с гладкой стороны

2. Армирование ж/б конструкций

Арматуру располагают по сечению в соответствии с преобладающим характером работы конструкции. Основную рабочую арматуру размещают там, где бетон испытывает растяжение.

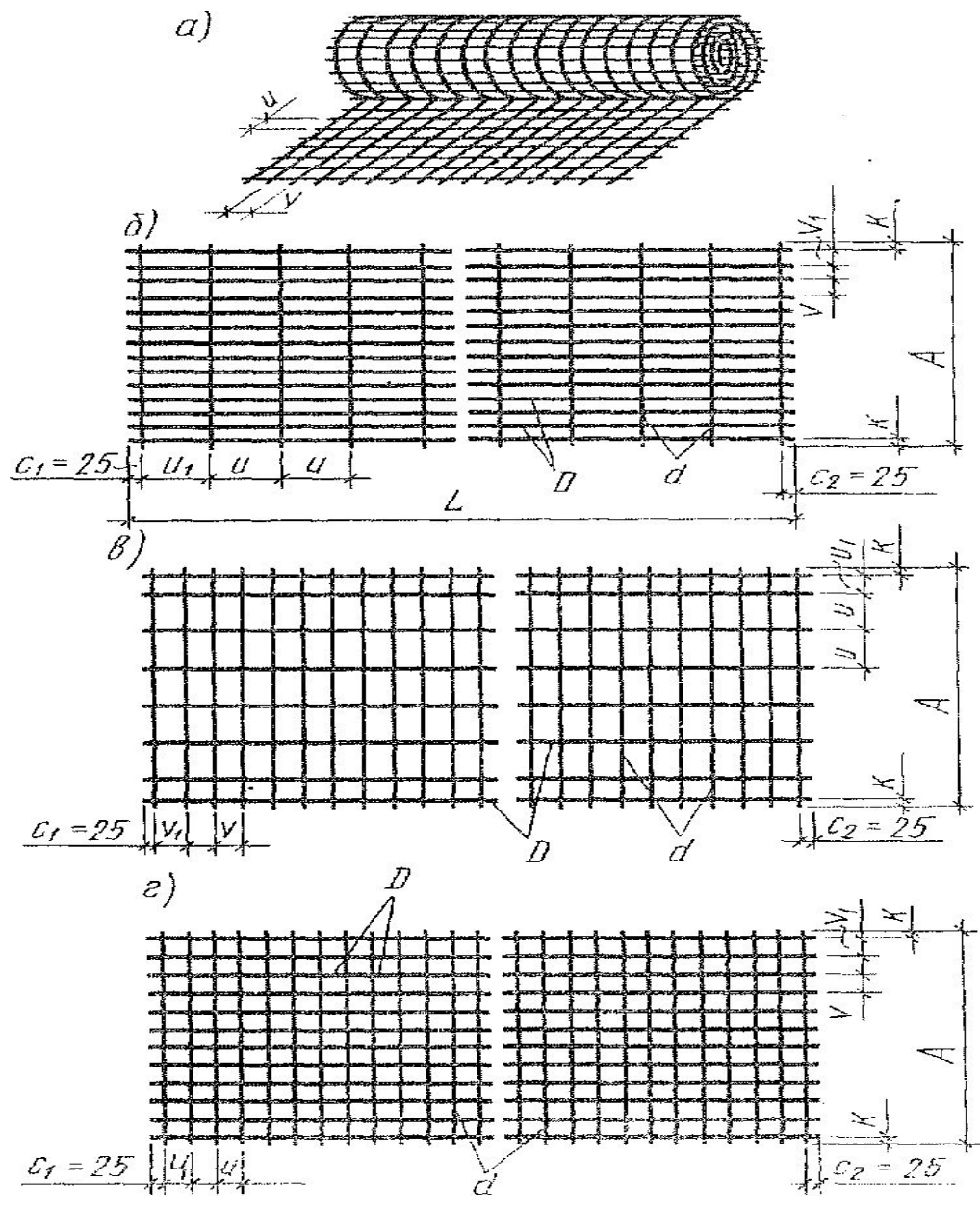
В некоторых случаях, для увеличения несущей способности бетона или по конструктивным соображениям арматуру ставят в сжатой зоне.

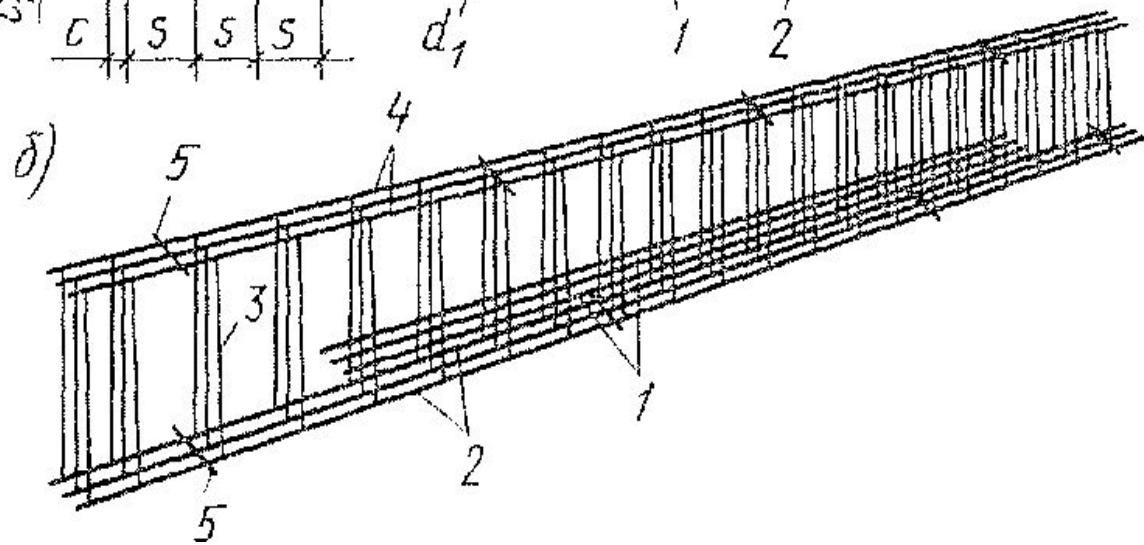
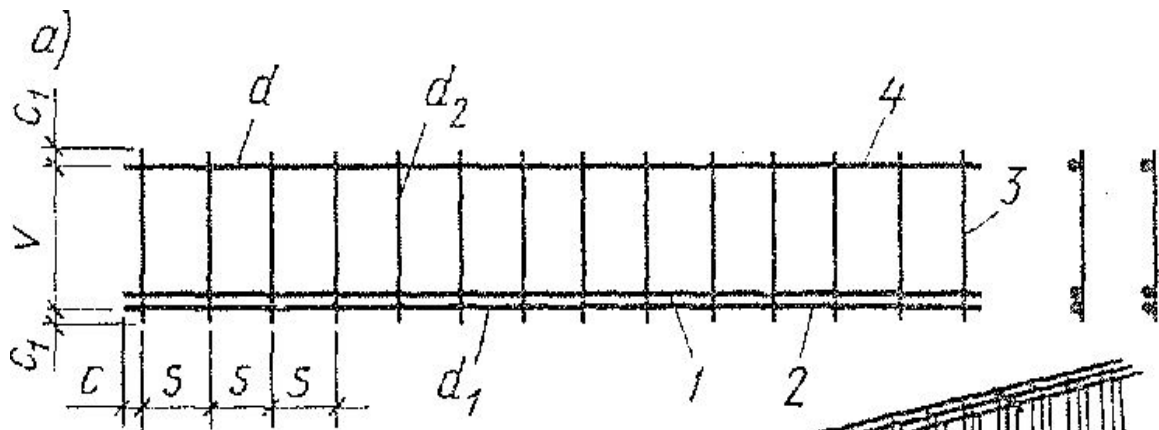
Балки и колонны армируют каркасами, плиты – сварными или вязаными сетками (см. рис.).

Арматуру в конструкции подразделяют на:

- рабочую;
- конструктивную;
- монтажную;
- распределительную.

Рабочую арматуру устанавливают по расчету, остальную арматуру вводят по конструктивным или техническим соображениям.





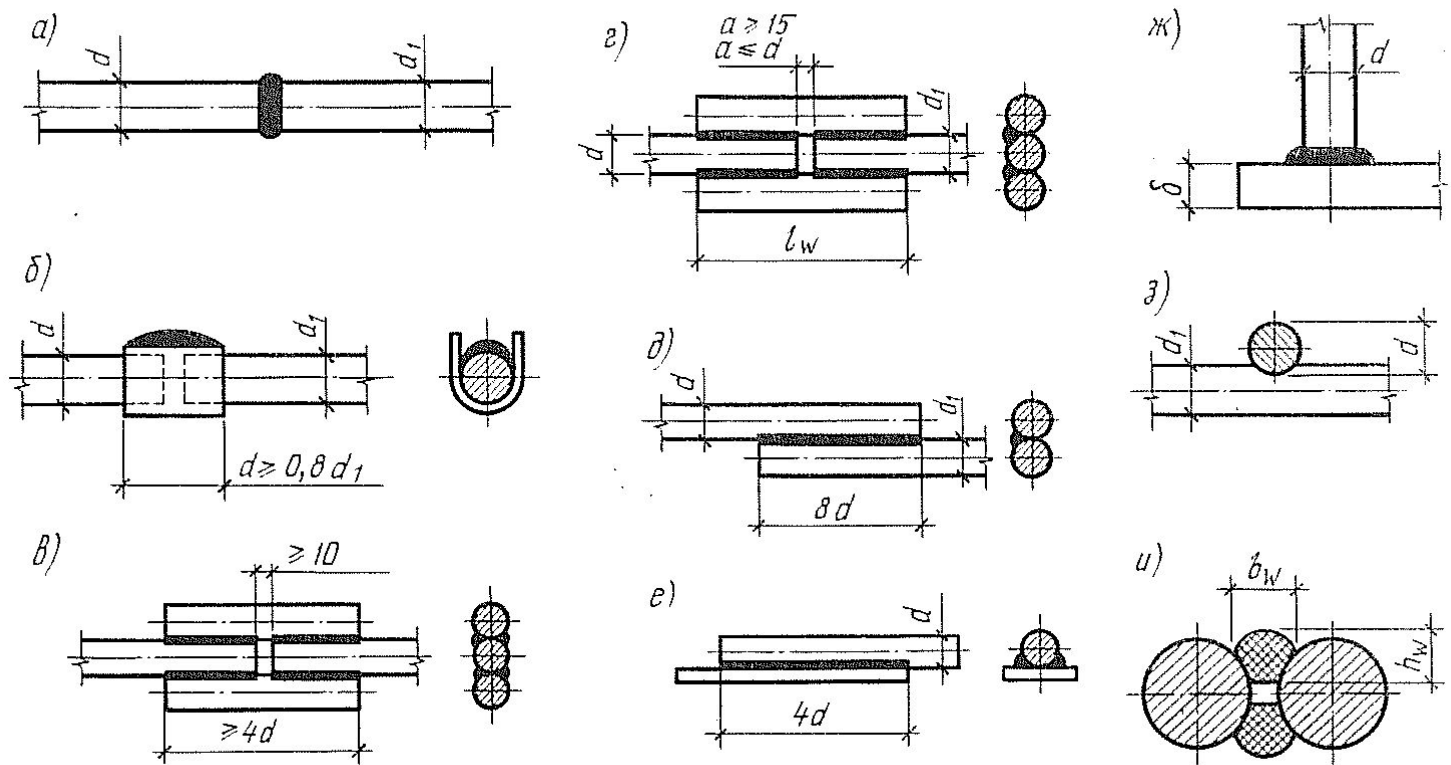


Рис. Сварные стыки ненапрягаемой арматуры:

- а – контактный; б – ванный в инвентарной форме; в – двусторонний шов с накладками;
- г – односторонний шов с накладками; д – нахлесточный при соединении двух стержней;
- е – то же, при соединении стержня с пластиной; ж – тавровый при соединении стержня перпендикулярно пластине; з – контактно-точечный при соединении пересекающихся стержней сеток и каркасов; и – ширина и высота сварного шва

Степень насыщения бетона изгибаемой конструкции рабочей арматурой определяется коэффициентом армирования

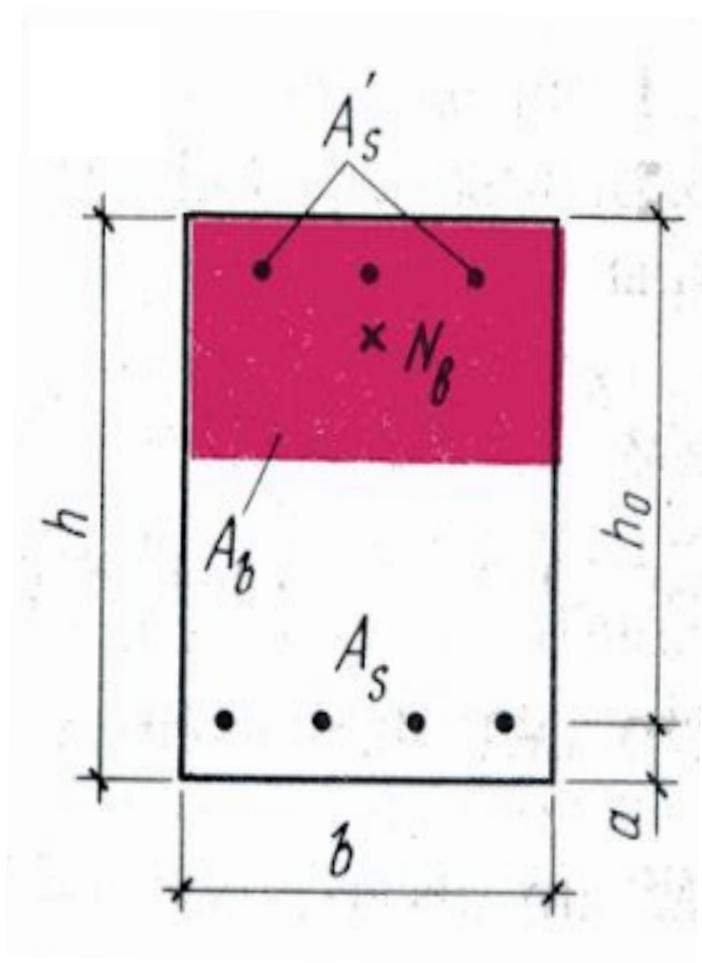
$$\mu = \frac{A_s}{A} = \frac{A_s}{bh_0}$$

Процент
армирования

$$\mu = \frac{A_s}{bh_0} \cdot 100\%$$

Рекомендуется придерживаться следующих величин %-ов армирования в конструкциях:

- плитах $\mu = 0,4 \div 0,8\%$
- в балках $\mu = 0,5 \div 2,5\%$
- в колоннах $\mu = 0,4 \div 3\%$



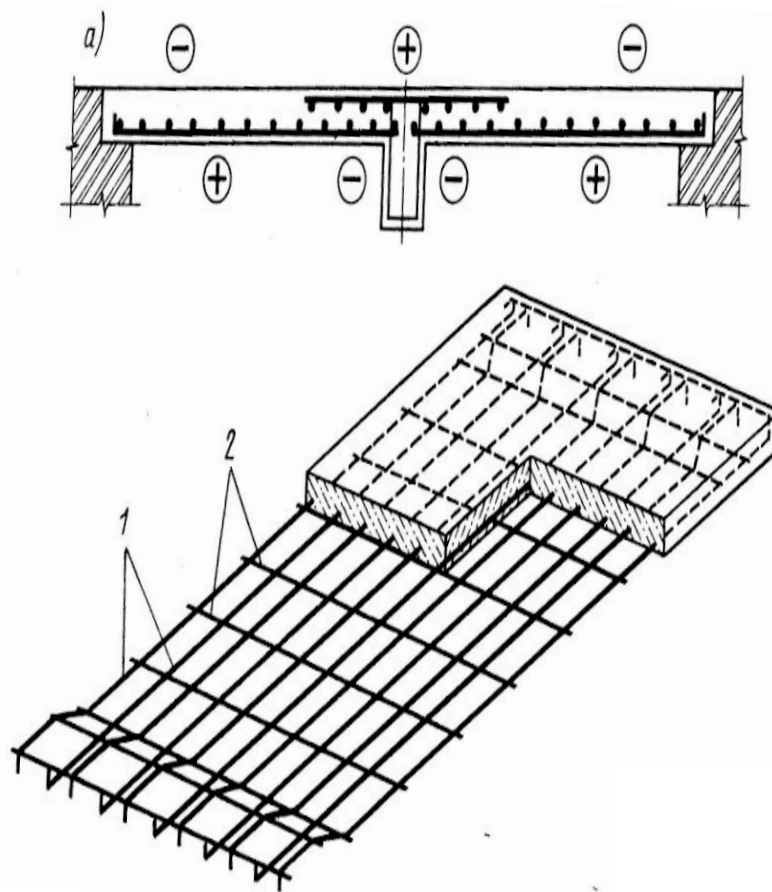


Рис. Армирование железобетонных конструкций: а -плиты
1 – рабочая арматура; 2 – конструктивная.

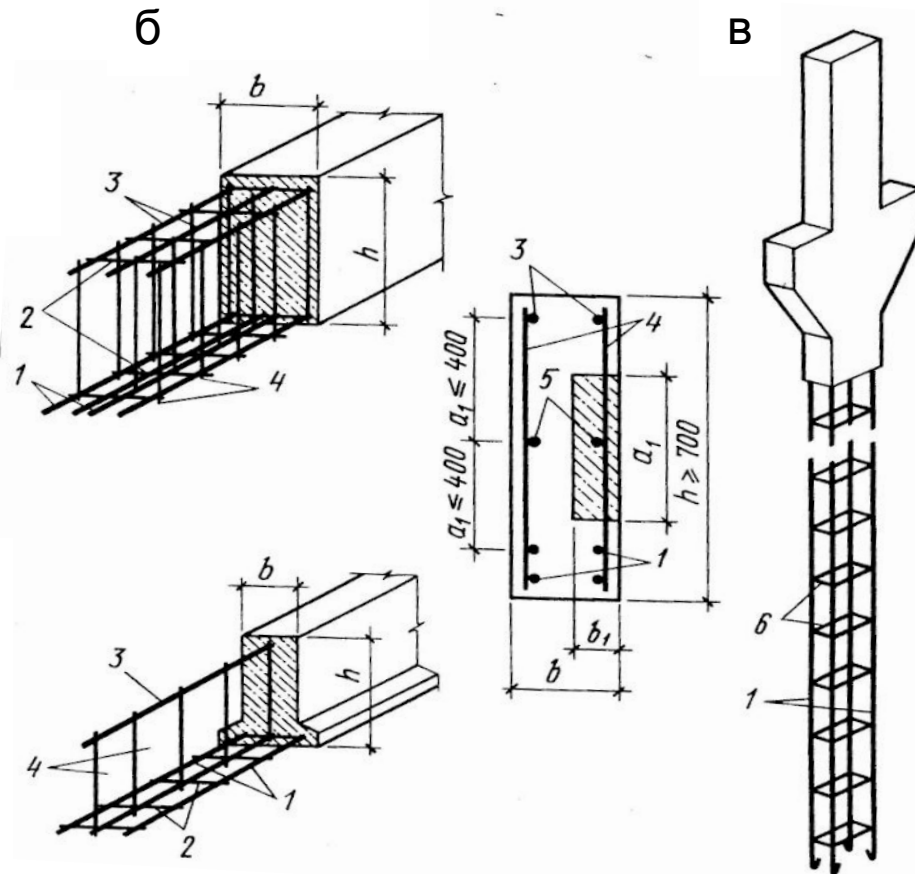


Рис. Армирование железобетонных конструкций:

б – балки; в – колонны;

1 – рабочая арматура; 2 – конструктивная; 3 – монтажная;

4 – поперечные стержни балок, привариваемые к рабочей и монтажной арматуре;

5 – конструктивная продольная арматура; 6 – хомуты каркасов колонн.