

Свойства бетона



Бетон – комплексный строительный материал, в котором крупные и мелкие каменные заполнители, соединенные вяжущим, сопротивляются нагрузкам как одно монолитное тело.

Состав бетона

Вяжущее вещество



Заполнители (щебень, песок)



Вода



Добавки



Классификация бетонов (ГОСТ 25192-2012).

1. Основное назначение:

- конструкционные. Используются для изготовления строительных конструкций;
- специальные. Вид бетона зависит от его назначения.



Конструкционный бетон



Ячеистый бетон – может использоваться в качестве теплоизоляционного материала



Прозрачный бетон - Шумисон



Полимербетон

2. По стойкости к видам коррозии:

А - бетоны, эксплуатируемые в среде без риска коррозионного воздействия;

Б - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием карбонизации;

В - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием хлоридов;

Г - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием попеременного замораживания и оттаивания;

Д - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей химическую коррозию.

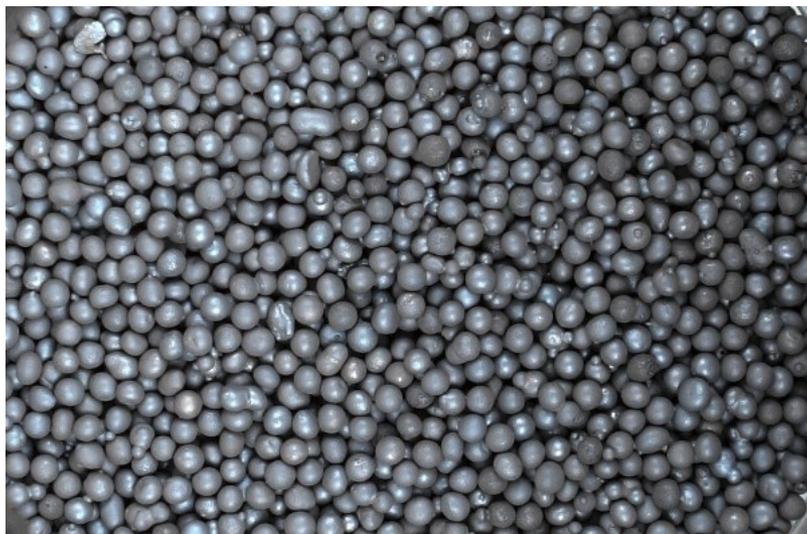
3. По виду вяжущего:

- цементные;
- известковые;
- шлаковые;
- гипсовые;
- специальные.



4. По виду заполнителей:

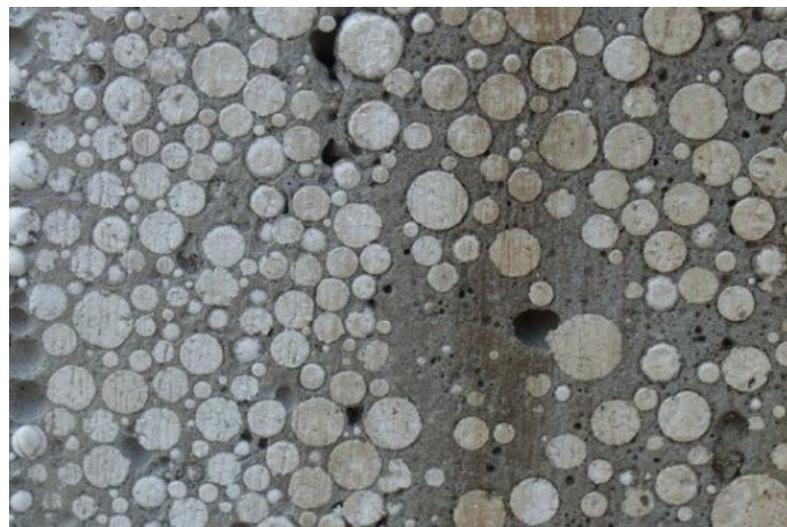
- плотные (на гравии или щебне);
- пористые;
- специальные.



Металлическая дробь



Блоки из керамзитобетона



Полистиролбетон

5. По структуре:

- плотные;
- поризованные;
- ячеистые;
- крупнопористые.



Тяжелый бетон плотной структуры



Ячеистый бетон



Поризованный керамзитобетон



Крупнопористый бетон

6. По условиям твердения:

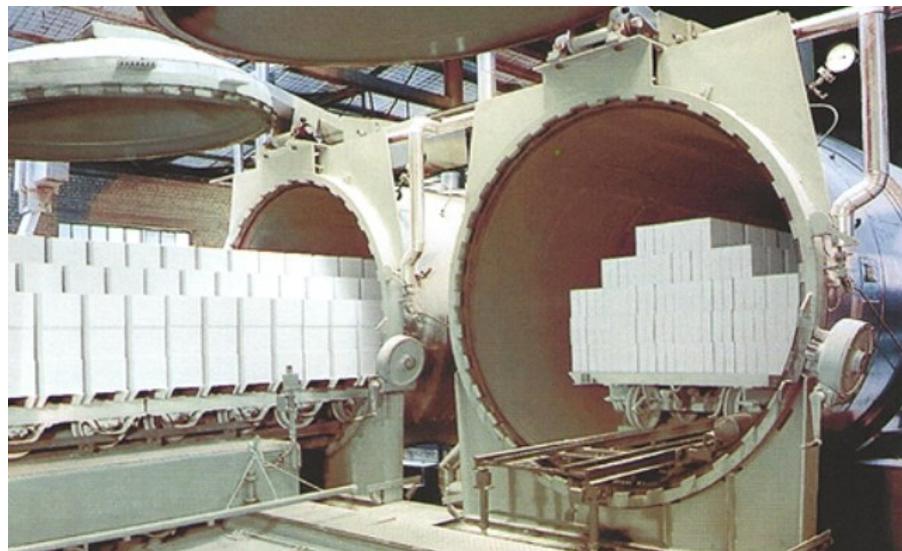
- в естественных условиях;
- в условиях тепловой обработке при атмосферном давлении;
- в условиях тепловой обработке при давлении выше атмосферного.



Твердение бетона в естественных условиях



Пропарочная камера



Автоклав

7. По прочности:

- средней прочности (до В50);
- высокопрочные (В55 и выше).

8. По скорости набора прочности в нормальных условиях:

- быстротвердеющие;
- медленнотвердеющие.

9. По средней плотности.

10. По морозостойкости.

11. По водонепроницаемости.

12. По истираемости:

- низкой истираемости;
- средней истираемости;
- высокой истираемости.

Свойства бетона

```
graph TD; A[Свойства бетона] --- B[Прочностные]; A --- C[Деформативные]; A --- D[Физические];
```

Прочностные

Деформативные

Физические

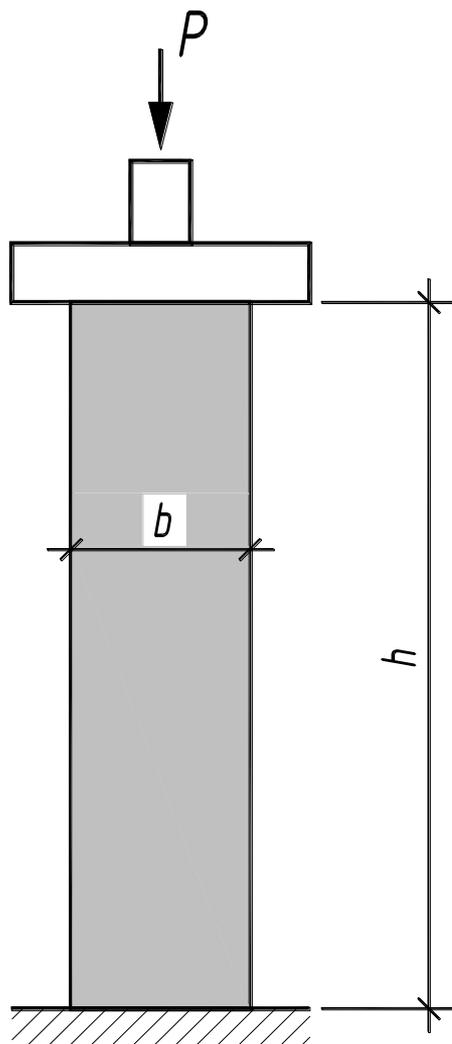
Прочностные свойства.

1. Кубиковая прочность – временное сопротивление бетонных кубов сжатию.



Размер кубов, см	Условная прочность
10×10×10	1,1
15×15×15	1
20×20×20	0,9

2. Призменная прочность – временное сопротивление бетонных призм сжатию.



$$\frac{h}{b} = 4$$

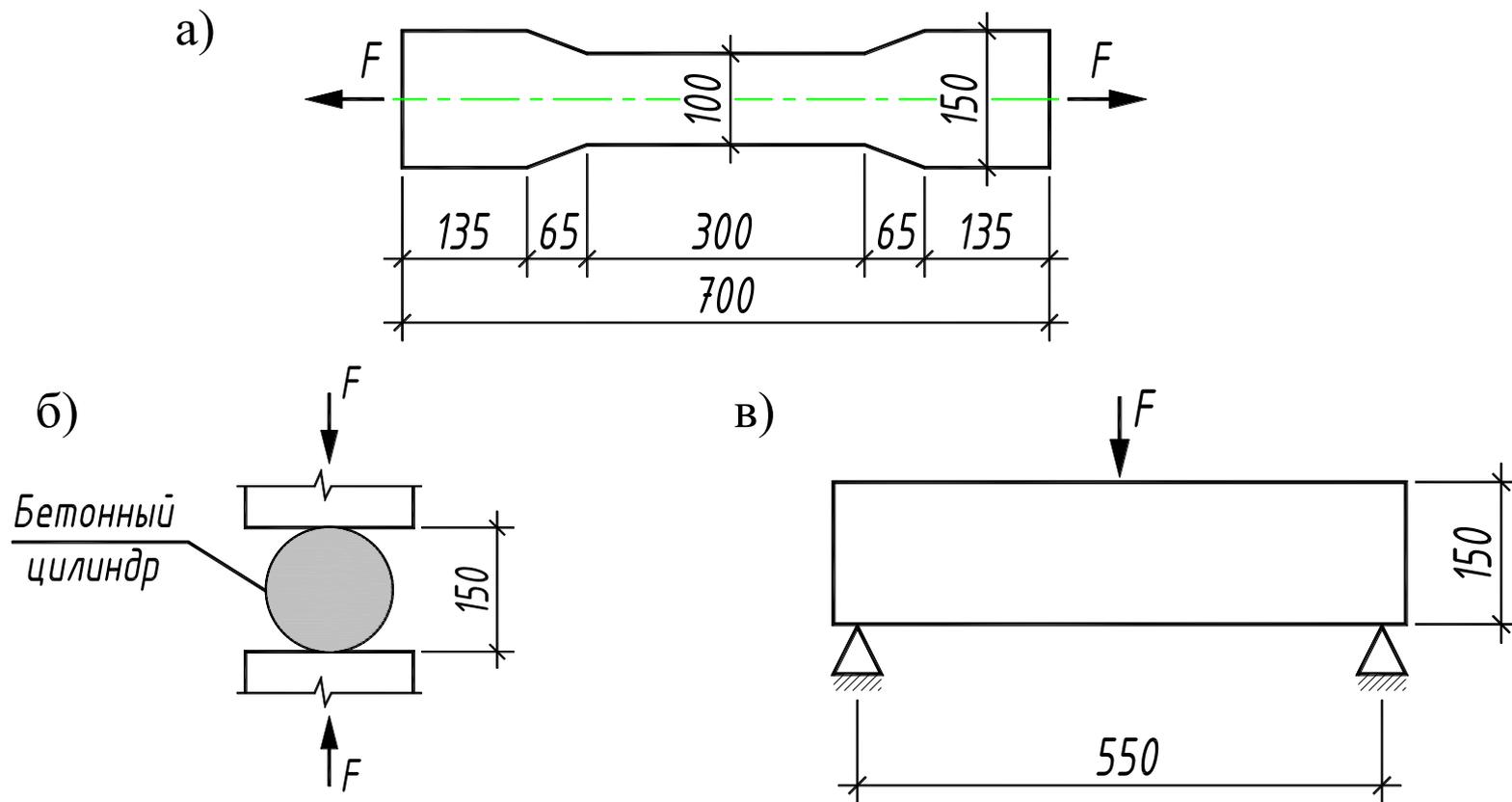
Соотношение призменной прочности к кубиковой прочности:

$$\frac{R_b}{R} \approx 0,7 \div 0,8$$

R_b – призменная прочность;
 R – кубиковая прочность.

3. Прочность на осевое растяжение.

Схемы испытания образцов



а – испытание на осевое растяжение образца в форме гантели;

б – испытание цилиндрического образца на раскалывание;

в – испытание бетонной балки на изгиб

Эмпирическая зависимость предела прочности бетона на растяжение (R_{bt}) с кубиковой прочностью (R):

$$R_{bt} = 0,5 \cdot \sqrt[3]{R^2}$$

4. Прочность на срез и скалывание.

Схема испытания на срез

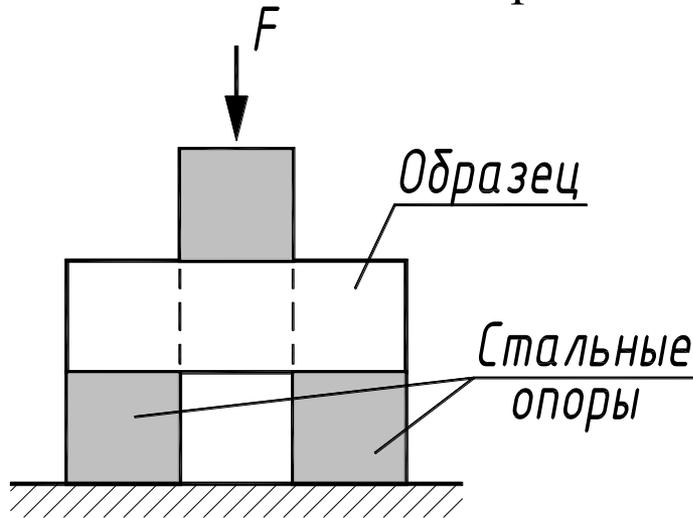
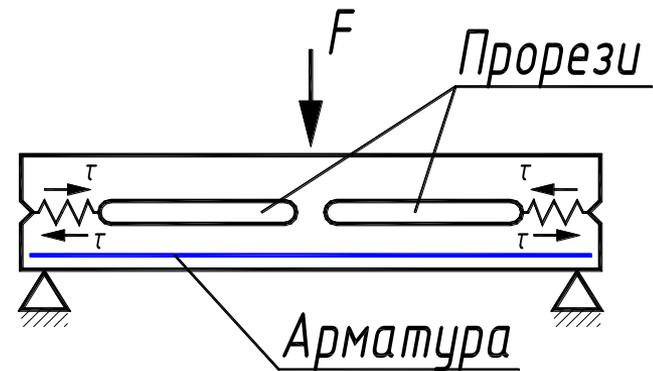


Схема испытания на скалывание



Эмпирическая зависимость предела прочности бетона на срез и скалывания (R_{sh}) с пределом прочностью на растяжение (R_{bt}):

$$R_{sh} = 2 \cdot R_{bt}$$

Прочность бетона на сжатие (кубиковая прочность) и прочность бетона на осевое растяжение являются основными характеристиками бетона, которые называются **классами**.

Под **классом** бетона по прочности на сжатие (B) понимают среднестатистическое значение временного сопротивления (в МПа) эталонных образцов (кубы $15 \times 15 \times 15$ см), изготовленных и испытанных через 28 суток хранения при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ с обеспеченностью не менее 0,95.

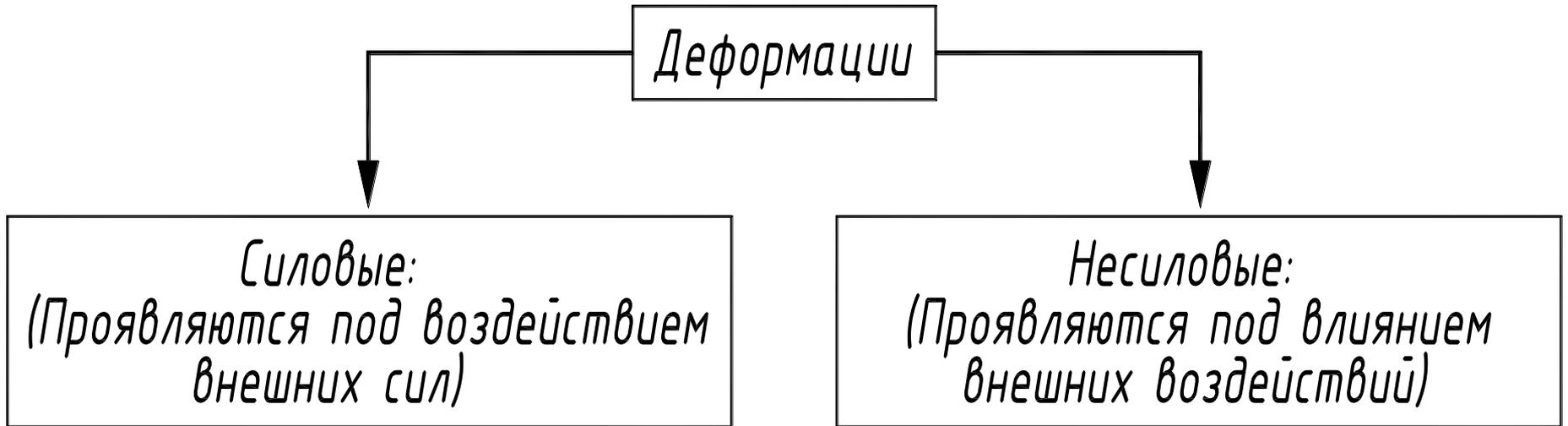
Определение класса бетона:

1. Определение среднего значения временного сопротивления образцов:
$$B_m = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}$$
2. Определение среднего квадратического отклонения:
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_m - B_i)^2}{n - 1}}$$
3. Определение коэффициента вариации:
$$v = \frac{S}{B_m}$$
4. Определение класса бетона:
$$B = B_m \cdot (1 - \chi \cdot v)$$

n – количество образцов;

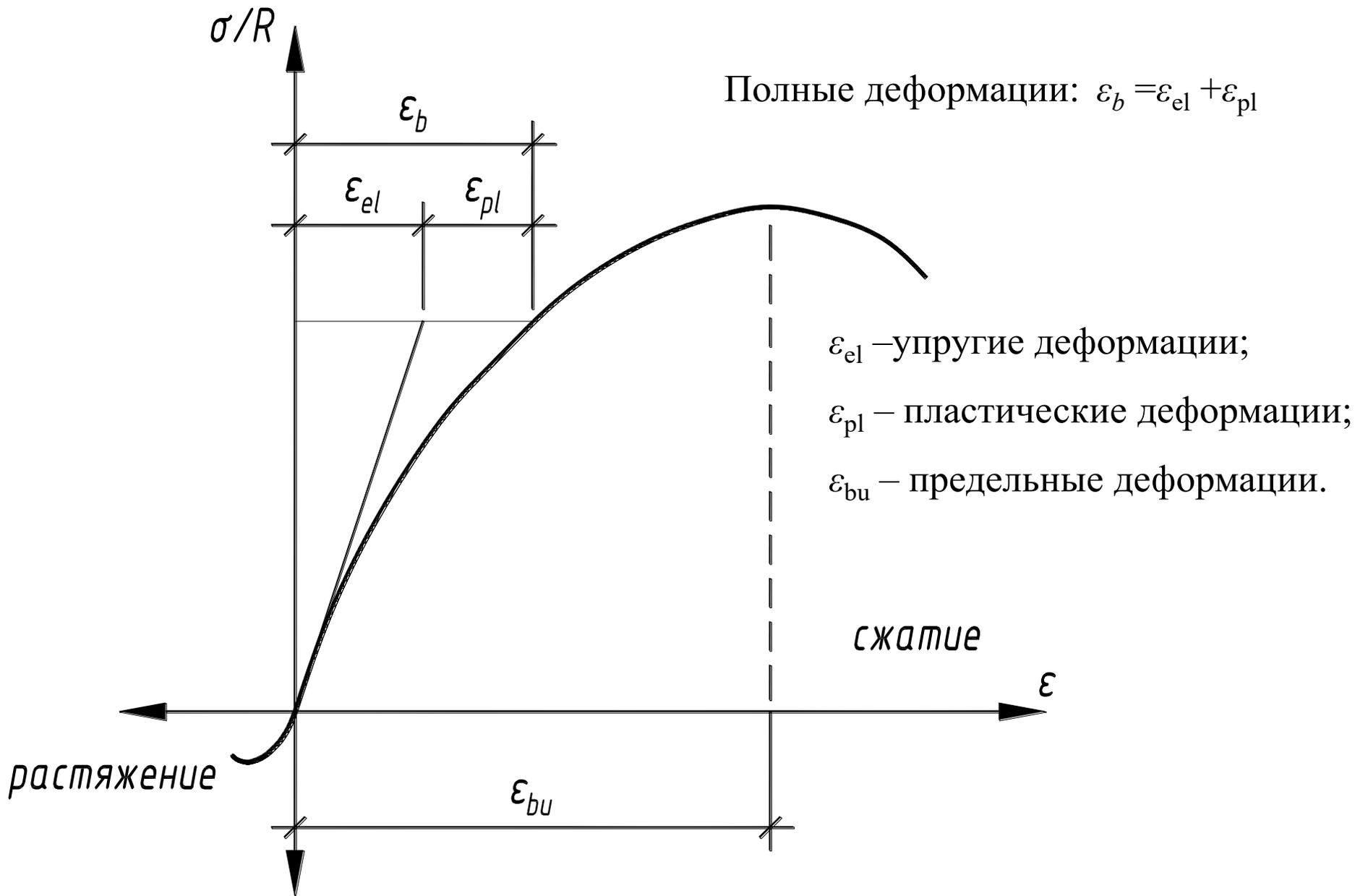
$\chi = 1,64$ – коэффициент, учитывающий обеспеченность равной 0,95.

Деформативные свойства.

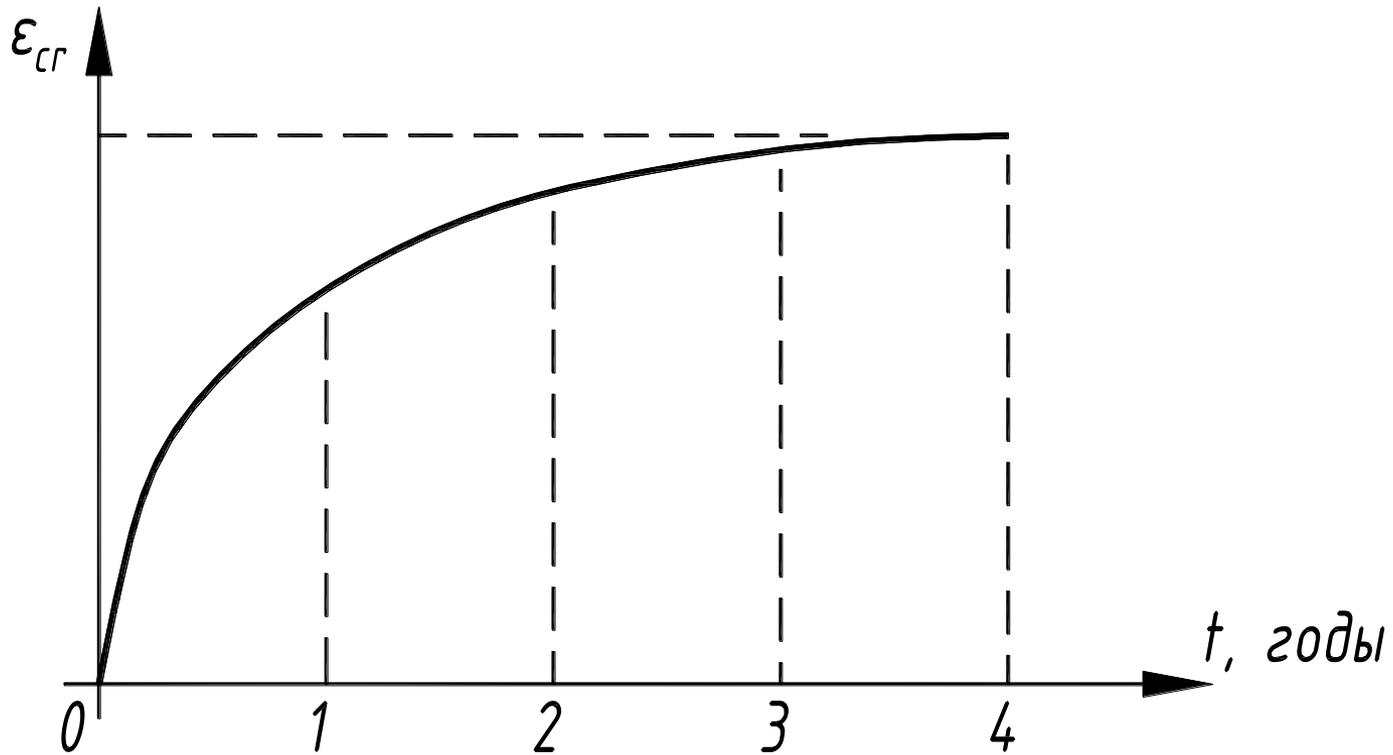


Силовые деформации:

- при кратковременном нагружении;
- при длительном нагружении.



Зависимость деформаций бетона от напряжения при кратковременном сжатии и растяжении



Зависимость деформаций бетона во времени при
длительном нагружении (сжатии)

Значения предельных деформаций:

при сжатии: $\epsilon_{bu} = 0,002-0,0025$ (0,8-4 мм/м);

при растяжении: $\epsilon_{btu} = 0,0001-0,0002$ (0,1-0,2 мм/м).

Основные характеристики силовых деформаций бетона:

Начальный модуль упругости: $E_b = \frac{\sigma_b}{\varepsilon_{el}}$

σ_b – напряжения в бетоне, при которых бетон работает упруго;
 ε_{el} – упругие деформации бетона.

Модуль упругопластичности: $E'_b = E_b \cdot \nu$

ν – коэффициент упругости бетона ($0 < \nu < 1$).

Модуль сдвига: $G = 0,4 \cdot E_b$

Несиловые деформации бетона:

1. Усадка.
2. Набухание.
3. Температурные деформации.

Физические свойства.

Водонепроницаемость – способность бетона не пропускать воду. Определяется по «мокрому пятну».



Прибор УВБ-МГ4

Водонепроницаемость определяют по максимальному давлению воды, при котором на образцах не наблюдается просачивание воды.



Водонепроницаемость бетона оценивается маркой.
Диапазон значений – от **W2** до **W20**.

По водонепроницаемости бетоны подразделяются:

- низкой водонепроницаемости (марки менее W4);
- средней водонепроницаемости (марки от W4 до W12);
- высокой водонепроницаемости (марки более W12).



Марку по водонепроницаемости назначают для конструкций, к которым предъявляют требования по ограничению водонепроницаемости.

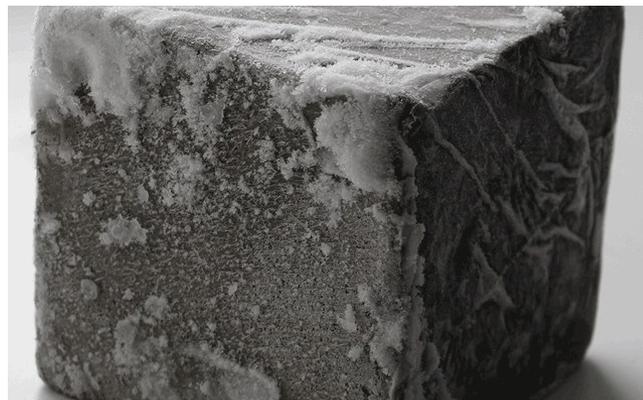
Морозостойкость – способность бетона в водонасыщенном или насыщенном раствором соли состоянии выдерживать многократное замораживание и оттаивание без внешних признаков разрушения, снижения прочности, изменения массы и других технических характеристик.

Морозостойкость оценивается маркой.

Диапазон значений – от **F15** до **F1000**.

По морозостойкости бетоны подразделяются:

- низкой морозостойкости (марки менее F50);
- средней морозостойкости (марки от F50 до F300);
- высокой морозостойкости (марки более F300).



Марку по морозостойкости назначают для конструкций, подвергающихся воздействию попеременного замораживания и оттаивания.

Плотность бетона – удельная собственная масса бетона.

В зависимости от плотности, бетоны подразделяются на марки по средней плотности.

Диапазон значений – от **D500** до **D2500** (ГОСТ25192-2012).

1. Особо легкие (марка по средней плотности менее D800).
2. Легкие (марки по средней плотности от D800 до D2000).



Пенобетон. Марки по средней плотности от D500 до D1200.



Керамзитобетон. Марки по средней плотности от D700 до D1800.

3. Тяжелые (марки по средней плотности более D2000 до D2500).

4. Особо тяжелые (марки по средней плотности более D2500).

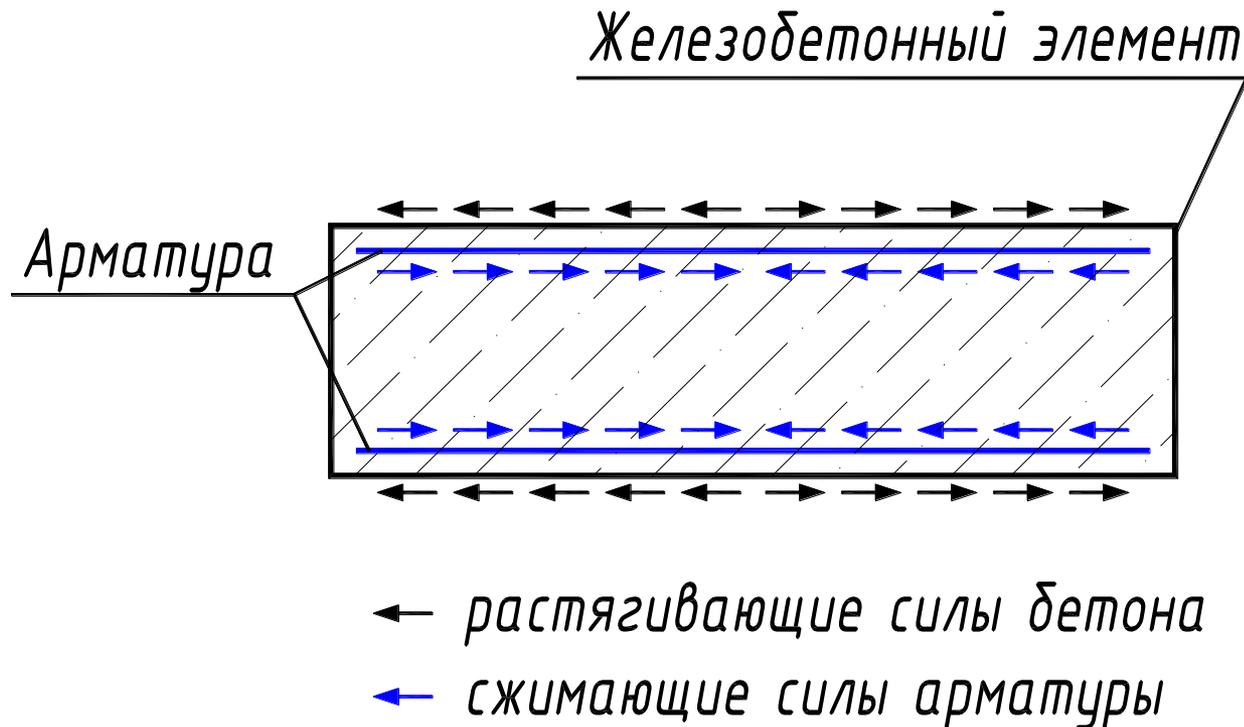


Тяжелый бетон. Марки по средней плотности от D2000 до D2500.

Марка по средней плотности устанавливается для конструкций, к которым предъявляются требования по теплоизоляции.

Марка напрягающего бетона по самоупрежнению (S_p) представляет собой значение предварительного напряжения в бетоне, МПа, создаваемого в результате его расширения при коэффициенте продольного армирования равного 0,01.

Диапазон значений – от $S_p 0,6$ до $S_p 4$.



Марка по самоупрежнению устанавливается для самоупреженных конструкций.