

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Часть первая

2018 г.

Литература по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции»

1. Бондаренко В.Н. и другие «Железобетонные и каменные конструкции», 2008
2. Кумпяк О.Г. И другие «Железобетонные и каменные конструкции», 2009
3. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М., Стройиздат, 1989.
4. СП 63.13330.2012 (Свод правил). Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения (Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003). М., 2012

5. СП 52-101-2003 (Свод правил) Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М., 2004
СП 52-102-2004 (Свод правил) Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М., 2005
6. СП 20.13330.2016 (Свод правил). Нагрузки и воздействия (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*). М., 2016
7. СП 15.13330.2012. Каменные и армокаменные конструкции. М., 2012

Физико-механические свойства материалов железобетонных конструкций

• Сущность железобетона

Железобетоном называется комплексный материал, состоящий из бетона и заключенной в нем стальной арматуры.

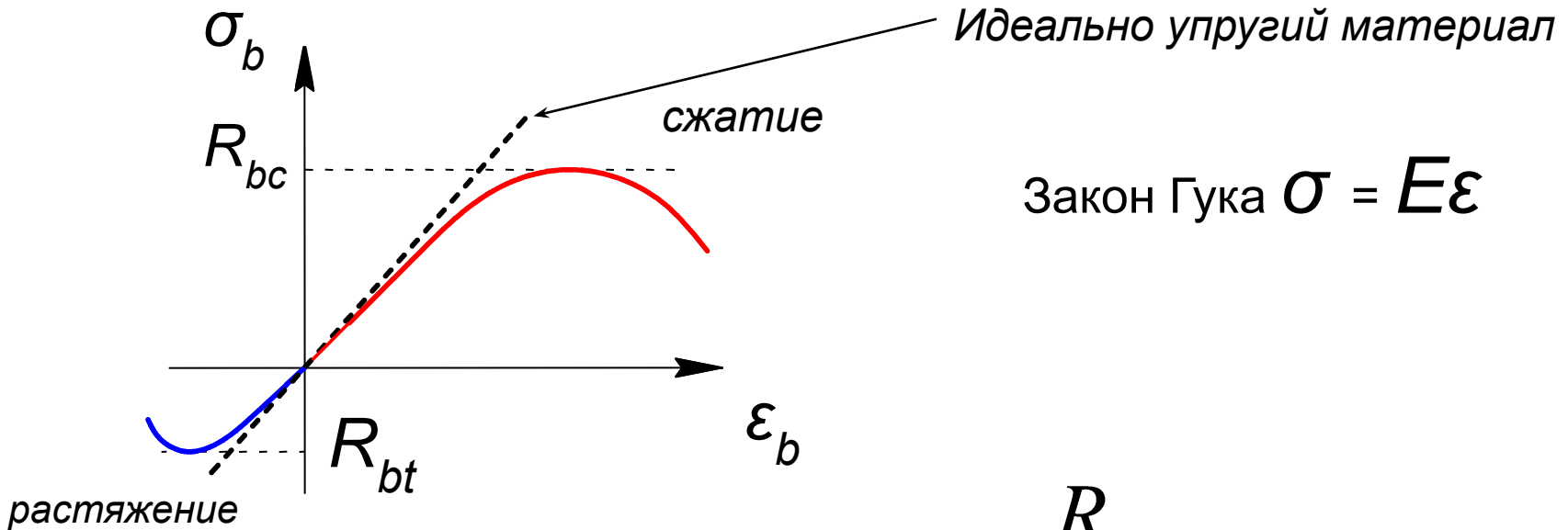
Место железобетонных конструкций среди других конструкций:

- $\approx 75\%$ - железобетонные конструкции;
- $\approx 15\%$ - металлические конструкции;
- $\approx 7\%$ - каменные конструкции;
- $\approx 3\%$ - деревянные конструкции;

Особенности бетона

1) Бетон обладает криволинейной и несимметричной диаграммой $\sigma - \varepsilon$

Бетон лучше работает на сжатие. Бетон - неупругий материал



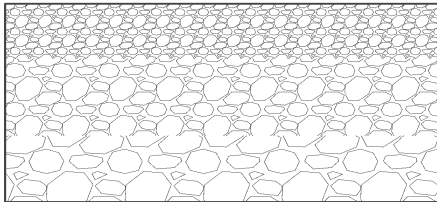
R_b - прочность бетона на сжатие
 R_{bt} - прочность бетона на растяжение

$$\frac{R_{bc}}{R_{bt}} = 10 \div 20$$

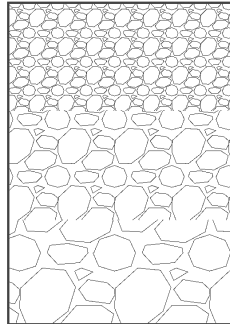
2. Бетон - неоднородный материал (крупный, мелкий заполнитель)
3. Бетон - анизотропный материал (различные свойства в различных направлениях)

Бетонируем призму:

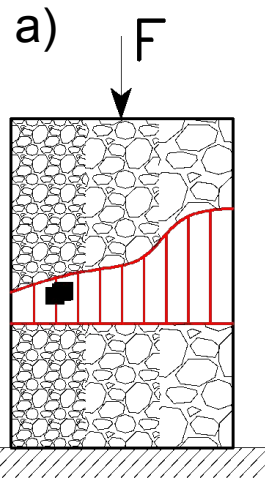
а) в горизонтальном положении



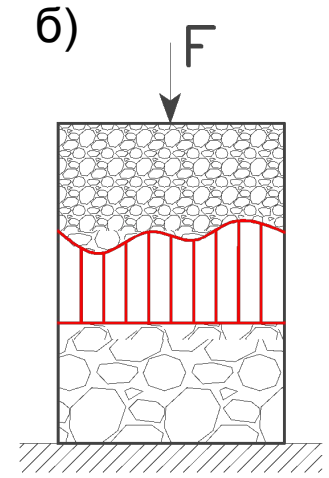
б) в вертикальном положении



Испытываем на сжатие



Распределенное напряжение



4. Бетон обладает начальными собственными напряжениями:

а) за счет усадочных процессов в бетоне (усадка)

б) за счет физико-химических процессов, протекающих внутри бетона (экзотермический процесс)

• Особенности арматуры

- Арматура обладает разными диаграммами $\sigma_s - \varepsilon_s$

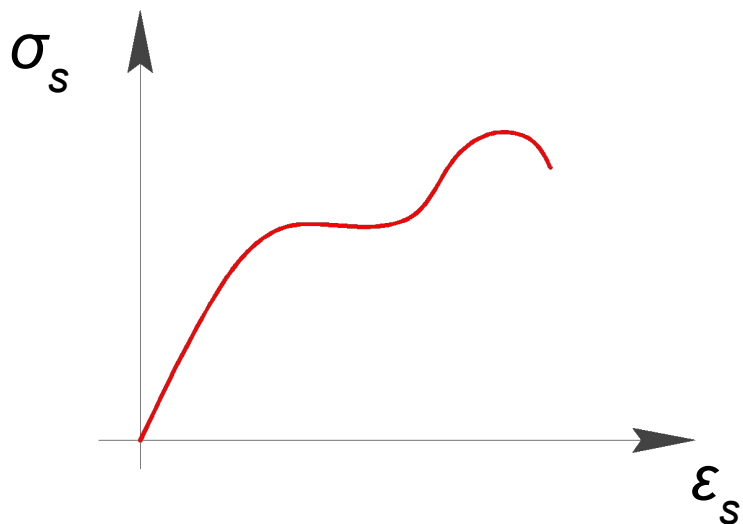


Диаграмма с площадкой текучести (мягкие стали)

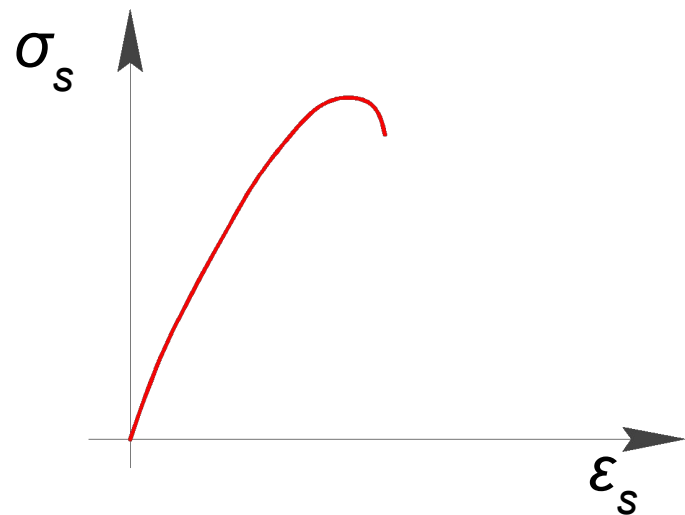


Диаграмма без площадки текучести (твердые стали)

- Арматура имеет широкий диапазон прочности

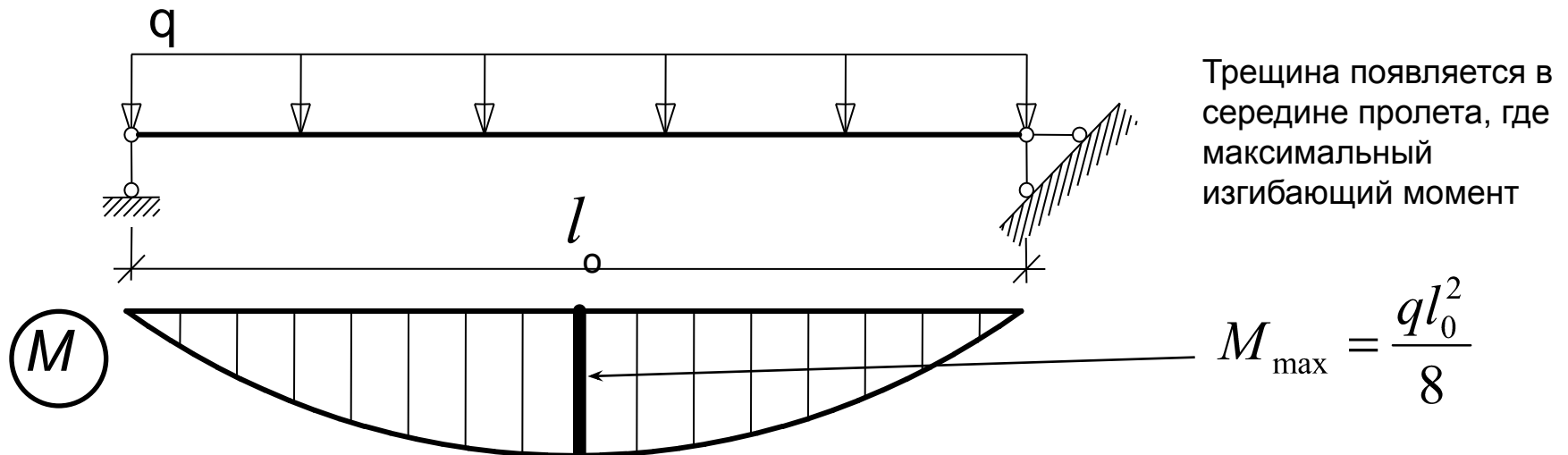
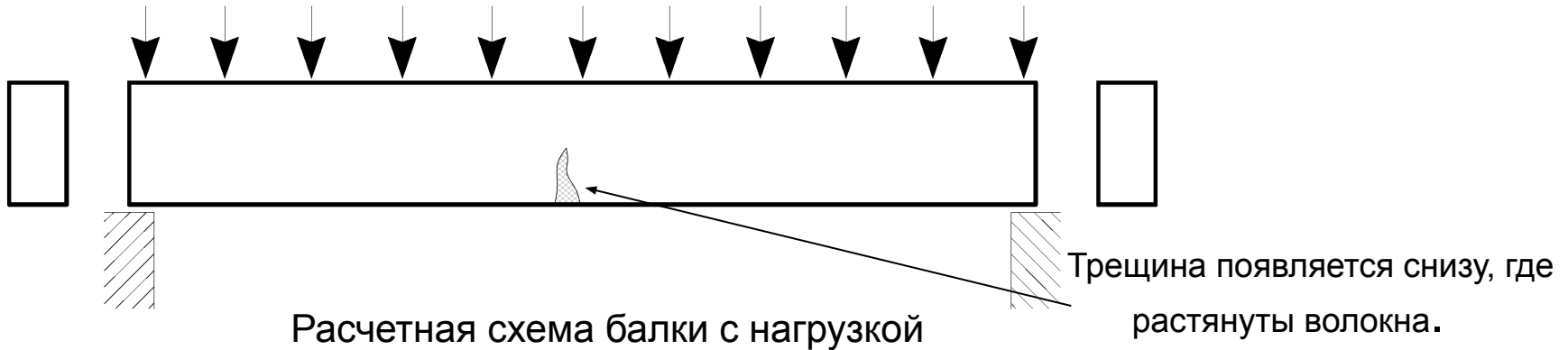
240 – 1700 МПа

• Особенности железобетона

• Изгибаемые элементы

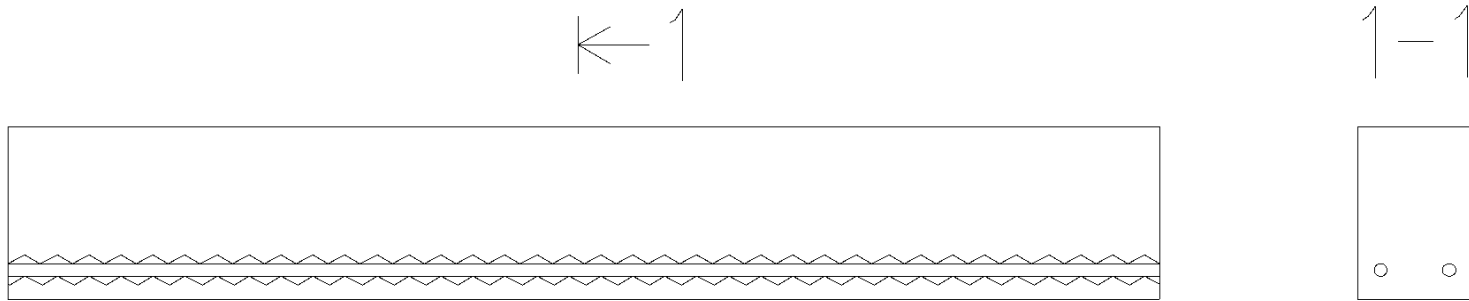
А. Образование трещин нормальных к продольной оси элемента.

Бетонная балка

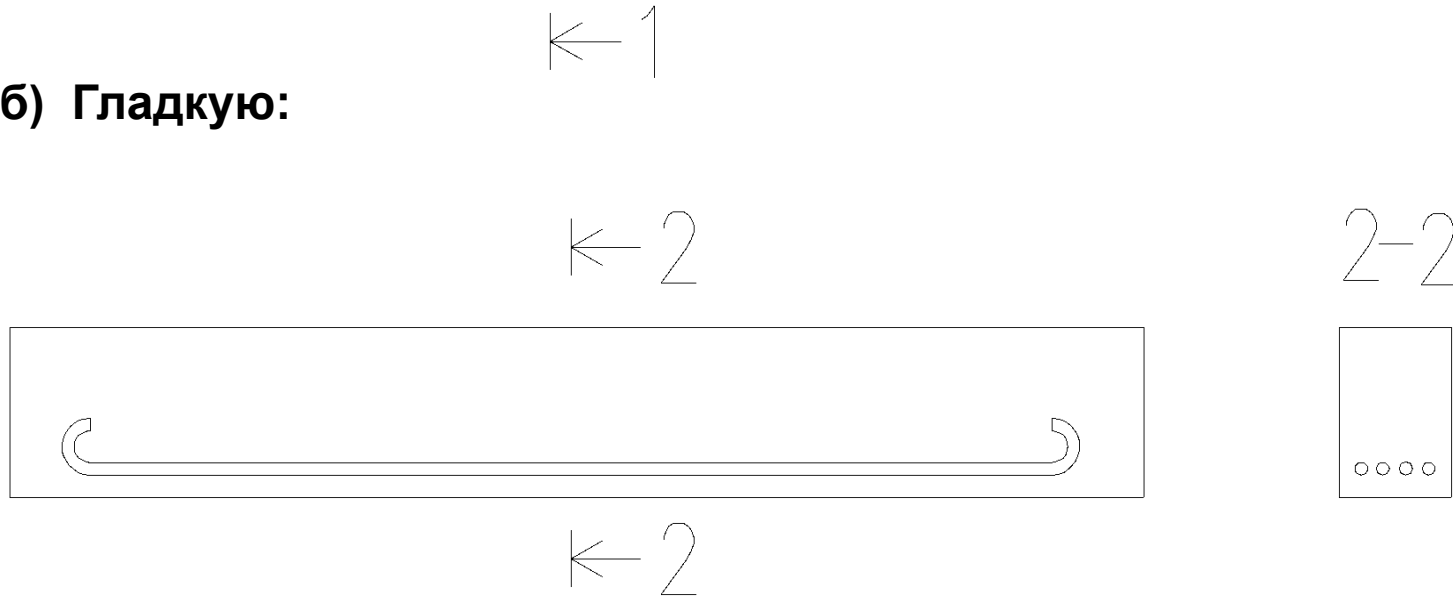


Поместим в растянутую зону балки продольную арматуру:

а) Периодического профиля:



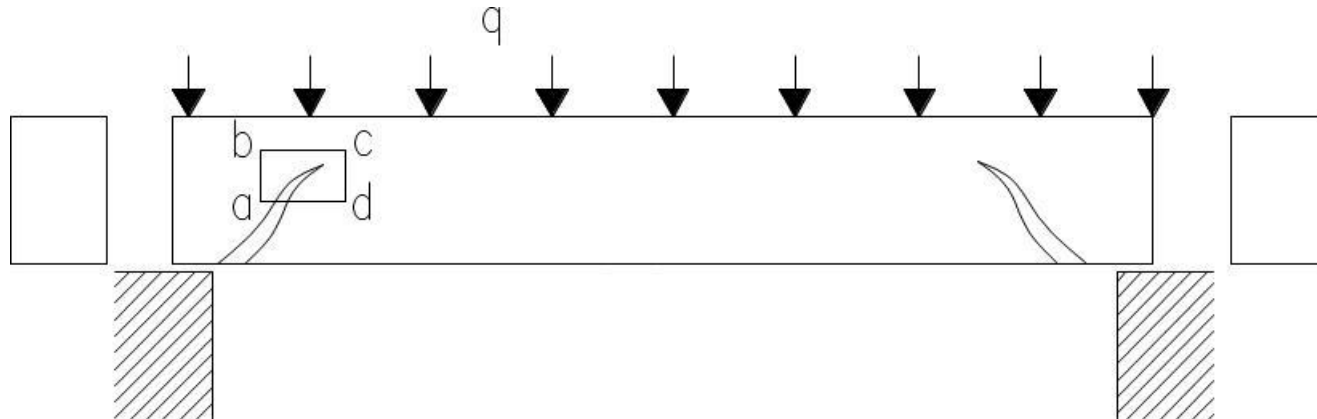
б) Гладкую:



Несущая способность железобетонной балки будет больше, чем бетонной

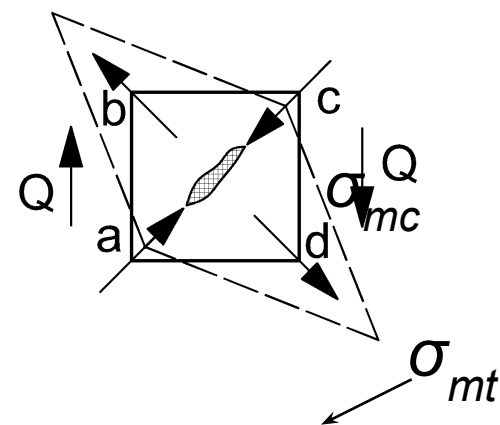
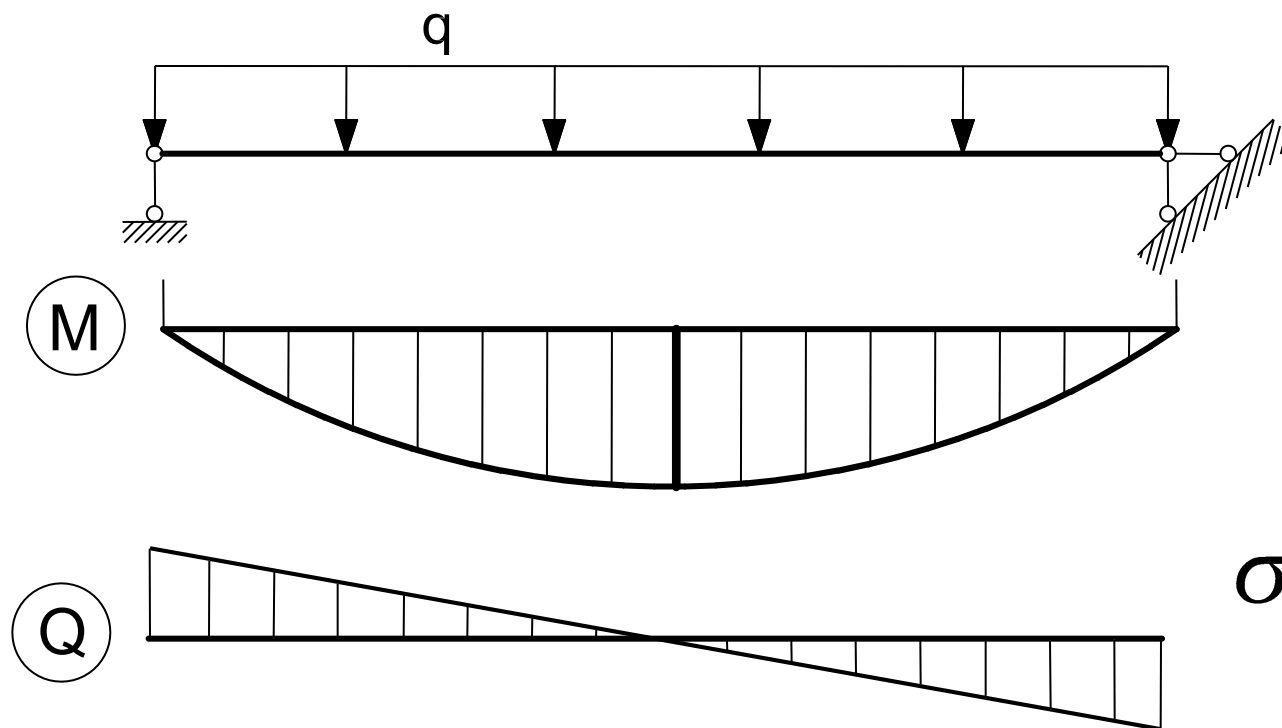
Б. Образование трещин, наклонных к продольной оси элемента

Бетонная балка



Наклонные трещины появляются на опорах, где максимальная поперечная сила

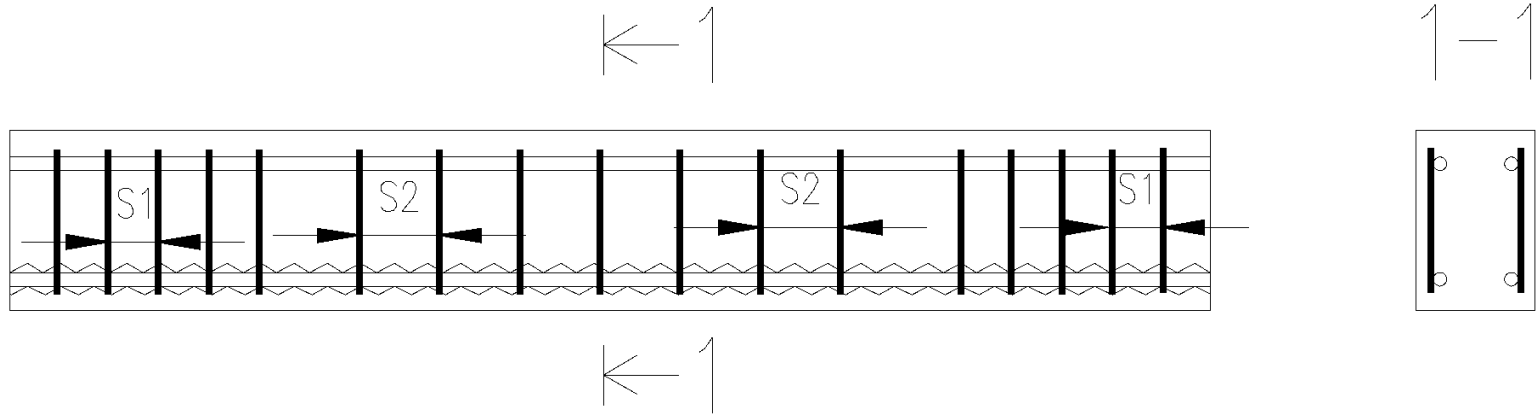
Расчётная схема балки с нагрузкой



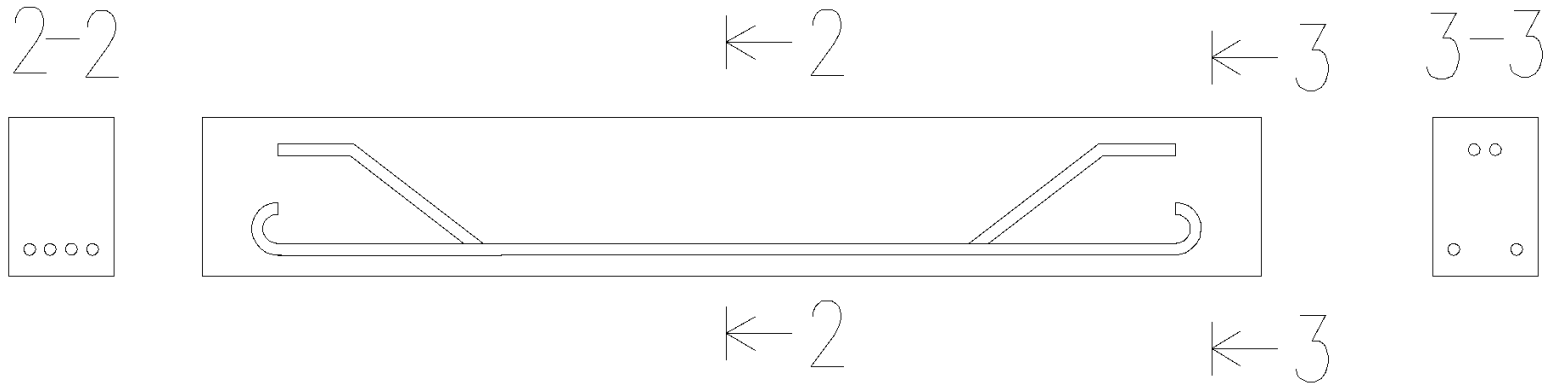
$$\sigma_{mt\ mc} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2}$$

Поместим в балку поперечную арматуру:

а) Поперечные стержни:



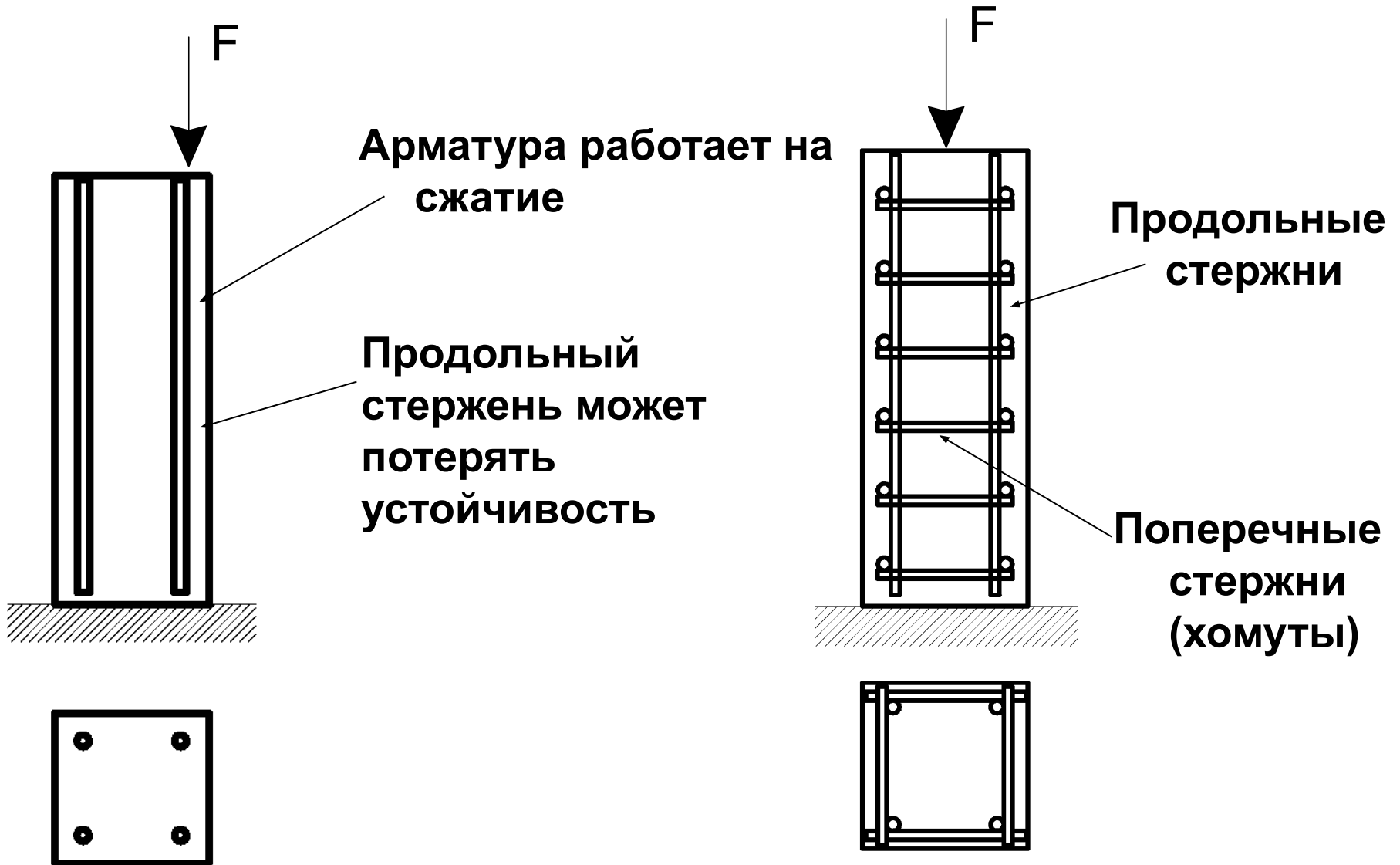
б) Отгибы:



Несущая способность железобетонной балки по наклонным сечениям будет больше, чем бетонной

• Сжатый элемент

Арматуру ставят для увеличения прочности конструкции на сжатие

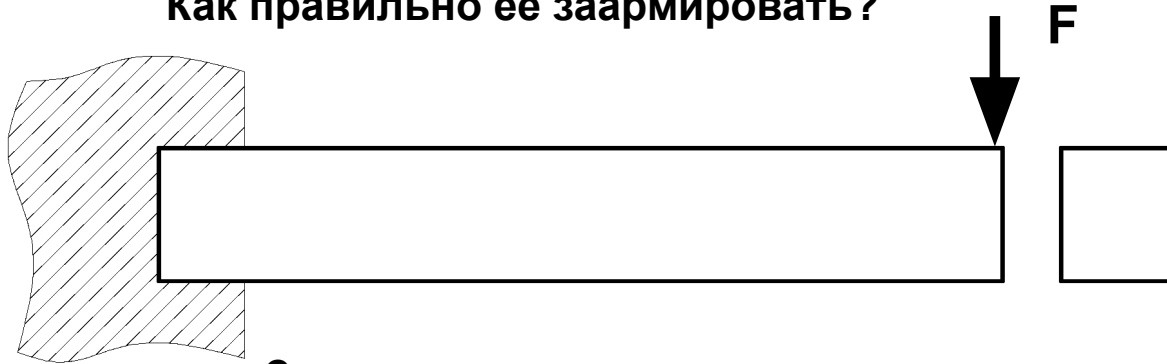


- **Совместная работа бетона и арматуры осуществляется:**

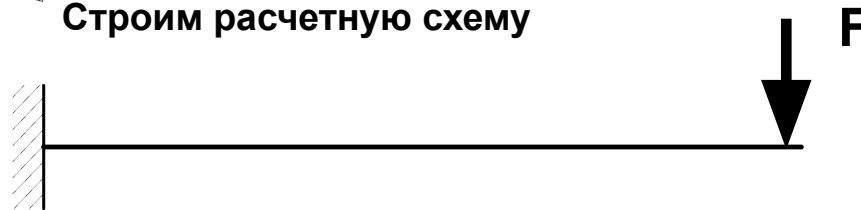
- 1) За счет хорошего сцепления бетона и арматуры
- 2) У бетона и арматуры примерно одинаковые коэффициенты температурного линейного расширения
- 3) Бетон является защитой арматуры от коррозии

Пример:

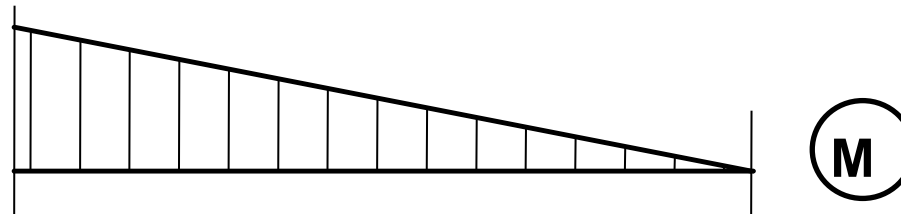
Возьмем бетонную балку, защемленную в стену и нагруженную сосредоточенной силой на конце.
Как правильно её заармировать?



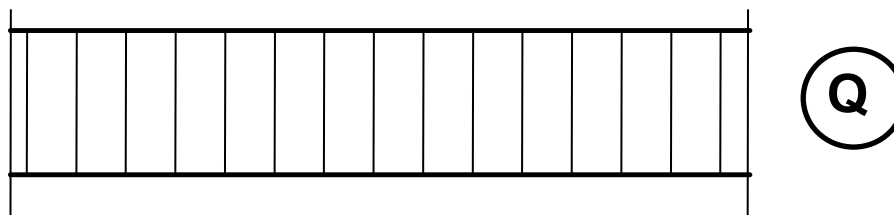
Строим расчетную схему



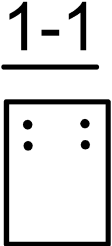
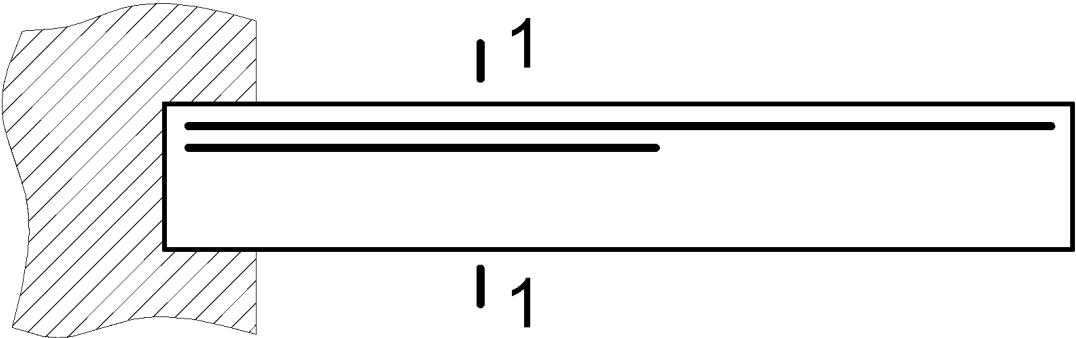
Строим эпюру усилий M



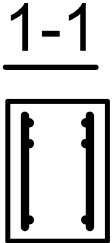
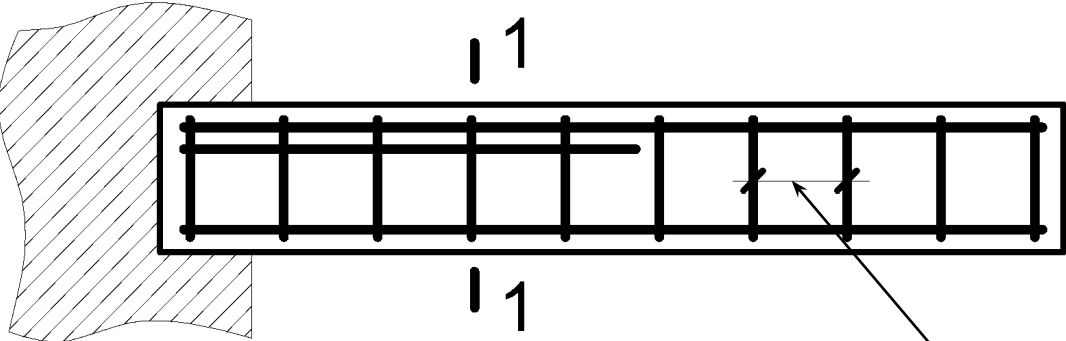
Строим эпюру усилий Q



Ставим продольную арматуру в соответствии с эпюрой - **M**



Ставим поперечную арматуру в соответствии с эпюрой - **Q**



S = const

3. Достоинства и недостатки железобетона

Достоинства:

- 1) Долговечность
- 2) Огнестойкость
- 3) Противодействие атмосферным воздействиям
- 4) Радиационная стойкость
- 5) Экономия металла
- 6) Возможность использования местных материалов
- 7) Низкие эксплуатационные расходы.

Недостатки:

- 1) Большой собственный вес
- 2) Возникновение трещин
- 3) Высокая тепло- и звукопроводность

4. Способы изготовления железобетонных конструкций

Сборные – изготавливаются на заводе и монтируются на строительной площадке

Монолитные – возводятся на строительной площадке

Сборно-монолитные – сборная часть выполняется на заводе, а на строительной площадке – монолитная

• Сборные железобетонные конструкции

Достоинства:

- Возможность автоматизации процессов на заводах
- Снижение трудоемкости на строительной площадке
- Возможность использования высокопрочных материалов (бетона и арматуры)
- Возможность возведения конструкций в зимний период

Недостатки:

- Дополнительные расходы на транспортировку
- Большие расходы на закладные детали
- Меньшая жесткость конструкции

• Технологии изготовления сборных конструкций

1) **Конвейерная** - *принудительное движение конструкций по конвейеру.*

Применяется для изготовления элементов небольшой массы.

Технологический процесс включает в себя:

- А - подготовку формы;
- Б - установку арматуры;
- В - формование;
- Г - термовлажностную обработку;
- Д - распалубку;
- Е - складирование

2) Поточно-агрегатная технология - технологический ритм перемещения не установлен.

Форма с изделиями передвигается от одного агрегата (технологического поста) к другому, как правило, с помощью мостового крана. Технологически мероприятия выполняют отдельные звенья рабочих или бригада переходит от одного поста к другому.

3) Стендовая технология – стационарное изготовление конструкций на одном месте.

Бригада рабочих, выполнив очередную операцию, переходит от одного изделия к другому. Так изготавливают крупногабаритные и предварительно напрягаемые элементы

Монолитные конструкции –

- возводятся на строительной площадке укладкой бетонной смеси в опалубку.

Достоинства:

- 1) пространственная неразрезность зданий и сооружений;
- 2) повышенная огнестойкость и надёжность зданий и сооружений;
- 3) хорошая сопротивляемость сейсмическим воздействиям.

Недостатки:

- 1) сезонность работ - при низких температурах возрастает стоимость возведения;
- 2) затраты на устройство опалубки;
- 3) более тяжелые условия труда – на открытых площадках

Сборно-монолитные конструкции –

– комплексные конструкции, в которых сборный и монолитный железобетон работает под нагрузкой как единое целое.

Сборный железобетон одновременно является несъемной опалубкой и до омоноличивания воспринимает нагрузки, действующие в монтажный период.

Такие конструкции сочетают положительные стороны сборного и монолитного вариантов.

5. Области применения железобетона

- 1) Промышленные здания:



2) Гражданские здания различной этажности, включая высотные

- ЖИЛЫЕ



*Комплекс 25-этажных домов,
Марьинский парк, мкрн.43*

- ГОСТИНИЦЫ



*Гостиница Ирис
в г. Москве*

- учебные заведения



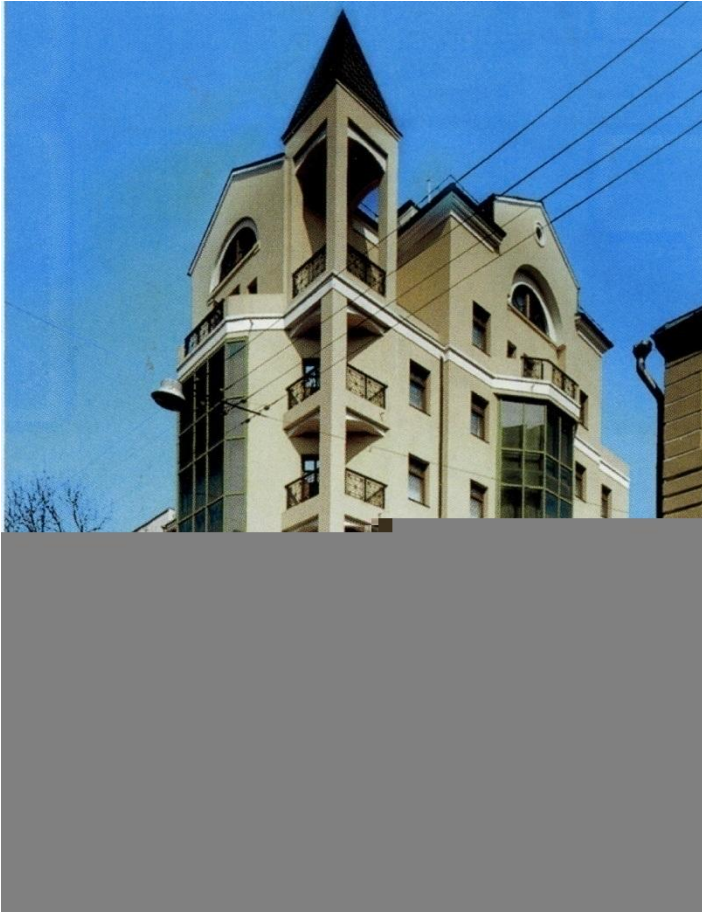
*Здание МГСУ
на Ярославском ш., д.26*

- библиотеки



Библиотека МГУ

- административные здания



*Административное здание,
ул.Трубная, д.25*

- офисы



*Офисное здание,
Б,Гнездиковский пер., д.1, стр.1*



- торговые комплексы

"Галерея Аэропорт"



- выставочные залы

Центральный Дом художника (ЦДХ)

3) Инженерные сооружения:

- резервуары



- градирни



- теле- и радиобашни

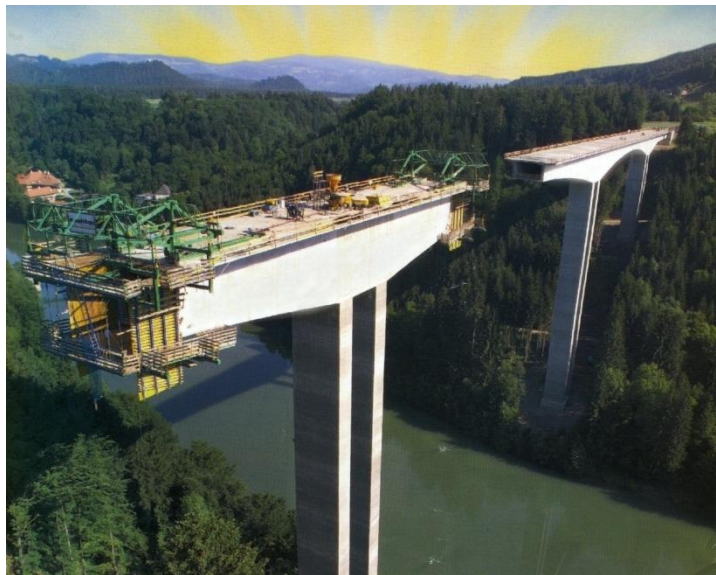


- дымовые трубы



4) Здания и сооружения транспортного строительства:

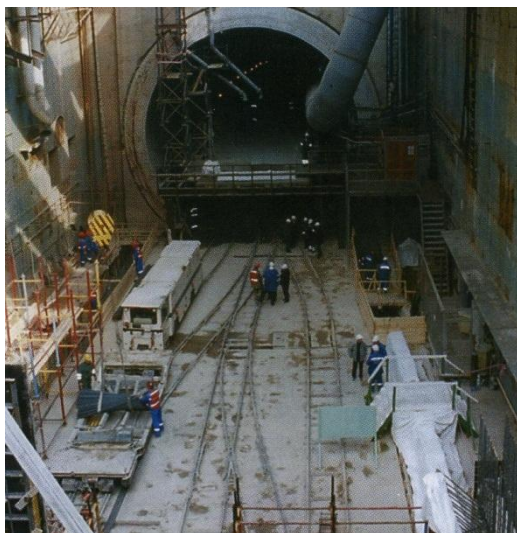
- МОСТЫ



- ЭСТАКАДЫ



- ТОННЕЛИ



*Строительство
Лефортовского тоннеля*

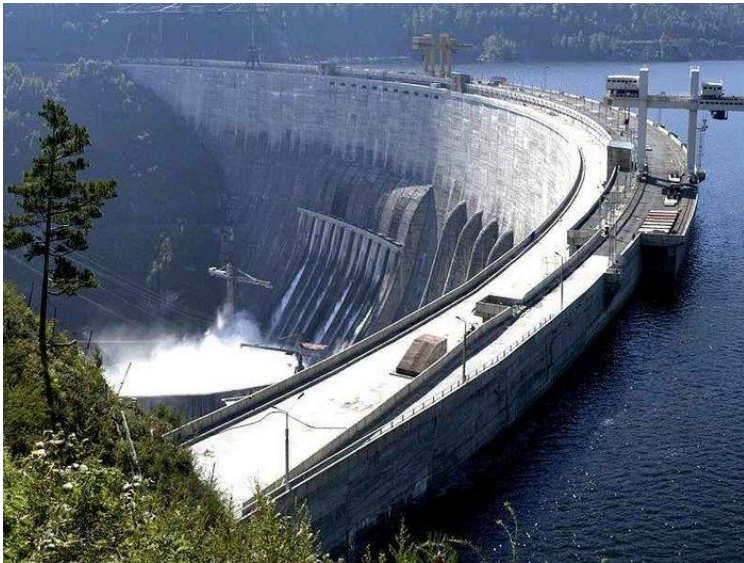
- метростроение



Станция метро Анино

5) Здания и сооружения энергетического строительства:

- гидроэлектростанции



- теплоэлектроцентрали



- атомные станции



6) Тонкостенные пространственные покрытия зданий и сооружений:

- театры



*Оперный театр
в г.Сидней (Австралия)*

- стадионы

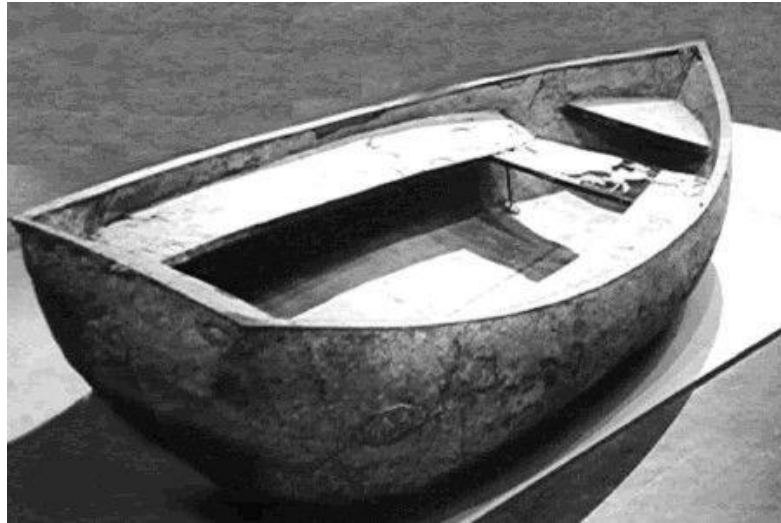


Стадион Дружба

История развития железобетонных конструкций

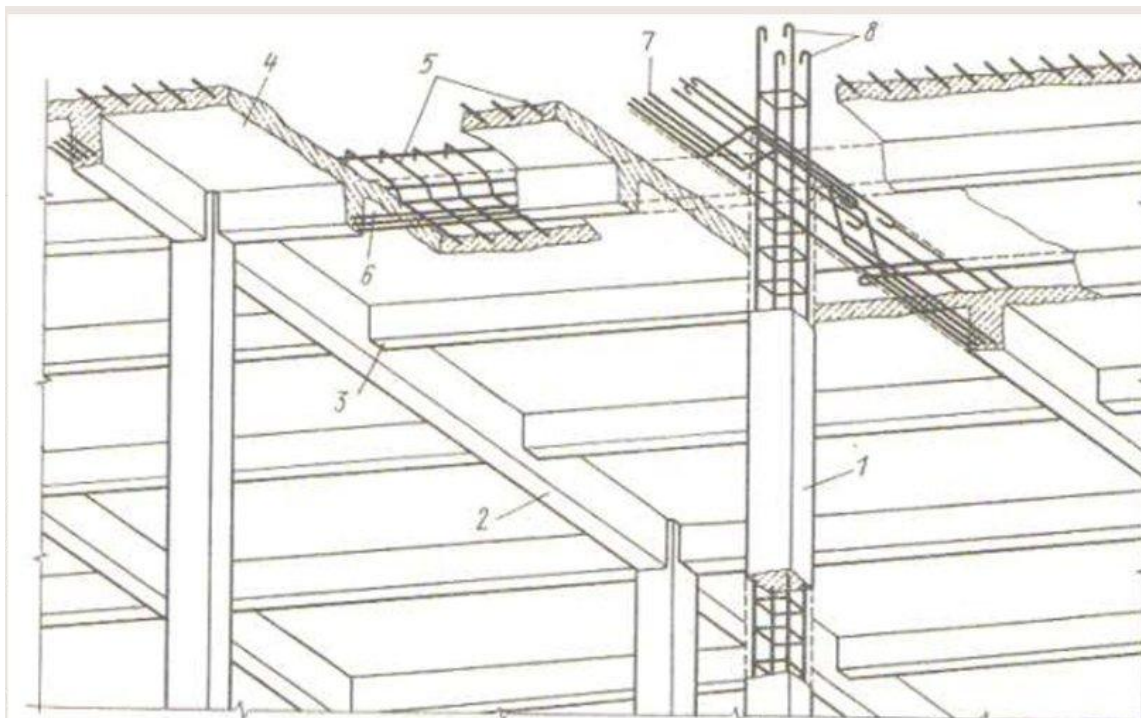
- Из железобетона построены галереи египетского лабиринта (3600 лет до н. э.), часть Великой Китайской стены (III век до н.э.), ряд сооружений на территории Индии, Древнего Рима и в других местах.
- Русские мастера еще в 1802 году при строительстве Царскосельского Дворца применяли армированный бетон, но не считали его новым материалом.

- В 1848 году парижский адвокат **Ж.-Л. Ламбо** первым соорудил лодку из железобетона и представил ее на Парижской выставке в 1855 году



- В 1849 году **Ж. Монье** изготовил кадку для садовых растений, обмазав проволочный каркас цементным раствором. Сочетание этих двух материалов стало называться **железобетоном**.
- В России Ж. Монье получил патент на железобетон в 1880 году.

- Английский штукатур **У. Уилкинсон** в 1854 году получил патент на конструкцию огнестойкого перекрытия, состоящего из железных полос, укладываемых на расстоянии 2 фута друг от друга и заливаемых бетоном.
- Для повышения прочности перекрытия железные полосы укладывались в нижней части сечения, а над опорами отгибались в верхнюю часть.



В России железобетон в строительстве применяется с 1886 г. для перекрытий по металлическим балкам.

Различают три этапа развития железобетона.

Первый этап – конец XIX века. С этого времени вошел в практику метод расчета железобетонных конструкций по допускаемым напряжениям, основанный на законах сопротивления упругих материалов.

На развитие железобетона большое влияние оказали труды Н.М. Абрамова, И.Г. Малюги, А.А. Байкова и др.

В 1904 году в Николаеве был построен железнодорожный маяк по проекту Н. К. Пятницкого и А. Н. Барышникова.

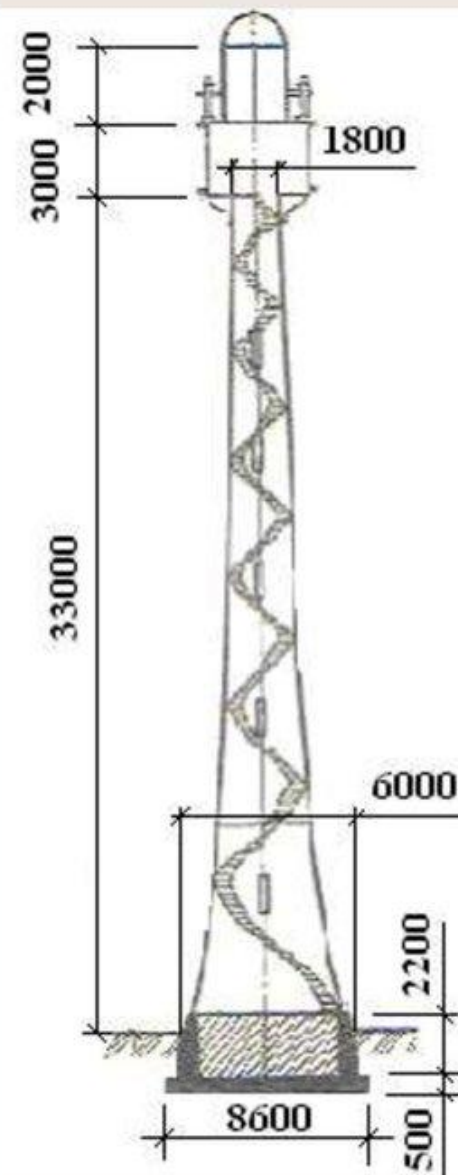
Экспертом проекта был Н. А. Белелюбский.

Это было уникальное сооружение высотой 40,2 м с толщиной стенок от 7,5 до 10 см.

а)

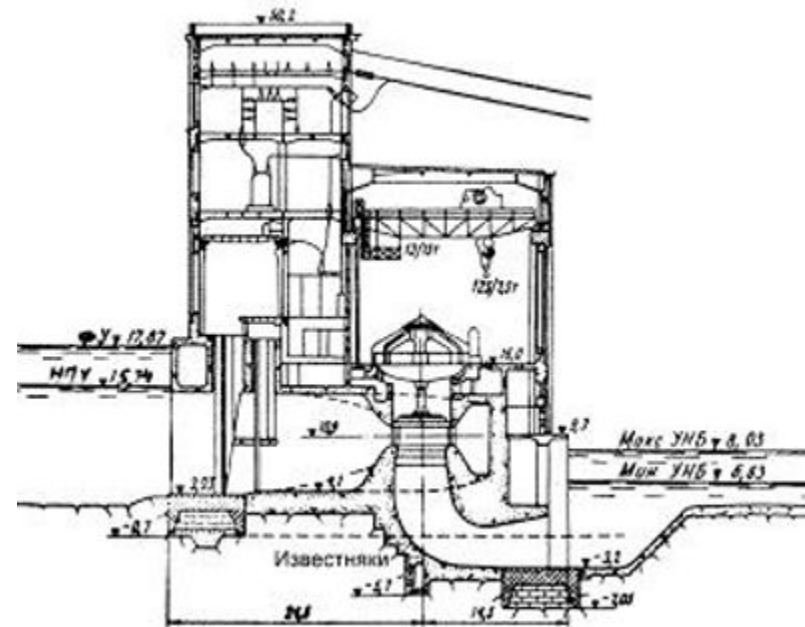


б)



- **Второй этап** – 1917-1950 годы XX века.
- После 1917 г. – широкое применение железобетона в строительстве: были построены Центральный телеграф в Москве, Дом Советов в Ленинграде, Волховская ГЭС.
- В 1928 г. - идея о применении предварительного напряжения (А.В. Гадолин в 1861 году осуществил предварительное напряжение стальных стволов орудий).
- С 1928 г. железобетон широко использовался в строительстве тонкостенных пространственных конструкций: оболочки, складки, шатры, куполы.

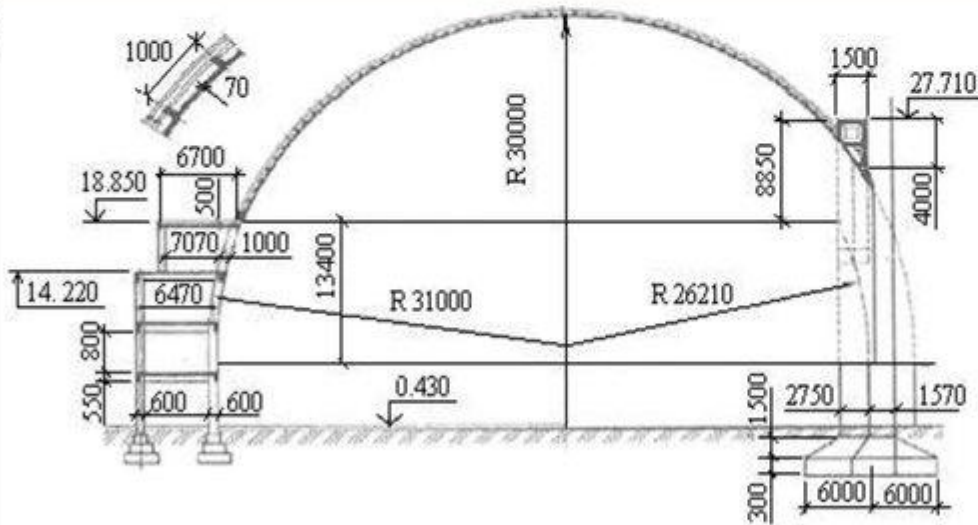
В.З. Власов первым разработал общий практический метод расчета оболочек.



Волховская ГЭС (фотография и схема)



В 1934 г. в г. Новосибирске над зрительным залом оперного театра был сооружен уникальный купол диаметром 55,54 м, разработанный инженерами Б.Ф. Матери и П.Л. Пастернаком.



Новосибирский оперный театр:
а - общий вид (1945 г.); б –разрез.

- **Третий этап** – конец 50-х годов XX века.
- Этот этап характеризуется широкой индустриализацией железобетонного строительства, развитием предварительно напряженных конструкций, внедрением высокопрочных материалов.
- 1984 – 95 годы – новое направление в теории железобетона на основе диаграммно – энергетического подхода, предложенного В.М. Митасовым.

а)



б)

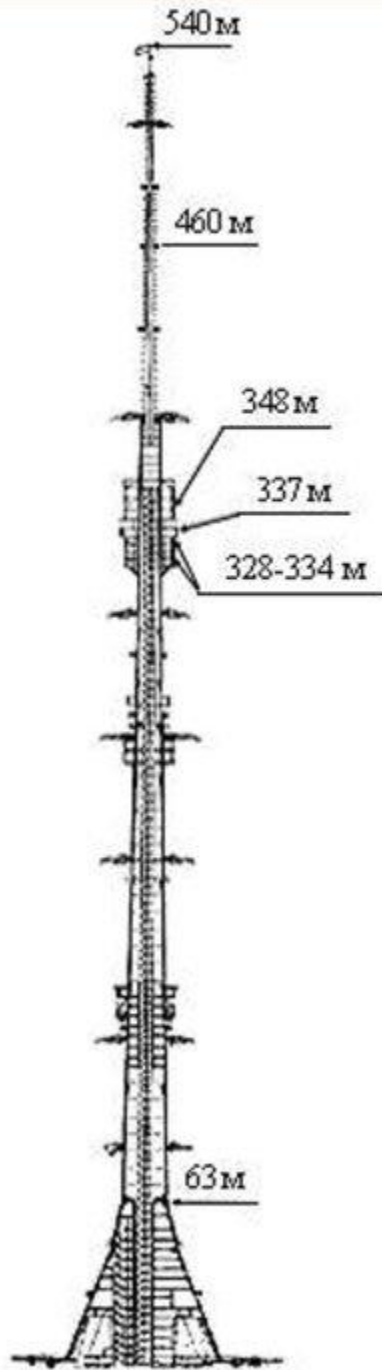


Рис. 1.15. Останкинская башня
а) – фото; б) – схема

- Останкинская телебашня, высота которой в момент окончания ее строительства составила 533,3 м, построена в Москве по проекту инженера-конструктора Н.В. Никитина в 1967 году.

Допустимое отклонение вершины под действием ветра составляет 11,65 м.

Центр тяжести башни находится на высоте 110 м и не выходит за площадь опоры. Фундаментное кольцо имеет диаметр 60 м.

Ствол армирован 150 канатами, растянутыми с силой в 70 тонн.

Сжимающее усилие в теле башни около 10,5 тысяч тонн.