

# Авторский курс лекций

## Железобетонные и каменные конструкции Часть 1

Лектор: Митасов Валерий Михайлович - д-р. техн. наук, профессор, академик международной академии высшей школы

## Основная литература:

1. **СП 63.13330.2012.** Бетонные и железобетонные конструкции. Общие положения.
2. **СНиП 2.03.01-84\***. Бетонные и железобетонные конструкции.
3. **СП 52-101-2003.** Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры.
4. **СП 52-102-2003.** Предварительно напряженные железобетонные конструкции.
5. **СНиП 2.01.07-85\***. Нагрузки и воздействия.
6. **Байков, В.Н., Сигалов, Э.Е.** Железобетонные конструкции. Общий курс. М. - 1989.
7. **Бондаренко, В.М., Суворкин, Д.Г.**  
Железобетонные и каменные конструкции. М. – 1987.
8. **Курмей, Г.Е., Редько, Ю.М., Рохлин, М.А.**  
Электронные методические указания МУР-М к выполнению курсового проекта многоэтажного здания в монолитном варианте

Лекция №1

---

# СУЩНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

# 1. Сущность железобетона

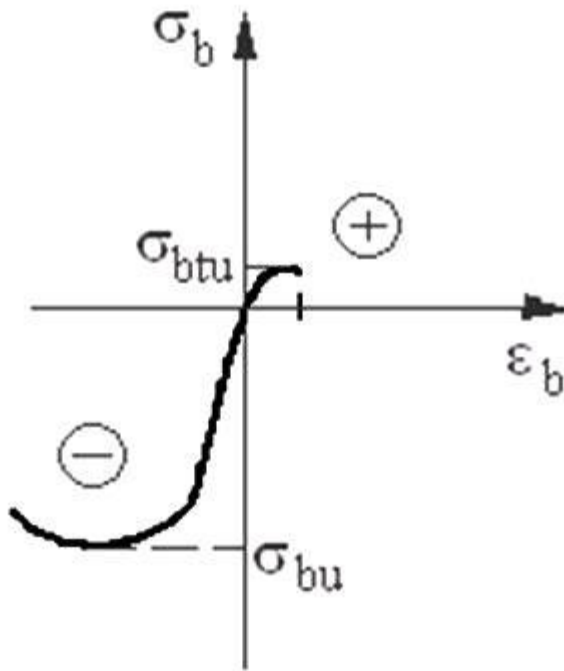


Рис. 1.1. Диаграмма зависимости

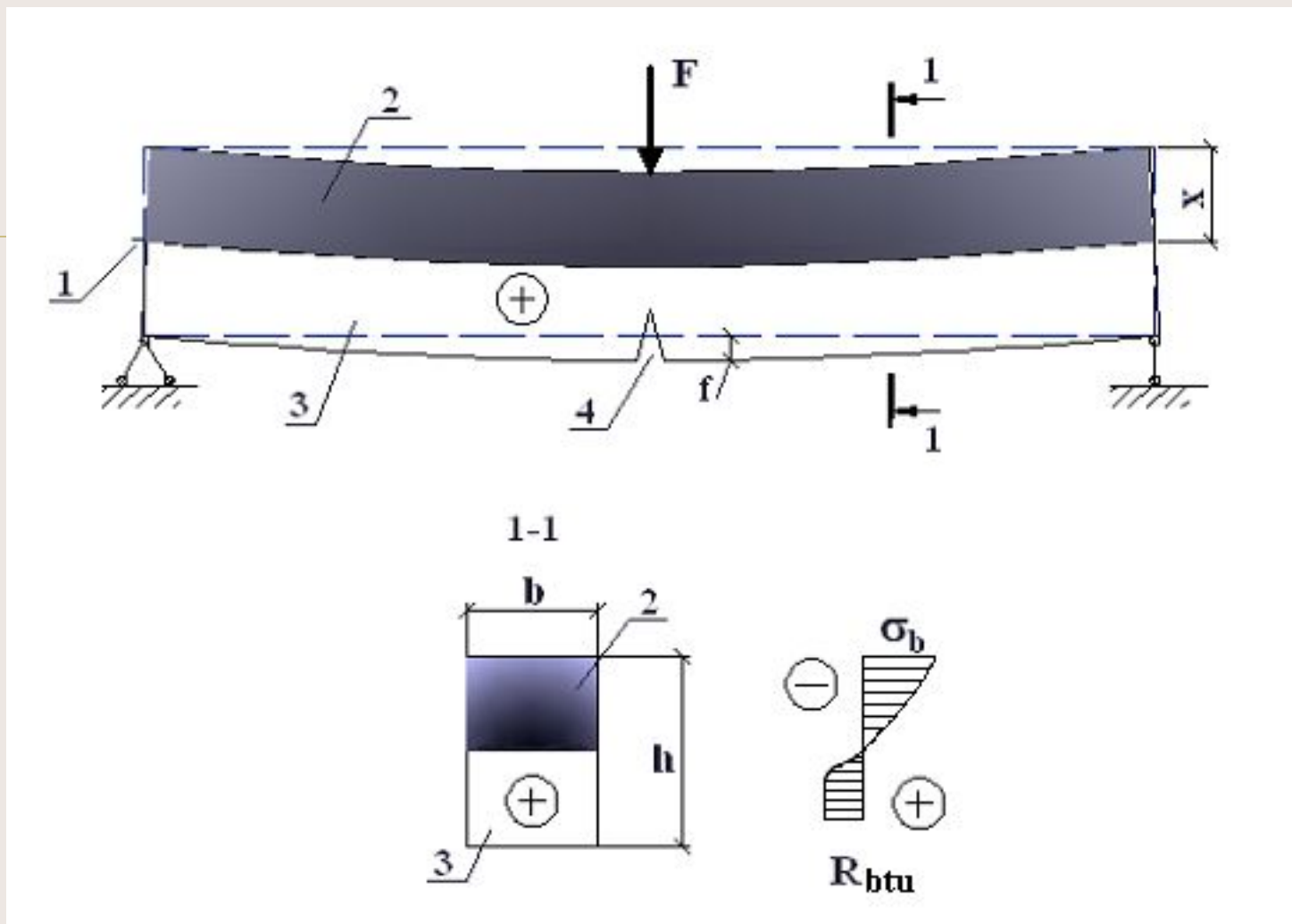
$$\sigma_b - \varepsilon_b$$

Средняя относительная предельная растяжимость бетона

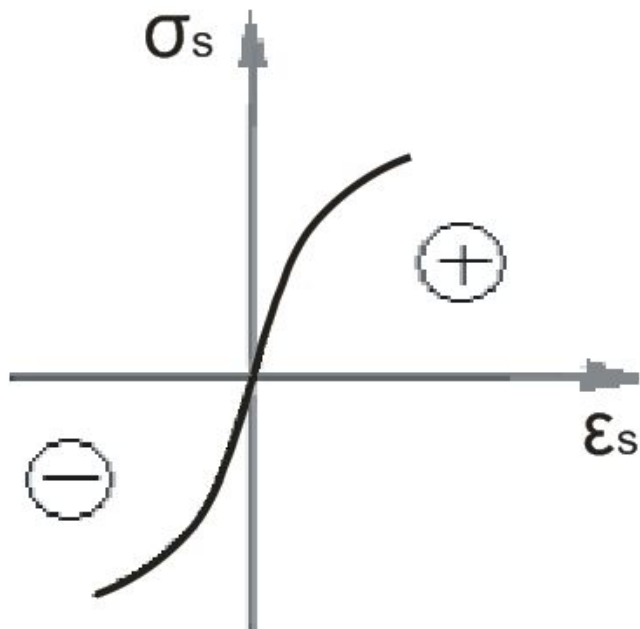
$$\varepsilon_{btu} = \frac{\Delta \boxtimes_{tu}}{\boxtimes} \cdot 100\% = 0,015\% \quad (\text{или } \varepsilon_{btu} = 0,00015),$$

Средняя относительная предельная сжимаемость

$$\varepsilon_{bu} = \frac{\Delta \boxtimes_{pu}}{\boxtimes} \cdot 100\% = 0,2\% \quad (\text{или } \varepsilon_{bu} = 0,002)$$



**Рис.1.2. Схема разрушения бетонной балки**  
**1 – нейтральный слой (ось); 2 – сжатая зона балки;**  
**3 – растянутая зона балки;**  
**4 – трещина в нормальном сечении**



$\sigma_s - \varepsilon_s$

### 1.3. Диаграмма зависимости $\sigma_s - \varepsilon_s$

Если судить по диаграмме зависимости стали  $\sigma_s - \varepsilon_s$ , сталь – это упругопластический материал.

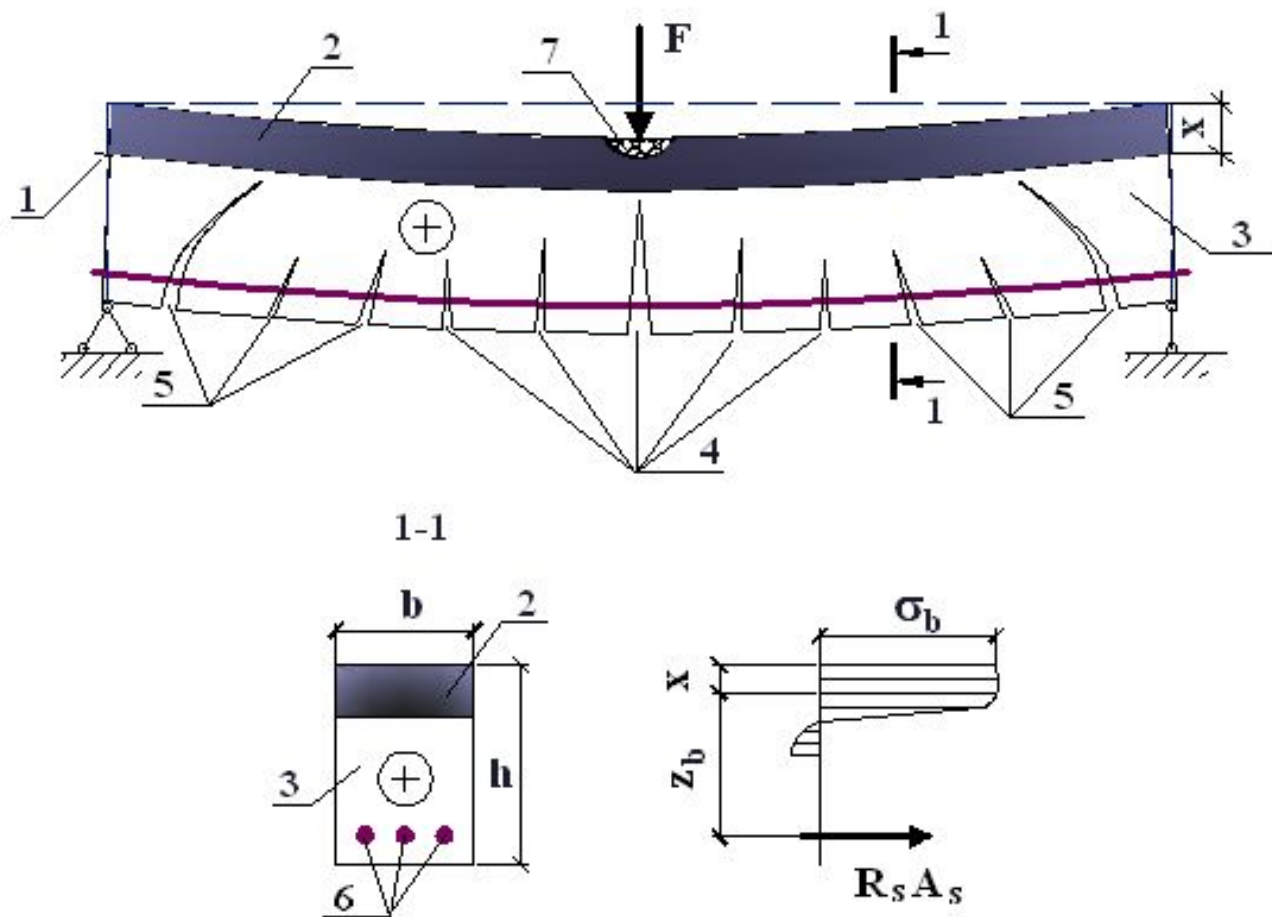
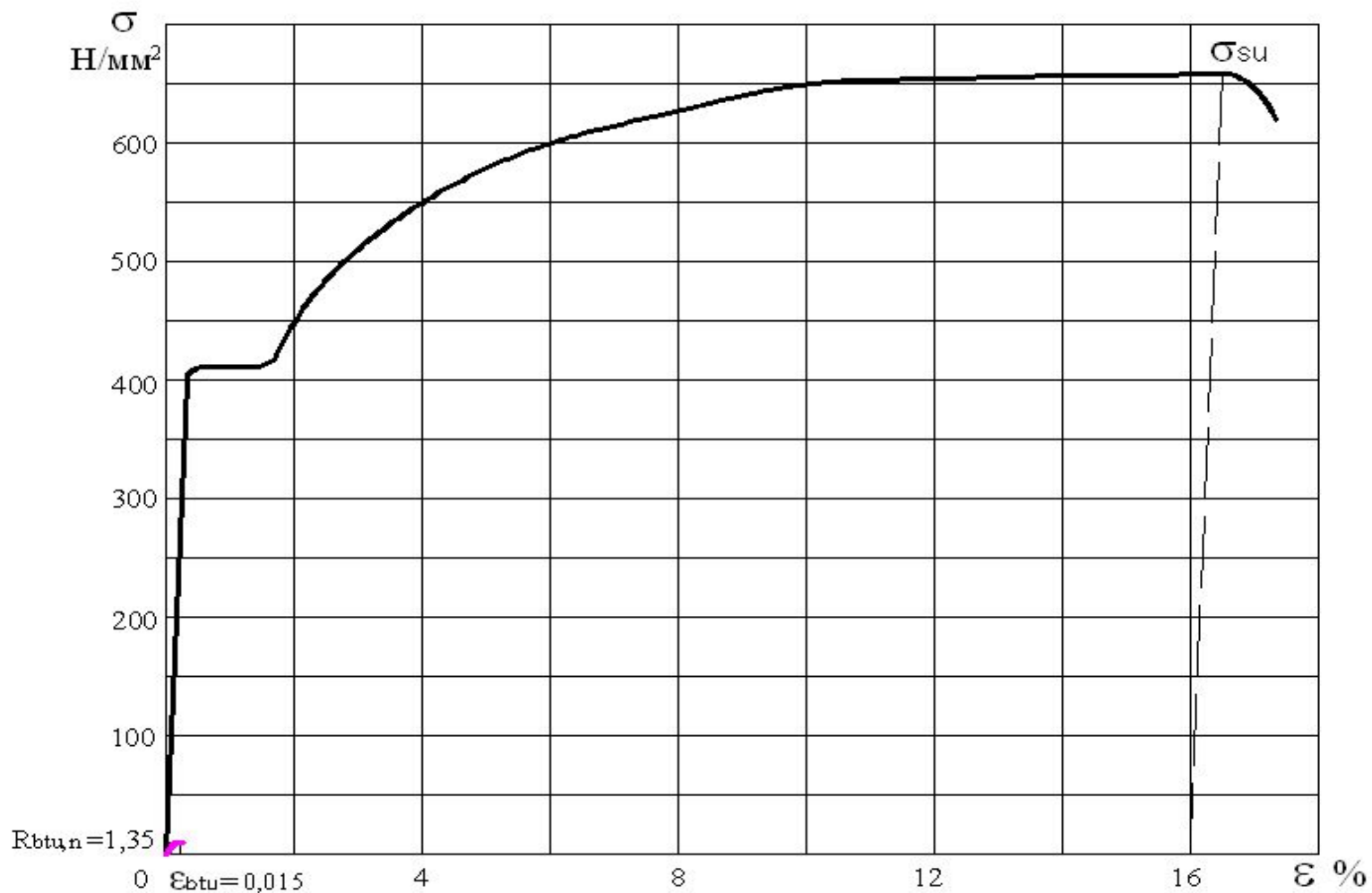


Рис. 1.4. Схема разрушения железобетонной балки 1 – нейтральный слой (ось); 2 – сжатая зона балки; 3 – растянутая зона балки; 4 – трещины в нормальных сечениях; 5 – трещины в наклонных сечениях; 6 – стальная арматура; 7 – раздробление бетона сжатой зоны





**Рис. 1.5. Диаграммы зависимости для бетона и арматуры  $\sigma - \epsilon$**

- — диаграмма растянутого бетона;
- — диаграмма растяжения стали класса А 400



*Железобетон – это комплексный конструктивный материал, в котором бетон и арматура деформируются под нагрузкой как единое монолитное целое.*

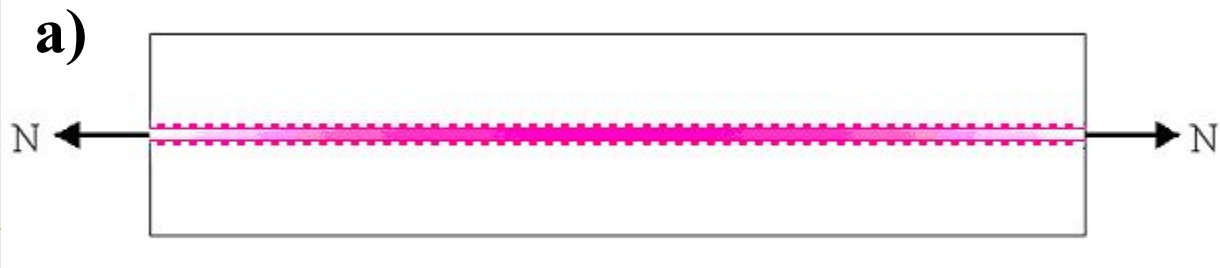
Можно сформулировать понятие *железобетона* как *армированного композитного материала*.

## 2. Условия существования железобетона

### **1. Обеспечение совместных деформаций бетона и арматуры**

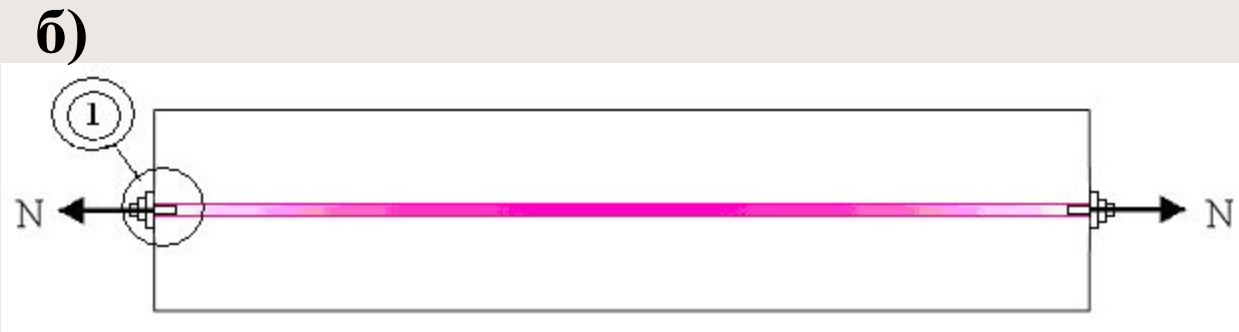
Возможны два технологических приема передачи:

- за счет сцепления арматуры и бетона вдоль всей конструкции (рис. 1.6, а)
- за счет анкеров, устраиваемых по торцам балки (рис. 1.6, б)

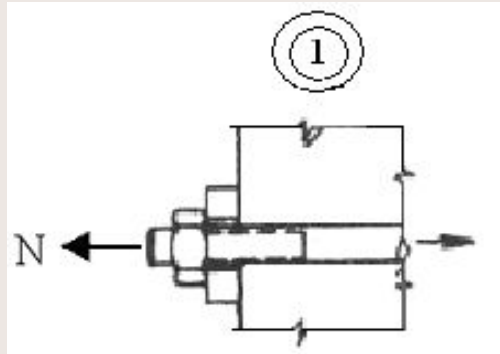


$$\Delta \varepsilon_b = \Delta \varepsilon_{sc};$$

$$\Delta \varepsilon_{bt} = \Delta \varepsilon_s$$



$$\Delta \boxtimes_b = \Delta \boxtimes_s$$



**Рис. 1.6. Технологические приемы передачи усилий с бетона на арматуру**

**а) – передача внешней нагрузки за счет сцепления арматуры с бетоном;**

**б) – анкеровка арматуры путем устройства на концах специальных анкеров**

## 2. Примерное равенство коэффициентов температурного расширения

$$\alpha_{bt} \approx \alpha_{st}$$

$$\alpha_{bt} = 0,00001 \text{ град}^{-1} \quad \alpha_{st} = 0,000012 \text{ град}^{-1}$$

## 3. Наличие защиты арматуры от воздействий окружающей среды

$$a_{з.с} = \begin{cases} \geq 10 \text{ мм} \\ \geq d_{арм} \end{cases}$$

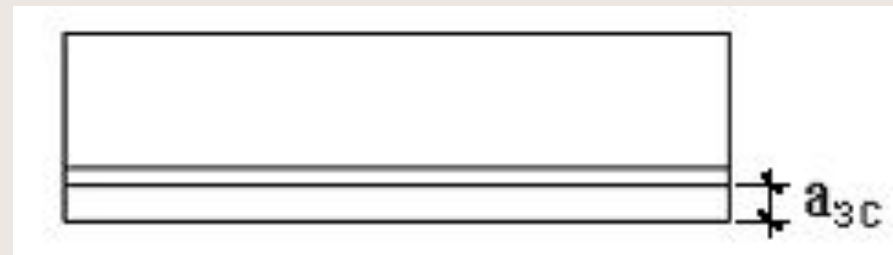


Рис. 1.7. Защитный слой бетона

### 3. Достоинства и недостатки железобетона

#### **Достоинства:**

1. Высокая прочность.
2. Долговечность
3. Огнестойкость
4. Стойкость против атмосферных явлений.
5. Доступность составляющих железобетонных компонентов.
6. Экономичность при изготовлении и эксплуатации.
7. Эстетичность, архитектурная выразительность

#### **Недостатки:**

1. Большой вес
2. Раннее образование стохастических трещин в растянутой зоне.

## 4. Виды ЖБК

**Сборные конструкции** – конструкции, возведение которых на строительной площадке производят из заранее изготовленных в заводских условиях элементов (рис.1.8)

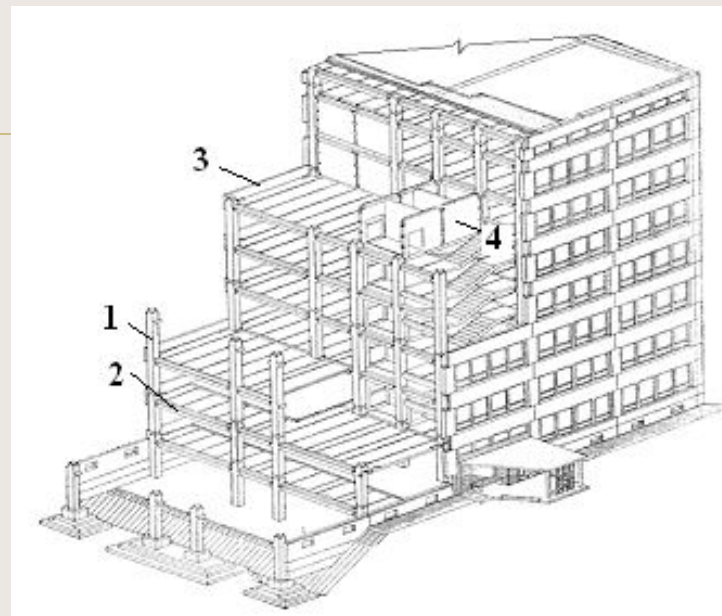
Существует 3 типа технологий изготовления сборных конструкций:

- **конвейерная технология** - принудительное движение конструкций по конвейеру;
- **поточно-агрегатная технология** – технологический ритм перемещения не установлен, т.е. свободный;
- **стендовая технология** – стационарное изготовление конструкций на одном месте.

а)



б)



**Рис.1.8. Конструктивные элементы в сборном исполнении**

а) – конструктивные элементы завода по изготовлению железобетонных изделий;

б) – конструкции жилого дома со связевым каркасом (серия ИИ – 04)

1 – колонны; 2 – ригели; 3 – плиты перекрытия (панели);  
4 – диафрагмы жесткости



## ***Достоинство сборных конструкций:***

1. индустриализация и технологичность;
2. в зимний период работы не требуют дополнительных затрат;
3. снижение расхода материалов на устройство подмостей и опалубки.

## ***Недостатки сборных конструкций:***

1. трудоемкость сопряжения стыков;
2. высокая стоимость и металлоемкость стыков;
3. уменьшение жесткости элементов вследствие нарушения общей пространственной неразрезности (статическая неопределимость);
4. транспортировка массивных габаритных изделий;
5. потребность в подъемных механизмах большой грузоподъемности.



**Монолитные конструкции** – конструкции, возведение которых осуществляется на строительной площадке укладкой бетонной смеси в заранее подготовленную опалубку (рис.1.9)

а)



б)



в)



**Рис. 1.9. Конструктивные элементы в монолитном исполнении**

- а) – конструктивные элементы безригельного каркаса;
- б) – наружная стена в опалубке;
- в) – модель жилого дома в монолитном исполнении

## ***Достоинства:***

1. пространственная неразрезность зданий и сооружений;
2. повышенная огнестойкость и надёжность зданий и сооружений;
3. хорошая сопротивляемость сейсмическим воздействиям;
4. эстетичность и архитектурная выразительность.

## ***Недостатки:***

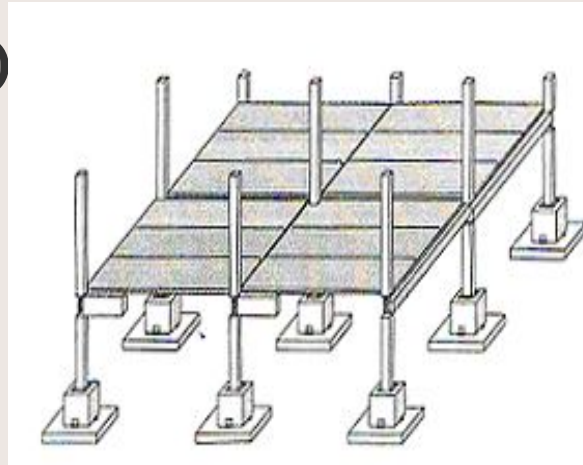
1. сезонность работ - при низких температурах возрастает стоимость возведения;
2. затраты на устройство опалубки;
3. зависимость от твердения бетона в нормальных условиях;
4. более тяжелые условия труда – на открытых площадках.

**Сборно-монолитные конструкции** – комплексные конструкции, в которых сборный и монолитный железобетон работает под нагрузкой как единое целое (рис.1.10)

а)



б)



в)



г)



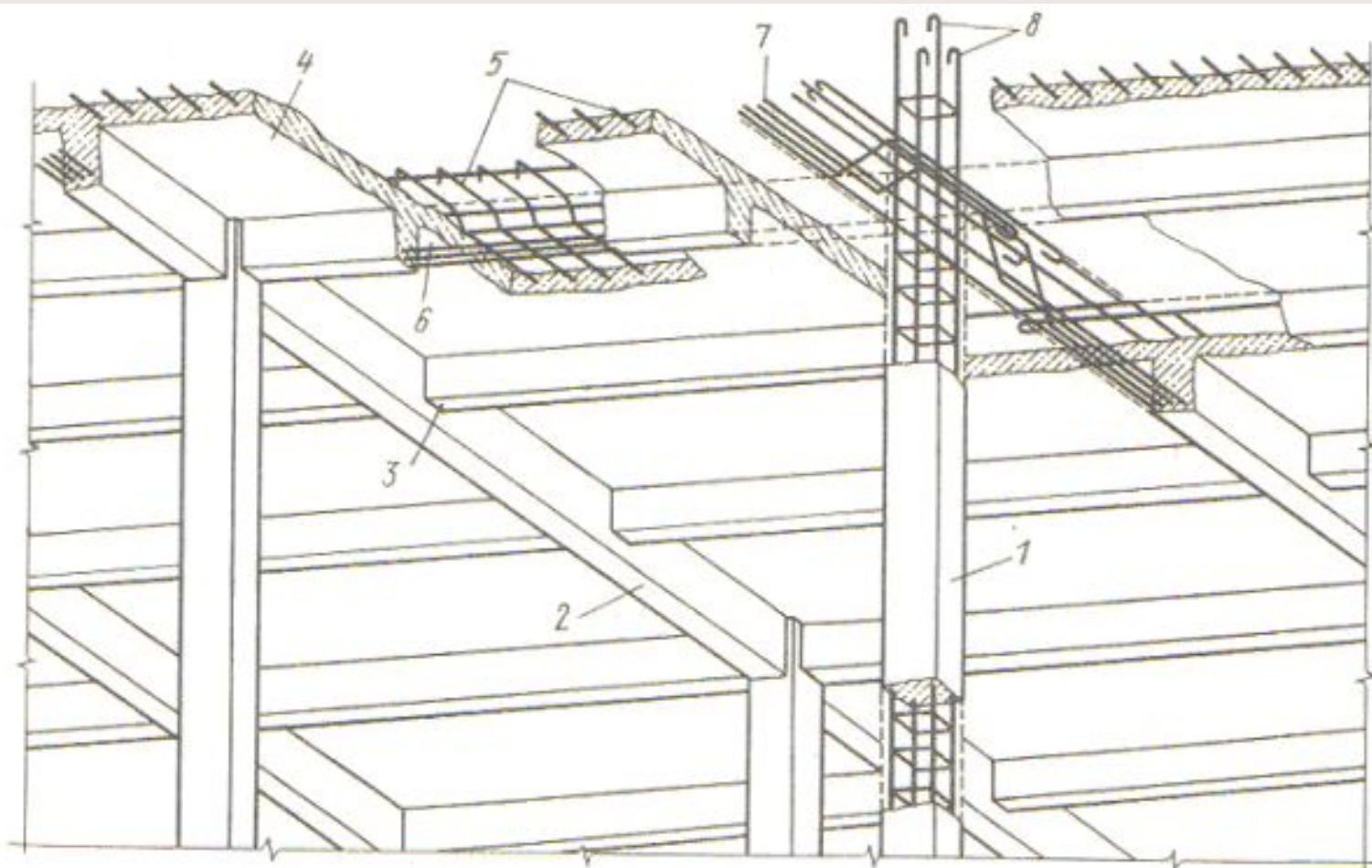
Рис. 1.10.  
Конструктивные элементы в сборно-монолитном исполнении  
а) – сборно-монолитный каркас «Чебоксарской серии» (французский аналог);  
б) – схема конструкций сборно-монолитного исполнения;  
в) – замоноличивание монолитных плит перекрытий «Чебоксарской серии»;  
г) – сборно-монолитный безригельный каркас



## 5. Область применения

Спектр применения железобетонных конструкций широкий:

- гидростроительство (ГЭС, плотины);
- транспортное строительство (кроме железнодорожных мостов);
- промышленное, сельскохозяйственное, гражданское (в том числе жилищное) строительство.
- горная промышленность,
- строительство подземных, подводных и искусственных сооружений.



**Рис. 1.11. Монолитное ребристое перекрытие**  
**1 – колонна; 2 – главная балка; 3 – второстепенная балка;**  
**4 – плита; 5 – рабочая арматура плиты; 6, 7, 8 – то же,**  
**соответственно для второстепенной и главной балок и**  
**колонн**

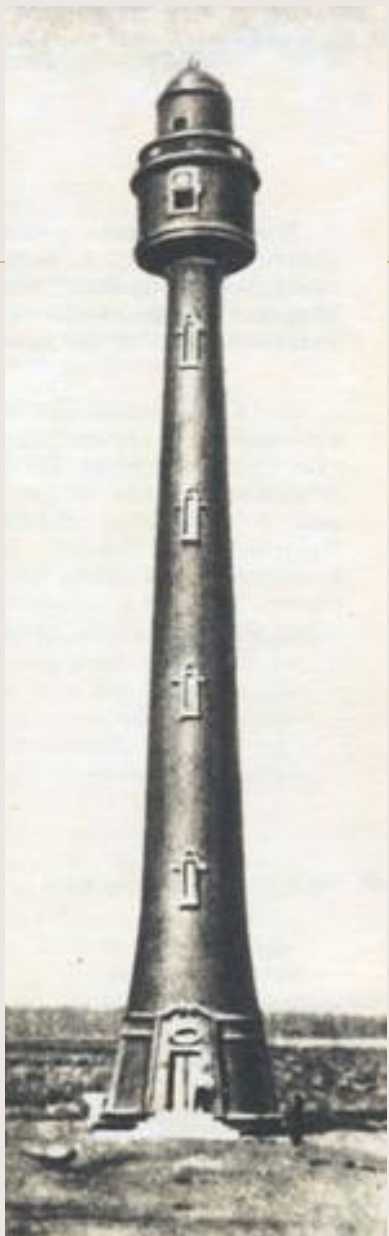
# Основные этапы развития железобетона

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

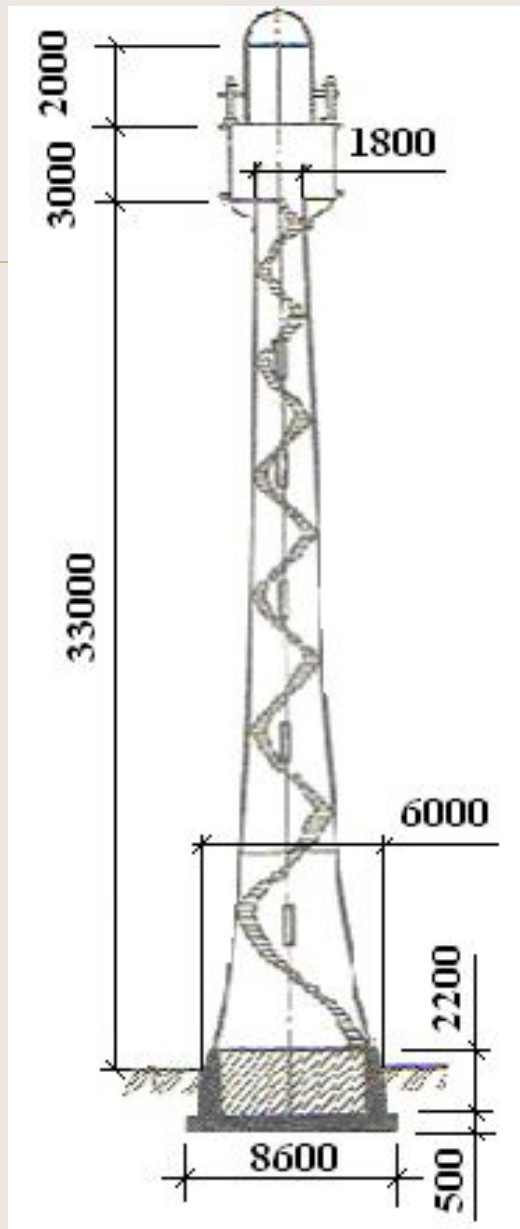
На развитие железобетона большое влияние оказали труды таких ученых как Н.М. Абрамова, И.Г. Малюги, А.А. Байкова и др.

В 1905 А.Ф. Лелейт приступил к разработке теории железобетонных тавровых сечений и безбалочных перекрытий, а в 1908 соорудил в Москве, впервые в мире, ряд таких перекрытий, существующих и поныне.

а)



б)



**Рис.1.12.**  
**Железобетонный маяк в г. Николаеве**  
а) – фотография;  
б) – схема



**Второй этап** – 1917-1950 годы XX века.

В 1928 г. поставлен вопрос о применении предварительного напряжения (первая идея принадлежала А.В. Гадолину, который в 1861 году осуществил ее к стальным стволам орудий).

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

В 1930 г. Н.И. Молотиллов стал первым заведующим кафедрой ЖБК Сибирского строительного института, ныне НГАСУ (Сибстрин).

В 1932 году А.Ф. Лолейт выдвинул новую теорию железобетона – гипотезу о предельном равновесии, в основу которой был положен отказ от методов расчета по допустимым напряжениям и переход на расчет по критическим усилиям, с введением определенного коэффициента запаса прочности. Эта гипотеза стала основой строительных норм.

Начиная с 1940 года В.И. Мурашев создает теорию трещиностойкости и жесткости железобетона.

а)



б)

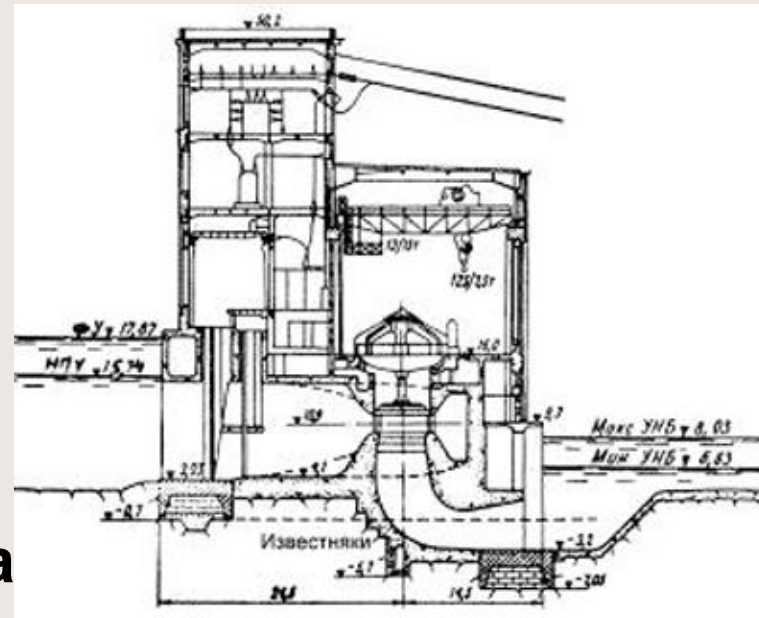
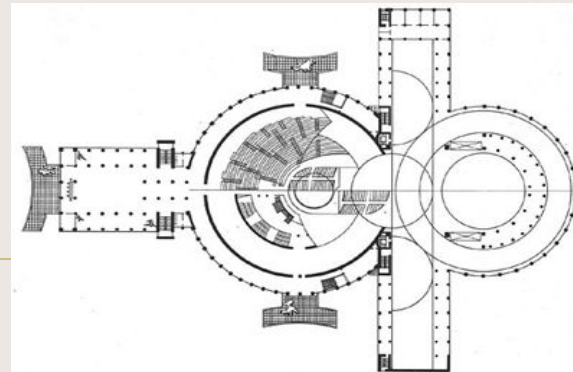


Рис. 1.13. Волховская ГЭС  
а) – фотография; б) – схема

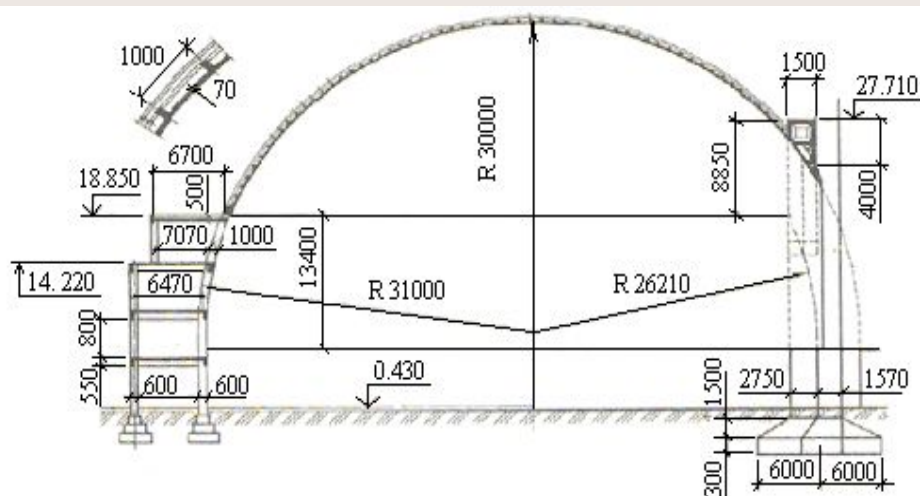
а)



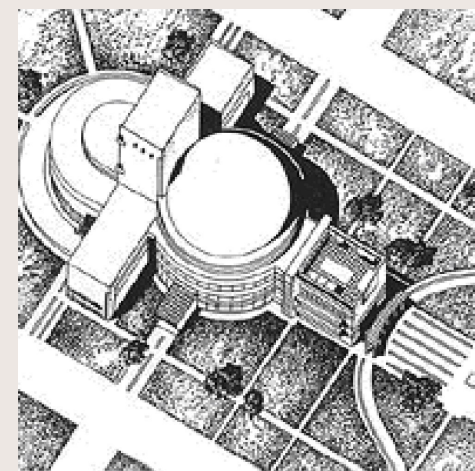
б)



в)



г)



**Рис. 1.14. Новосибирский государственный академический театр  
Оперы и Балета**

а) – общий вид (1945 г.); б) – совмещенный план зала и фойе;  
в)– вид сверху; г) – купол театра

***Третий этап*** – конец 50-х годов XX века.

Этот этап характеризуется широкой индустриализацией железобетонного строительства, развитием предварительно напряженных конструкций, внедрением высокопрочных материалов.

Выдающимся примером третьего этапа может служить построенная в 1967 году Останкинская телебашня – выдающееся творение строительной техники XX века.

1984 – 1995 гг – это годы становления нового направления в теории железобетона на основе диаграммно – энергетического подхода, предложенного В.М. Митасовым, который впоследствии получил развитие на кафедре ЖБК НГАСУ (Сибстрин).



а)



б)

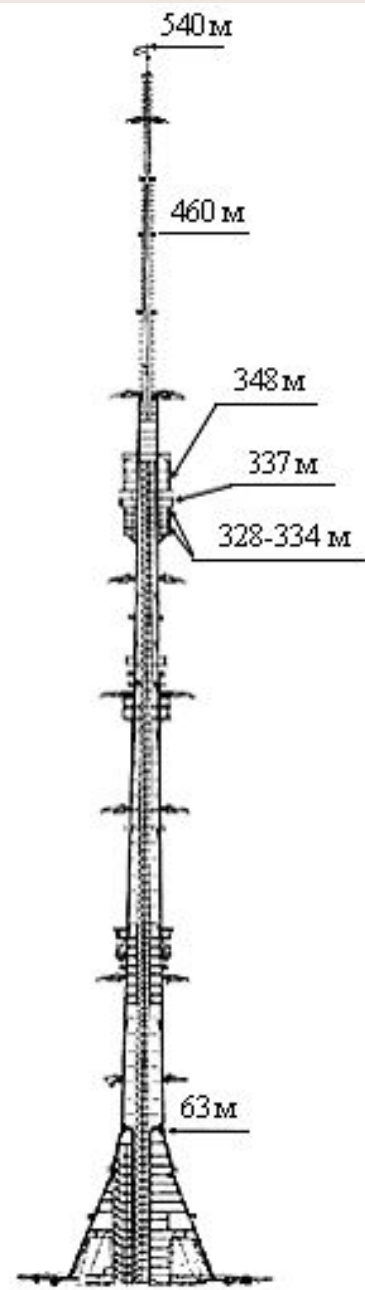


Рис. 1.15. Останкинская башня  
а) – фото; б) – схема