

# Лекция №1

## **Строительные конструкции. Общие сведения**

## Вопросы подлежащие изучению:

1. Здания и сооружения. Строительные конструкции.
2. Основные принципы расчета строительных конструкций.
3. Общие сведения о железобетоне. Сущность железобетона.

# **1. Здания и сооружения.**

## **Строительные конструкции**

В соответствии с функциональным назначением, здания разделяют на:

- гражданские (жилые и общественные: учебные заведения, театры, клубы, больницы, торговые, административные здания и др.);
- промышленные или производственные (заводы, фабрики, электростанции, гаражи, ангары, котельные, депо и др.);
  - сельскохозяйственные (животноводческие постройки, силосные и водонапорные башни, теплицы и др.).

К сооружениям (инженерным сооружениям) относятся: корпуса реакторов, емкостные сооружения (бункера, силосы, резервуары), шахты, башни, дымовые трубы, трубопроводы, мосты, тоннели, дороги, аэродромы и др.

Здание состоит из отдельных конструкций (конструктивных элементов) – фундаментов, стен (столбов, колонн), перекрытий, покрытий (крыш), лестниц и др.

Конструктивные элементы зданий, воспринимающие внешние силовые воздействия (нагрузки) и передающие их через фундаменты на грунт основания, называются *надземными несущими строительными конструкциями*.

Конструктивные элементы зданий, защищающие внутренние помещения от воздействия внешней среды или отделяющие одно помещение от другого, называются *ограждающими конструкциями*: стеновые ограждающие, междуэтажные и чердачные перекрытия, покрытия (совмещенные или крыши).

Некоторые конструктивные элементы совмещают несущие и ограждающие функции (например, наружные стены, перекрытия, покрытия и т.д.).

Для конструкций используют разные строительные материалы, в т.ч., комбинированные:

- бетон, железобетон (сталефибробетон, армоцемент) и т.п.;
- каменную кладку (кирпич, керамические блоки, натуральный камень, разного рода бетонные блоки, в т.ч., газо-, пенобетонные и т.п.);
- металл (сталь, чугун, алюминиевые сплавы);
- дерево и изделия из дерева (фанера, клееные изделия: клеефанерные, клеедощатые);
- пластмассы (в т.ч., стекловолокно).

Конструкции должны обладать необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью, надежностью, выносливостью, долговечностью. Кроме того, они должны быть индустриальны, технологичны, в меру трудоемки в изготовлении, обладать достаточной огнестойкостью, коррозионной стойкостью и т.п.

Указанные характеристики (параметры эксплуатационных качеств - ПЭК) конструкций определяют капитальность зданий, которая регламентируется соответствующими нормами проектирования ВСН (для жилых домов, общественных, производственных, вспомогательных зданий).

## 2. Основные принципы расчета строительных конструкций

Под воздействием постоянных и временных нагрузок здания и сооружения деформируются («работают») как пространственные системы. Чтобы элементы таких систем обладали достаточной несущей способностью, жесткостью, устойчивостью необходимы соответствующие расчеты. Расчеты пространственных систем достаточно сложны, поэтому на практике здания и сооружения условно разделяют на более простые самостоятельно работающие системы и конструкции:

- стержневые;
- плоские;
- пространственные.

1) *линейные или стержневые* – колонны, однопролетные или многопролетные балки, балочные плиты и настилы, фермы, рамы, арки и др.;

2) *плоскостные (плоские)* – плиты, опертые по контуру с различными условиями опирания краев, кессонные и безбалочные перекрытия, наружные и внутренние стены зданий и др.;

3) *пространственные* – тонкостенные купола, оболочки покрытий одинарной и двойкой кривизны, висячие конструкции, стенки резервуаров и силосов, складки, шатры и т.п.

Конструкции могут работать на изгиб, растяжение, сжатие, кручение, срез, скалывание и т.п., испытывать сложное напряженное состояние.

Основные понятия **сопротивления материалов**, оценивающие способность материала сопротивляться внешним воздействиям (нагрузкам), это:

**Прочность** – способность материала воспринимать внешнюю нагрузку не разрушаясь (несущая способность).

**Жесткость** – способность материала сохранять свои геометрические параметры в допустимых пределах при внешних воздействиях.

**Устойчивость** – способность материала сохранять в стабильном равновесии свою форму и положение при внешних воздействиях.

**Внешняя нагрузка** (распределенная, сосредоточенная), приложенная к любому телу, порождает внутренние усилия в нём. **Внутренние усилия** – это продольные ( $N$ ) и поперечные ( $Q$ ) силы, изгибающие и крутящие моменты ( $M$  и  $M_{кр}$ ) и другие.

Численная мера интенсивности внутренних усилий по плоскости поперечного сечения называется **напряжением**. Напряжения прямо пропорциональны деформациям тела. **Деформации** бывают линейными (удлинение, укорочение, сдвиг) и угловыми (поворот сечений).

Вид НДС	№ п/п	Название НДС	Нагрузка	Деформация	Усилия				Напряжения	
					N	M	Q	G	Нормальные	Касательные
Простейшие	1	Осевое сжатие				-	-	-		-
	2	Осевое растяжение				-	-	-		-
	3	Сдвиг			-	-	-		-	
Простые	4	Поперечный изгиб			-			-		
	5	Продольный изгиб					-	-	Комбинация 1 + 4	
Сложные	6	Внецентренное сжатие			Комбинация 1 + 4					
	7	Продольный изгиб с поперечным			Комбинация 4 + 5					

Графики изменения значений напряжений или деформаций по высоте сечения называются **эпюрами**. Кроме того, **эпюры** строят также для визуализации графиков изменения усилий по длине конструкции (M, N, Q).

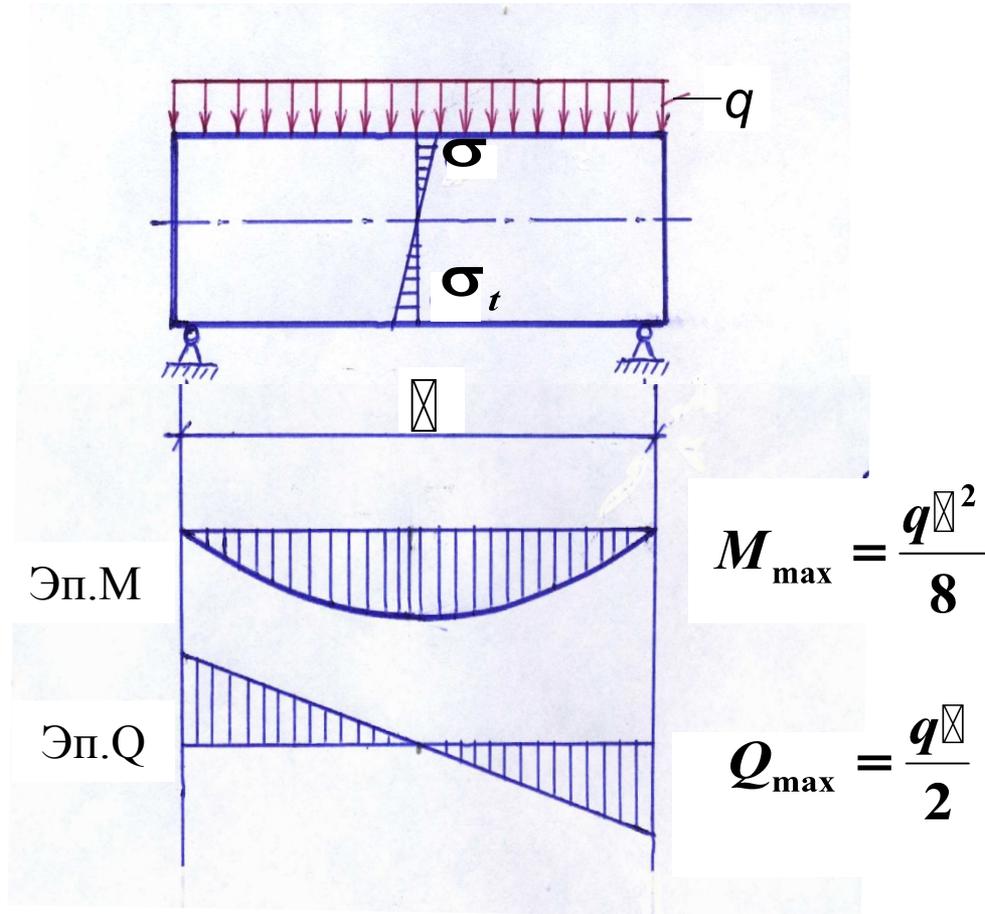
Инженер-строитель должен уметь: применять научный аппарат и возможности современной вычислительной техники для достоверного расчета реальных конструкций, не прибегая при этом к сложным расчетным схемам.

Строительная конструкция – это конструктивный элемент здания или сооружения, поперечное сечение которого назначается расчетом. Первоначально они назывались инженерными конструкциями.

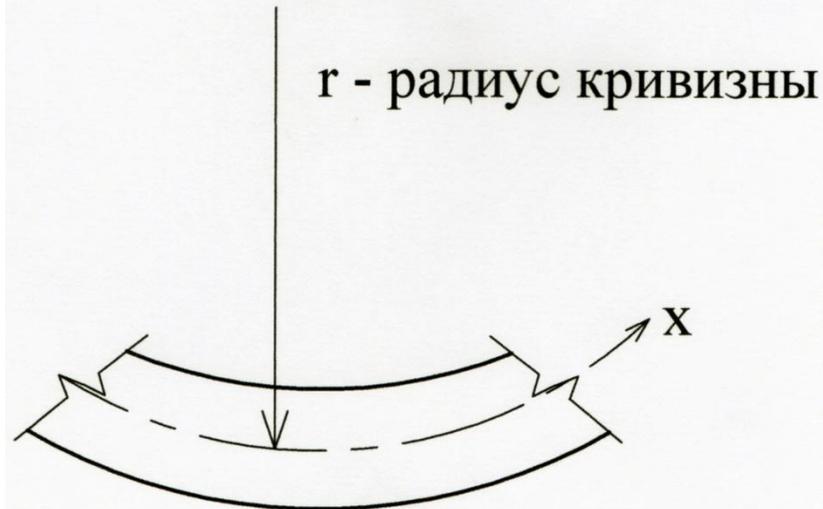
Полный расчет любых строительных конструкций имеет 3 основные составляющие:

- а) статическая составляющая (уравнения равновесия);
- б) геометрическая составляющая (связь деформаций и перемещений);
- в) физическая составляющая (связь напряжений и деформаций).

а) статическая составляющая – это установление связи внутренних усилий ( $M$ ,  $Q$ ,  $N$ ) с внешними нагрузками ( $q$ ,  $P$ ). Конструкция должна находиться в статическом равновесии.



б) геометрическая составляющая  
(на примере изгибаемого элемента)



Прогибы определяют по правилам строительной механики с использованием уравнения изогнутой оси элемента

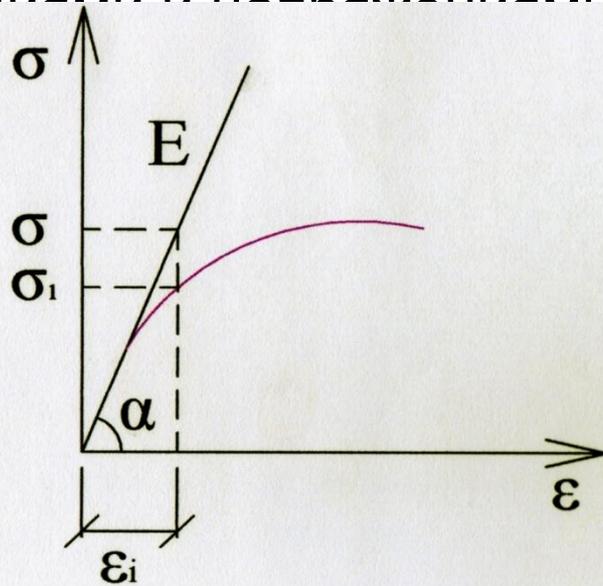
$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{1}{r} = \frac{M}{EI}$$

Интегрируя уравнение, получим прогиб

$$f = \iint \left(\frac{1}{r}\right) dx + C + D$$

$C, D$  – постоянные интегрирования

в) физическая составляющая - определение связи между деформ

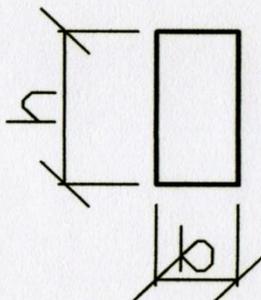


$$\sigma = E \epsilon$$

$$\operatorname{tg} \alpha = E \quad \begin{array}{l} \text{- коэффициент} \\ \text{Гука} \\ \text{(модуль Гука)} \end{array}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$W = \frac{bh^2}{6}$$



$$1) \sigma = \frac{M}{W} < [\sigma_{\text{дон}}]$$

$$2) W = \frac{M}{\sigma} \quad \begin{array}{l} \text{- подбор} \\ \text{сечений} \end{array}$$

## Список рекомендуемой литературы

1. СНиП 52-01-2003. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» М., 2004.
2. СП 52-101-2003 (Свод правил). «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» М., 2004.
3. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительно напряженной арматуры. М., 2005.
4. СНиП II-22-81. «Каменные и армокаменные конструкции». М., 2004.
5. Байков В.Н, Сигалов Э.Е. «ЖБК», М., Стройиздат., 2004.
6. ЖБ и каменные конструкции. Под ред. Бондаренко В.М, М.; СИ, 2007.
7. Поляков Л.Н. Каменные и армокаменные конструкции. Примеры расчета. Киев. Вища школа, 1980.
8. Золотарев В.П. Проектирование и расчет каркасных зданий из сборного железобетона. Уч. пособие. СПб, СПбГАСУ, 2007.
9. Золотарев В.П. Каркасные здания из монолитного железобетона с кирпичными стенами. Уч. пособие. СПб, СПбГАСУ, 2000.
10. Шоршнев Г.Н., Ерохин М.П., Конев Ю.С. Железобетонные конструкции. Проектирование одноэтажного производственного здания с крановыми нагрузками. Уч. пособие, СПб, СПбГАСУ, 2009.
11. Мандриков А.П. Примеры расчета железобетонных конструкций. М., 1989.
12. Веселов А.А., Конев Ю.С. Железобетонные конструкции. Учебное пособие, СПбГАСУ, 2009 г.

### 3. Общие сведения о железобетоне. Сущность железобетона

**Железобетон** – рациональное соединение двух материалов: железа (стали) и бетона, объединенных для совместной работы в единой конструкции.

Механические (прочностные) характеристики бетона и стали различны.

**Бетон** – составной искусственный камень, хорошо работает на сжатие, слабо сопротивляется растяжению.

**Сталь** – хорошо сопротивляется и сжатию, и растяжению.

Чтобы усилить работу бетона, в растянутую зону конструкции внедряют стальные стержни, которые называют арматурой.

В совместной работе бетона и арматуры образуется комплексный конструктивный материал, прочность которого в десятки раз выше в сравнении с бетонным образцом.

В качестве примера рассмотрим и сравним работу трех балок:

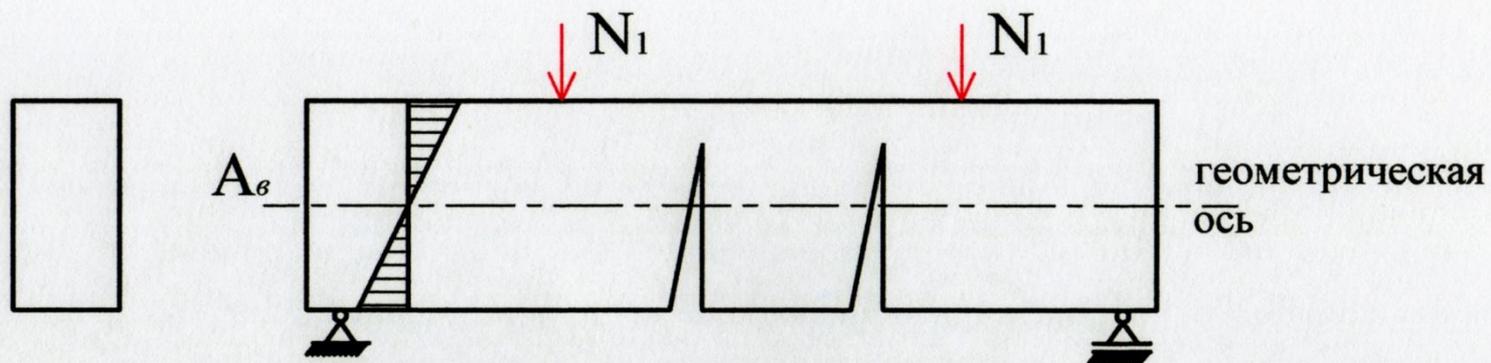
- бетонной;
- железобетонной;
- железобетонной с предварительно напряженной арматурой.

Балки изготавливаются из бетона одинаковой прочности, имеют одинаковые размеры и нагружаются статической нагрузкой до разрушения.

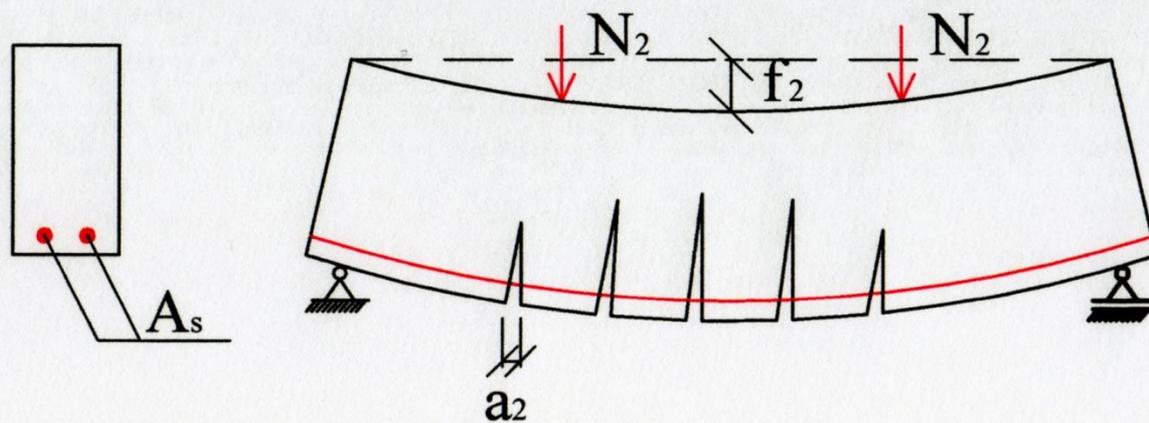
Присутствие небольшого количества арматуры во 2-ом образце увеличивает ее несущую способность в 10 и более раз и при этом меняется характер работы армированной балки. Если бетонная балка разрушается на отдельные куски хрупко уже при небольшой нагрузке, то железобетонная балка в конечной стадии становится непригодной к эксплуатации из-за сильного провисания и чрезмерного раскрытия трещин.

Третий образец разрушается хрупко, неожиданно. Образец деформируется несколько отлично от образца 2. При этом элемент прогнется незначительно, а трещины появятся незадолго до разрушения. Такую балку называют жесткой.

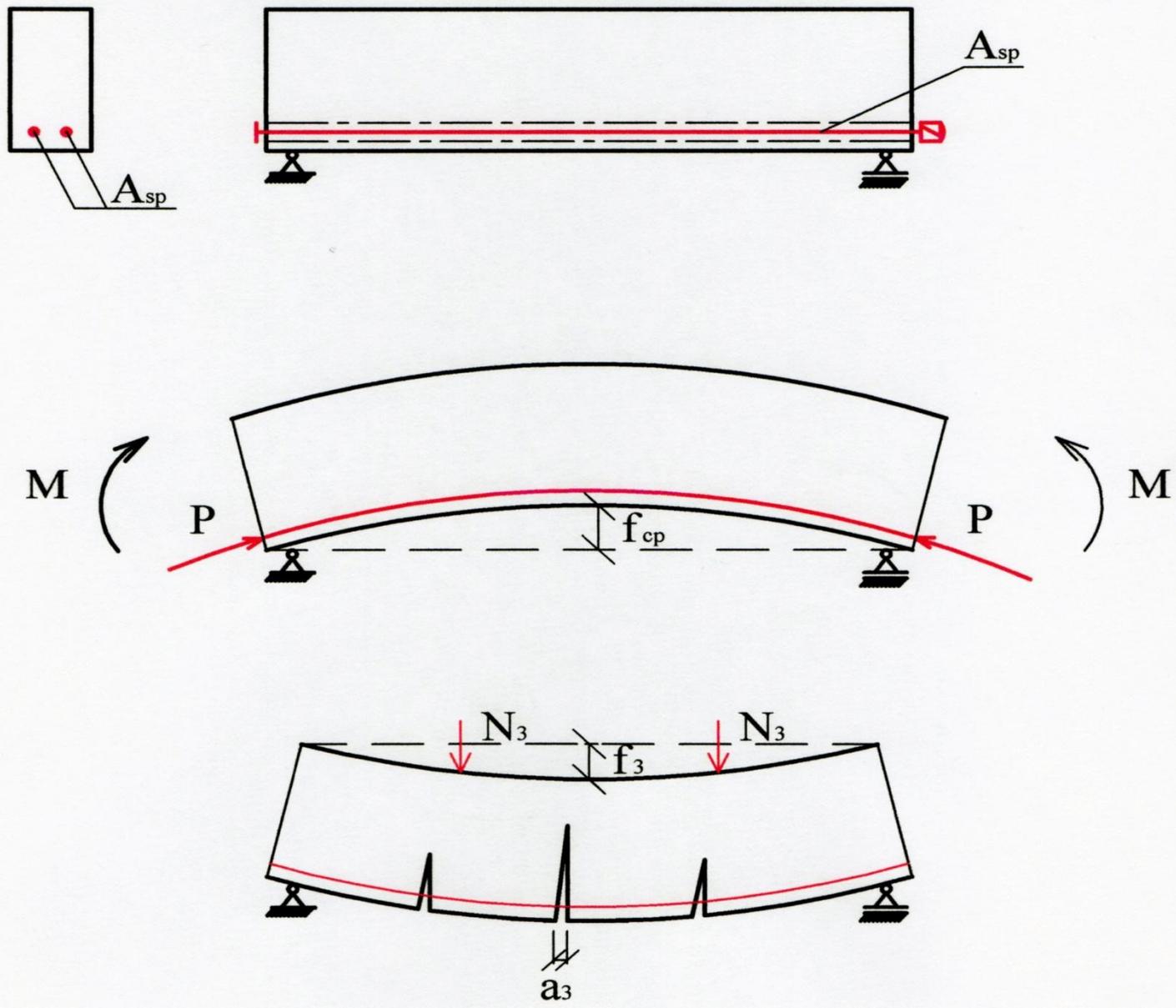
# 1. бетон



# 2. ж/б



### 3. ПН Ж/Б



Сравнительный анализ расчетных параметров образцов балок:

$$N_2 \approx (10 \div 20) N_1$$

$$N_3 = N_2 \text{ (нагрузка)}$$

$$f_3 < f_2 \text{ (прогиб)}$$

$$a_3 < a_2 \text{ (трещины)}$$

Совместную работу бетона и арматуры в конструкции обеспечивают следующие 3 фактора:

1. Хорошее сцепление бетона с арматурой.
2. Бетон и арматура имеют ~ одинаковый коэффициент линейного температурного расширения:

$$\alpha_s = 1,2 \times 10^{-5}; \quad \alpha_b = (1 \div 1,5) \times 10^{-5}$$

Индексы: s = steel (англ);

b = beton (франц).

3. Бетон инертен к арматуре и обеспечивает ее сохранность от коррозии (ржавления).

1850 г. – впервые было упомянуто слово «beton». Адвокат Ламбо во Франции представил на выставке лодку, изготовленную из металлических элементов, обмазанных бетоном. Позднее француз Монье (1867..1870 гг.) получил первые патенты; он также использовал эту технологию (бочки). В знак уважения к изобретателям слово «beton» закрепилось как термин. Сейчас железобетон – основной строительный материал.

По способу изготовления железобетонные конструкции подразделяют на:

- монолитные;
- сборные;
- сборно-монолитные конструкции.

**Монолитные** – возводятся непосредственно на строительной площадке. Работы производятся поэтапно. Установка опалубки → укладка арматуры → заливка жидкого бетона → выдержка (пока бетон не приобретет ~70% проектной прочности). Процесс является продолжительным (процесс можно ускорять).

Процесс строительства ускоряется, когда здания и сооружения собираются из **сборных** железобетонных конструктивных элементов, которые изготавливаются на заводе и привозятся готовыми на строительную площадку.

**Сборно-монолитные** - это строительные конструкции из сборных железобетонных элементов заводского изготовления, соединенных (замоноличенных) при возведении здания (сооружения) в единое целое посредством укладки монолитного бетона. Сборные конструкции могут служить несъемной опалубкой.

### Положительные качества железобетонных конструкций:

- долговечность;
- огнестойкость;
- сейсмостойкость;
- высокая механическая прочность;
- способность сопротивляться динамическим нагрузкам;
- универсальность форм изготовления;
- высокая скорость строительства (сборные железобетонные конструкции или скользящая опалубка);
- низкие эксплуатационные расходы.

### Недостатки железобетонных конструкций:

- большой собственный вес;
- высокие тепло-, и звукопроводность;
- сложность и скрытность работ;
- трудность усиления.