

---

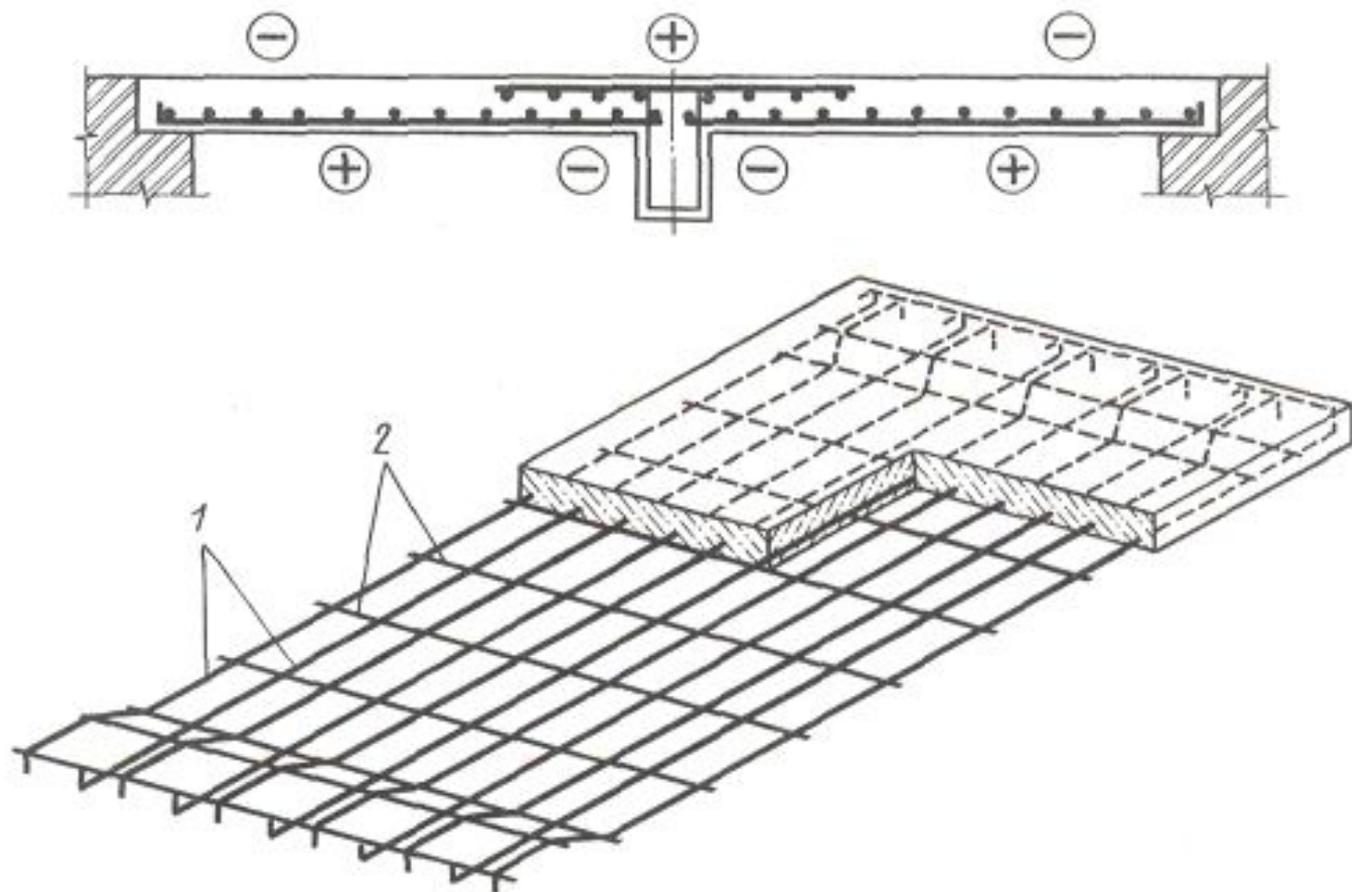
**МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЖБК.**  
**АРМАТУРА**

**Арматура** - это гибкие стержни или жёсткие элементы, размещённые в массе (теле) бетона в соответствии с эпюрами изгибающих моментов, поперечных и продольных сил, действующими на конструкцию на протяжении всего периода существования ее.

По функциональному назначению различают рабочую и монтажную арматуру.

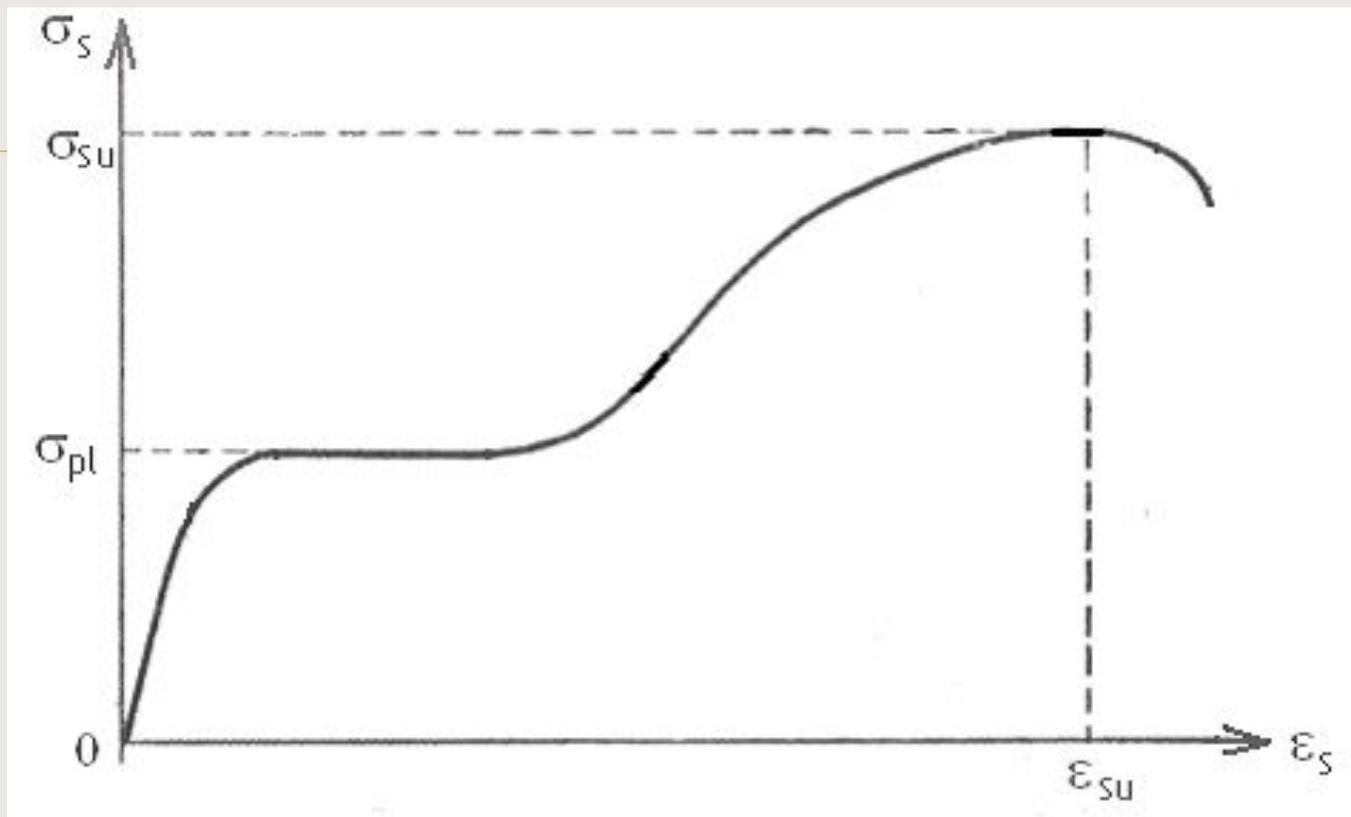
**Рабочая арматура** – это арматура, площадь сечения которой определяют расчётом на действие усилий от внешних нагрузок.

**Монтажная арматура** – это арматура, устанавливаемая без расчёта по конструктивным и технологическим требованиям.



**Рисунок 2.17. Армирование плиты**

1 - рабочая арматура; 2 - конструктивная арматура



**Рис. 2.18. Диаграмма  $\sigma_s - \varepsilon_s$ , характерная для «мягкой» стали**

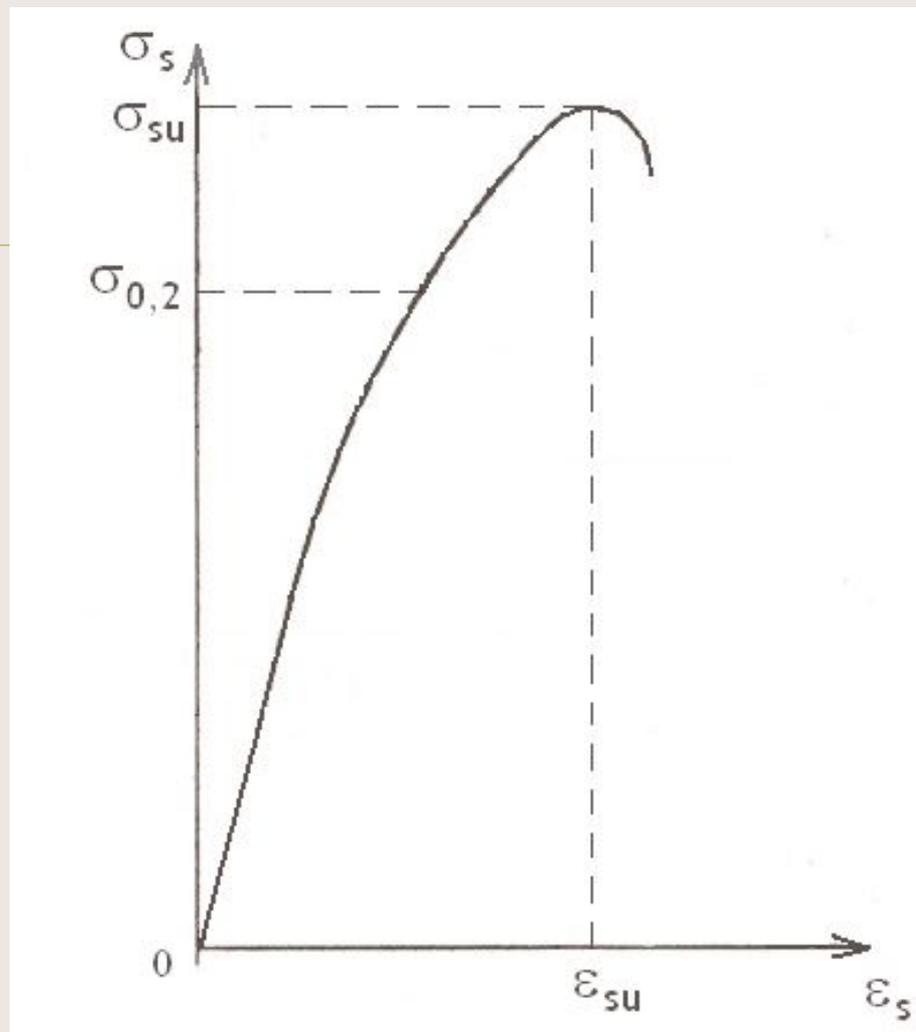


Рис. 2.19. Диаграмма , характерная для «твердой» стали

**Физический предел текучести**  $\sigma_{p0.2}$  – наименьшее напряжение, при котором деформация происходит без заметного увеличения нагрузки

---

**Условный предел текучести**  $\sigma_{0.2}$  – это напряжение, при котором условно-мгновенная пластическая деформация достигает 0,2%.

## Виды и классы арматуры

Различают арматуру:

1. **Стержневую:** горячекатаную, термоупрочнённую и термомеханически упрочнённую;
2. **Проволочную:** холоднотянутую обыкновенную и высокопрочную.
3. По начальному напряжённому состоянию: **напрягаемую и ненапрягаемую.**

*Горячекатаная арматура – это стальная арматура в виде отдельных стержней круглого, эллиптического, квадратного и других сечений.*

- **A-I (A 240)** – гладкая;
- **A-II (A 300), A-III (A 400), A-IV (A600), A-V (A800), A-VI (A1000)**– периодический профиль. Такая сталь не подвергается после проката упрочняющей термической обработке.
- **At-III (At 400), At-IV (At 600), At-V (At 800), At-VI (At 1000)** – термически и термомеханически упрочнённая, т.е. подвергаемая после проката упрочняющей термической обработке;
- **A-IIIв (A 400в)** – упрочнённая вытяжкой.

*Холодотянутая арматура* – это стальная проволочная арматура. Обозначают буквой *В* от слова «волочение».

- **Вр-I (Вр500)** – периодического профиля;
- **В-II** – гладкая высокопрочная;
- **Вр-II** – высокопрочная рифлёная;
- **К-7, К-19** – проволочные канаты соответственно семи- и девятнадцатипроволочные и др.

*Арматура периодического профиля* – это арматура, на поверхности которой имеются часто расположенные кольцевые выступы, обеспечивающие надёжное сцепление с бетоном без устройства анкерных крюков на концах стержней.

***Ненапрягаемая арматура*** – арматура, укладываемая без предварительного натяжения (напряжения).

В качестве ненапрягаемой арматуры преимущественно применяют сталь классов:

А400, А-600С, Вр 500, А240, А300, допускается применение А-600.

Ненапрягаемая арматура классов А240, А300, А400, Вр500, А-600С– сваривают контактной и дуговой сваркой.

***Напрягаемая арматура*** - преимущество сталь классов Ат-800, Ат-1000 в элементах длиной до 12 м, допускается также сталь классов А-600 , А-800, А-1000; при большой длине – сталь классов К-7, К-19.

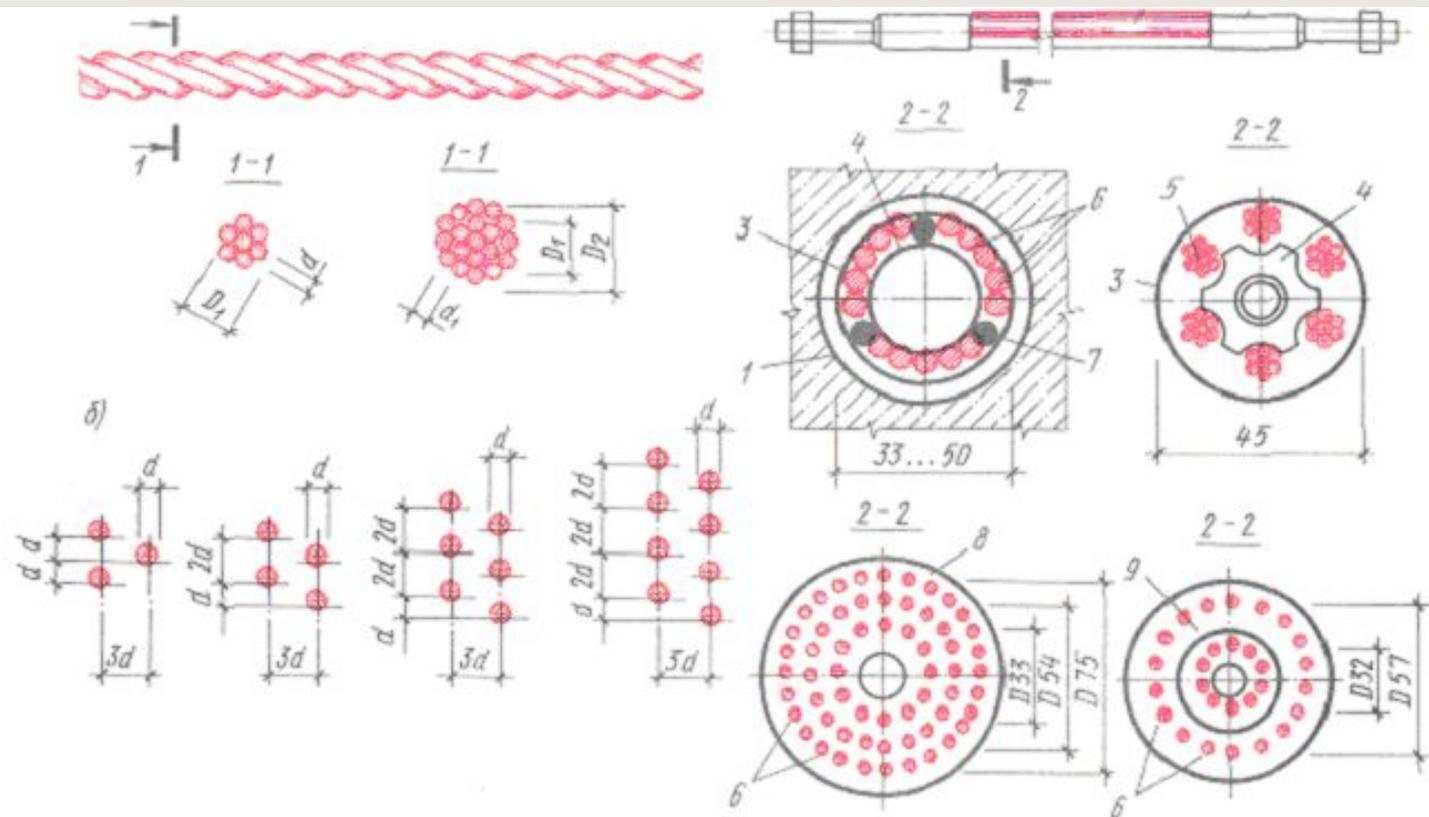


Рис.3.4. Арматурные проволочные изделия

а - проволочные канаты К-7 и К-19; б - пакеты из проволок класса Вр-II  $d=5\text{мм}$ ;  
 в - однорядные (из 18 отдельных проволок и из 6 семипроволочных канатов) и многорядные (из 60 и 28 проволок) пучки из проволоки В-II  $d=5\text{мм}$ ; 1 - трубка из кровельной стали; 2 - анкер;  
 3 - скрутки из мягкой проволоки  $d=3\text{ мм}$ ; 4 - отрезки спирали из стальной проволоки  $d=2\text{ мм}$  (распределительные звездочки в пучках из канатов); 5 - семипроволочные канаты;  
 6 - отдельно уложенные проволоки; 7 - коротышки  $d=18\text{ мм}$ , длиной 100мм, с шагом 1000 мм - для свободного заполнения полости пучка раствором; 8 - многорядный пучок; 9 - двухрядный пучок  
 $d$  - диаметр составляющих проволок;  $D1$  - условный диаметр первого повива;  $D2$  - то же, второго повива

## Стыкование ненапрягаемой арматуры

По способу производства стыки стержней делятся на **сварные, несварные (внахлёстку)**, по месту изготовления – **заводские и монтажные**.

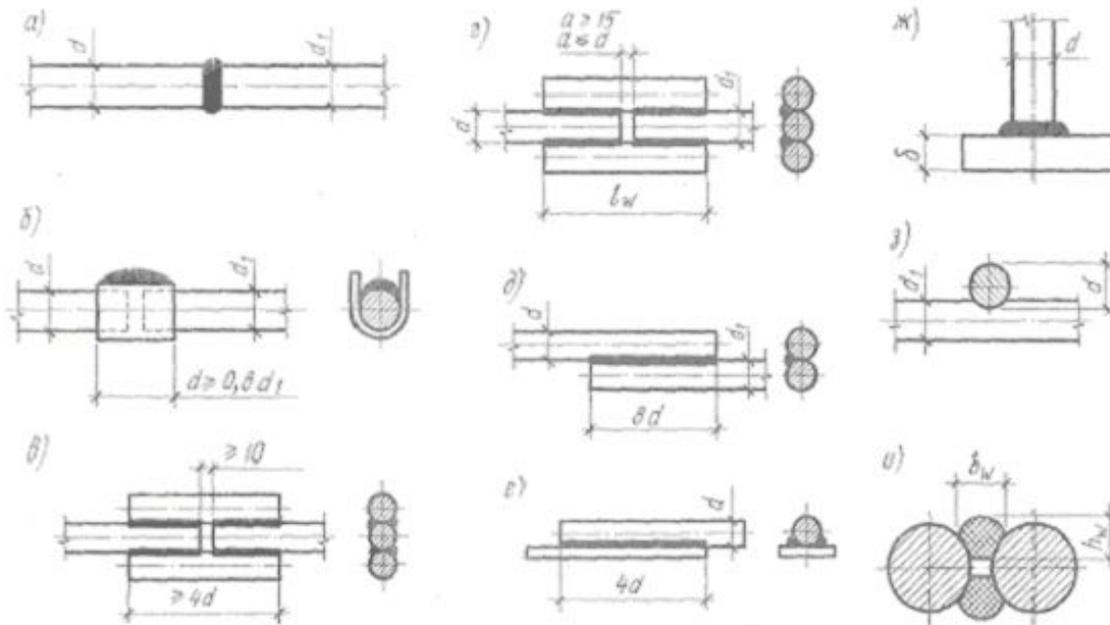


Рис.3.5. Сварные стыки ненапрягаемой арматуры:

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

## Арматурные изделия

1. *Арматурные сетки* (обычно с перпендикулярным расположением рабочих стержней).

2. *Каркасы* – плоские и пространственные.

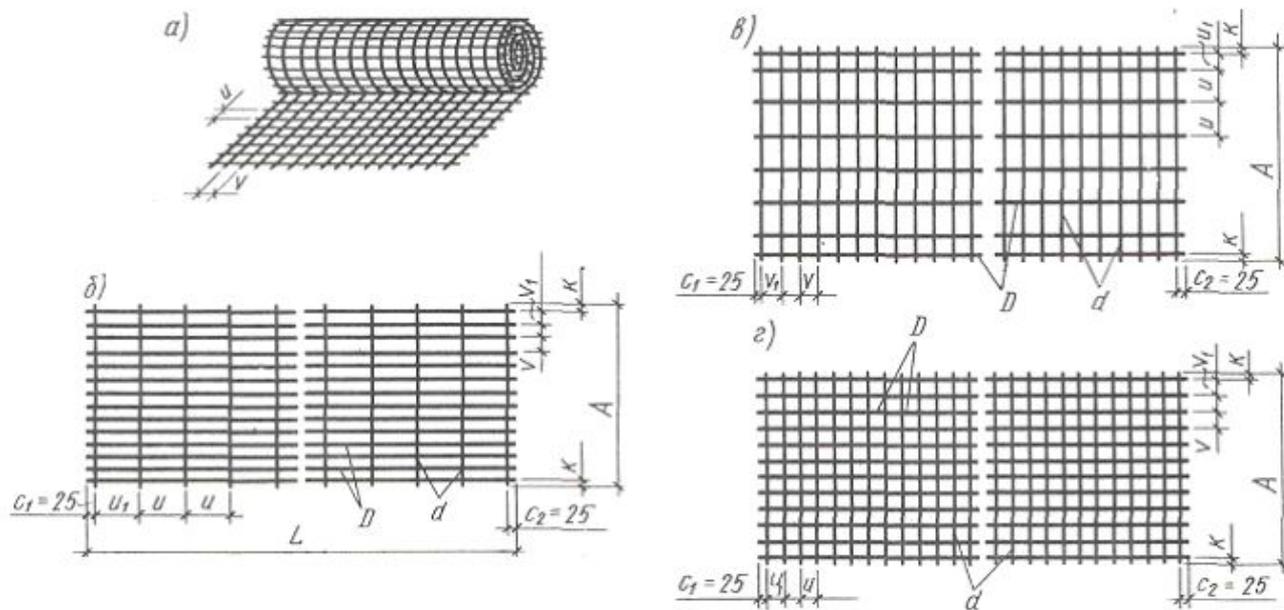
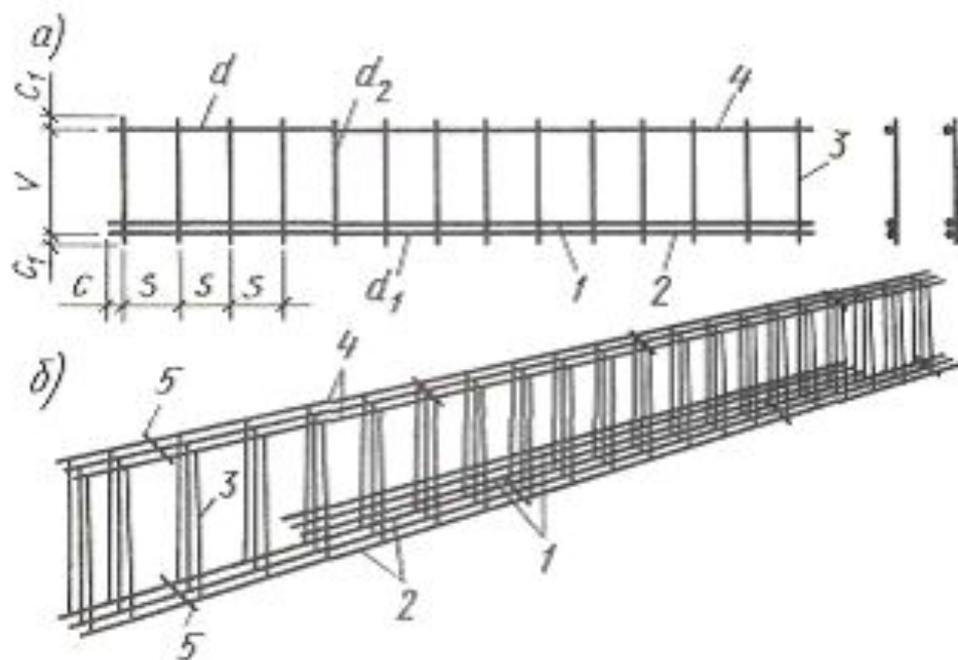


Рис.3.6. Сварные арматурные сетки:

а - рулонная, б, в, г - плоские с рабочей арматурой, соответственно, продольной, поперечной и рабочей в обоих направлениях;  $D$  - диаметр рабочих стержней;  $d$  - диаметр распределительных стержней;  $A$  - ширина сетки;  $v$  и  $u$  - расстояние между осями рабочих и распределительных стержней



**Рис.3.7. Типы арматурных каркасов:**

а - плоский, б - пространственный, 1 - второй ряд рабочей арматуры (при необходимости); 2 - нижний ряд рабочей арматуры, 3 - хомуты, 4 - монтажные стержни, 5 - монтажные (соединительные) стержни

## Реологические свойства арматуры

*Ползучесть* - увеличение деформаций под сжимающей нагрузкой во времени. Ползучесть нарастает с повышением напряжений и ростом температуры.

*Релаксация* - снижение напряжения в арматуре при жёстком закреплении её концов, стесняющих свободное деформирование. Наиболее интенсивно релаксация развивается в течение первых часов, однако она может продолжаться длительное время.

Релаксация зависит от прочности, химического состава, технологии изготовления, температуры и т.д. Это обуславливает потерю арматурой части заданного преднапряжения, поэтому снижается трещиностойкость и жёсткость.

## Нормативные и расчётные сопротивления

Основной прочностной характеристикой арматуры является нормативное значение сопротивления растяжению  $R_{sn}$ , принимаемое в зависимости от класса арматуры по таблицам норм.

$$R_{sn} = R_s^{95} = \sigma_{0,2}^{95}$$

Расчётное значение сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний первой группы определяются:

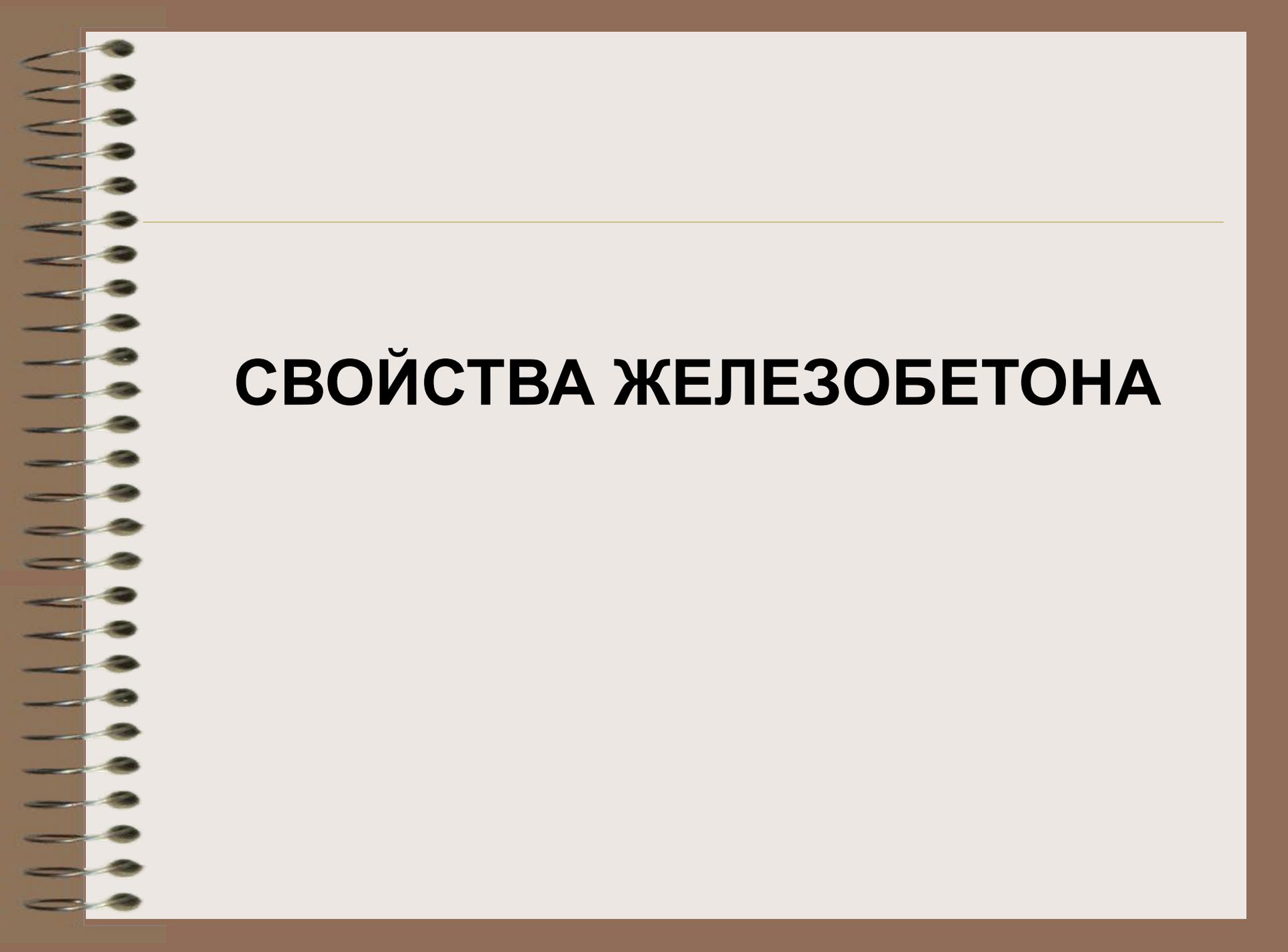
$$R_s = \frac{R_{sn}}{\gamma_s}$$

- коэффициент надежности по арматуре, принимаемый равным:

1,1 – для арматуры классов А240, А300, А400;

1,15 – для арматуры класса А500;

1,2 – для арматуры класса В500.

A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line drawn across it. The title "СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОНА" is written in bold black letters in the center of the page.

# **СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

## 1. Сцепление арматуры с бетоном

Совместное деформирование арматуры с бетоном, обеспечивающееся сцеплением и анкерровкой, служит основной предпосылкой деформирования железобетона под нагрузкой как конструктивного материала.

По определению *сцепление* - это связь по поверхности контакта между арматурой и бетоном, в силу которой величина продольного усилия в арматуре может стать перем по ее длине.

Силы сцепления вызывают в бетоне сложное напряженно-деформированное состояние, в частности расклинивание. По отношению к арматуре силы сцепления могут быть сведены к распределенной нагрузке, направленной по ее оси, а иногда дополнительно к нагрузкам в виде распределенных по длине изгибающих и крутящих моментов.

Сопротивление сдвигу  $\tau_c$  растет с увеличением марки цемента, уменьшением В/Ц, с увеличением возраста бетона (влияние усадки).

По длине заделки стрежня напряжения сцепления распределяются неравномерно, при этом наибольшее напряжение  $\tau_{c, \max}$  не зависит от длины заделки (рис. 4.1).

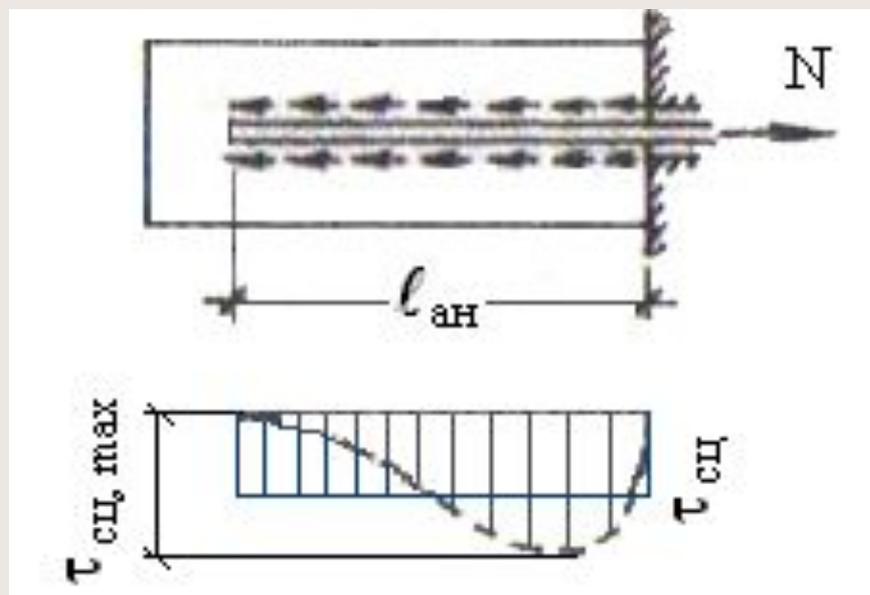


Рис. 4.1. Распределение напряжений сопротивления сдвигу

*Анкеровка* — это закрепление концов арматуры внутри бетона или на его поверхности, способное воспринимать определенные величины нагрузки.

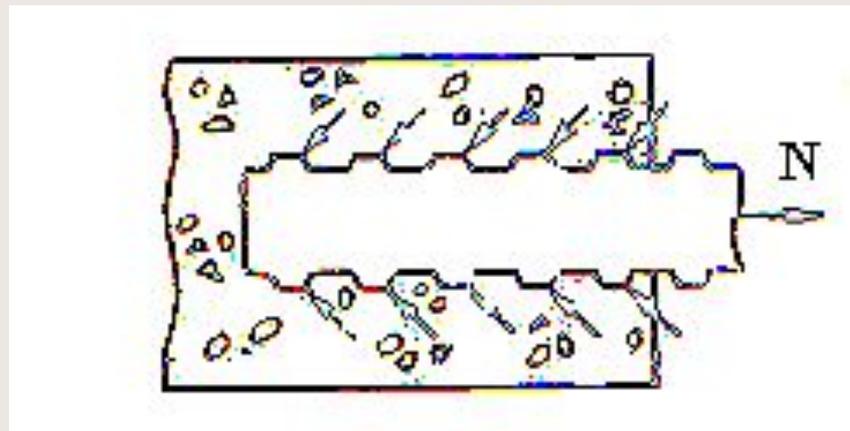
---

Сцепление, даже при не полностью обеспеченной анкеровке, играет существенную роль - **образование первой трещины влечет за собой возрастание удлинений на всем протяжении растянутой арматуры.** От качества сцепления зависит расстояние между трещинами и ширина их раскрытия.

В России напряжения сцепления не рассчитываются, но на основании опытов даются конструктивные правила относительно длин анкеровки, размеров поперечного армирования и т. п.

Как показали опыты, сила сцепления меняется в широких пределах и в основном зависит от трех факторов: - склеивания арматуры с бетоном, благодаря клеящей способности цементного теста (адгезия);

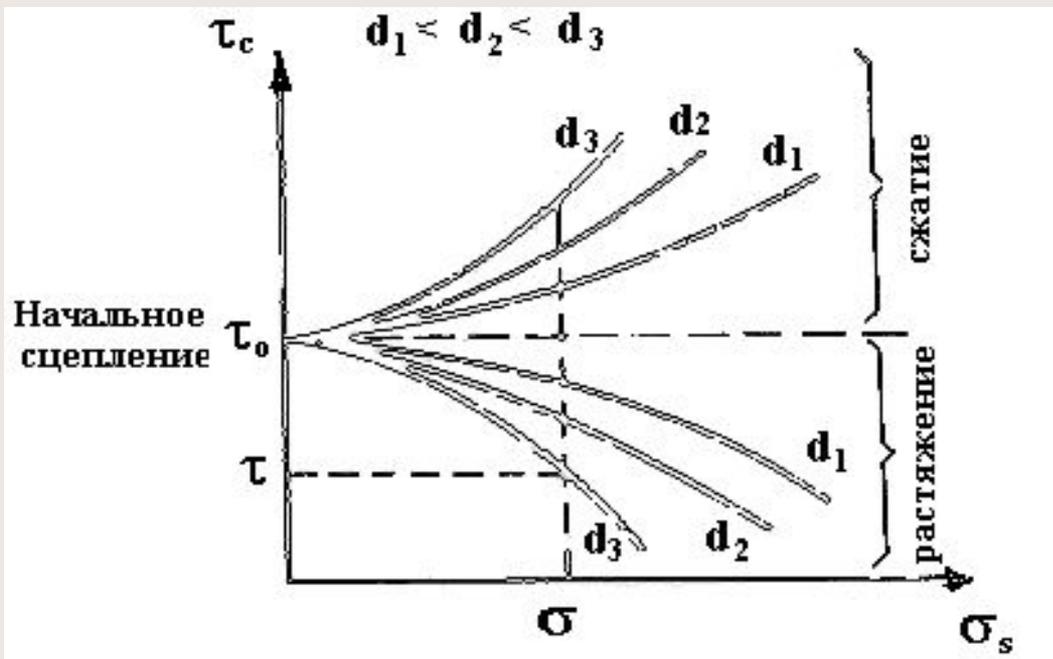
- сил трения, возникающих на поверхности арматуры благодаря зажатию стержней в бетоне при его усадке;
- сопротивления бетона усилиям среза, возникающим из-за наличия неровностей и выступов на поверхности арматуры (рис.4.2).



**Рис. 4.2. Зацепление выступов арматуры за бетон**

Сопротивление скольжению растянутой арматуры (на выдергивание) меньше, чем сопротивление скольжению сжатой арматуры (на выталкивание), что объясняется поперечными деформациями самого стержня.

С увеличением диаметра стального стержня и повышением нормального напряжения в нем сила сцепления его с бетоном при растяжении уменьшается, а при сжатии – увеличивается (рис.4.3).

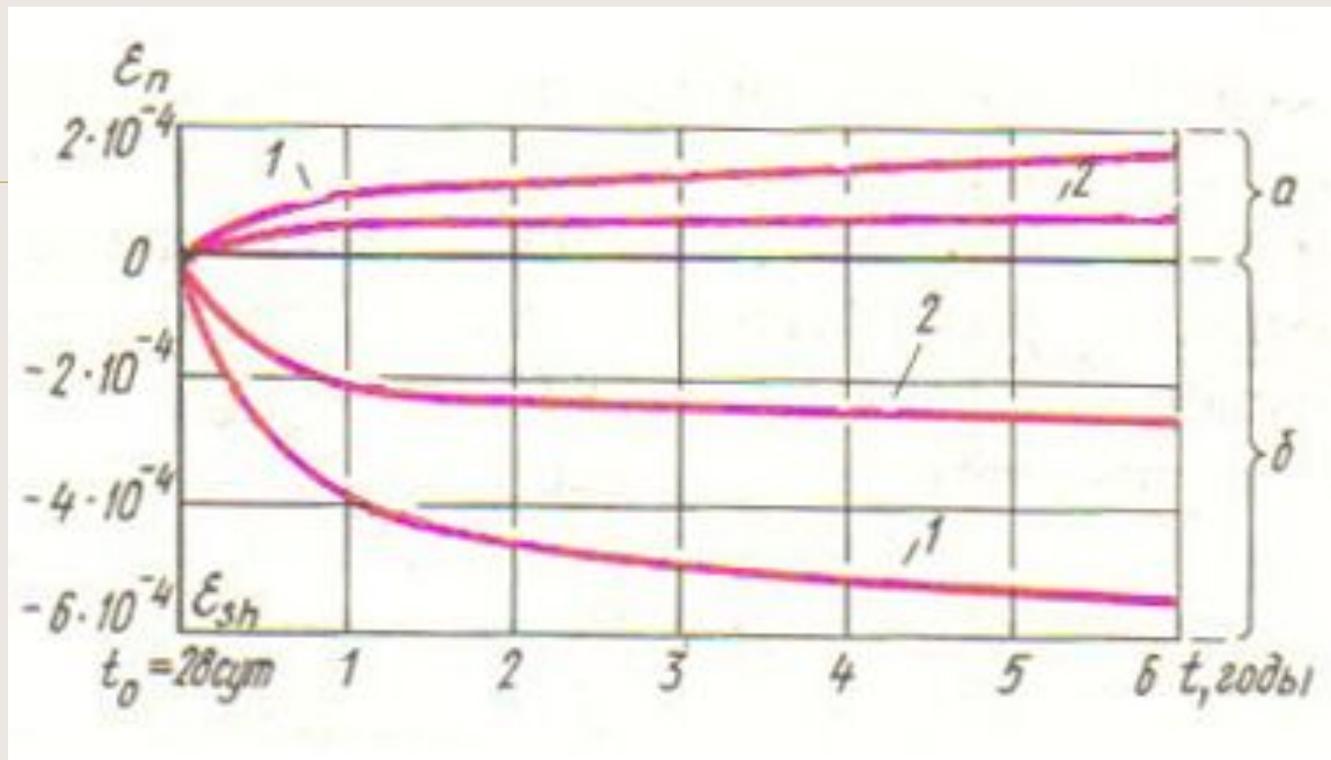


**Рис. 4.3. Влияние диаметра арматуры на напряжения**

## 2. Усадка железобетона

В железобетонных конструкциях стальная арматура вследствие ее сцепления с бетоном становится внутренней связью, препятствующей свободной усадке бетона.

Опыты показывают, что усадка железобетона примерно вдвое меньше усадки бетона. Усадка железобетона, как и бетона, получает наибольшее развитие в первый год твердения и значительно превышает деформацию набухания (рис.4.5).

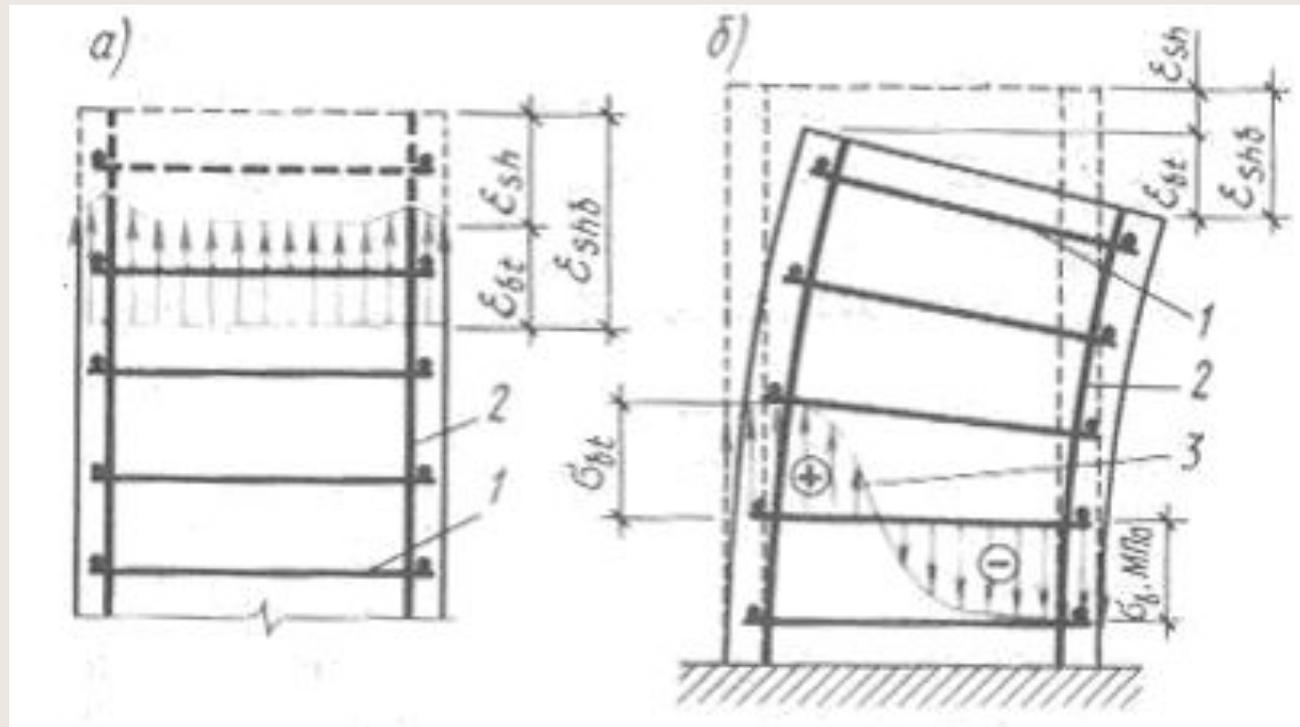


**Рис. 4.5. Кривые усадки и набухания бетонных и железобетонных образцов**

а – набухание в воде;

б – усадка на воздухе

Это объясняется тем, что арматура, обладающая значительно большим модулем упругости, вовлекается в совместное деформирование с бетоном за счет сил сцепления и тем самым препятствует свободным усадочным деформациям бетона (рис.4.6).



**Рис. 4.6. Схема деформации армированного элемента от усадки бетона**  
а, б – симметричное и несимметричное армирование;  
1 – поперечная арматура; 2 – продольная (рабочая) арматура;  
3 – примерная эпюра напряжений сжатия и растяжения в бетоне

### 3. Ползучесть железобетона

Ползучесть железобетона является следствием ползучести бетона. Стальная арматура, как и при усадке, является внутренней связью, препятствующей свободным деформациям ползучести бетона. В железобетонном элементе при продолжительном действии нагрузки стесненная деформация ползучести приводит к перераспределению усилий в сечении между бетоном и арматурой. Процесс перераспределения напряжений происходит в течение длительного времени сначала интенсивно, а затем затухает.

#### 4. Влияние высоких температур на железобетон

В железобетонных конструкциях, подверженных воздействию температуры до  $100^{\circ}\text{C}$ , дополнительные напряжения невелики и не приводят к снижению прочности. При более высоких температурах прочность железобетона уменьшается ( $200-250^{\circ}\text{C}$ ), при температуре  $500-600^{\circ}\text{C}$  происходит полное разрушение бетона.

При проектировании железобетонных конструкций здания большой протяженности делают температурными швами на отдельные блоки, которые обычно совмещают с усадочными швами.

## 5. Коррозия железобетона и меры защиты

Характер коррозии бетона и арматуры в железобетонных конструкциях зависит от агрессивности среды, состава и плотности бетона.

Коррозия бетона происходит при недостаточно плотных бетонах под действием фильтрующейся воды. При этом на поверхности бетона образуются белые хлопья, свидетельствующие о разрушении бетона. Наиболее опасны мягкие воды. Другой вид разрушения может происходить под влиянием агрессивной среды (кислоты).

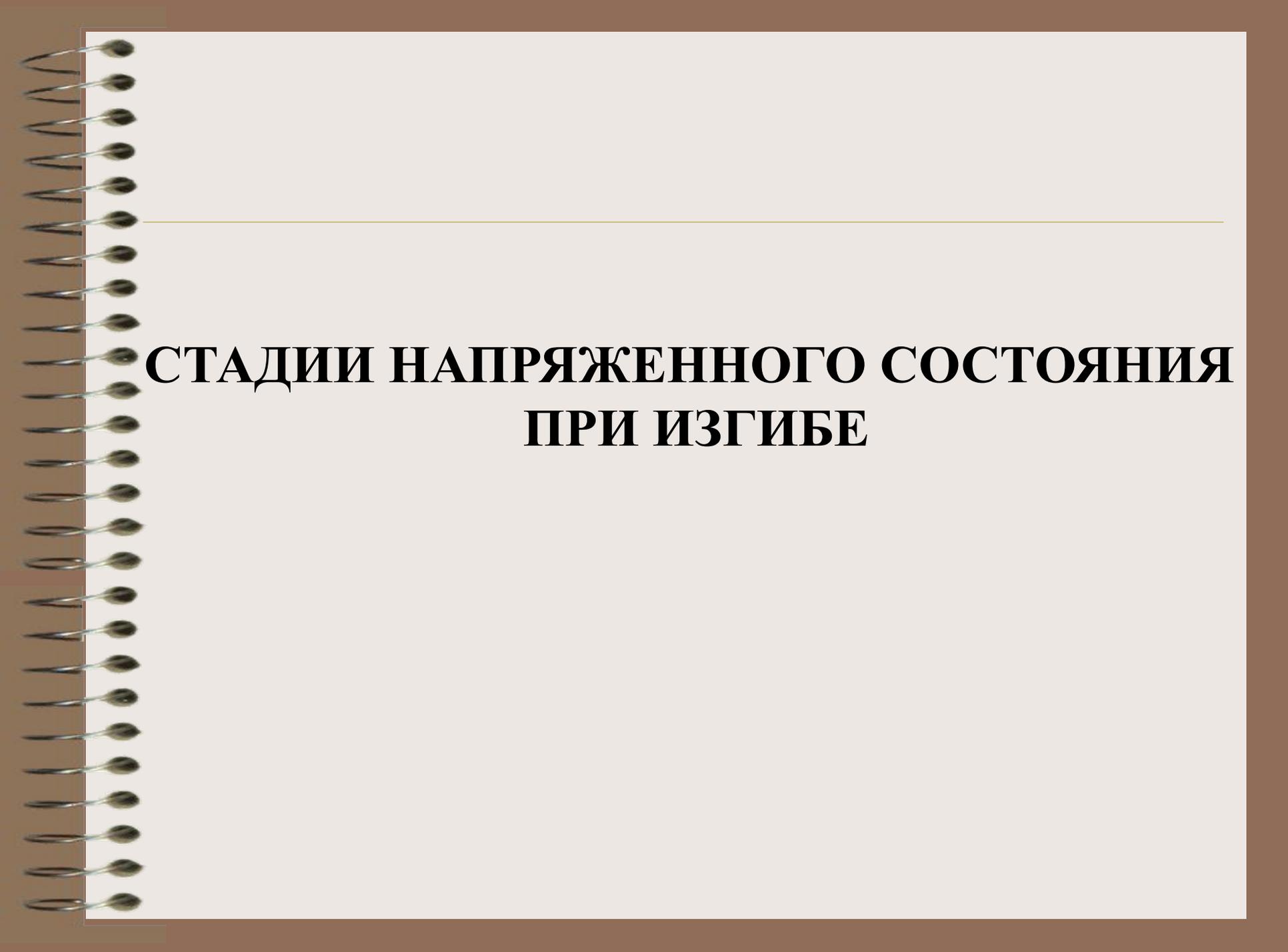
Коррозия арматуры обычно протекает одновременно с коррозией бетона. При неплотном бетоне, а также при большом раскрытии трещин агрессивная среда может вызвать коррозию арматуры и без разрушения арматуры (рис. 4.7).



**Рис. 4.7. Коррозия арматуры**

## **Меры защиты от коррозии:**

- снижение фильтрующей способности бетона (специальные добавки);
- повышение плотности бетона;
- увеличение толщины защитного слоя;
- применение специальных видов бетона;
- защита поверхности (штукатурка кислотоупорная, облицовка керамическая и др.)

A spiral-bound notebook with a brown cover and a white page. The spiral binding is on the left side. The page is mostly blank, with a horizontal line near the top. The title is centered on the page.

# **СТАДИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ**

# 1. Стадии напряженного состояния при изгибе

*Стадия I* – до появления трещин в бетоне растянутой зоны, когда напряжения в бетоне меньше временного сопротивления бетону при растяжении и растягивающие усилия воспринимаются арматурой и бетоном совместно (рис. 4.8)

$$\sigma_b < \sigma_{bu};$$

$$\sigma'_s < \sigma_{sc}$$

$$\sigma_{bt} < \sigma_{btu};$$

$$\sigma_s < \sigma_{su};$$

*Если арматура установлена не в один ряд, то сначала находится центр тяжести всех стержней, и  $h_0$  – это расстояние от наиболее сжатого волокна до центра тяжести всех стержней.*

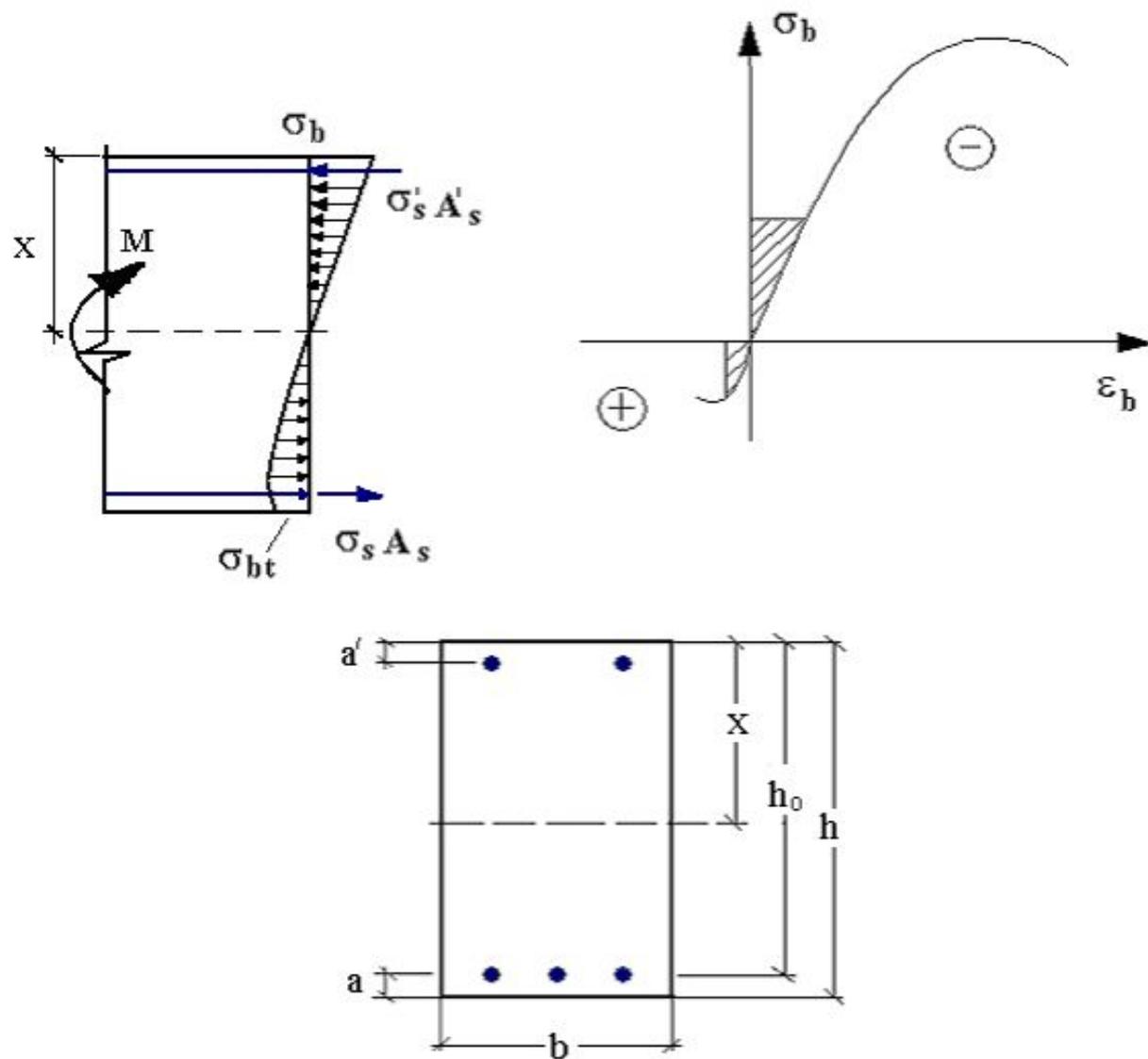
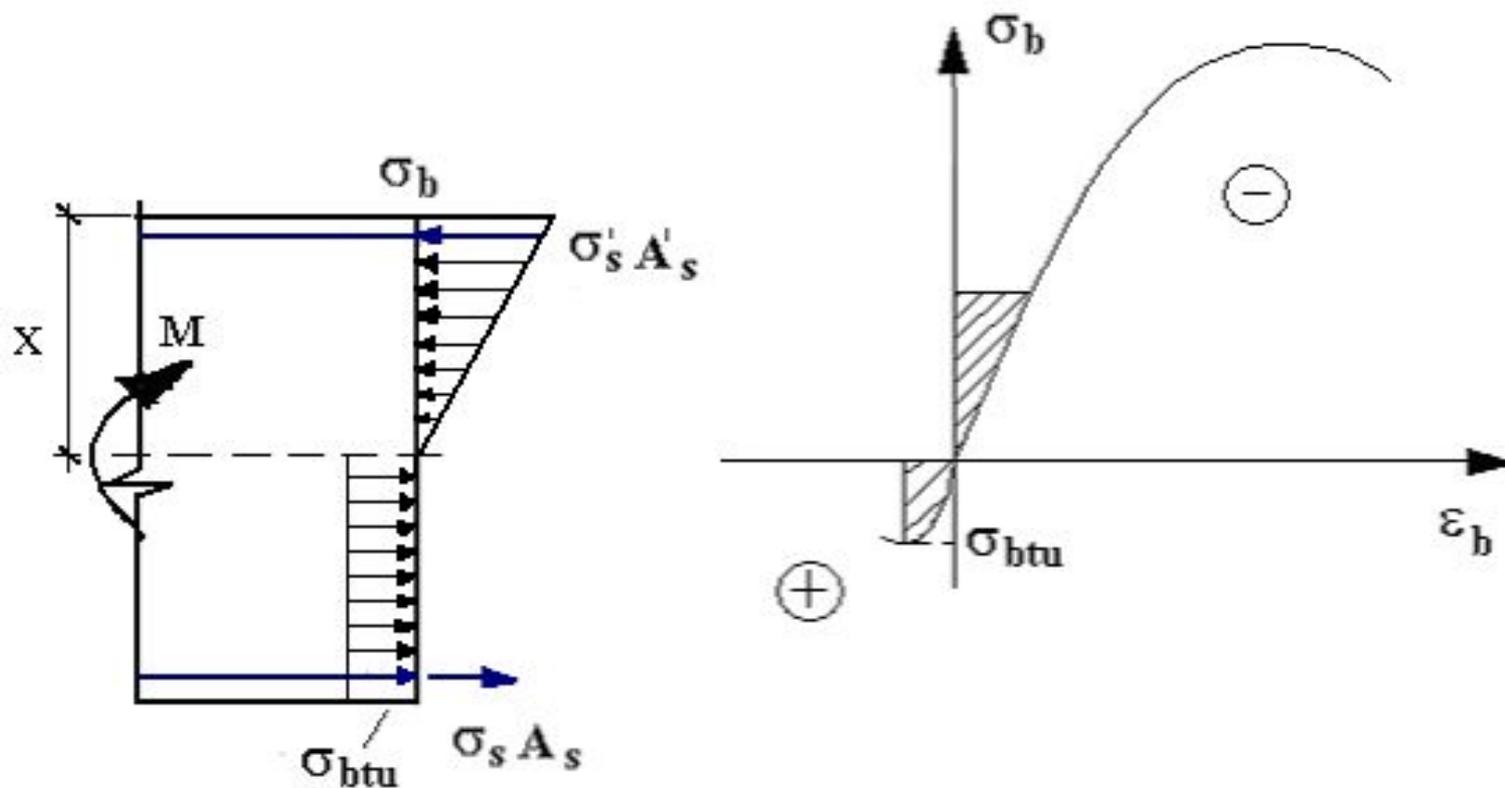


Рис. 4.8. Стадия I НДС

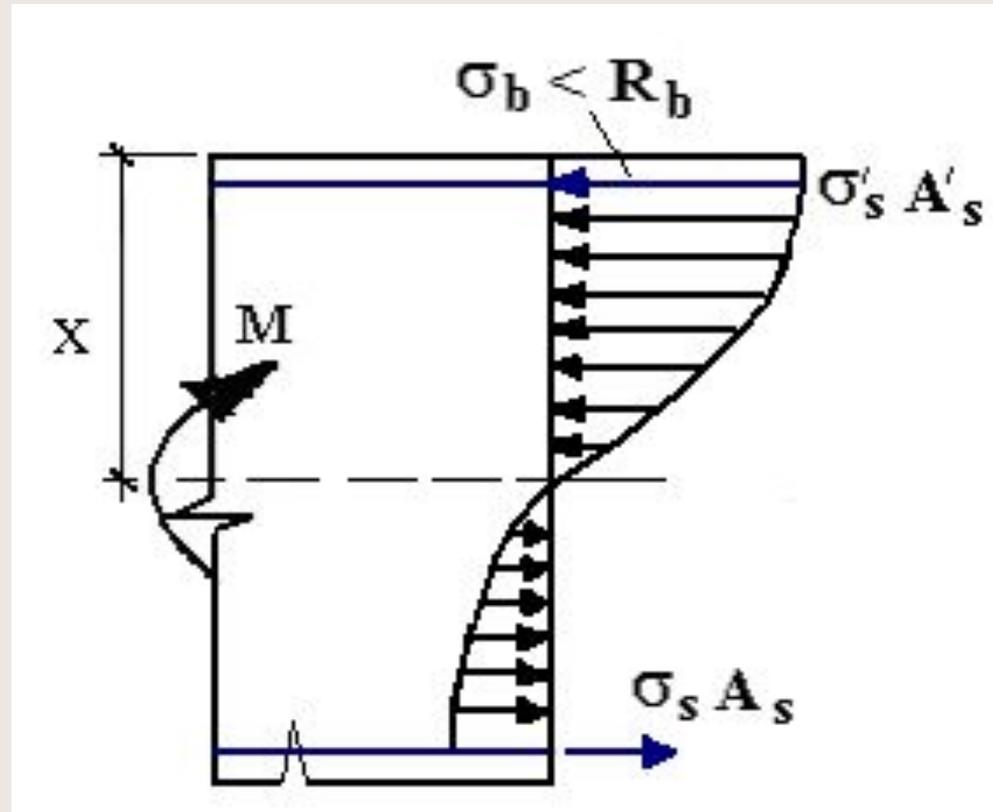
**Стадия Ia** – конец стадии I (рис.4.9).

Стадия Ia необходима для расчета по определению момента образования трещин. Достаточно приложить как угодно малую нагрузку, чтобы появилась трещина.



**Рис. 4. 9. Стадия Ia НДС**

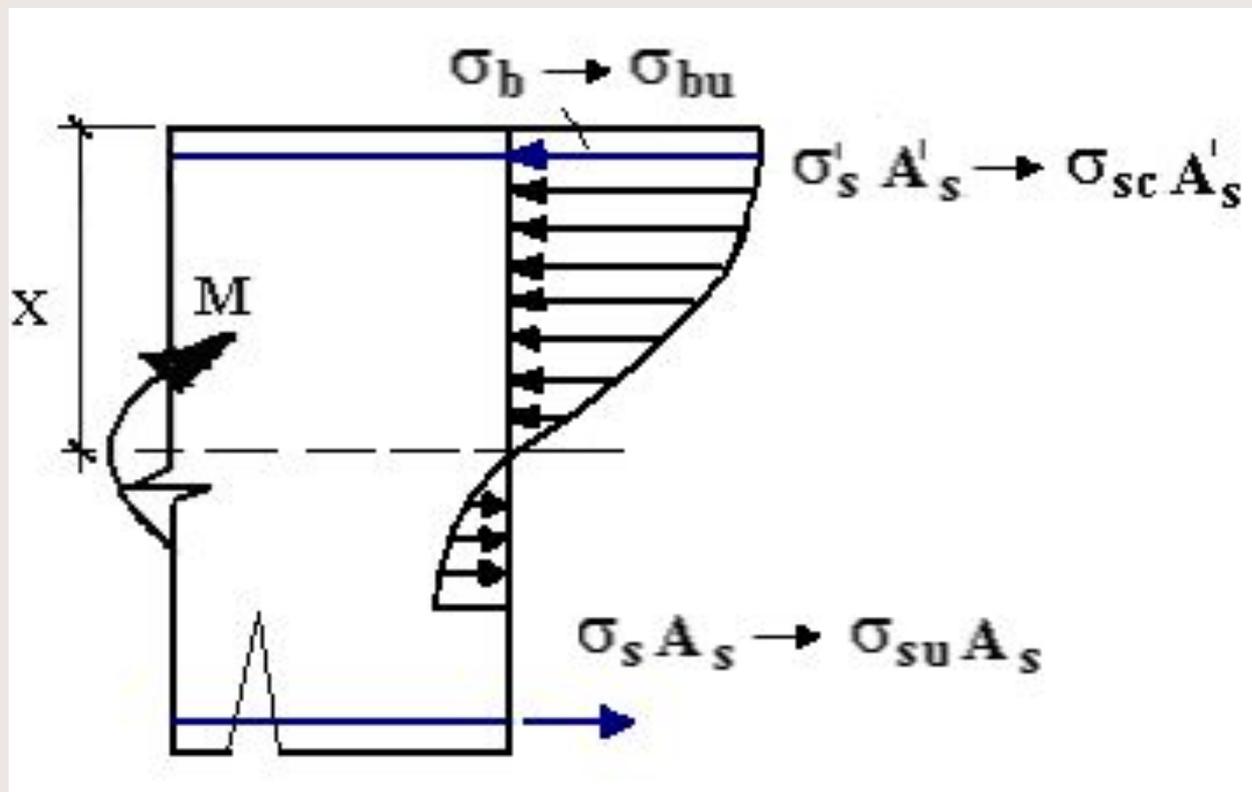
**Стадия II** – это стадия эксплуатации, необходимая для определения прогибов  $f$  и ширины раскрытия трещин  $a_{cre}$  (рис.4.10).



**Рис. 4. 10. Стадия II НДС**

## *Стадия IIa (стадия предразрушения).*

Стадия IIa характеризуется началом заметных неупругих деформаций в арматуре (рис.4.11).



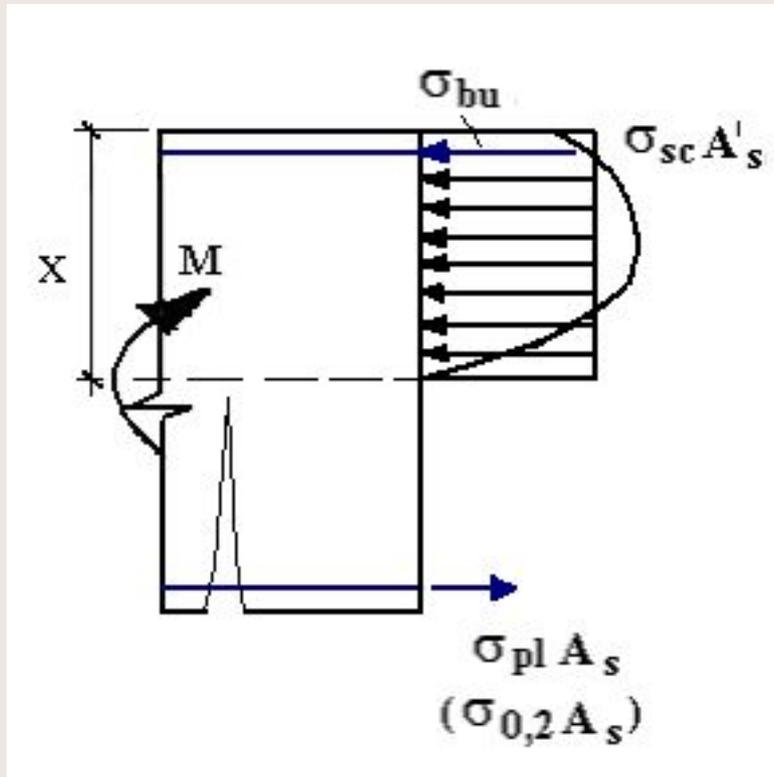
**Рис. 4.11. Стадия IIa НДС**

### *Стадия III (стадия разрушения).*

По продолжительности это самая короткая стадия. Напряжения в арматуре достигают физического или условного предела текучести, а в бетоне – временного сопротивления осевому сжатию. Криволинейность эпюры нормальных напряжений сжатия становится ярко выраженной. Бетон растянутой зоны из деформирования элемента почти исключается.

Различают два характерных случая разрушения элемента.

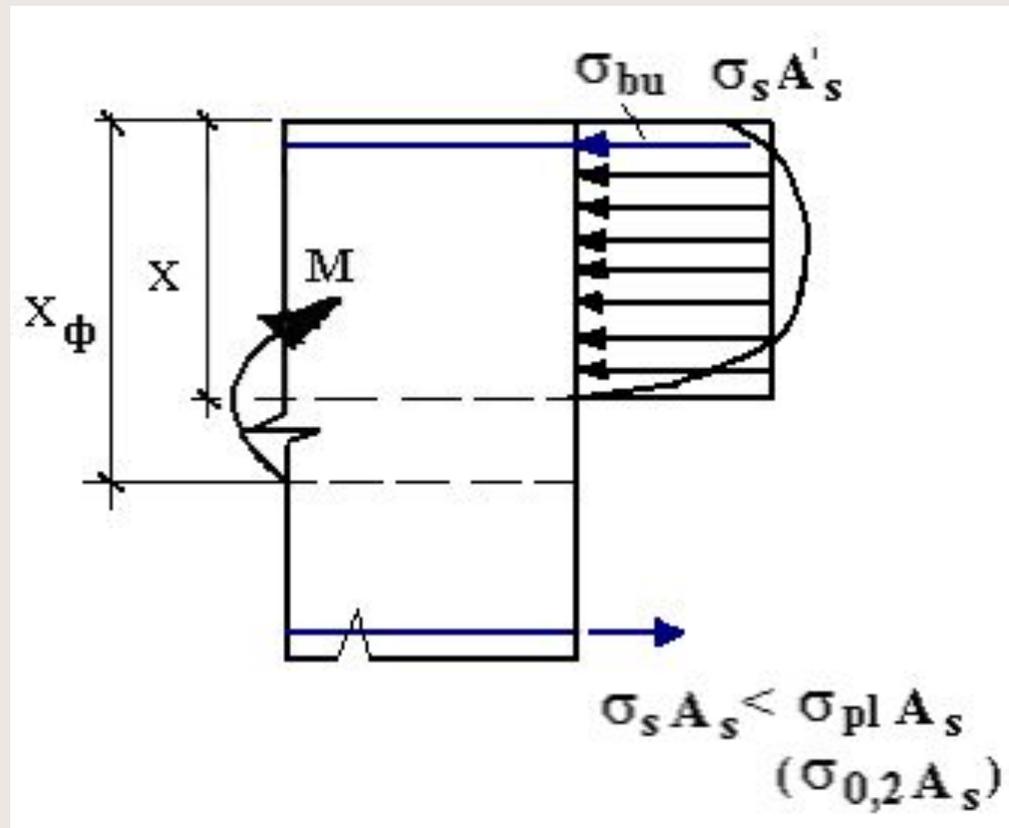
**Случай 1**– это случай пластического разрушения вследствие замедленного развития местных пластических деформаций арматуры (рис.4.12).



$$\sigma_{sc} \leq \begin{cases} R_s \\ \sigma_{sc} = E_s \varepsilon_{btu} = \begin{cases} 400 \\ 500 \end{cases} \end{cases}$$

**Рис. 4. 12. Стадия III НДС. Случай 1**

**Случай 2** наблюдают при разрушении элементов с избыточным содержанием растянутой арматуры (рис.4.13).



**Рис. 4. 13. Стадия III НДС. Случай 2.**

## 2. Трещиностойкость железобетонных конструкций

*Трещиностойкость конструкций – это сопротивление их образованию трещин в конце стадии I НДС или сопротивление раскрытию трещин в стадии II.*

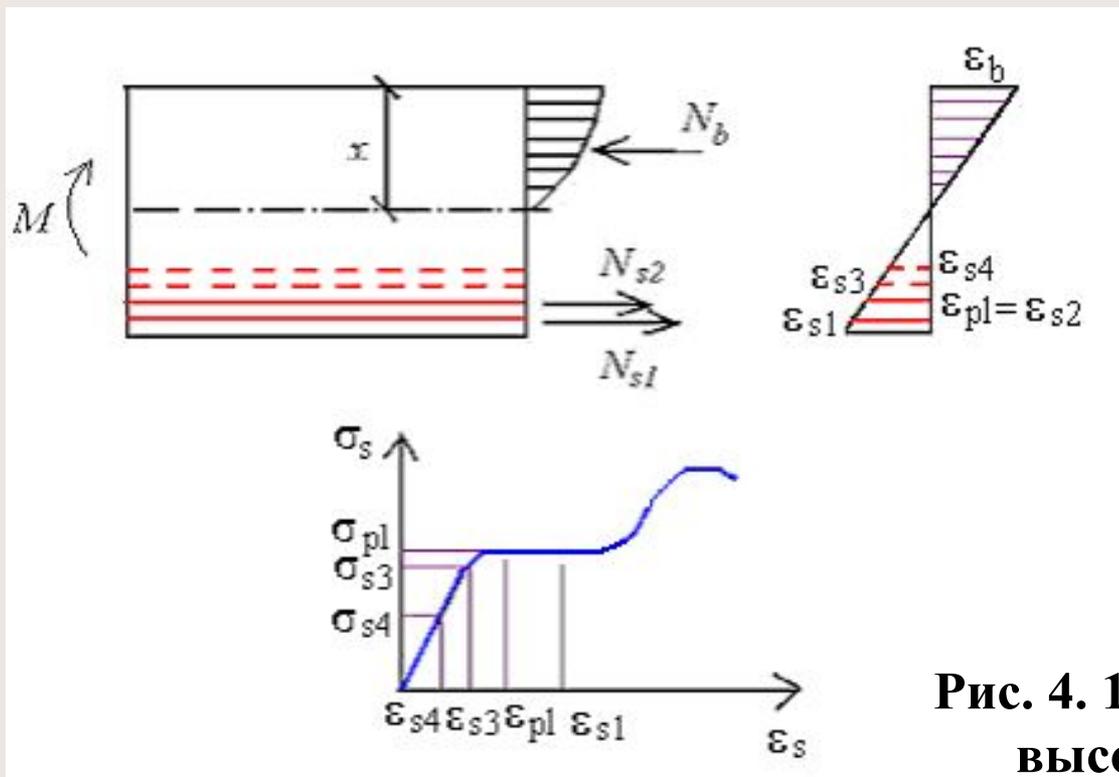
Железобетонные конструкции рассчитывают по:

- образованию трещин;
- раскрытию (непродолжительному и продолжительному) трещин;
- закрытию (для непродолжительного раскрытия) трещин.

### 3. Граничная высота сжатой зоны

Рассмотрим начальные деформации – применяется гипотеза плоских сечений.

Если арматура расположена близко к нейтральному слою, то расход арматуры неэкономичен, т.к.  $\sigma_s \rightarrow 0$  .



**Рис. 4. 14. К определению высоты сжатой зоны**

**Граничная высота сжатой зоны ( $x_R$ )** – это наибольшая высота сжатой зоны, при которой удастся использовать прочностные свойства арматуры в сечении.

$$\frac{x_R}{h_0} = \xi_R \text{ — относительная граничная высота сжатой зоны;}$$

$$\frac{x_i}{h_0} = \xi_i \text{ — относительная высота сжатой зоны.}$$