



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.

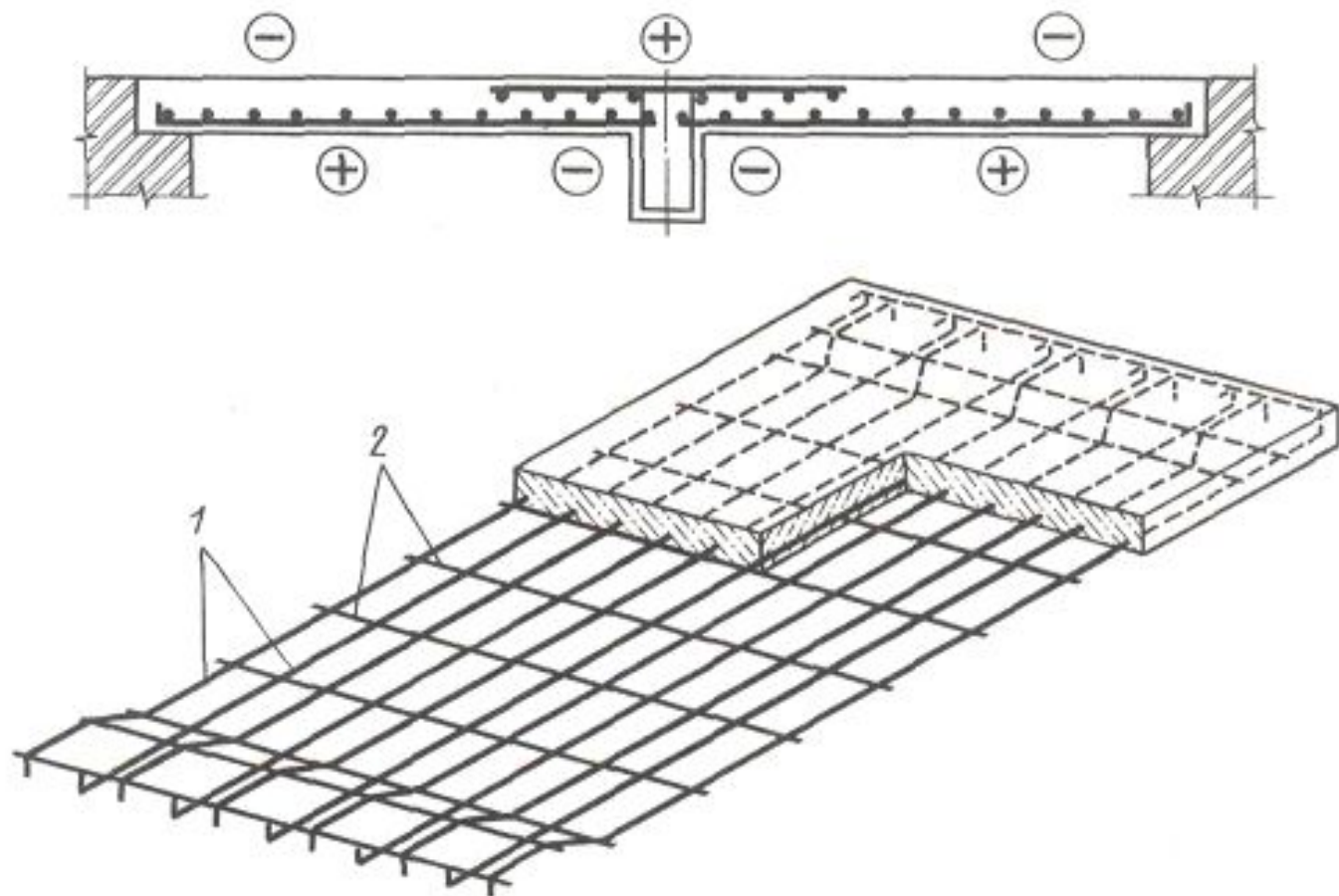


Рисунок 2.17. Армирование плиты

1 - рабочая арматура; 2 - конструктивная арматура

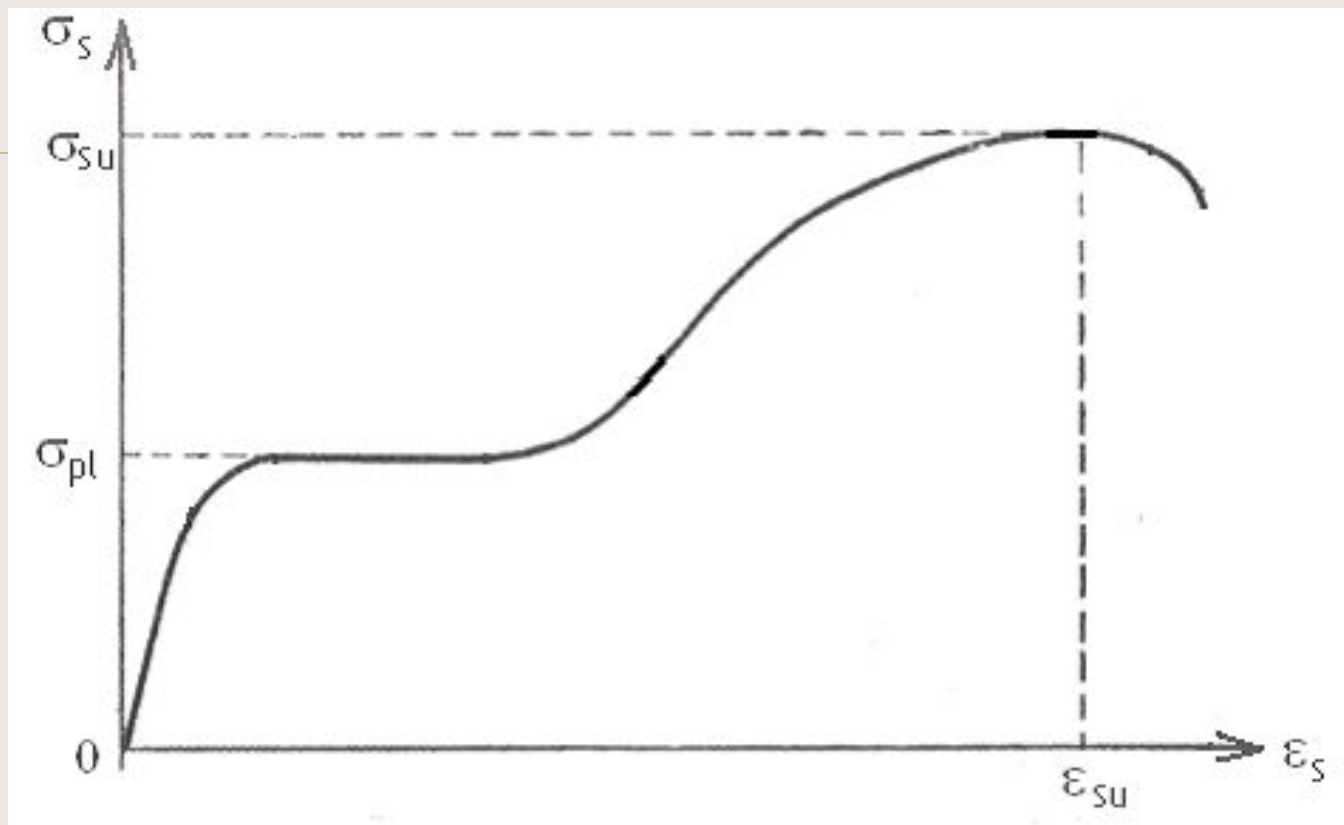


Рис. 2.18. Диаграмма $\sigma_s - \varepsilon_s$, характерная для «мягкой» стали

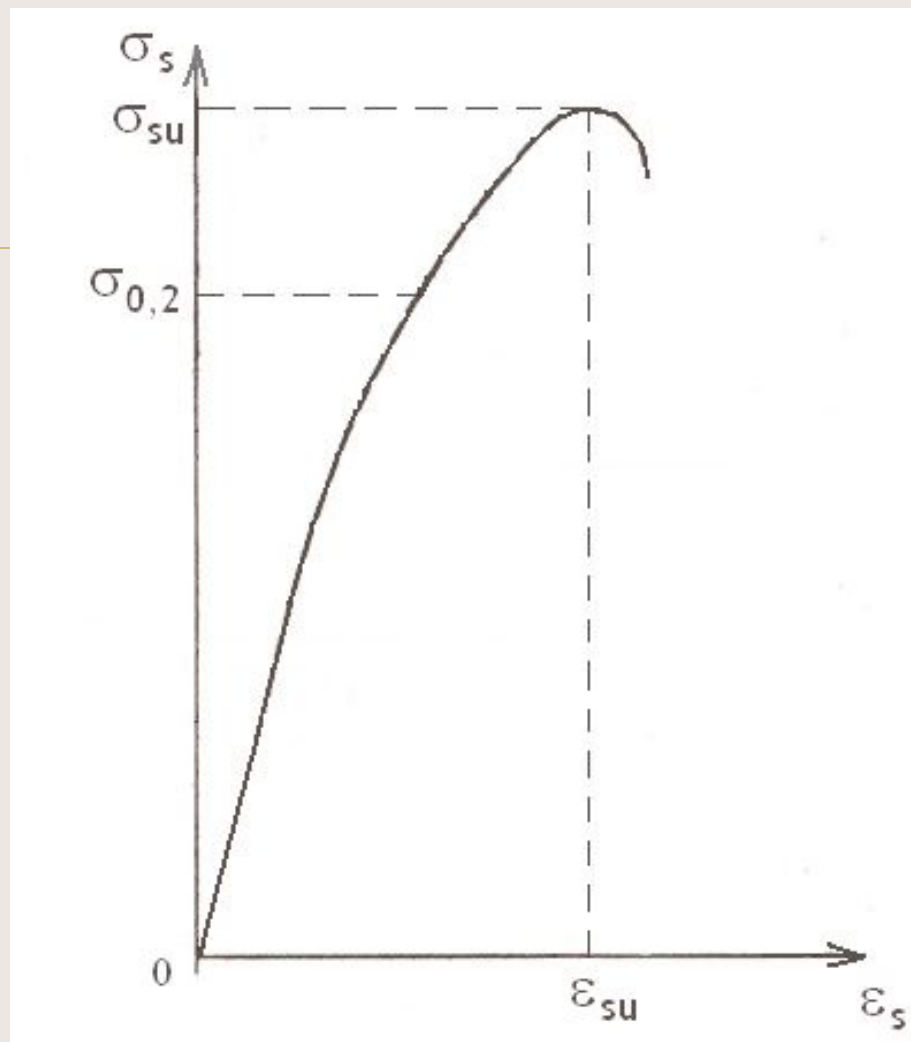


Рис. 2.19. Диаграмма
для «твердой» стали

, характерная

Физический предел текучести $\sigma_{p\boxtimes}$ – 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 напряженному 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 *V* от слова «волочение».

- **Vp-I (Vp500)** – периодического профиля;
- **V-II** – гладкая высокопрочная;
- **Vp-II** – высокопрочная рифлёная;
- **K-7, K-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.

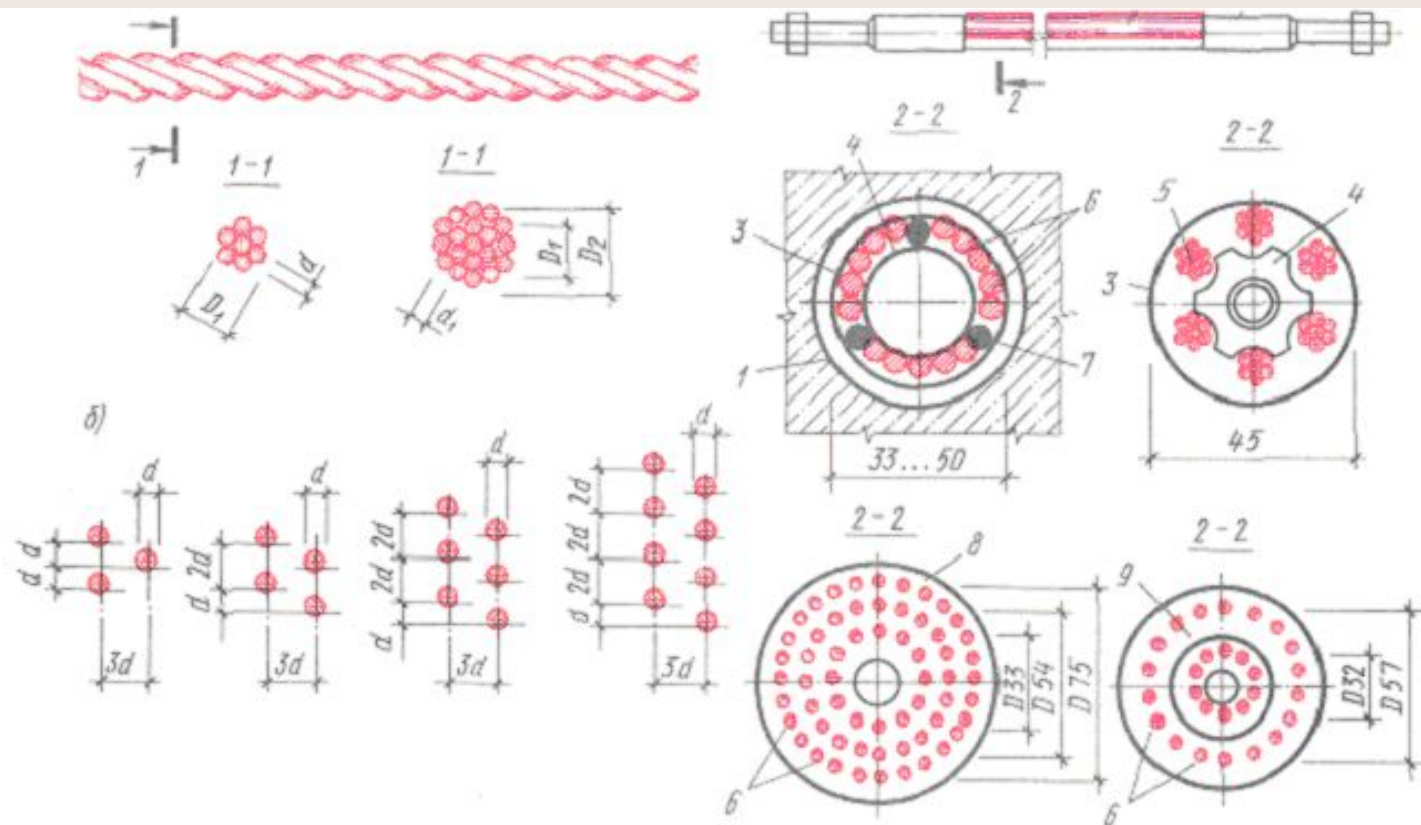


Рис.3.4. Арматурные проволочные изделия

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 (внахлестку)**, по месту изготовления – **заводские и монтажные**.

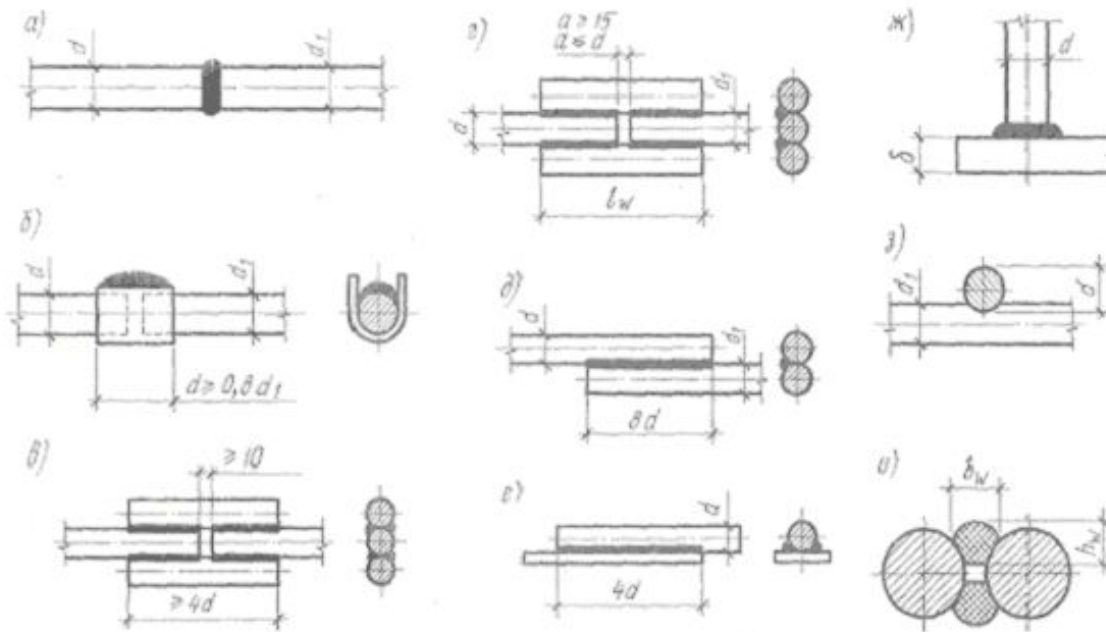


Рис.3.5. Сварные стыки ненапрягаемой арматуры:

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.

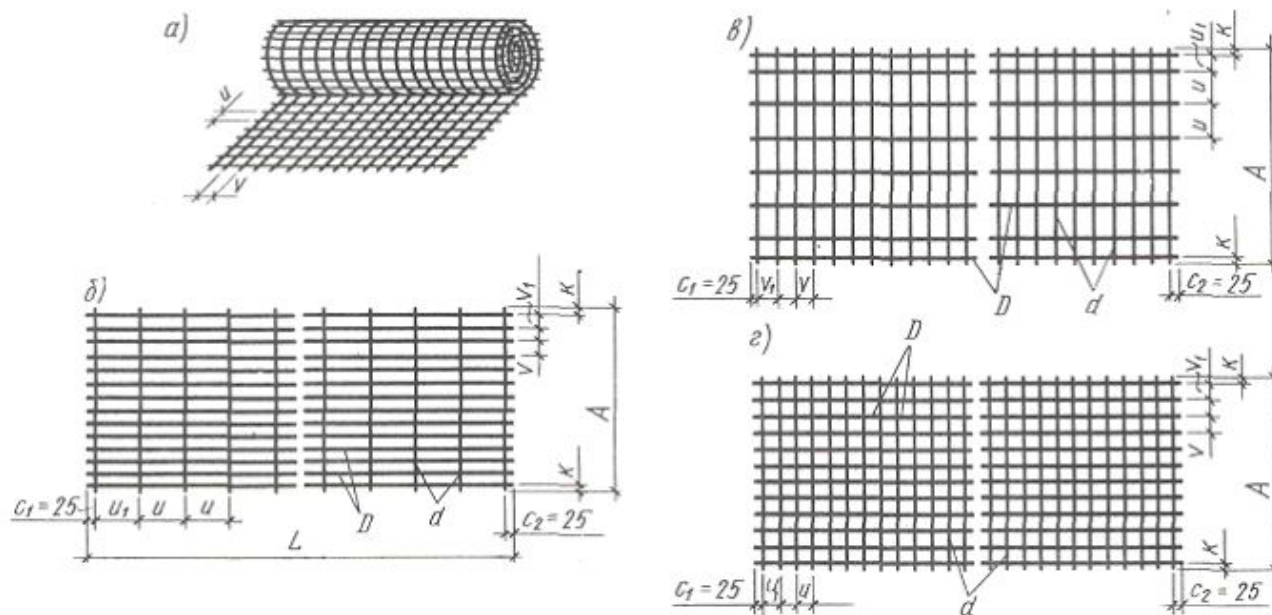


Рис.3.6. Сварные арматурные сетки:

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

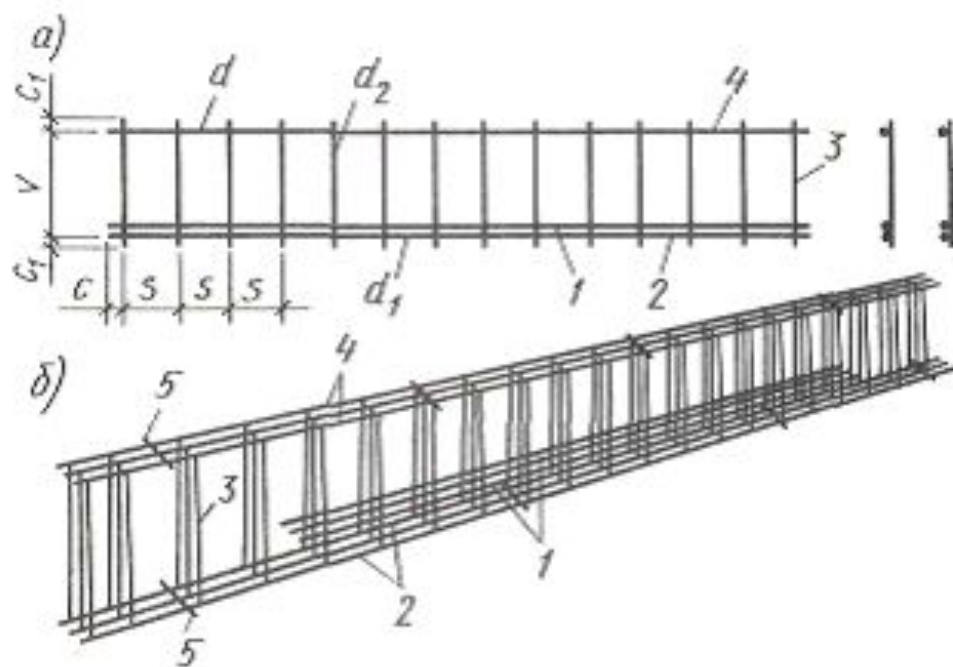


Рис.3.7. Типы арматурных каркасов:

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 near the top. The title "СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОНА" is written in the center in bold black letters.

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 τ_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).

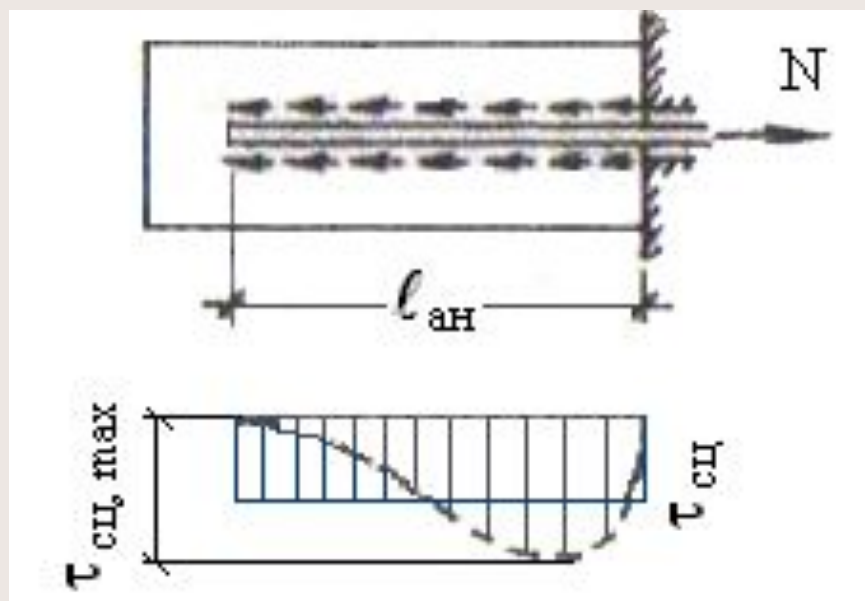


Рис. 4.1. Распределение напряжений сопротивления сдвигу

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).

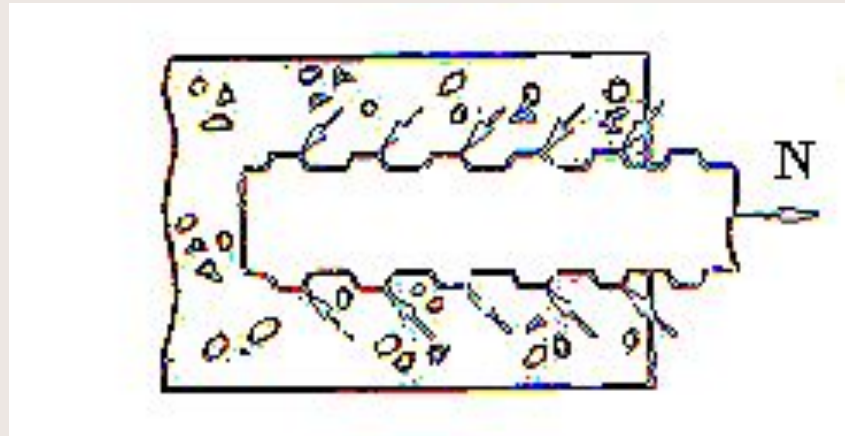


Рис. 4.2. Зацепление выступов арматуры за бетон

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).

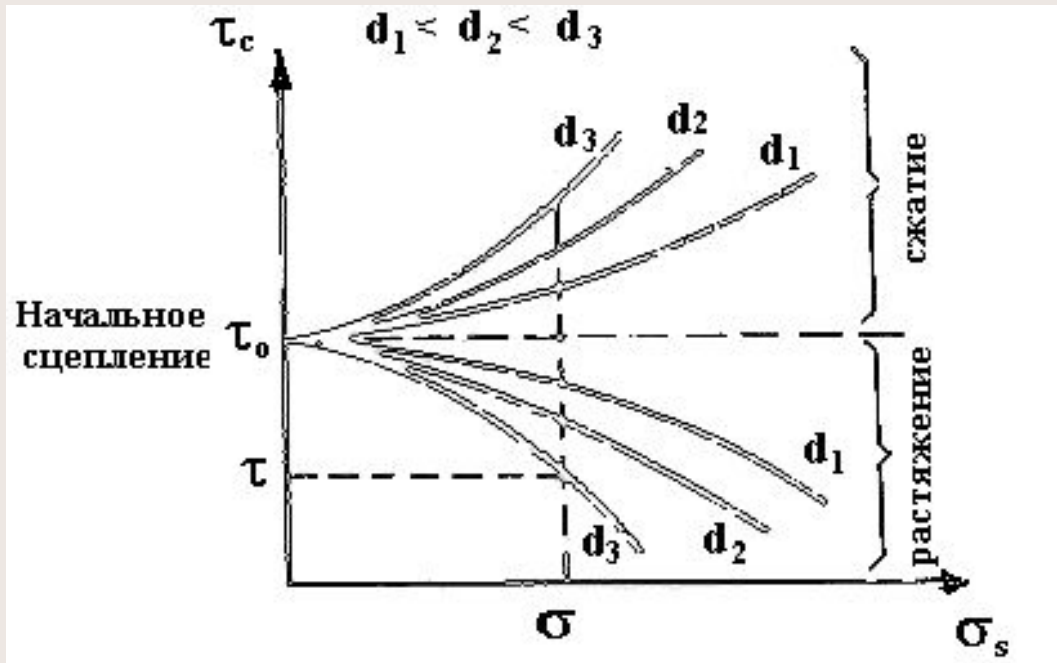


Рис. 4.3. Влияние диаметра арматуры на напряжения

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).

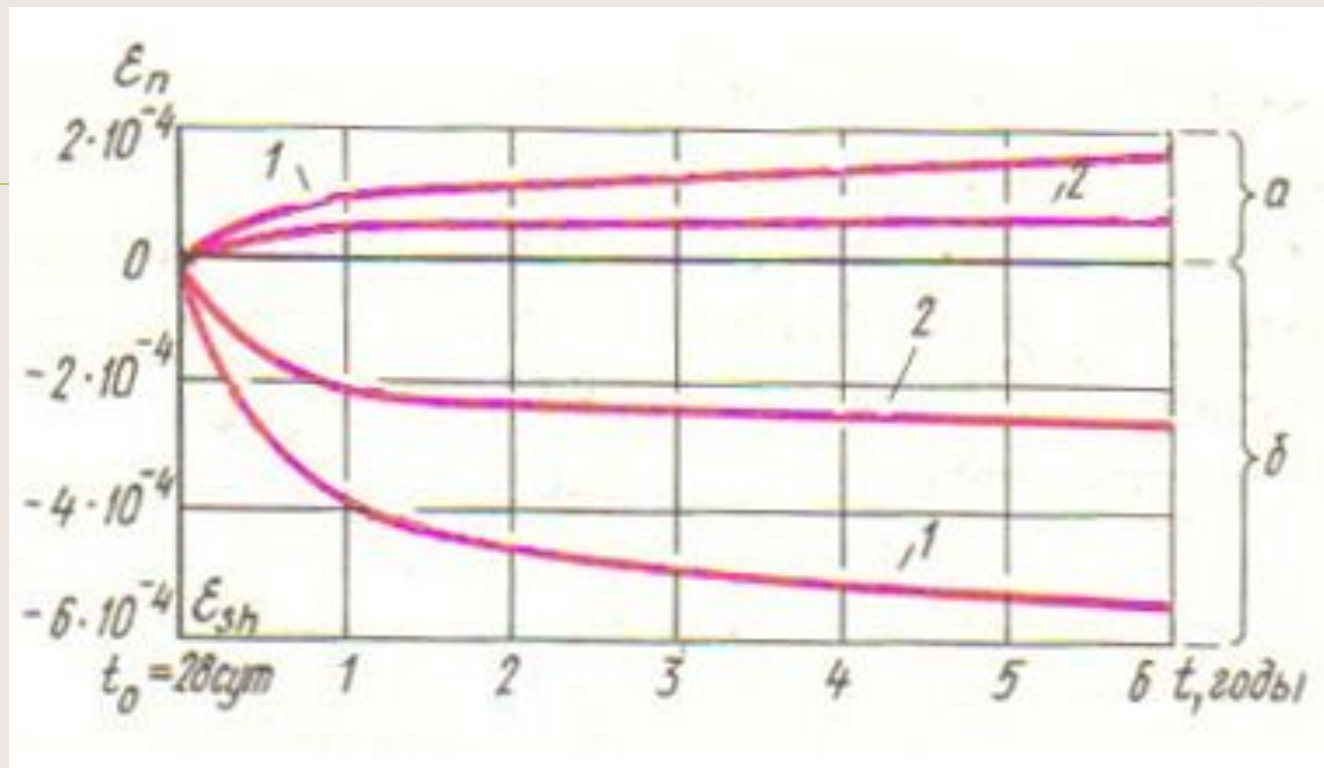


Рис. 4.5. Кривые усадки и набухания бетонных и железобетонных образцов

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).

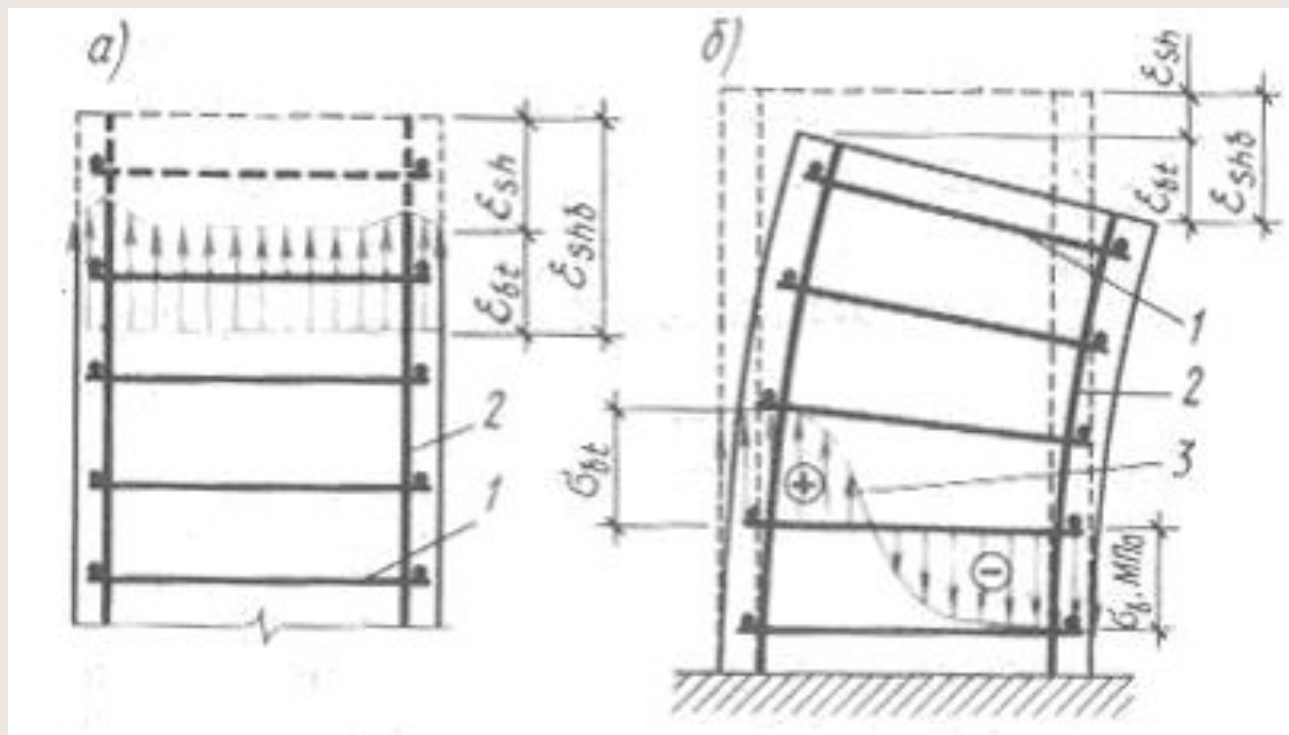


Рис. 4.6. Схема деформации армированного элемента от усадки бетона
а, б – симметричное и несимметричное армирование;
1 – поперечная арматура; 2 – продольная (рабочая) арматура;
3 – примерная эпюра напряжений сжатия и растяжения в бетоне

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°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.

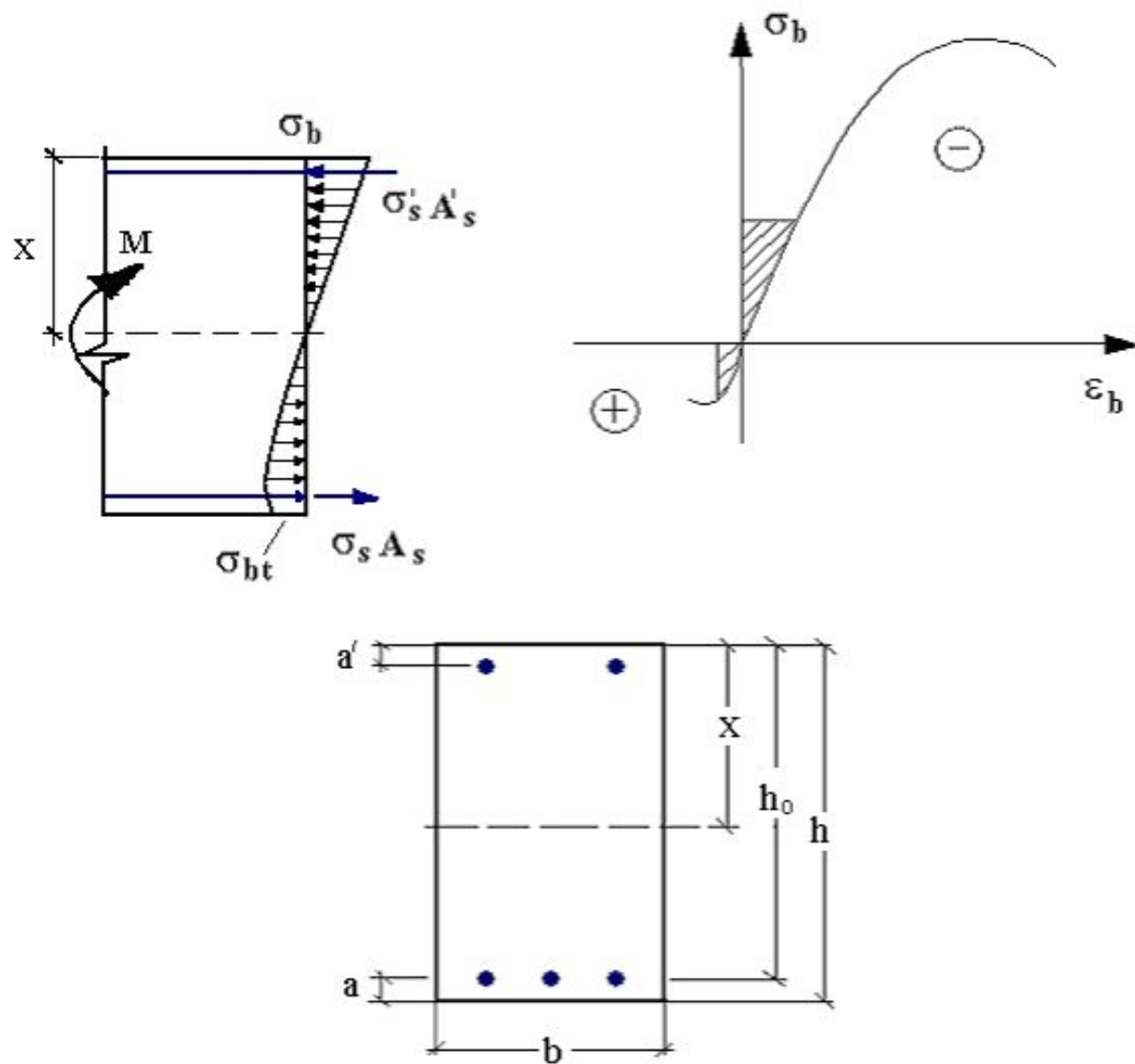


Рис. 4.8. Стадия I НДС

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.

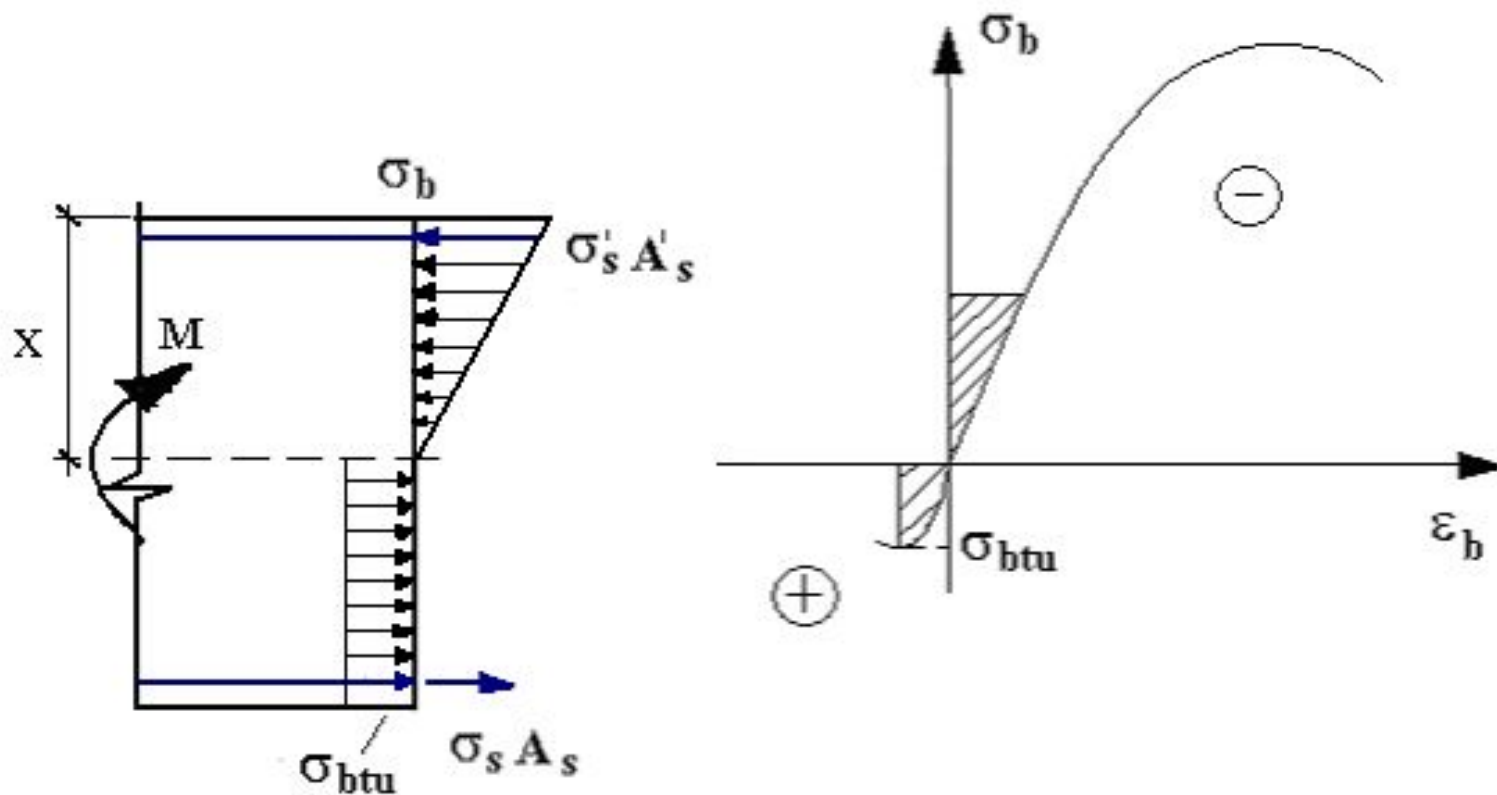


Рис. 4. 9. Стадия Ia НДС

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

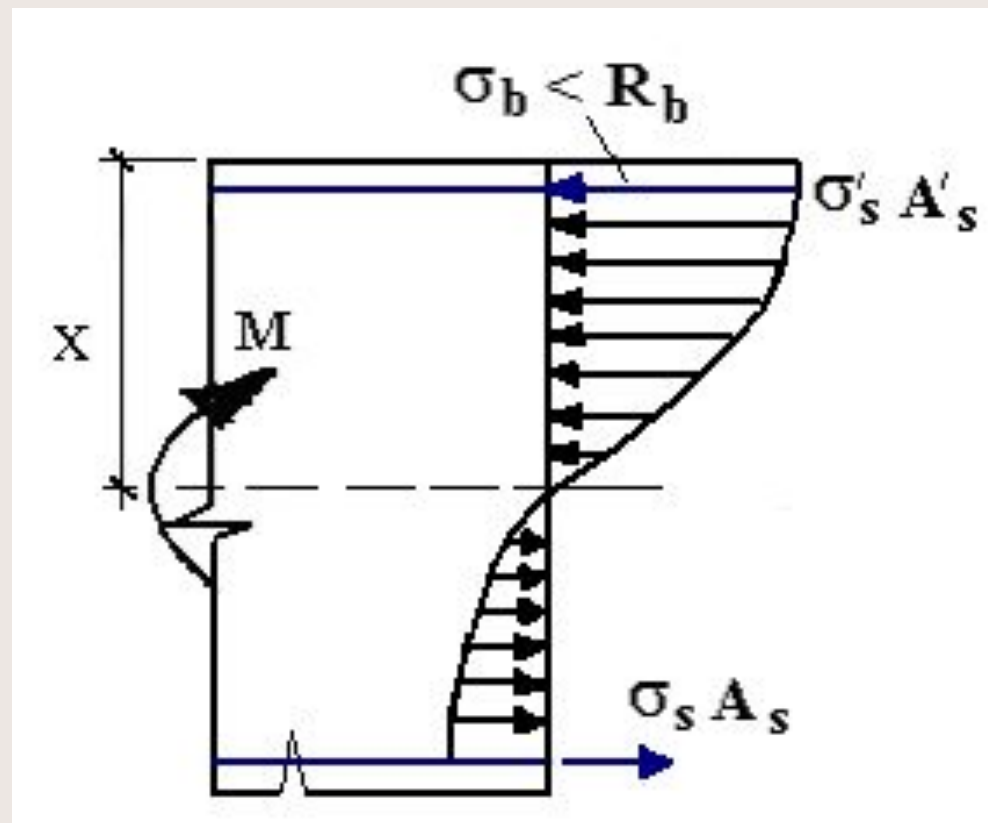


Рис. 4. 10. Стадия II НДС

Стадия IIa (стадия предразрушения).

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

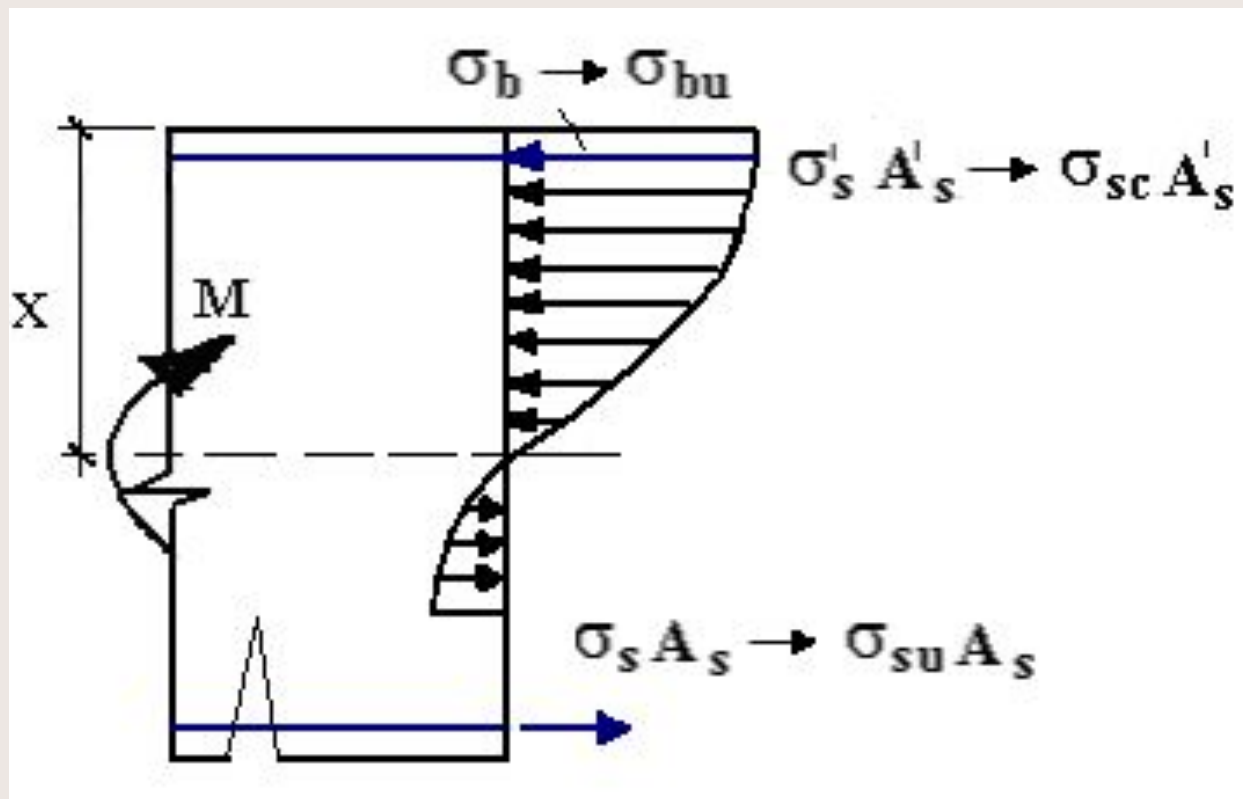


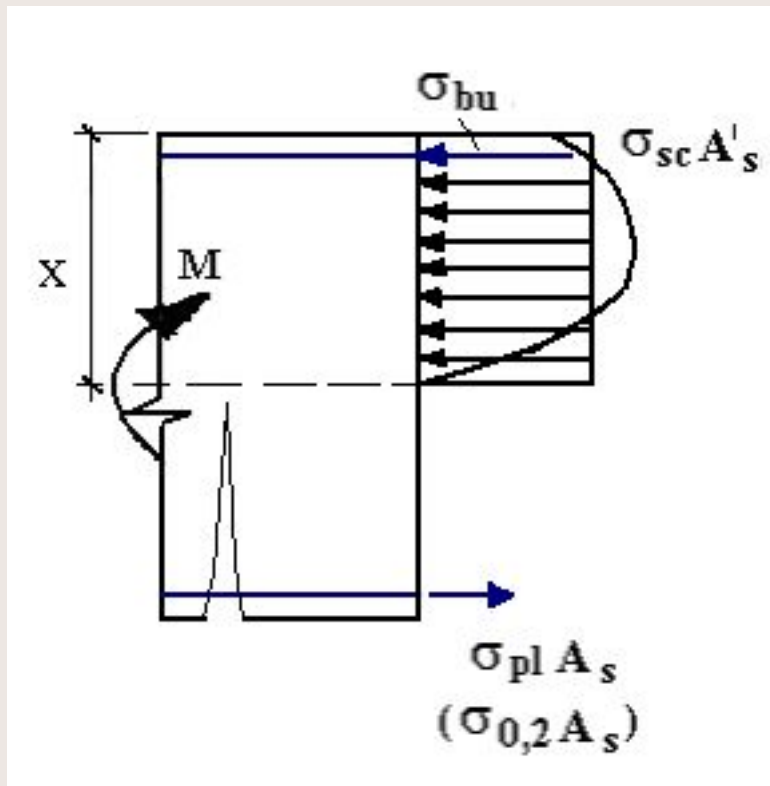
Рис. 4.11. Стадия IIa НДС

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).

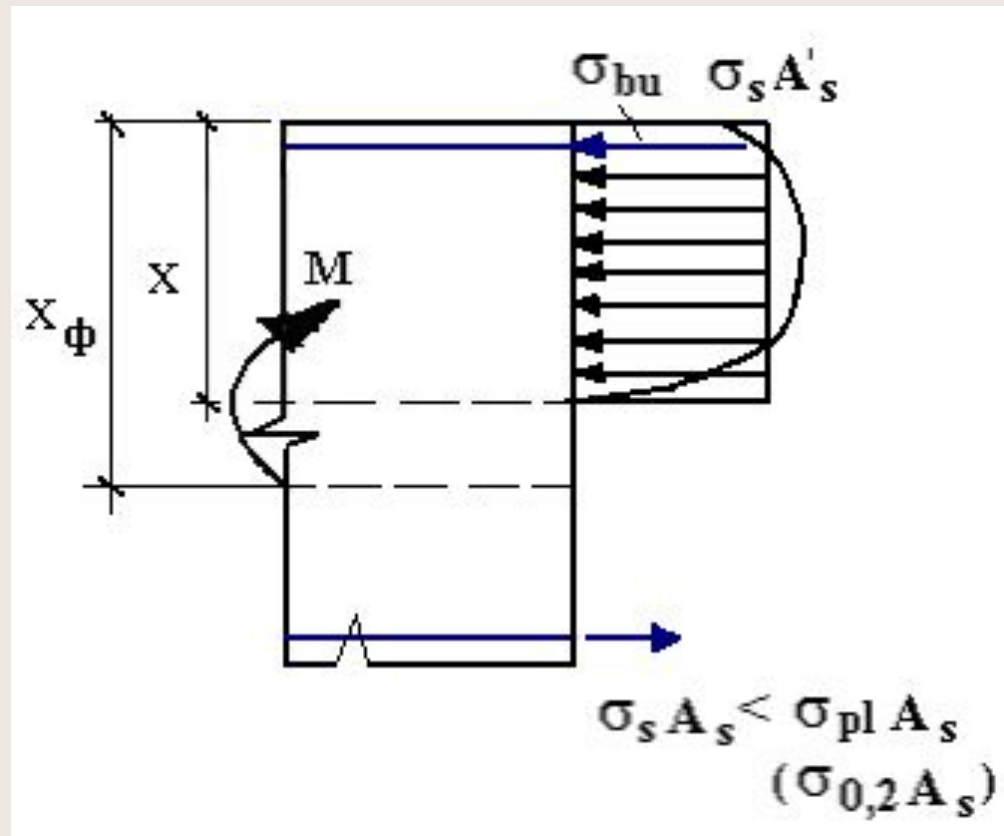


Рис. 4. 13. Стадия III НДС. Случай 2.

2. Трещиностойкость железобетонных конструкций

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

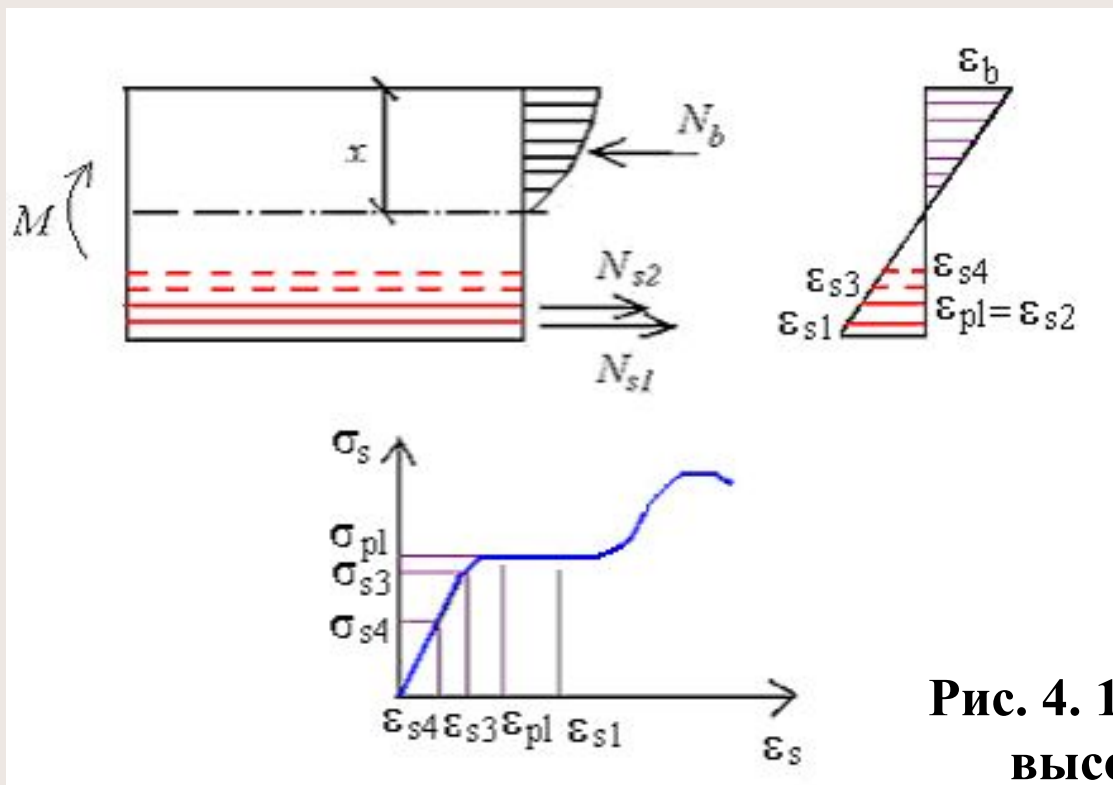
Железобетонные конструкции рассчитывают по:

- 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.

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

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