

# ОСОБЕННОСТИ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Самостоятельно

- КОНВЕЙЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
- ПОТОЧНО-АГРЕГАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
- СТЕНДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
- ВИБРОПРОКАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

# КОНВЕЙЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Самостоятельно

Элементы изготавливаются в формах, установленных на вагонетках и перемещаемых по рельсам от одного агрегата к другому.

# КОНВЕЙЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Самостоятельно

Элементы изготавливаются в формах, установленных на вагонетках и перемещаемых по рельсам от одного агрегата к другому.

По мере продвижения вагонетки выполняют все технологические операции:

Элементы изготавливаются в формах, установленных на вагонетках и перемещаемых по рельсам от одного агрегата к другому.

По мере продвижения вагонетки выполняют все технологические операции:

Установку арматурных каркасов;

Натяжение напрягаемой арматуры;

Установку вкладышей пустотообразователей

Укладку и уплотнение бетонной смеси;

Извлечение вкладышей пустотообразователей;

Тепловлажностную обработку

Элементы изготавливаются в формах, установленных на вагонетках и перемещаемых по рельсам от одного агрегата к другому.

По мере продвижения вагонетки выполняют все технологические операции:

Установку арматурных каркасов;

Натяжение напрягаемой арматуры;

Установку вкладышей пустотообразователей

Укладку и уплотнение бетонной смеси;

Извлечение вкладышей пустотообразователей;

Тепловлажностную обработку

**Все формы вагонетки перемещаются в установленном принудительном ритме.**

Элементы изготавливаются в формах, установленных на вагонетках и перемещаемых по рельсам от одного агрегата к другому.

По мере продвижения вагонетки выполняют все технологические операции:

Установку арматурных каркасов;

Натяжение напрягаемой арматуры;

Установку вкладышей пустотообразователей

Укладку и уплотнение бетонной смеси;

Извлечение вкладышей пустотообразователей;

Тепловлажностную обработку

Все формы вагонетки перемещаются в установленном принудительном ритме.

Применяются на крупных заводах и массовом выпуске элементов относительно малой массы.

# ПОТОЧНО-АГРЕГАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Самостоятельно

Технологические операции выполняют в соответствующих цехах завода.

Агрегаты неподвижны, а формы с изделиями перемещаются мостовыми кранами.

Технологический ритм заранее не установлен.

# СТЕНДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Самостоятельно

Изделие в процессе изготовления и тепловой обработки неподвижно, а агрегаты, выполняющие технологические операции, перемещаются вдоль форм.

Стенды оборудованы передвижными кранами и подвижными бетоноукладчиками.

Элементы изготавливаются в формах (кассетах).



Изделие в процессе изготовления и тепловой обработки неподвижно, а агрегаты, выполняющие технологические операции, перемещаются вдоль форм.

Стенды оборудованы передвижными кранами и подвижными бетоноукладчиками. Элементы изготавливаются в формах (кассетах).

По этой технологии изготавливаются крупногабаритные, в том числе, предварительно напряженные элементы:

Фермы;

Балки покрытия;

Подкрановые балки;

Колонны;

Стеновые панели.

Плиты перекрытий и панели стен формируют на непрерывно движущейся ленте, поверхность которой образует форму изделия.

После укладки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают, вибрируют и уплотняют с помощью расположенных сверху валков и подогревают снизу.

За время перемещения изделия по ленте (несколько часов) они набирают необходимую прочность, и после охлаждения на стеллажах транспортируют на склад готовой продукции.

Плиты перекрытий и панели стен формируют на непрерывно движущейся ленте, поверхность которой образует форму изделия.

После укладки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают, вибрируют и уплотняют с помощью расположенных сверху валков и подогревают снизу.

Плиты перекрытий и панели стен формируют на непрерывно движущейся ленте, поверхность которой образует форму изделия.

После укладки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают, вибрируют и уплотняют с помощью расположенных сверху валков и подогревают снизу.

За время перемещения изделия по ленте (несколько часов) они набирают необходимую прочность, и после охлаждения на стеллажах транспортируют на склад готовой продукции.

Технологические операции подчинены единому ритму скорости движения формирующей ленты.

Плиты перекрытий и панели стен формируют на непрерывно движущейся ленте, поверхность которой образует форму изделия.

После укладки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают, вибрируют и уплотняют с помощью расположенных сверху валков и подогревают снизу.

За время перемещения изделия по ленте (несколько часов) они набирают необходимую прочность, и после охлаждения на стеллажах транспортируют на склад готовой продукции.

Плиты перекрытий и панели стен формируют на непрерывно движущейся ленте, поверхность которой образует форму изделия.

После укладки арматурного каркаса бетонную смесь укладывают, вибрируют и уплотняют с помощью расположенных сверху валков и подогревают снизу.

За время перемещения изделия по ленте (несколько часов) они набирают необходимую прочность, и после охлаждения на стеллажах транспортируют на склад готовой продукции.

На заводах железобетонных конструкций одновременно используют несколько технологических схем.

# Средняя плотность железобетона

- $\gamma_{жб} = 2500 \text{ кг/м}^3$  при укладке бетонной смеси с вибрированием.

- $\gamma_{жб} = 2400 \text{ кг/м}^3$  - без вибрирования

При армировании больше **3%** плотность железобетона определяют как сумму масс бетона и арматуры.

*Защитный слой бетона должен обеспечивать:*



*Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:

*Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

***Защитный слой бетона должен обеспечивать:***

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

***Толщина защитного слоя зависит от:***

# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

## *Толщина защитного слоя зависит от:*

- вида и диаметра арматуры;

# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

## *Толщина защитного слоя зависит от:*

- вида и диаметра арматуры;
- размера сечения элемента;



# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

## *Толщина защитного слоя зависит от:*

- вида и диаметра арматуры;
- размера сечения элемента;
- вида и класса бетона;

# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

## *Толщина защитного слоя зависит от:*

- вида и диаметра арматуры;
- размера сечения элемента;
- вида и класса бетона;
- условий работы конструкции:

# Защитный слой бетона в железобетонных элементах

## *Защитный слой бетона должен обеспечивать:*

- совместную работу арматуры с бетоном на всех стадиях работы:
  - Изготовления;
  - Транспортирования;
  - Монтажа;
  - Эксплуатации
- анкеровку арматуры в бетоне и возможность устройства стыков арматурных элементов;
- сохранность арматуры от воздействий окружающей среды;
- огнестойкость и огнесохранность.

## *Толщина защитного слоя зависит от:*

- вида и диаметра арматуры;
- размера сечения элемента;
- вида и класса бетона;
- условий работы конструкции:
  - напряженного состояния;
  - агрессивности окружающей среды;
  - требований по огнестойкости;
  - температуры окружающей среды

# Минимальная толщина защитного слоя бетона рабочей арматуры

| №<br>п/п | Условия эксплуатации конструкций здания  | Не менее,<br>мм |
|----------|--|-----------------|
| 1.       | В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности  | 20              |
| 2.       | В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)          | 25              |
| 3.       | На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)                                     | 30              |
| 4.       | В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки | 40              |
| 5.       | В монолитных фундаментах при отсутствии бетонной подготовки  | 70              |

Для сборных элементов уменьшают на 5 мм.

Для конструктивной арматуры принимают на 5 мм меньше, чем для рабочей.

Во всех случаях – не менее диаметра арматуры.

# Сцепление арматуры с бетоном

Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдергиванию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерowanych в бетоне.

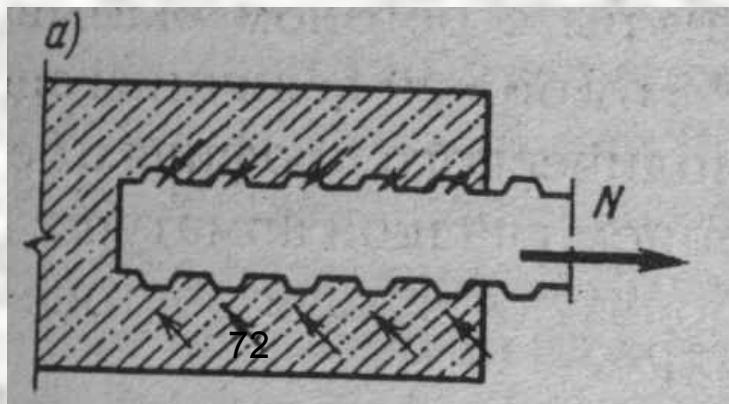
# Сцепление арматуры с бетоном

Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдерживанию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерowanych в бетоне.

Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдерживанию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерowanych в бетоне.

Факторы, влияющие на прочность сцепления арматуры с бетоном:

- зацепление в бетоне выступов на поверхности арматуры периодического профиля (*a*);
- сил трения;
- склеивание арматуры с бетоном.

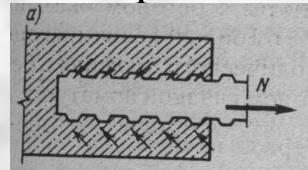


# Сцепление арматуры с бетоном

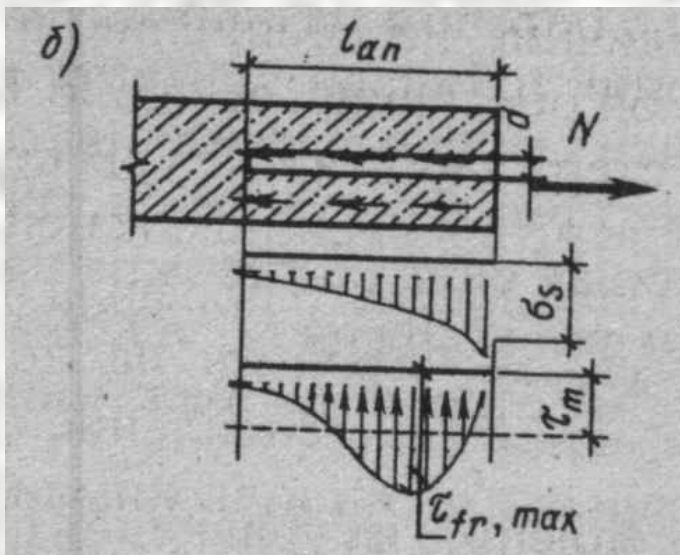
Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдергиванию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерowanych в бетоне.

Факторы, влияющие на прочность сцепления арматуры с бетоном:

- зацепление в бетоне выступов на поверхности арматуры периодического профиля (*a*);
- сил трения;
- склеивание арматуры с бетоном.



Распределение  $\sigma$  сцепления арматуры с бетоном по длине неравномерно (*б*).



$\tau_{max}$  - не зависит от длины анкеровки  $l_{an}$

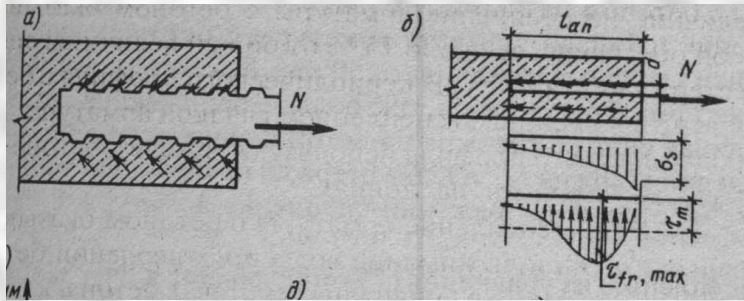
# Сцепление арматуры с бетоном

Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдергиванию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерованных в бетоне.

Факторы, влияющие на прочность сцепления арматуры с бетоном:

- зацепление в бетоне выступов на поверхности арматуры периодического профиля (*a*);
- сил трения;
- склеивание арматуры с бетоном.

Распределение  $\sigma$  сцепления арматуры с бетоном по длине неравномерно (*б*).



$\tau_{max}$  - не зависит от длины анкеровки  $l_{an}$

Среднее напряжение сцепления:  $\tau_c = \frac{N}{l_{an} \cdot u}$

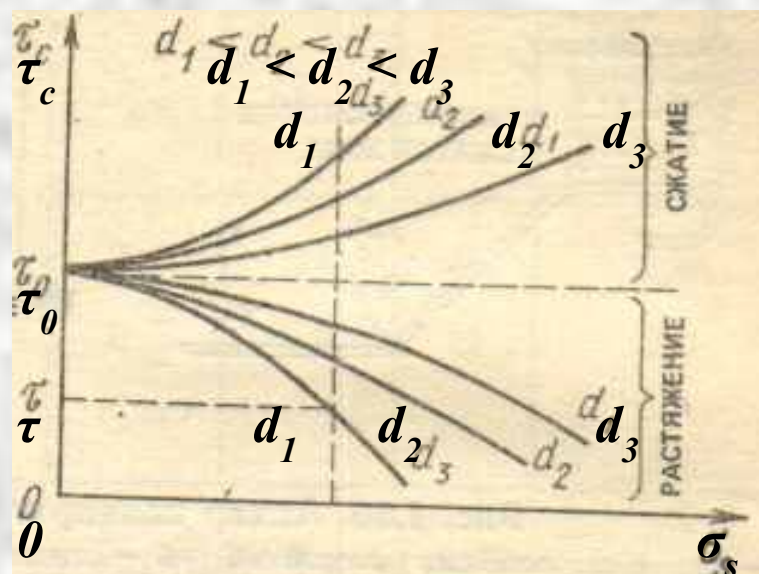
$\tau_c \approx 2,5...4 \text{ МПа}$

Если заделка арматуры в бетоне недостаточно, то к концам стержней приваривают шайбы или коротыши (*A240* - крюки).



# Сцепление арматуры с бетоном

При вдавливании арматурного стержня в бетон прочность сцепления больше, чем при выдергивании. Это результат сопротивления окружающего бетона поперечному расширению сжимаемого стержня. С увеличением диаметра стержня и напряжения в нем, прочность сцепления при сжатии возрастает, а при растяжении арматуры – уменьшается, поэтому диаметр растянутых стержней следует ограничивать.

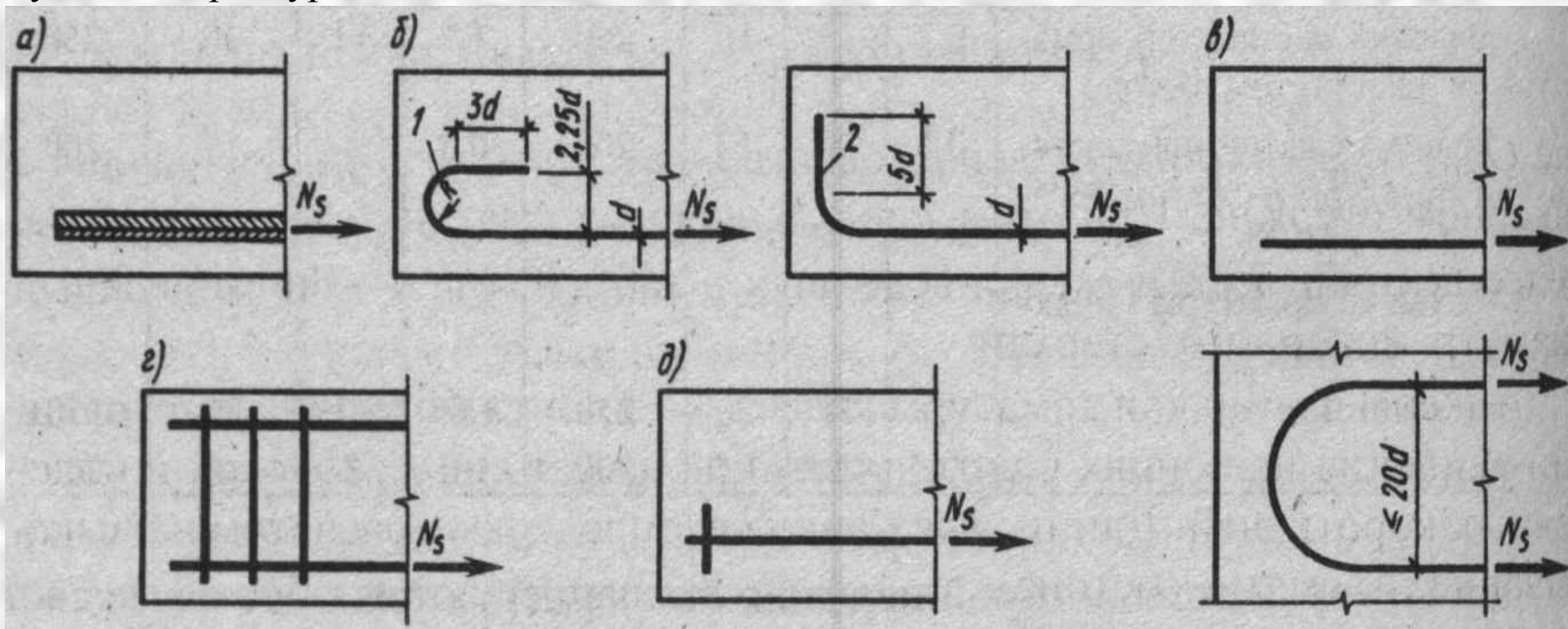


- Анкеровка ненапрягаемой арматуры

Анкеровка (закрепление концов арматуры в бетоне) достигается с помощью анкерных устройств или запуском арматуры за рассматриваемое сечение на длину зоны передачи усилий с арматуры на бетон.

# Анкеровка ненапрягаемой арматуры

Анкеровка (закрепление концов арматуры в бетоне) достигается с помощью анкерных устройств или запуском арматуры за рассматриваемое сечение на длину зоны передачи усилий с арматуры на бетон.



*а* – сцепление прямых стержней с бетоном; *б* – крюками и лапками; *в* – петлями;  
*г* – приваркой поперечных стержней; *д* – особыми приспособлениями (анкерами);  
*1,2* – прямые участки

# Анкеровка ненапрягаемой арматуры

В сварных сетках (каркасах) анкерами гладких стержней являются поперечные стержни.

Стержни периодического профиля не снабжаются крюками, т.к. обладают значительно лучшим сцеплением с бетоном.

# Анкеровка ненапрягаемой арматуры

В сварных сетках (каркасах) анкерами гладких стержней являются поперечные стержни.

Стержни периодического профиля не снабжаются крюками, т.к. обладают значительно лучшим сцеплением с бетоном.

В сварных сетках (каркасах) анкерами гладких стержней являются поперечные стержни.

# Базовая (основная) длина анкеровки

$$l_{0,an} = \frac{R_s \cdot A_s}{R_{bond} \cdot u_s}, \quad R_{bond} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_{bt}$$

здесь  $\eta_1$  – коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности :

1,5 – для гладкой арматуры (класса A240); 2,0 – холоднодеформируемой арматуры периодического профиля (класса B500); 2,5 – для горячекатанной и термомеханически упрочненной арматуры периодического профиля (классов A300, A400 и A500)

$\eta_2$  – коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры :

1,0 – при диаметре арматуры  $d_s \leq 32$  мм;  
0,9 – при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

# Требуемая расчетная длина анкеровки арматуры с учетом конструктивного решения

$$l_{an} = \alpha \cdot l_{0,an} \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}},$$

где  $l_{0,an}$  – базовая длина анкеровки;

$A_{s,cal}$ ,  $A_{sp,ef}$  – площади сечения арматуры соответственно, по расчету с полным расчетным сопротивлением и фактически установленная;

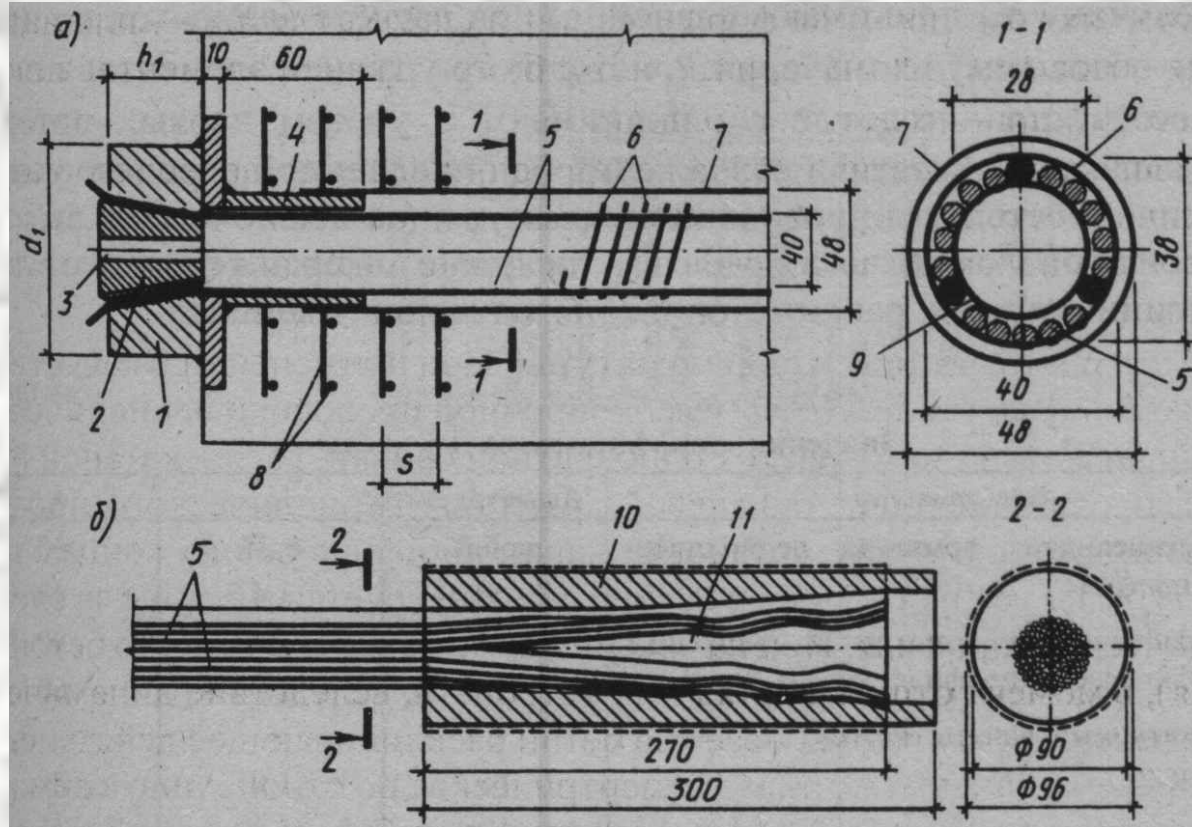
$\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и арматуры:

$\alpha = 1,0$  – для растянутых стержней;

$\alpha = 0,75$  – для сжатых стержней.

$$l_{an} \geq 0,3 \cdot l_{0,an}; \quad l_{an} \geq 15d_s; \quad l_{an} \geq 200 \text{ мм}$$

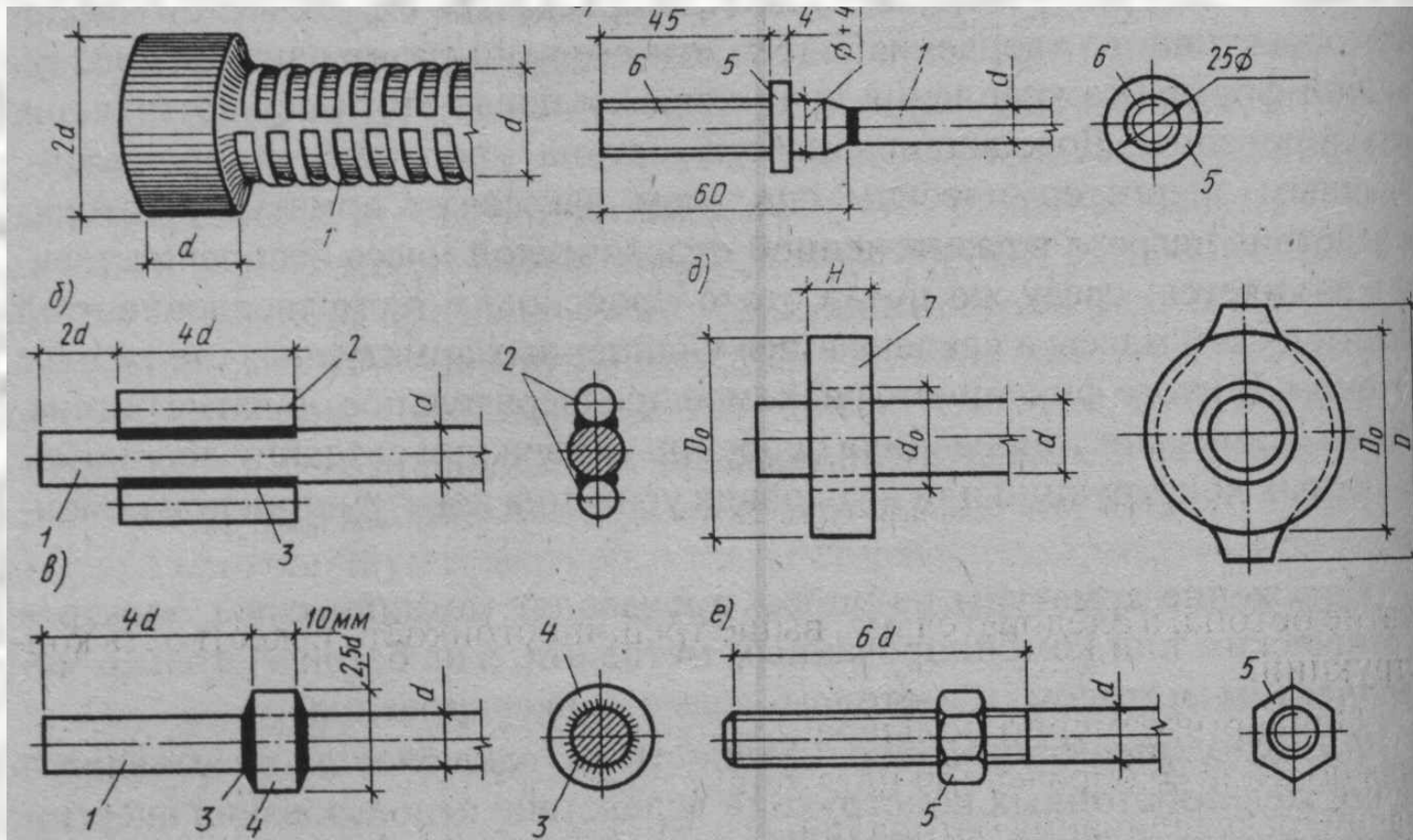
# Анкеровка пучков



*a* – колодочный анкер; *б* – гильзоклиновый анкер; *1* – стальная колодка; *2* – стальная коническая пробка; *3* – отверстие в пробке для инъецирования раствора в канал; *4* – стальной патрубок; *5* – высокопрочная проволока; *6* – скрутки из отожженной (мягкой) проволоки диаметром 3 мм; *7* – трубки из кровельной стали; *8* – сварные сетки; *9* – отрезок спирали из стальной проволоки диаметром 2 мм; *10* – гильза из мягкой стали; *11* – клин из стали

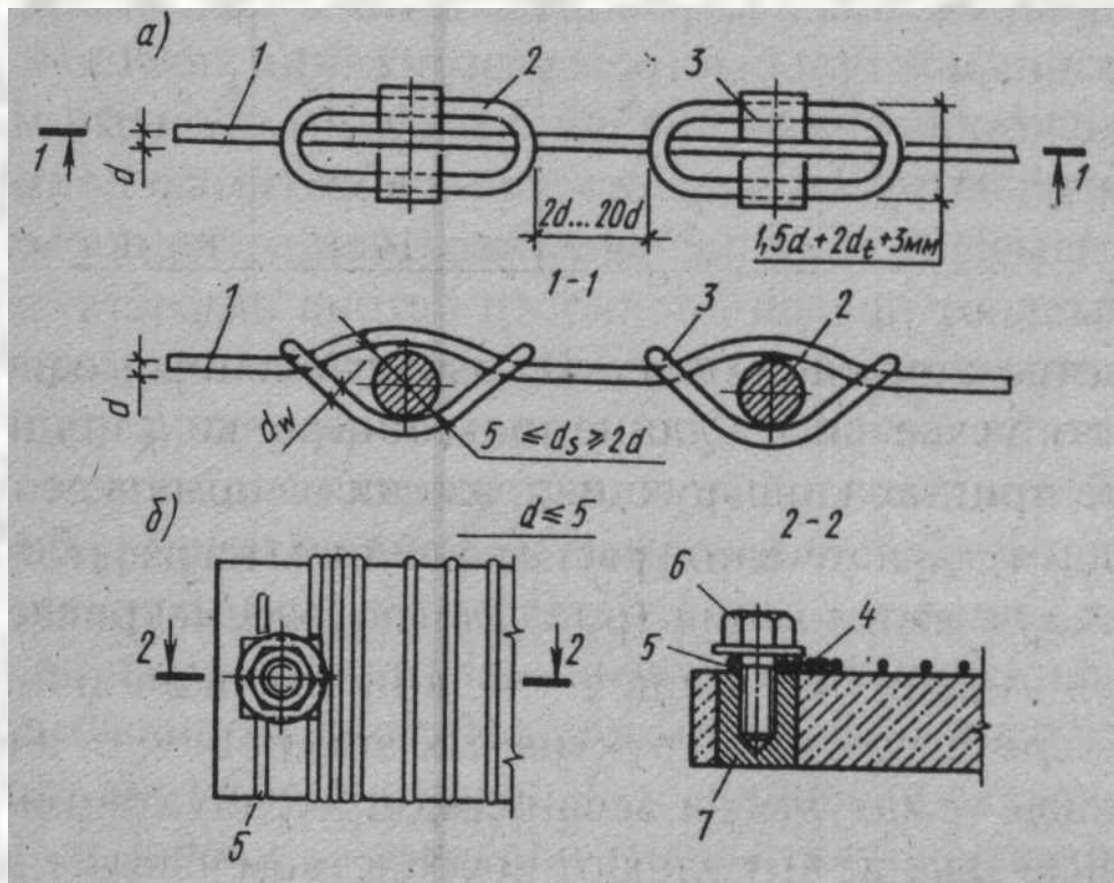


# Зажимы стержневой арматуры



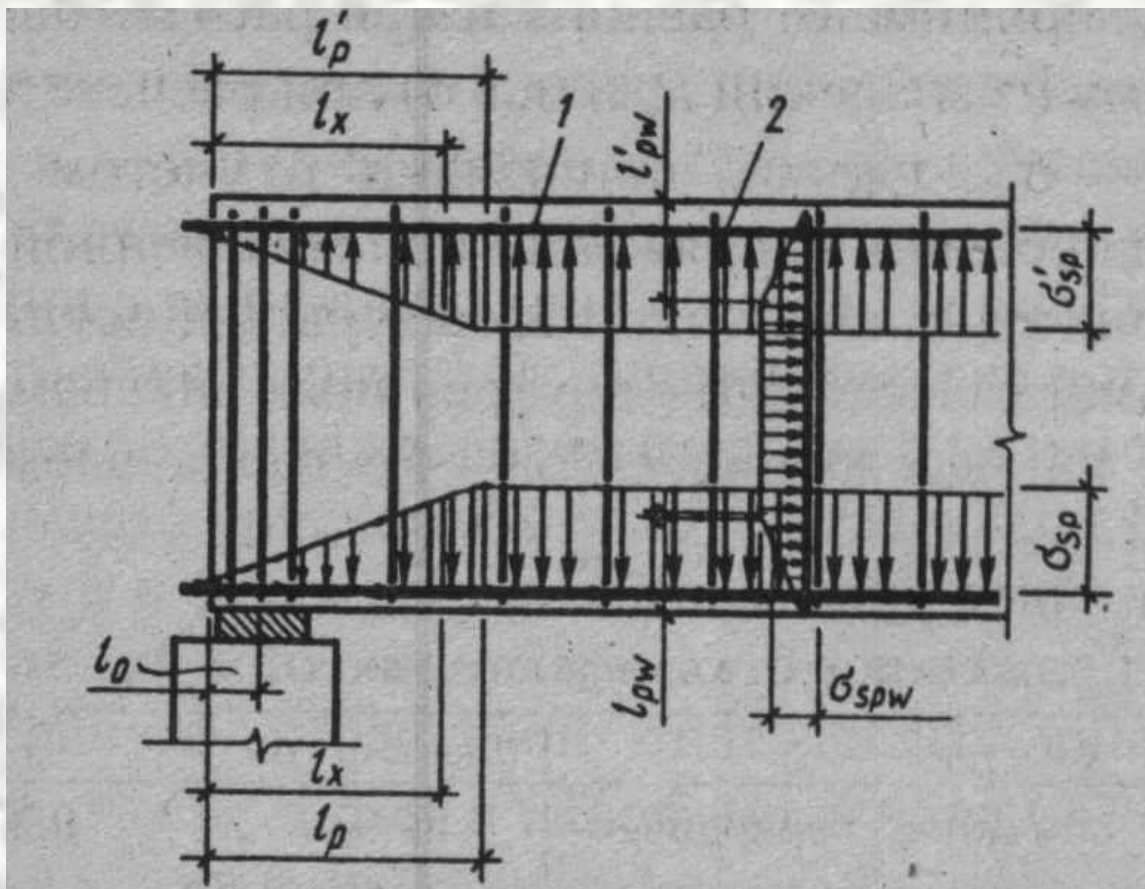
1 – арматурные стержни; 2 – коротыши; 3 – сварка; 4 – кольцо; 5 – гайка;  
6 – стальной штампованный наконечник с нарезкой, привариваемый к арматуре;  
7 – обжимная шайба

# Анкеровка проволочной или канатной арматуры



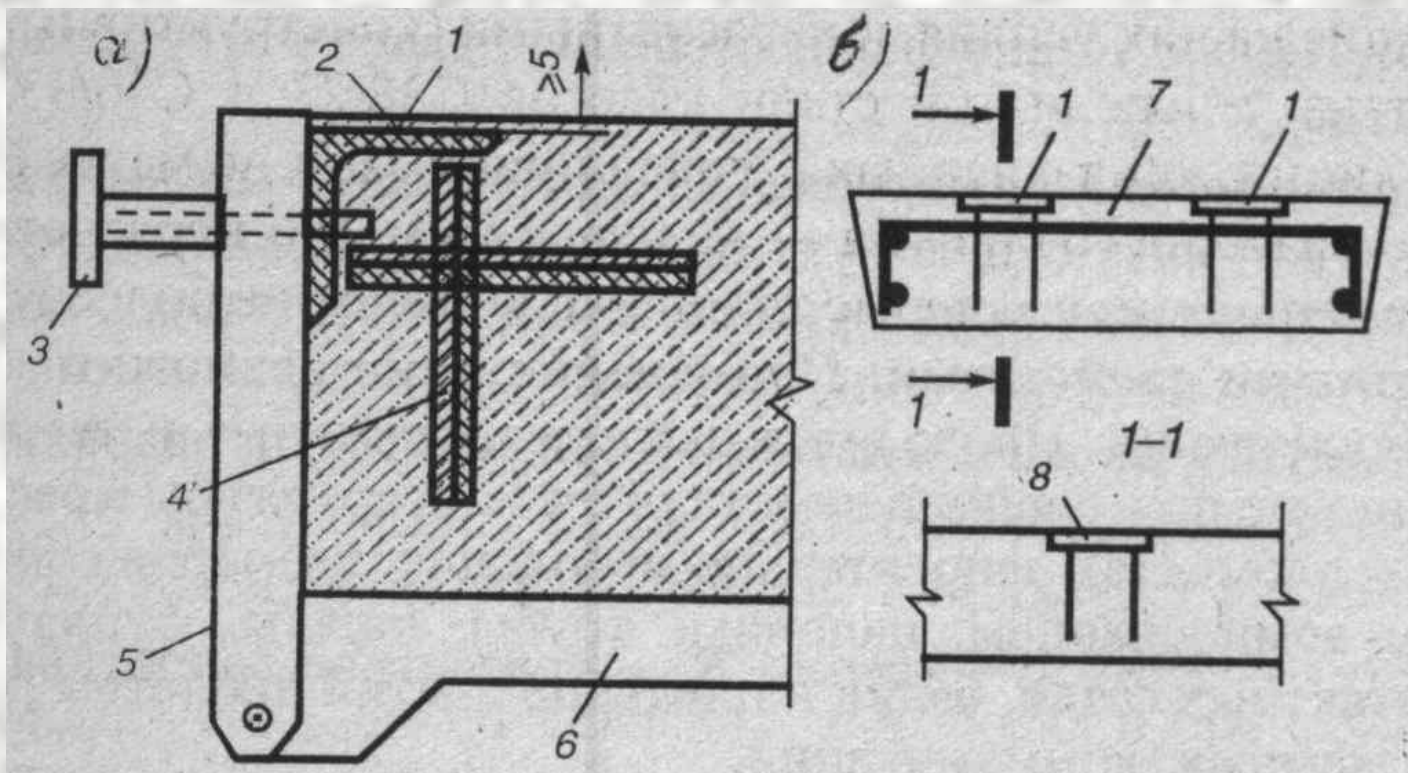
*а* – анкеровка анкерными кольцами; *б* – то же, зажимными болтами;  
*1* – высокопрочная гладкая проволока или канат; *2* – кольцо; *3* – штырь; *4* – витки арматуры с ослабленным напряжением; *5* – конец обмотки; *6* – зажимной болт диаметром 12 мм; *7* – анкер сечением 25×25 мм

# Схема распределения предварительного напряжения по длине арматуры без анкеров на концах



1 – продольная арматура; 2 – поперечная арматура

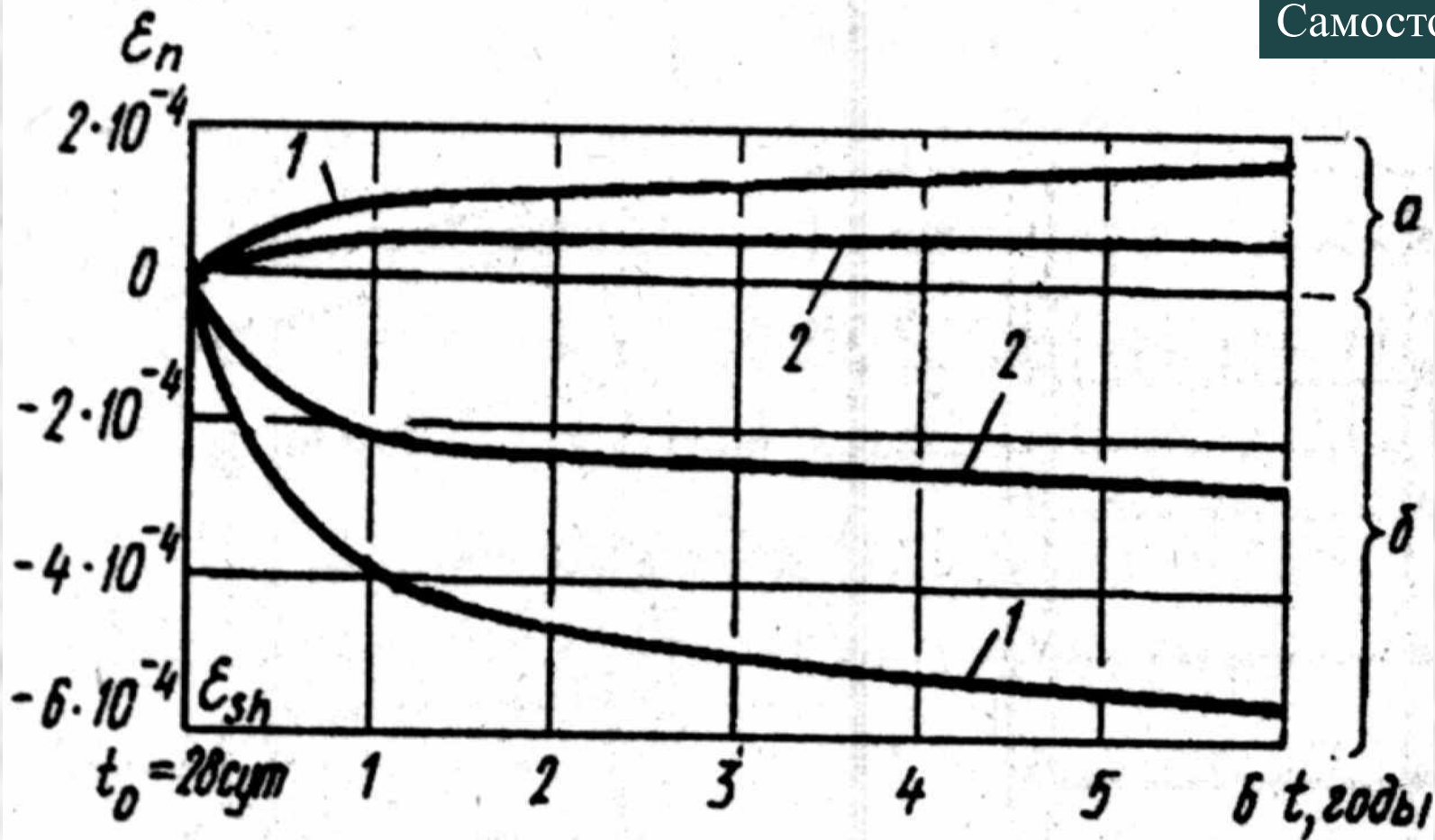
# Примеры фиксации закладных деталей



*a* – к борту формы; *б* – к арматуре; *1* – закладная деталь; *2* – шплинт в виде проволоки, выходящей на поверхность бетона (извлекают после уплотнения бетона); *3* – винтовой фиксатор; *4* – анкерующие стержни; *5* – борт формы; *6* – поддон формы; *7* – соединительный стержень; *8* – сварка

# Усадка железобетона

Самостоятельно



*a* – набухание в воде; *б* – усадка на воздухе

*1* – неармированный бетон; *2* – армированный бетон

Деформации стесненной усадки бетона приводит к появлению в железобетоне внутренне уравновешенных начальных напряжений – растянутых в бетоне и сжимающих в арматуре.

$$\varepsilon_{bt} = \varepsilon_{s\boxtimes} - \varepsilon_{s\boxtimes,s}$$

где :

$\varepsilon_{bt}$  – деформации в бетоне;

$\varepsilon_{sl}$  – деформации свободной усадки бетона;

$\varepsilon_{sl,s}$  – деформации стесненной усадки железобетона

Средние растягивающие напряжения в бетоне:

$$\sigma_{bt} = \varepsilon_{bt} \cdot E'_{bt} = \varepsilon_{bt} \cdot E_{bt} \cdot \nu_{bt}$$

где:

$E'_{bt}$  — модуль деформации бетона;

$E_{bt}$  — начальный модуль упругости бетона;

$\nu_{bt} = \varepsilon_{el,t} / \varepsilon_{bt} \approx 0,5$  — коэффициент упругопластических деформаций бетона.

Сжимающие напряжения в арматуре:

$$\sigma_s = \varepsilon_{s\text{сж},s} \cdot E_s$$

где:  $E_s$  - модуль упругости арматуры.

Уравнение равновесия продольных усилий в железобетонном элементе с симметричным армированием:

$$\sigma_s \cdot A_s = \sigma_{bt} \cdot A$$

где:  $A$  - площадь сечения бетона.

Отсюда, учитывая, что  $\mu_1 = A_s / A$

$$\sigma_s = \sigma_{bt} / \mu_1$$



После преобразования

$$\frac{\sigma_{bt}}{E'_{bt}} = \frac{\sigma_{bt}}{E_b \cdot \nu_{bt}} = \varepsilon_{s\boxtimes} - \frac{\sigma_{bt}}{\mu_1 \cdot E_s}$$

где:

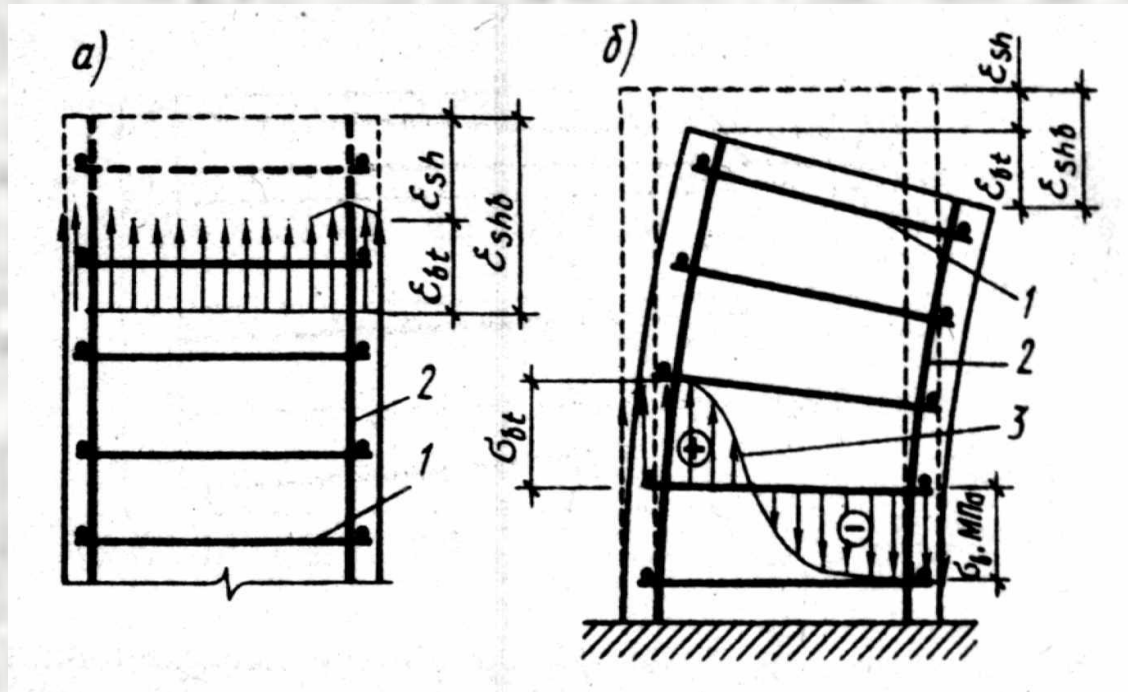
$$\alpha = \frac{E_s}{E_{bt}}$$

МОЖНО НАЙТИ:

$$\sigma_{bt} = \frac{\varepsilon_{sl,s} \cdot \nu_{bt}}{\frac{1}{\mu_1} + \frac{\alpha}{\nu_{bt}}}$$

# Усадка железобетона

Схема деформации армированного элемента от усадки бетона



Самостоятельно

*a, б* – симметричное и несимметричное армирование;

*1* – поперечная; *2* – продольная (рабочая) арматура; *3* – примерная эпюра напряжения сжатия  $\sigma_b$  и растяжения  $\sigma_{bt}$  в бетоне;  $\epsilon_{sh}$  – усадка железобетонного образца;  $\epsilon_{shb}$  – усадка бетонного образца-близнеца;  $\epsilon_{bt}$  – деформации растяжения бетона в железобетонном образце от усадки бетона

Ползучесть железобетона обусловлена ползучестью бетона.

Стальная арматура препятствует свободной ползучести бетона.

В результате стесненной ползучести бетона происходит перераспределение усилий между бетоном и арматурой.

Наиболее интенсивно этот процесс протекает в первые месяцы, а затем в течение длительного времени (более года) постепенно затухает.

Параллельно происходит релаксация напряжений в бетоне и увеличение напряжений в ненапрягаемой арматуре.

Напряжения в напрягаемой арматуре уменьшаются (потери предварительного напряжения).

Уровень релаксации зависит от процента армирования. Чем больше процент армирования, тем больше релаксация напряжений в бетоне и меньше ползучесть.

На работу железобетонных конструкций ползучесть бетона оказывает различное влияние:

- В сжатых коротких железобетонных элементах – обеспечивает полное использование прочности бетона и арматуры;
- В изгибаемых железобетонных элементах – увеличивает прогиб;
- В предварительно напряженных железобетонных элементах – приводит к частичной потере предварительного напряжения.
- В гибких сжатых элементах – увеличивает начальные эксцентриситеты, что может снизить несущую способность.

Ползучесть и усадка бетона в железобетонных конструкциях протекают одновременно и совместно влияют на работу конструкций.

# Ползучесть железобетона

Самостоятельно

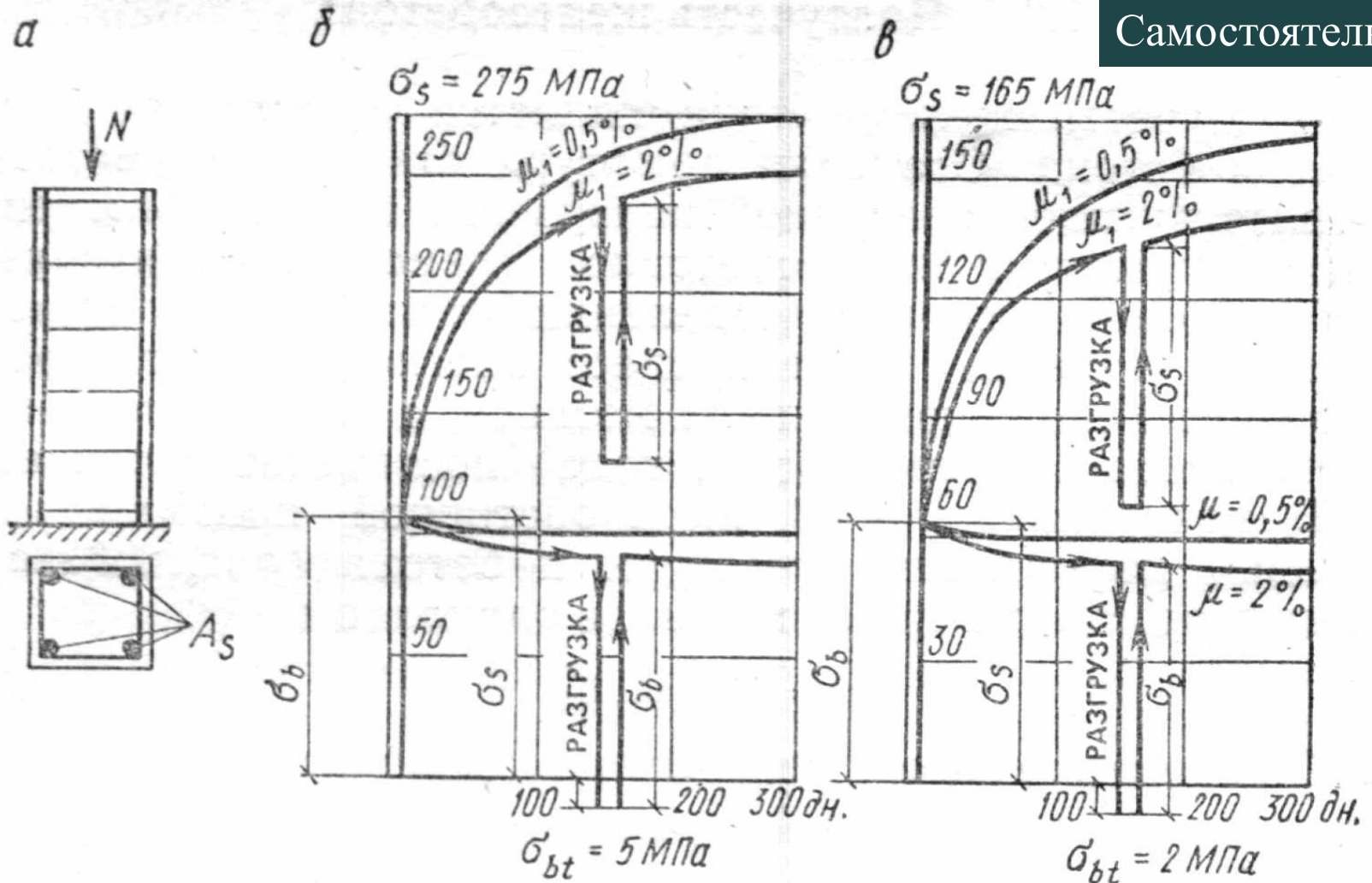


Рис. 1.38. Перераспределение напряжений между арматурой и бетоном сжатой железобетонной призмы вследствие ползучести бетона  
 а — схема железобетонной призмы под нагрузкой; б — для бетона класса В40;  
 в — то же В15

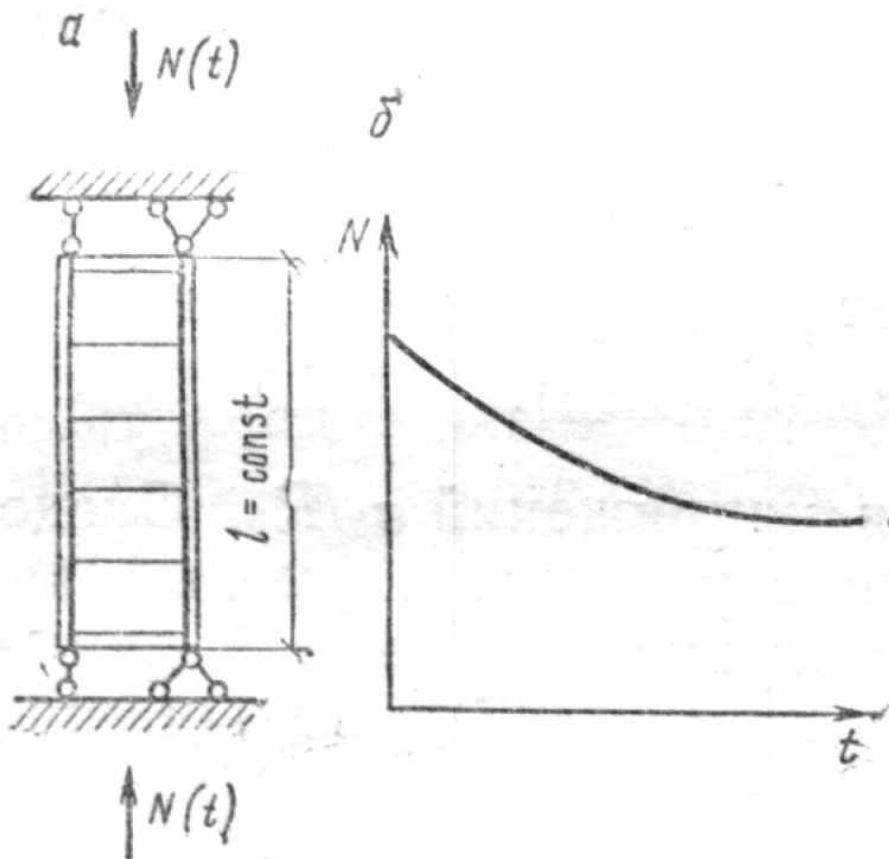


Рис. 1.39. Релаксация напряжений в бетоне при постоянных напряжениях в арматуре железобетонной призмы

а — схема железобетонной призмы с наложенными связями; б — характер изменения реакции связей  $N$  с течением времени

Коррозионная стойкость железобетонных конструкций зависит от плотности бетона и степени агрессивности среды.

## *Коррозия бетона:*

Основные факторы, от которых зависит направление, вид и скорость коррозии бетона:

- свойства цемента;
- плотность бетона;
- свойства окружающей среды



# Коррозия железобетона и меры защиты от нее

Самостоятельно

Чем менее плотен и более проницаем бетон, тем скорее протекает процесс коррозии.

Поэтому особое внимание должно уделяться подбору состава в целях получения наиболее плотного бетона.

На коррозии стойкости бетона могут сказаться и свойства заполнителя: опасными являются слабые породы или способные разрушаться под действием агрессивной среды (известняки, некоторые виды песчаников).

Под воздействие кислых вод эти породы способны разрушаться и этим усиливать разрушения бетона.

# Коррозия железобетона и меры защиты от нее

Самостоятельно

В зависимости от свойств агрессивной среды газообразной и водной – коррозия может протекать по трем основным направлениям, в соответствии с которыми различают три основных вида коррозии бетона:

под влиянием воды, фильтруется сквозь бетон, происходит прямое растворение цементного камня и в первую очередь гидрата окиси кальция. Наибольшей растворяющей способностью (*т.е. агрессивностью*) обладают мягкие воды с малым содержанием солей кальция;

# Коррозия железобетона и меры защиты от нее

Самостоятельно

В зависимости от свойств агрессивной среды газообразной и водной – коррозия может протекать по трем основным направлениям, в соответствии с которыми различают три основных вида коррозии бетона:

- под влиянием воды, фильтруется сквозь бетон, происходит прямое растворение цементного камня и в первую очередь гидрата окиси кальция. Наибольшей растворяющей способностью (*т.е. агрессивностью*) обладают мягкие воды с малым содержанием солей кальция;
- между веществами, содержащимися в агрессивной среде и цементном камне, протекают химические реакции, продукты которых частично остаются на месте в виде аморфной массы, а главным образом тоже растворяются и уносятся агрессивной средой. Сюда же может быть отнесено и прямое действие большинства кислот, которые энергично вступают во взаимодействие с гидратом окиси кальция и разлагают силикаты и алюминаты. Присутствие в растворе свободной углекислоты  $CO_2$  разрушительно действует на бетон;

# Коррозия железобетона и меры защиты от нее

Самостоятельно

В зависимости от свойств агрессивной среды газообразной и водной – коррозия может протекать по трем основным направлениям, в соответствии с которыми различают три основных вида коррозии бетона:

- под влиянием воды, фильтруется сквозь бетон, происходит прямое растворение цементного камня и в первую очередь гидрата окиси кальция. Наибольшей растворяющей способностью (*т.е. агрессивностью*) обладают мягкие воды с малым содержанием солей кальция;
- между веществами, содержащимися в агрессивной среде и цементном камне, протекают химические реакции, продукты которых частично остаются на месте в виде аморфной массы, а главным образом тоже растворяются и уносятся агрессивной средой. Сюда же может быть отнесено и прямое действие большинства кислот, которые энергично вступают во взаимодействие с гидратом окиси кальция и разлагают силикаты и алюминаты. Присутствие в растворе свободной углекислоты  $CO_2$  разрушительно действует на бетон;
- продукты химического взаимодействия агрессивной среды и бетон не растворяются, а кристаллизуясь, заполняют те поры, в которых они образовались. Рост кристаллов вызывает напряжение в стенках пор, что приводит к их разрыву и быстрому разрушению бетона.

# Коррозия арматуры

Самостоятельно

Коррозия обычно сопровождается и коррозией арматуры, но последняя может протекать и без коррозии бетона.

Защита арматуры от коррозии достигается образованием плотной бетонной оболочки и щелочной среды цементного камня

# Коррозия арматуры

Самостоятельно

Коррозия арматуры происходит там, где бетон периодически смачивается водой

Продукты коррозии арматуры (ржавчина), значительно увеличиваясь в объеме против первоначального объема стали, откалывают защитный слой бетона, обнажая арматуру и способствуя дальнейшему разрушению конструкции

При выборе мероприятий для предотвращения коррозии бетона и арматуры учитывается степень агрессивности среды, а также характер и назначение сооружения.

Необходима продуманная система отвода агрессивных растворов.

Важна исправность вентиляции.

Необходима разработка системы отвода заводских сбросовых и оборотных вод не только в пределах сооружения, но и вне его.

# Мероприятия по защите от коррозии

Самостоятельно

Большое значение имеет выбор вида цемента и подбор состава бетона с учетом агрессивности среды. В многих случаях необходимо применение специального сульфатостойкого цемента.

Значительную роль играют  $W/C$  отношение .

В ряде случаев необходимо защищать поверхность бетона.

Для поверхностных покрытий используют битумы и каменноугольные смолы, цементные штукатурки, облицовка стойкими материалами (керамика, стекло, камень).



*Армоцемент* – особый вид железобетона, приготовленный на цементно-песчаном бетоне, армированный сетками из тонкой проволоки диаметром *0,5...1 мм* с мелкими ячейками размером *до 10×10 мм*.

Расстояние между сетками – *3...5 мм*.

В результате получается достаточно однородный по свойствам материал.

Из армоцемента изготавливают конструкции с малой толщиной стенок – *10...30 мм* (оболочки, волнистые своды).

Армирование выполняют по расчету.

Предельная растяжимость бетона в армоцементных конструкциях благодаря большой поверхности сцепления арматуры с бетоном возрастает.

Особенность армоцемента – малая ширина раскрытия трещин, что позволяет полностью использовать прочность арматурных сеток без предварительного напряжения.

Возможно комбинированное армирование – сетками и напрягаемой арматурой.

**Недостатки:** невысокая огнестойкость и небольшая коррозионная стойкость.

Применять можно лишь нормальной влажности в отсутствии агрессивной среды.

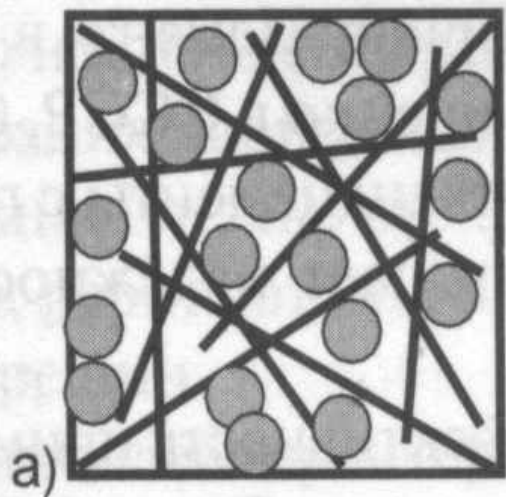
*Фибробетон* - особый вид железобетона, армированный фибрами.

Фибры могут быть выполнены из различных материалов: сталь, стекло, углепластик, базальт, асбест и т.д.

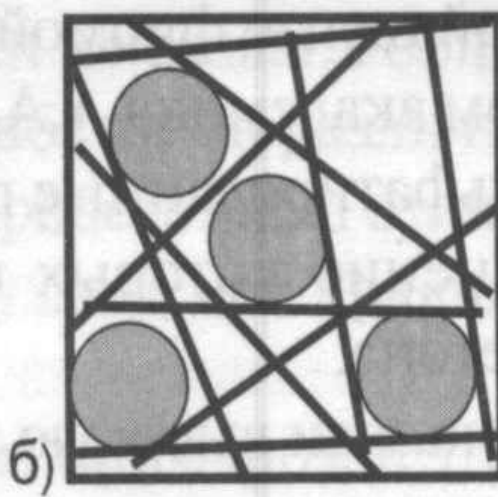
В результате дисперсного армирования получается достаточно однородный по свойствам материал с высоким сопротивлением не только сжатию, но и растяжению.

# Характер распределения фибры в зависимости от крупности заполнителя

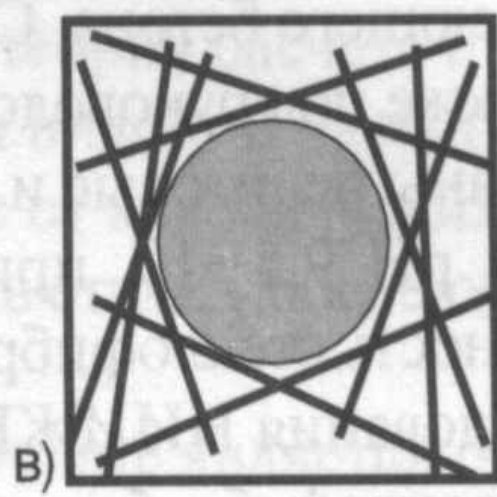
Самостоятельно



***a – 5 мм;***



***б – 19 мм;***



***в – 20 мм***

## Свойства различных видов волокон для изготовления фибры

| Волокно                   | Плотность,<br>г/см <sup>3</sup> | Прочность<br>на<br>растяжение,<br>МПа | Модуль<br>упругости,<br>МПа | Удлинение<br>при<br>разрыве,<br>% |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Полипропиленовое          | 0,90                            | 400–770                               | 3500–8000                   | 10–25                             |
| Полиэтиленовое            | 0,95                            | 600–720                               | 1400–4200                   | 10–12                             |
| Нейлоновое                | 1,10                            | 770–840                               | 4200–4500                   | 16–20                             |
| Акриловое                 | 1,10                            | 210–420                               | 2100–2150                   | 25–45                             |
| Полиэфирное               | 1,40                            | 730–780                               | 8400–8600                   | 11–13                             |
| Хлопковое                 | 1,50                            | 420–700                               | 4900–5100                   | 3–10                              |
| Асбестовое                | 2,60                            | 910–3100                              | 68 000–70 000               | 0,6–0,7                           |
| Стеклянное                | 2,60                            | 1800–3850                             | 7000–8000                   | 1,5–3,5                           |
| Стальное                  | 7,80                            | 600–3150                              | 190 000–210 000             | 3–4                               |
| Углеродное                | 2,00                            | 2000–3500                             | 200 000–250 000             | 1–1,6                             |
| Карбоновое                | 1,63                            | 1200–4000                             | 280 000–380 000             | 2,0–2,2                           |
| Полиамидное               | 0,90                            | 720–750                               | 1900–2000                   | 24–25                             |
| Вискозное<br>сверхпрочное | 1,20                            | 660–700                               | 5600–5800                   | 14–16                             |
| Базальтовое               | 2,6–2,7                         | 1600–3200                             | 7000–11 000                 | 1,4–3,6                           |

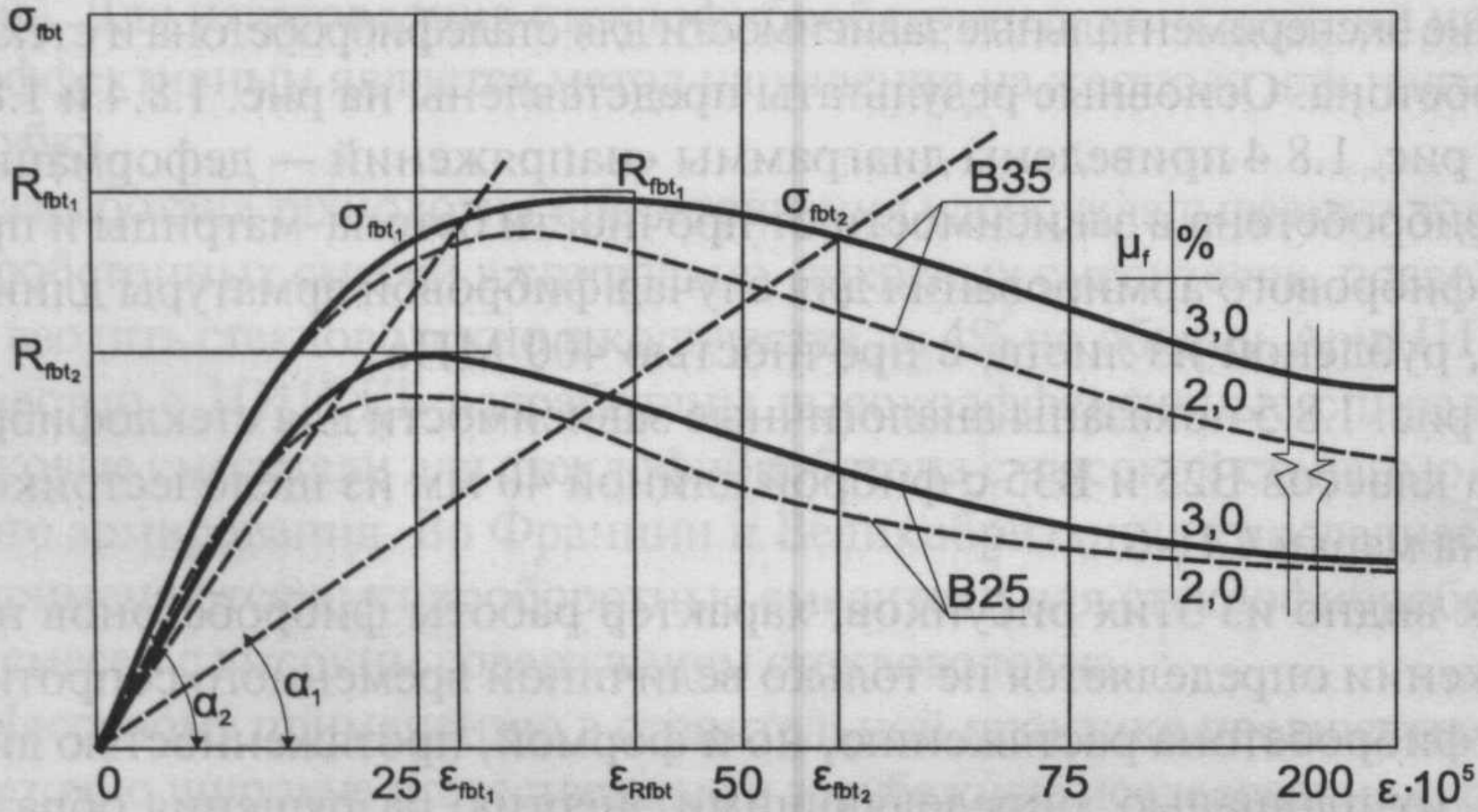
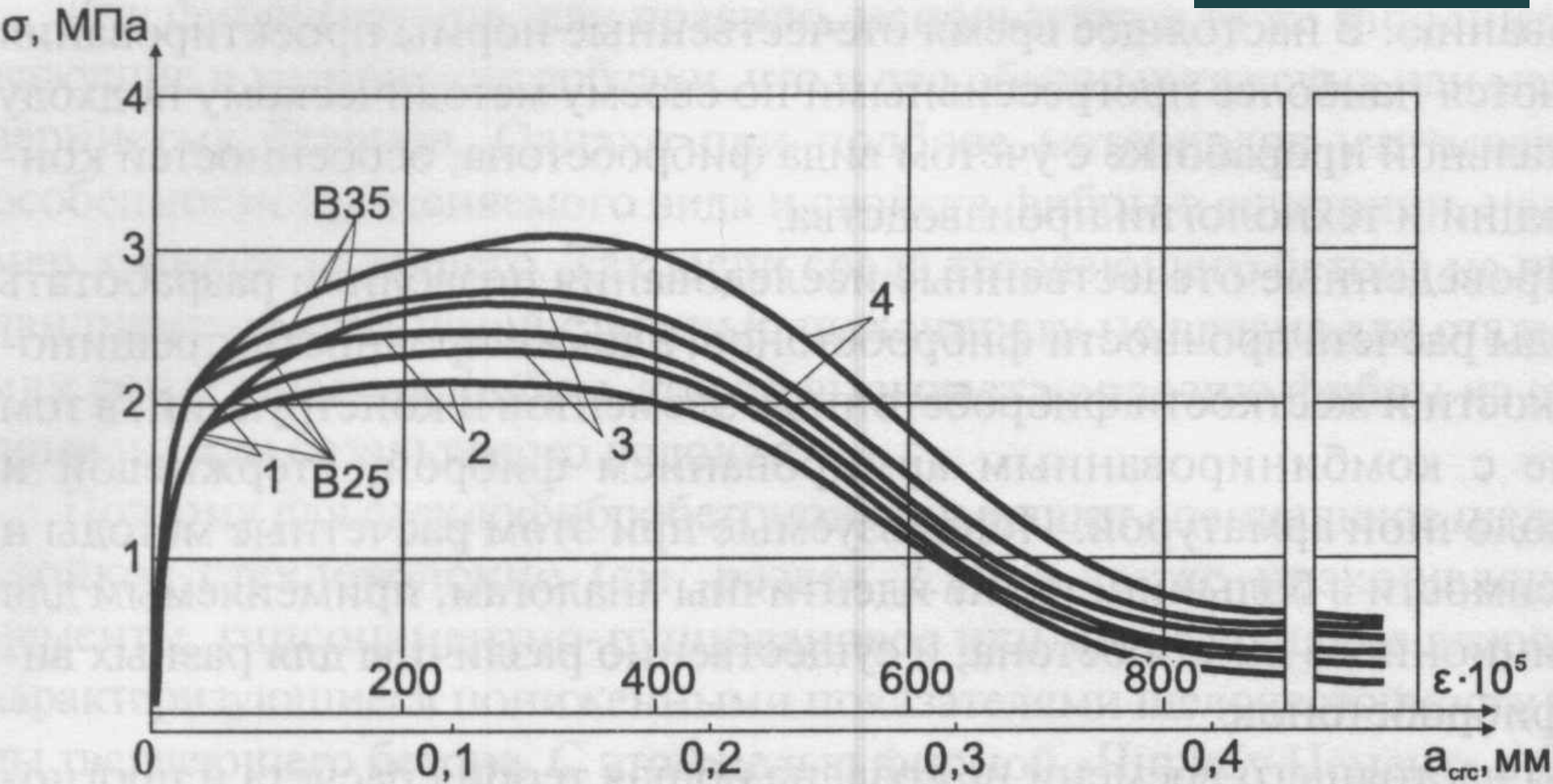


Рис. 1.8.5. Обобщенная схема зависимости « $\delta_t$  —  $\epsilon$ » для стеклофибробетона

# Диаграммы $\sigma-\varepsilon$ и $\sigma-a_{cr}$ при осевом растяжении

Самостоятельно



$1 - m = 0\%$ ;  $2 - m = 0,7\%$ ;  $3 - m = 1,25\%$ ;  $4 - m = 1,8\%$

*Армополимербетон* – полимербетон со стальной или неметаллической арматурой. Коррозии стальной арматуры в полимербетоне не наблюдается. Армополимербетон обладает высокой коррозионной стойкостью, поэтому его применение целесообразно в условиях агрессивной внешней среды. Высокая водонепроницаемость позволяет применять армополимербетон при большом гидростатическом давлении.