

# 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

№ п/п	Условия эксплуатации конструкций здания	Не менее, 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.

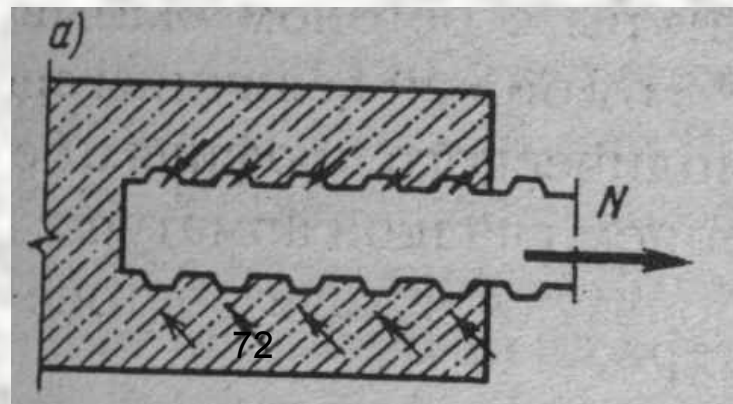
# Сцепление арматуры с бетоном

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.

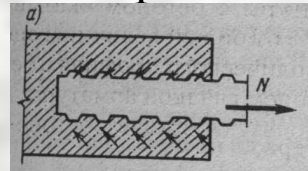


# Сцепление арматуры с бетоном

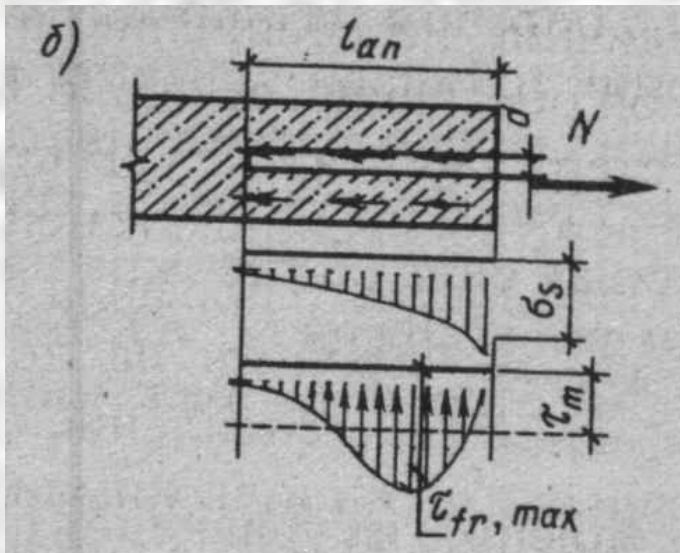
Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдергиванию или вдавливанию арматурных стержней, заанкерowanych в бетоне.

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  $l_{an}$

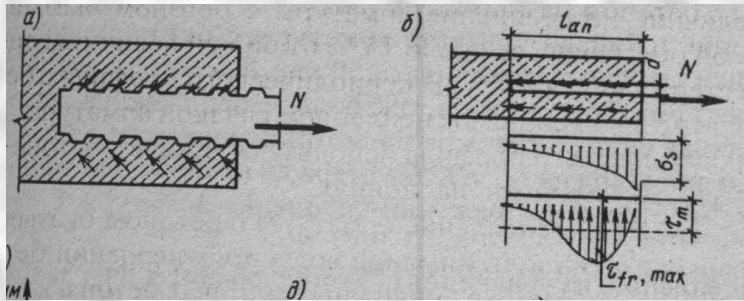
# Сцепление арматуры с бетоном

Прочность сцепления арматуры с бетоном оценивают сопротивлением выдергиванию или вдавливанию арматурных стержней, 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  $l_{an}$

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

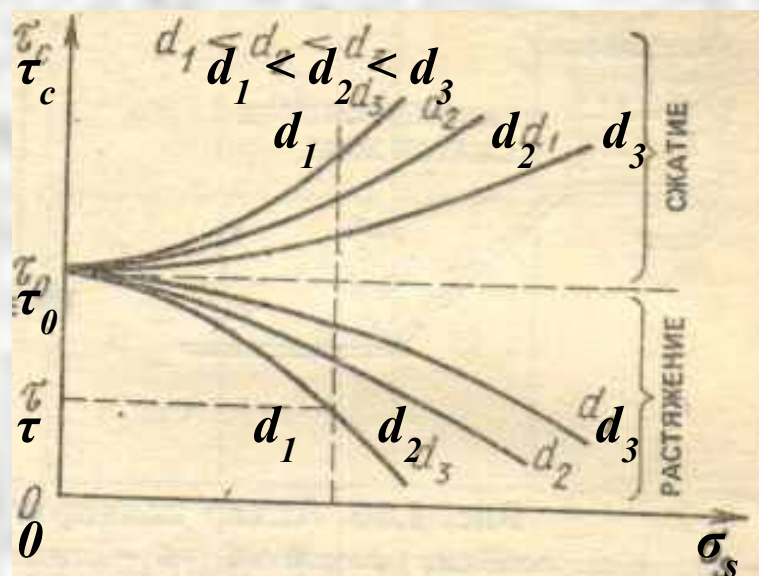
$\tau_c \approx 2,5...4 \text{ МПа}$

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.

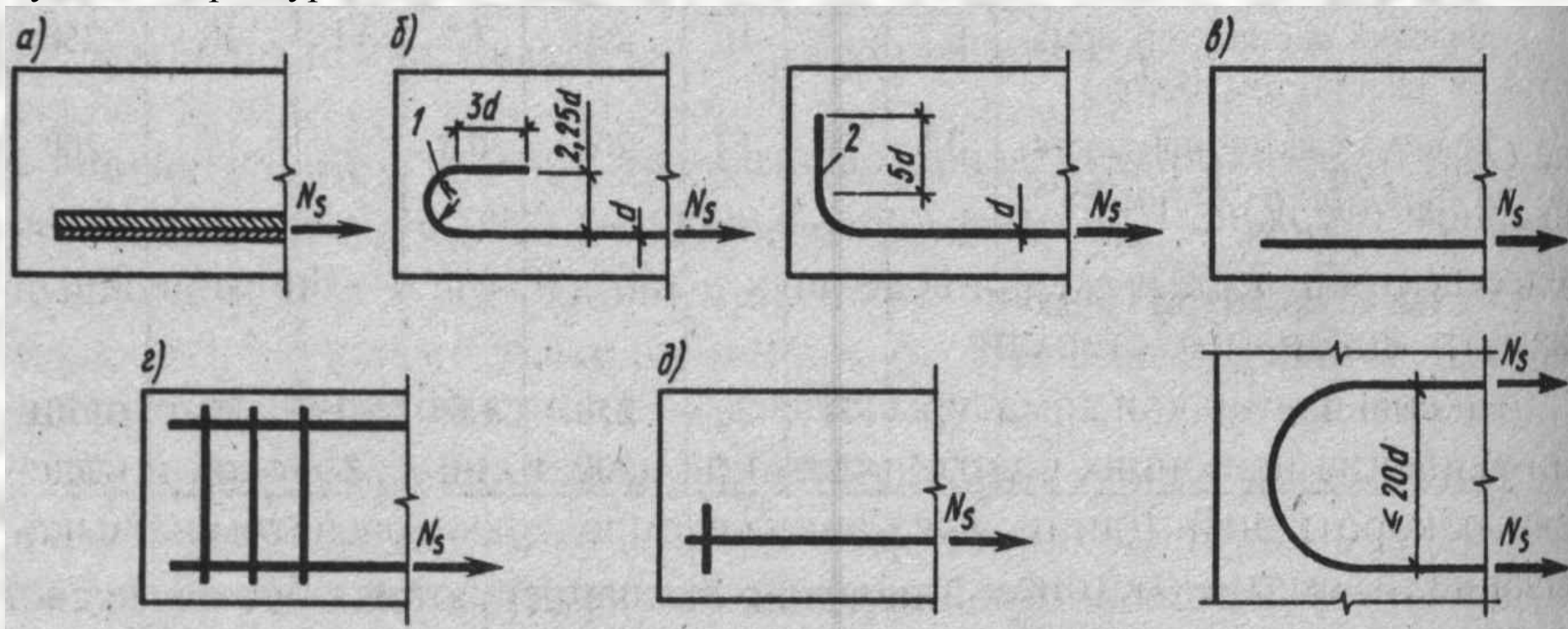


- Анкеровка ненапрягаемой арматуры

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;

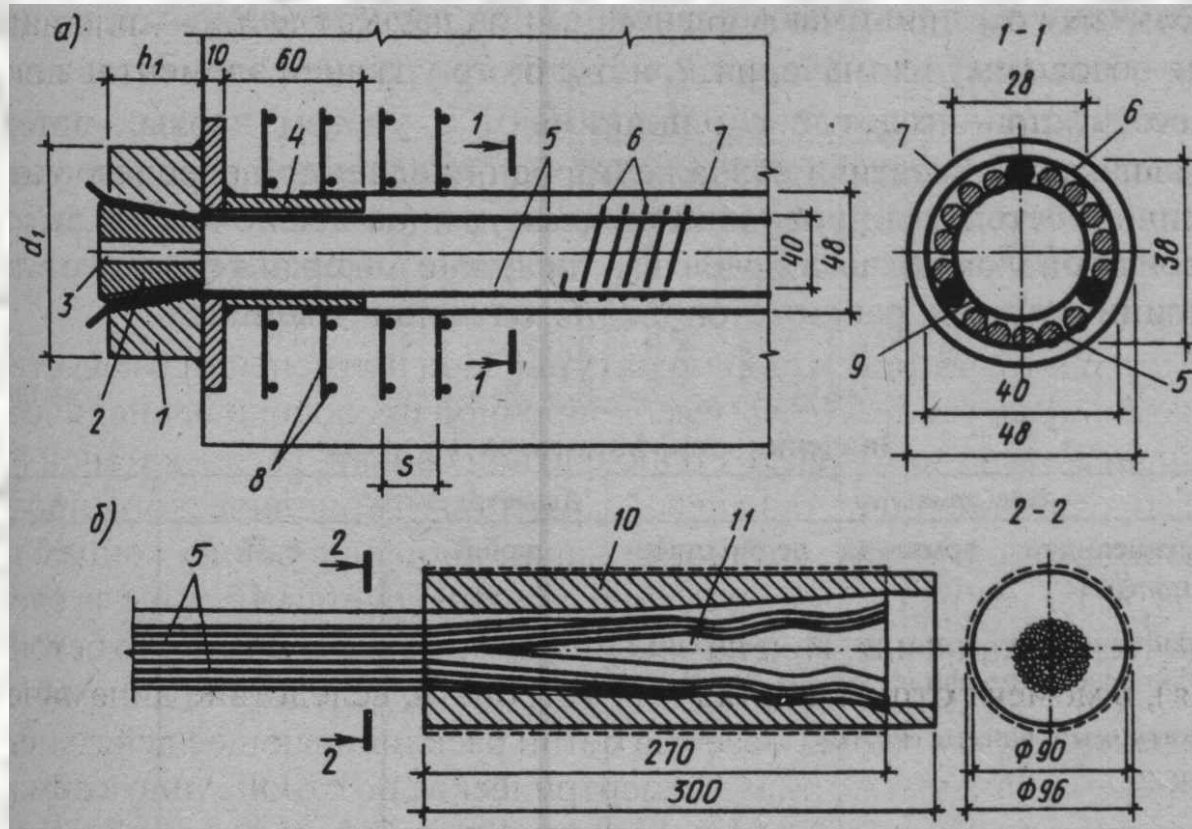
$\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и арматуры:

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

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

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

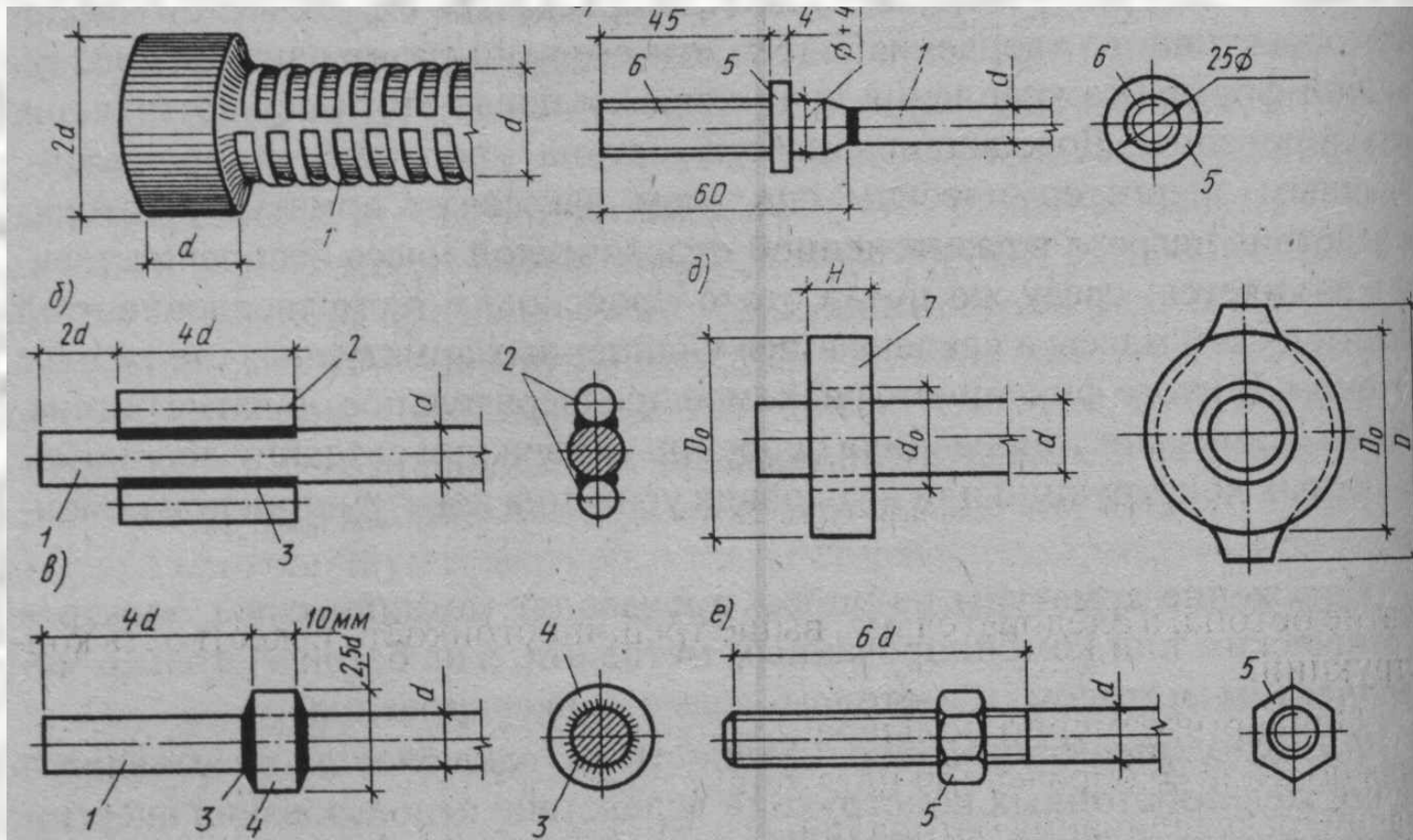
# Анкеровка пучков



*a* – колодочный анкер; *б* – гильзоклиновый анкер; *1* – стальная колодка; *2* – стальная коническая пробка; *3* – отверстие в пробке для инъецирования раствора в канал; *4* – стальной патрубков; *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

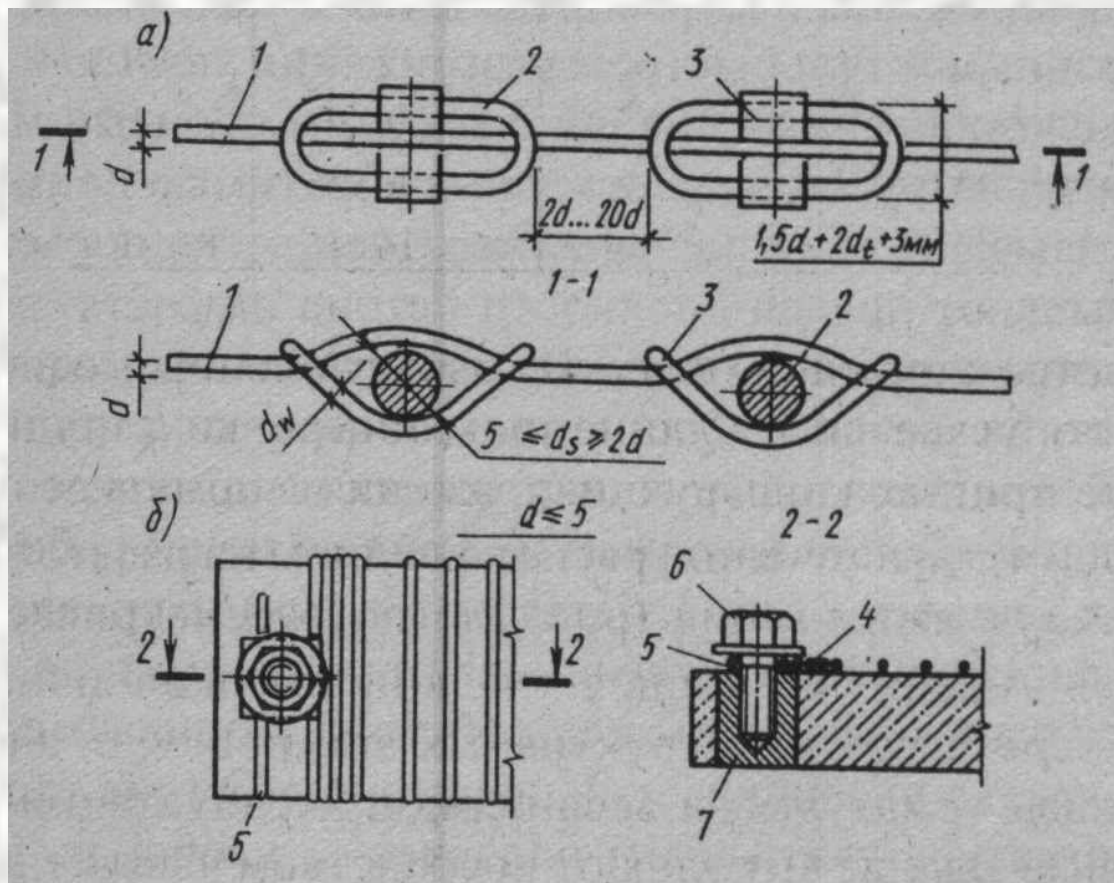


# Зажимы стержневой арматуры



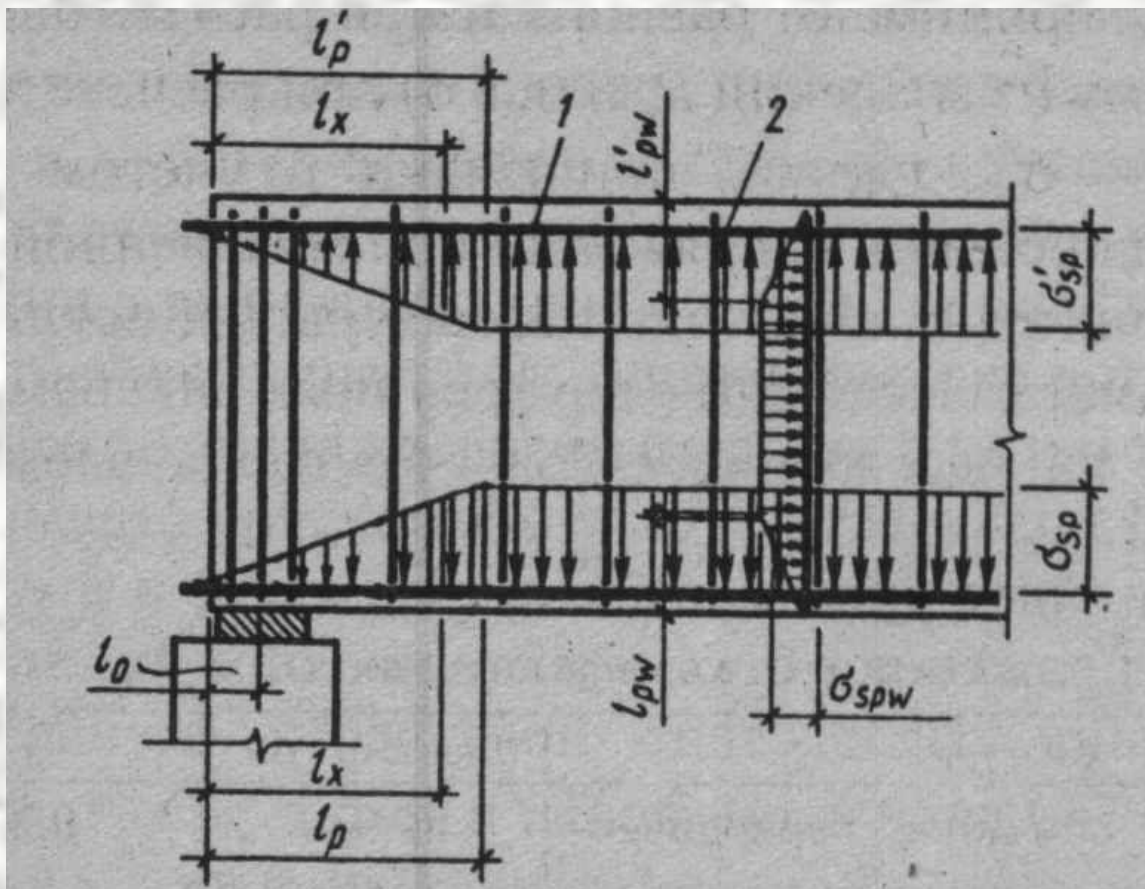
1 – арматурные стержни; 2 – коротыши; 3 – сварка; 4 – кольцо; 5 – гайка;  
 6 – стальной штампованный наконечник с нарезкой, привариваемый к арматуре;  
 7 – обжимная шайба

# Анкеровка проволочной или канатной арматуры



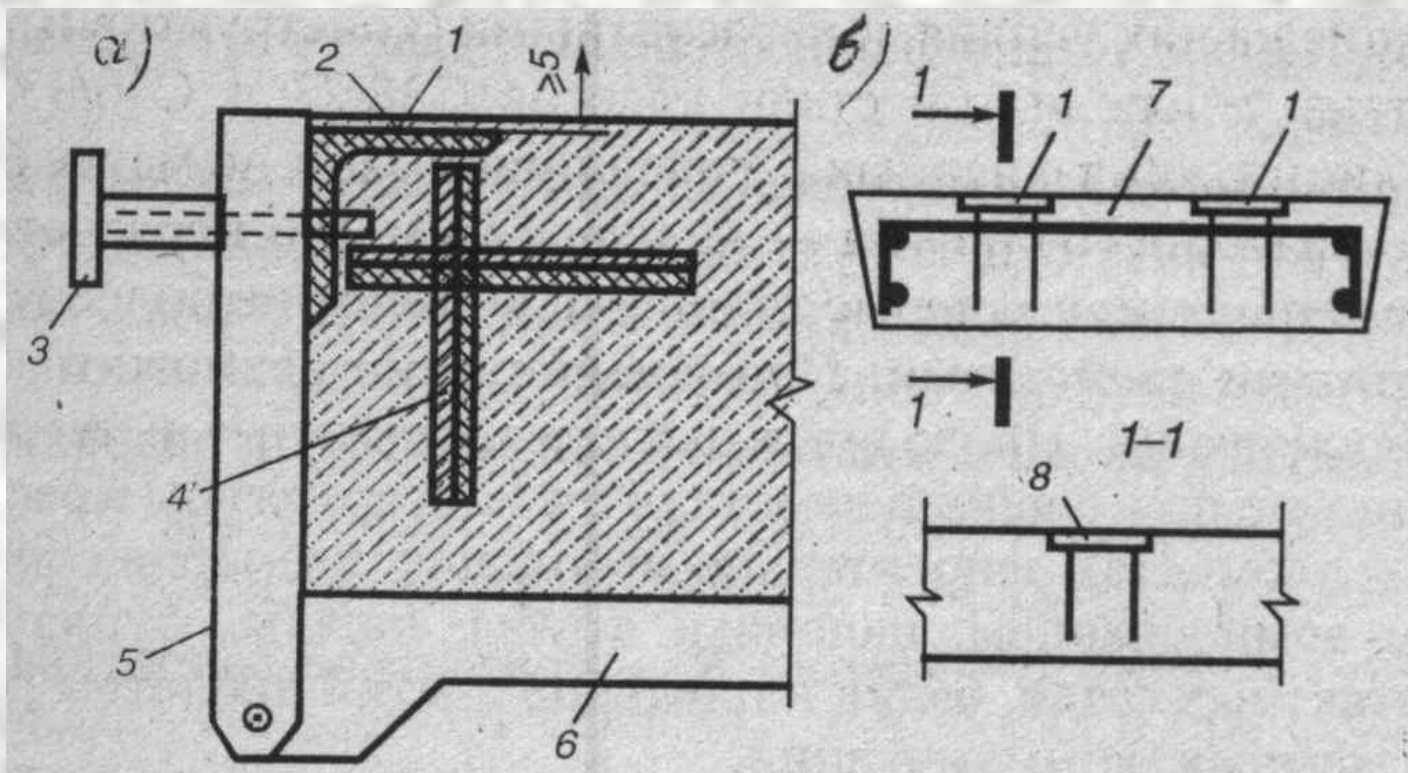
*a* – анкеровка анкерными кольцами; *б* – то же, зажимными болтами;  
*1* – высокопрочная гладкая проволока или канат; *2* – кольцо; *3* – штырь; *4* – витки арматуры с ослабленным напряжением; *5* – конец обмотки; *6* – зажимной болт диаметром 12 мм; *7* – анкер сечением 25×25 мм

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



*1* – продольная арматура; *2* – поперечная арматура

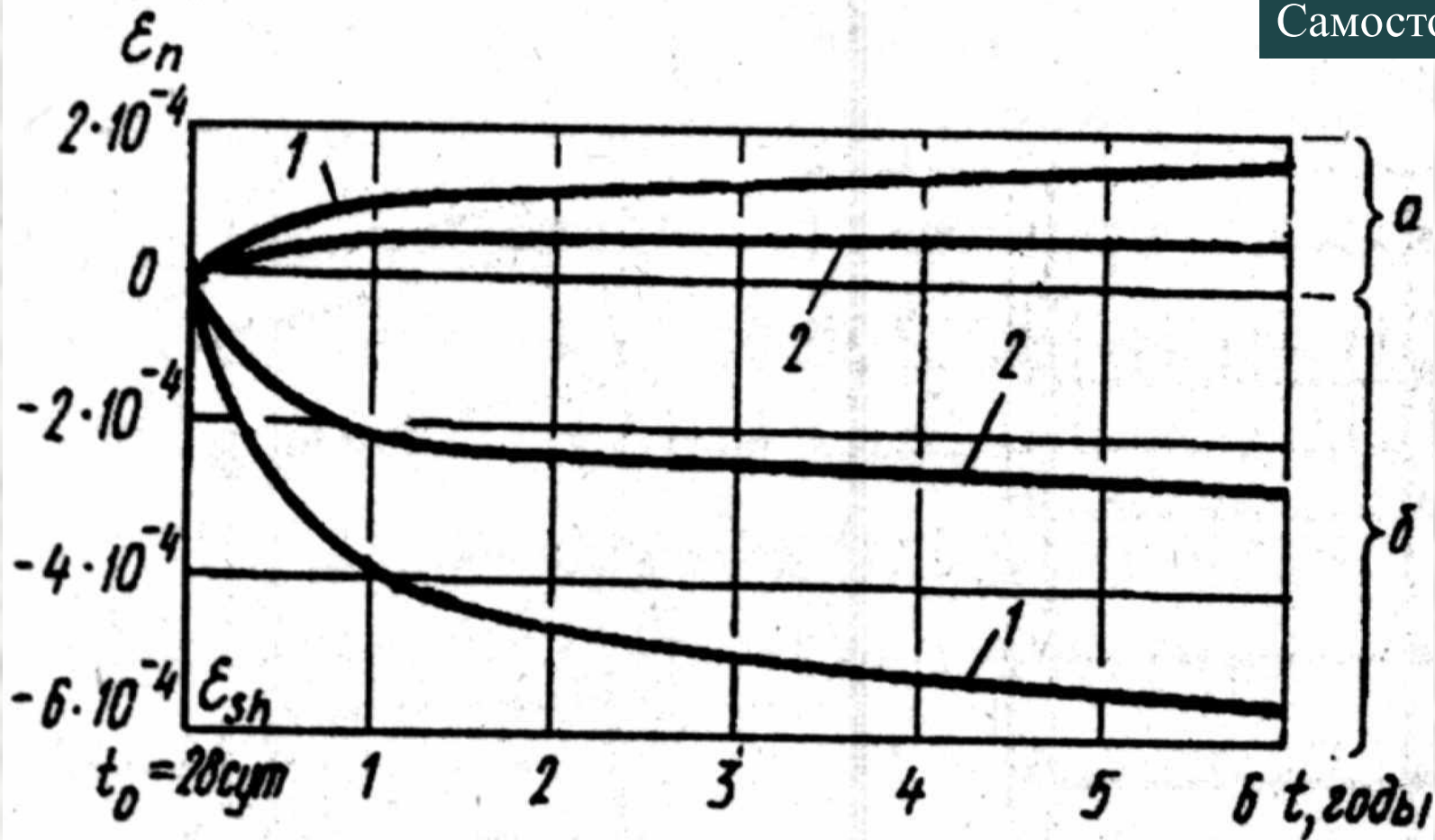
# Примеры фиксации закладных деталей



*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.

$$\varepsilon_{bt} = \varepsilon_{s\text{св}} - \varepsilon_{s\text{ст},s}$$

где :

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

$\varepsilon_{s\text{св}}$  – деформации свободной усадки бетона;

$\varepsilon_{s\text{ст},s}$  – 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:

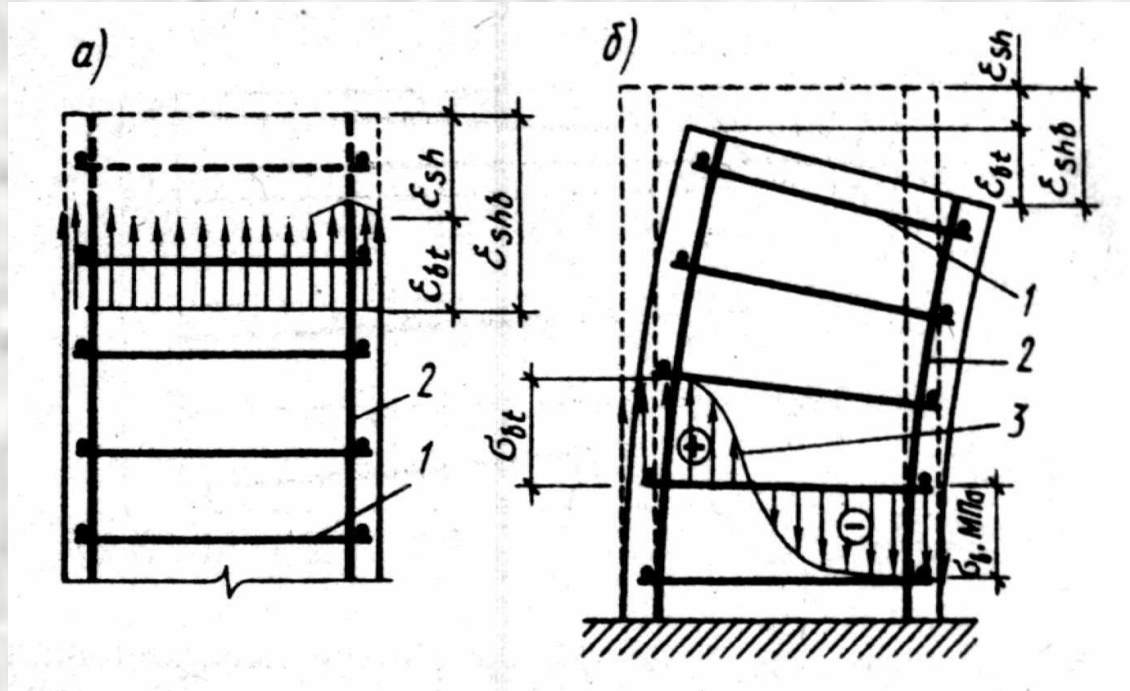
$$\alpha = \frac{E_s}{E_{bt}}$$

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

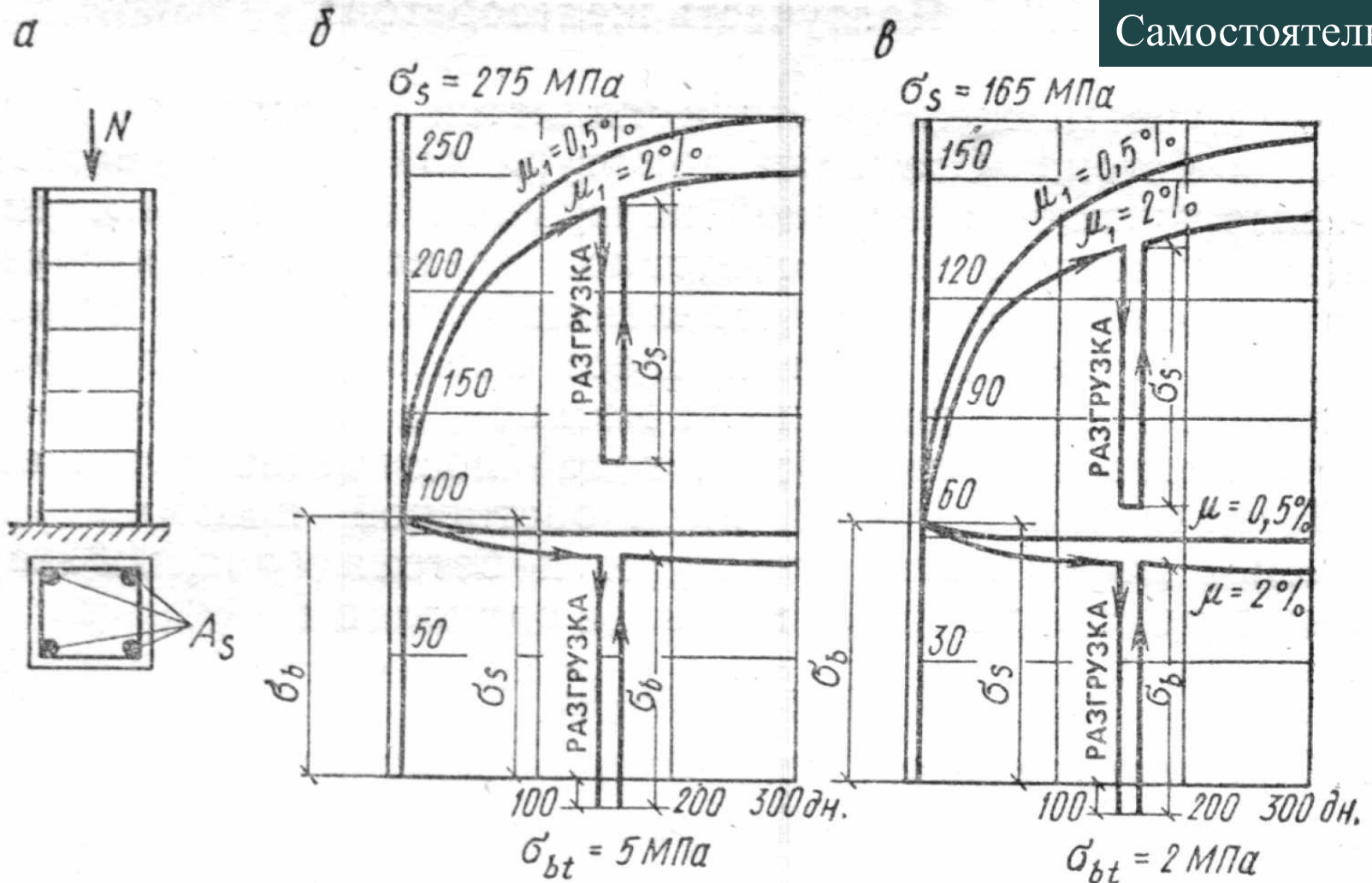


Рис. 1.38. Перераспределение напряжений между арматурой и бетоном сжатой железобетонной призмы вследствие ползучести бетона  
 а — схема железобетонной призмы под нагрузкой; б — для бетона класса В40;  
 в — то же В15

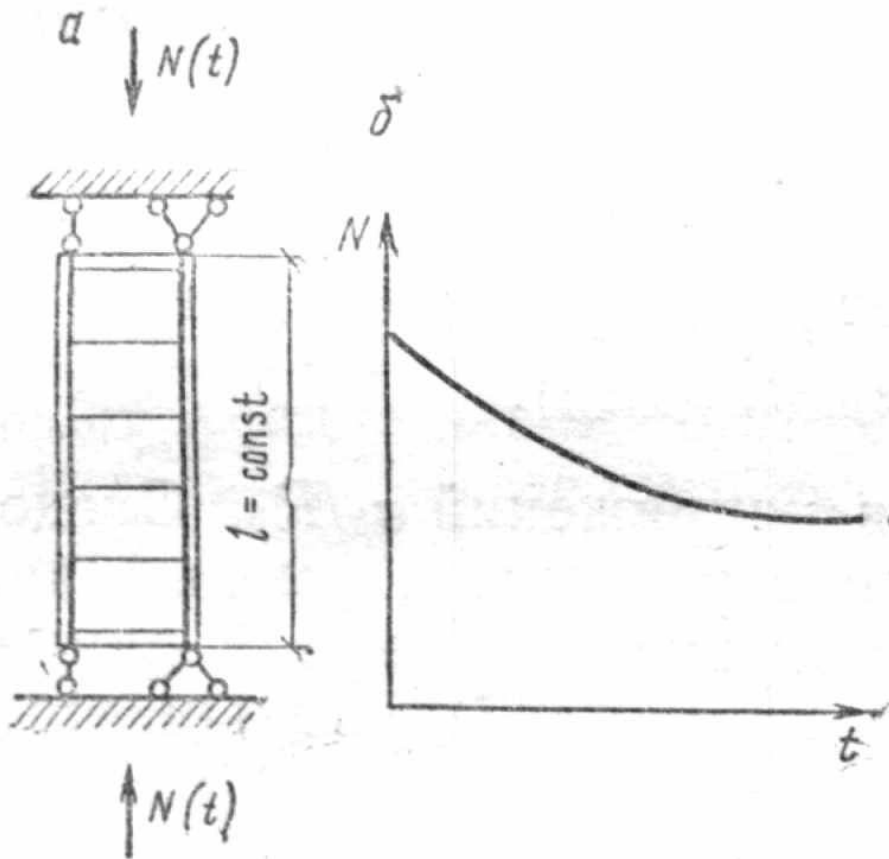


Рис. 1.39. Релаксация напряжений в бетоне при постоянных напряжениях в арматуре железобетонной призмы

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, фильтруясь 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

# Мероприятия по защите от коррозии

Самостоятельно

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.

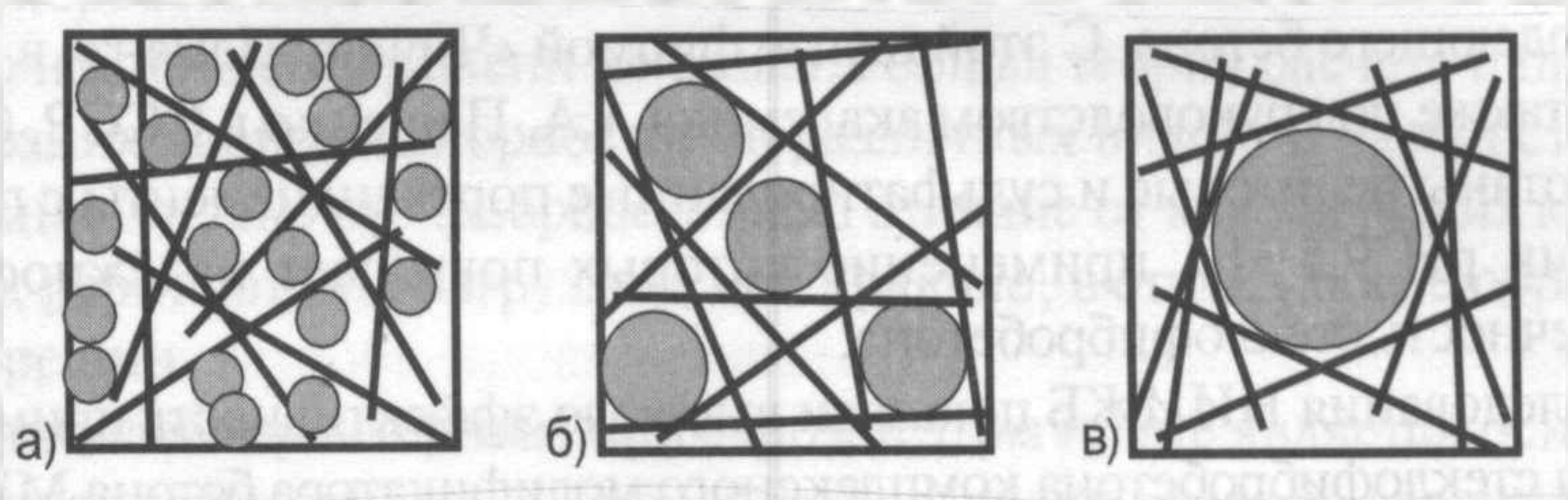
*Фибробетон* - особый вид железобетона, армированный фибрами.

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



***а – 5 мм;***

***б – 19 мм;***

***в – 20 мм***

## Свойства различных видов волокон для изготовления фибры

Волокно	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа	Удлинение при разрыве, %
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
Стеклоанное	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 сверхпрочное	1,20	660–700	5600–5800	14–16
Базальтовое	2,6–2,7	1600–3200	7000–11 000	1,4–3,6

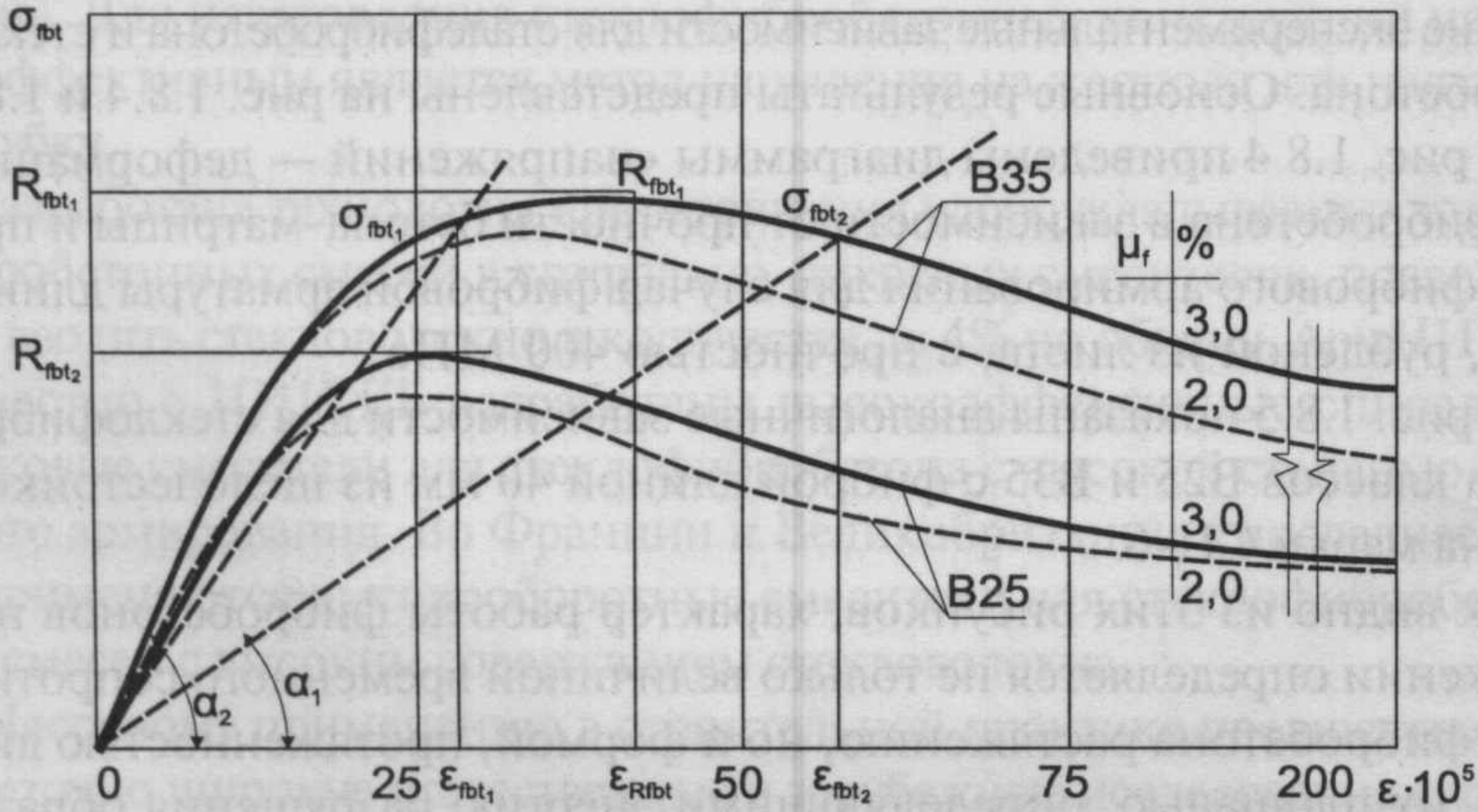
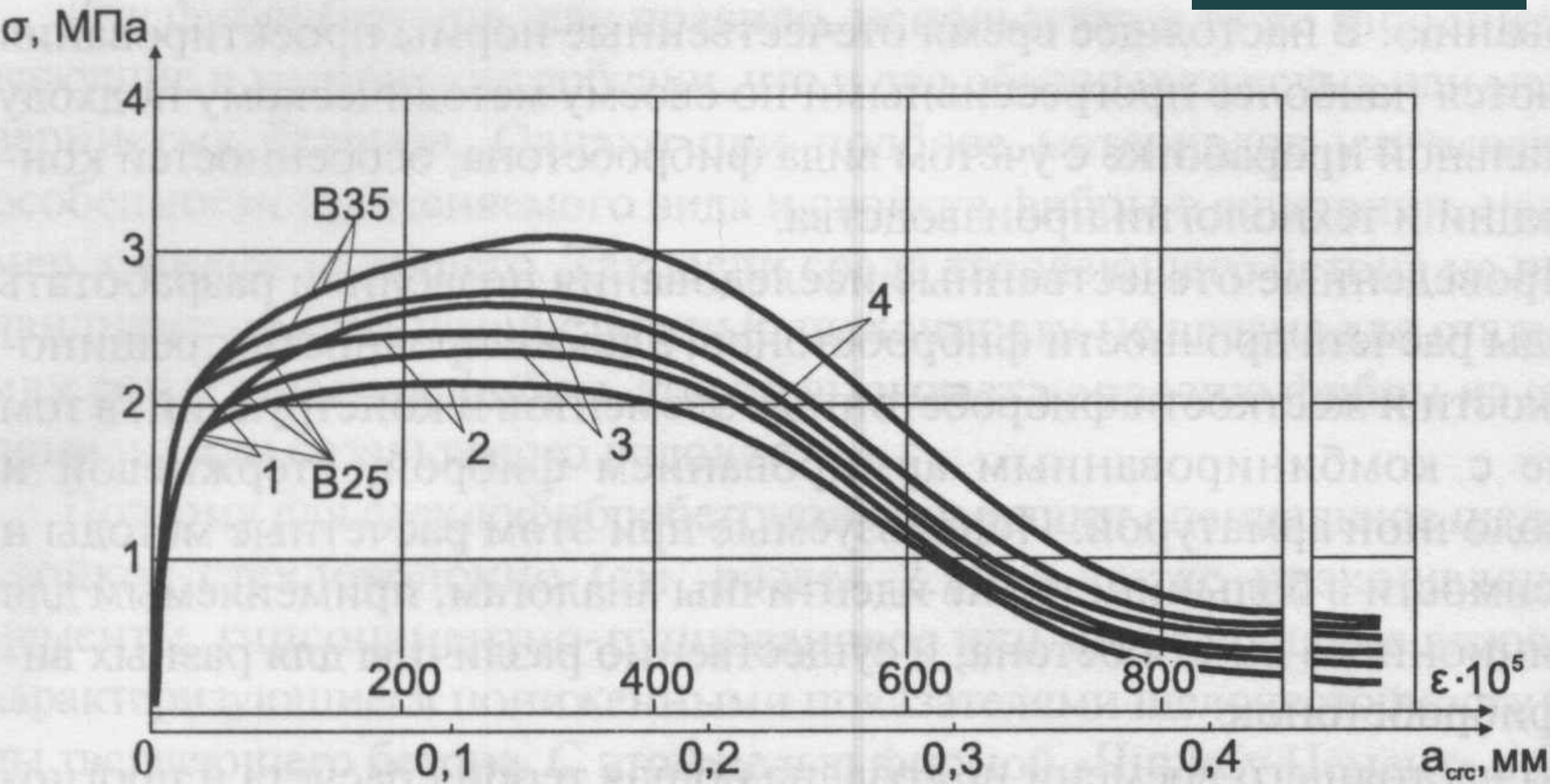


Рис. 1.8.5. Обобщенная схема зависимости « $\delta_t$  —  $\epsilon$ » для стеклофибробетона

# 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.