

АРМАТУРА ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

- ❑ По каким признакам классифицируют арматуру?
- ❑ Можно ли по внешнему виду определить класс арматуры?
- ❑ Имеет ли значение марка стали арматуры?
- ❑ Какие качества арматуры нужны для проектирования?
- ❑ Ставится ли арматура без расчета?
- ❑ Как арматура устанавливается в проектное положение?
- ❑ Вся ли арматура может применяться в условиях Севера?

Классификация арматуры

Арматуру классифицируют по:

- назначению;
- прочности;
- способу изготовления;
- способу упрочнения;
- профилю поверхности;
- расположению в элементе;
- начальному напряжению;
- изгибной жесткости;
- материалу.

По назначению:

- ▣ **Рабочая (расчетная)** - устанавливается по расчету на действие внешних нагрузок. Она также выполняет функции конструктивной арматуры.

- ▣ **Конструктивная** – ставится без расчета по правилам конструирования ЖБК (р. 10 СП63.13330.2012):
 - обеспечивает проектное положение рабочей арматуры;
 - равномерно распределяет усилия между рабочей арматурой;
 - воспринимает не учтенные при проектировании напряжения и деформации (температурные, усадочные и пр.)

- ▣ Различают также **монтажную** арматуру, для объединения рабочей и конструктивной арматуры в единый каркас, а также **анкерную арматуру, закладные детали и монтажные петли** для монтажа сборных конструкций.

По прочности

- **Обычной прочности** до 500МПа – А240 (старое обозначение АI), А300 (А-II), А400 (А-III), А500, В500 (В-I), Вр500 (Вр-I);
 - **Повышенной прочности** (500-600)МПа – А600 (AIV);
 - **Высокопрочная** более 600 МПа – А800 (А-V), А1000 (AVI), Вр1200 – Вр1500 (Вр-II).
- ▣ **Число показывает** гарантированное значение предела текучести (физического или условного) установленное с доверительной вероятностью 0,95 – т.е., **нормативное сопротивление**.

Классы и диаметр арматуры

Вид		Класс арматуры (старое обозначение)	Диаметр арматуры, мм	Нормативное сопротивление, МПа
Стержневая	Обычной прочности	A240 (A-I)	6-40	240
		A300 (A-II)	10-70	300
		A400 (A-III)	6-50	400
		A500	6-50	500
		A600 (A-IV)	10-50	600
	A800 (A-V)	10-32	800	
	A1000 (A-VI)	10-32	1000	
Проволоочная	Высокопрочная	B500, Bp500 (B-I, Bp-I)	3-16	500
		Bp1200 (Bp-II)	8	1200
		Bp1300 (Bp-II)	7	1300
		Bp1400 (Bp-II)	4; 5; 6	1400
		Bp1500 (Bp-II)	3	1500
Канаты	Высокопрочная	K1400(K-7)	15	1400
		K1500(K-7)	6; 9; 12; 18	1500
		K1500(K-19)	14	1500

По способу изготовления:

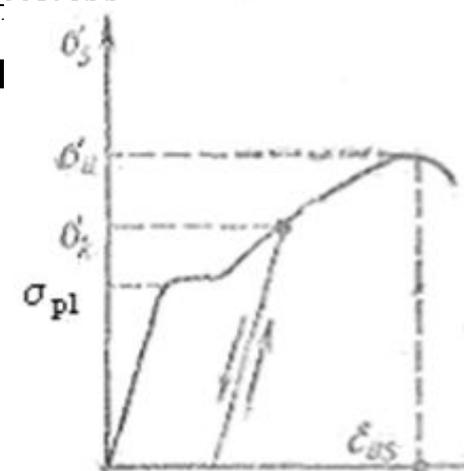
- **Горячекатаная стержневая** прокатывается в расплавленном состоянии диаметром 6-50 мм, обозначается буквой «**А**» (**А400**);
- **Проволочная** получается раскатыванием в холодном состоянии через систему валков горячекатаной гладкой арматуры диаметром (3-16) мм, обозначается буквой «**В**» «**Вр**» (**В500**, **Вр500**), **р** – рифленая насечками;
- **Канаты** получают путем свивки высокопрочной проволочной арматуры малого диаметра 1; 1,5; 3мм, диаметр канатов 6 – 18 мм, обозначаются буквой «**К**», «**КТ**», «**КО**»(**К7**).

Дополнительный набор технических требований (ставятся буквы после чисел, А500СК):

- 1) свариваемый всеми способами сварки - **С**;
- 2) категорий пластичности: повышенной - **Н**; высокой (для сейсмически стойкого проката) - **Е**;
- 3) с требованиями к стойкости против коррозионного растрескивания - **К**;
- 4) с требованиями к выносливости при многократно повторяющихся циклических нагрузках - **У**;
- 5) с требованиями по релаксации напряжений - **Р**.

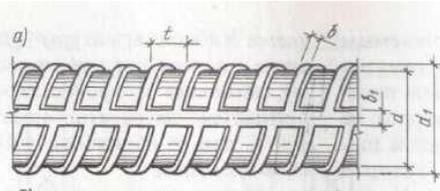
По способу упрочнения

- **легированная** – путем введения легирующих добавок (марганец, хром, кремний, титан и др.);
- **термически упрочненная** - вначале осуществляют нагрев арматуры до $800...900\text{ }^{\circ}\text{C}$ и быстрое охлаждение, а затем нагрев до $300...400\text{ }^{\circ}\text{C}$ с постепенным охлаждением (закалка с отпуском), обозначается индексом «Т»
- **упрочненная вытяжкой** арматуры на $3...5\%$ вследствие структурных изменений кристаллической решетки — наклепа сталь упрочняется, предел текучести существенно повысится, обозначается индексом;
- **упрочненная волочением** через постепенно сужающиеся отверстия;

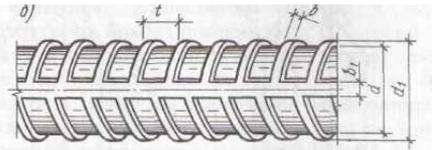


- ❑ **По профилю поверхности:**
- ❑ **Гладкая** (А240, В500, В1200-В1500)
- ❑ **Периодического профиля** (А300 – А1000, Вр500, Вр1200-Вр1500)

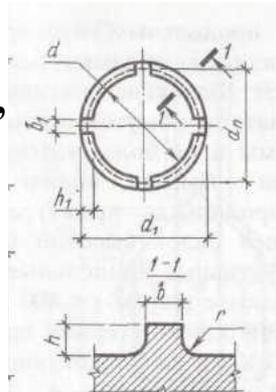
Виды профилей:



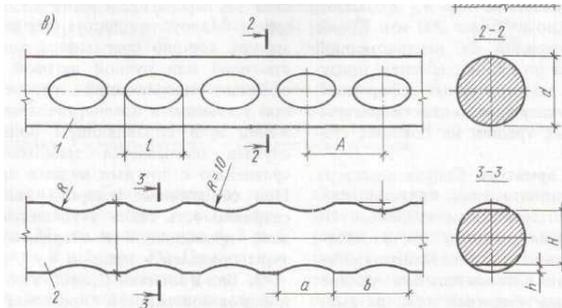
кольцевой винтообразный, класса А300;



кольцевой «в елочку» класса А400;



серповидный, двусторонний А400С



насечками, класса Вр500 – Вр1500 (Вр-I) – (Вр-II);
 1 - вид со стороны вмятин;
 2 - вид с гладкой стороны



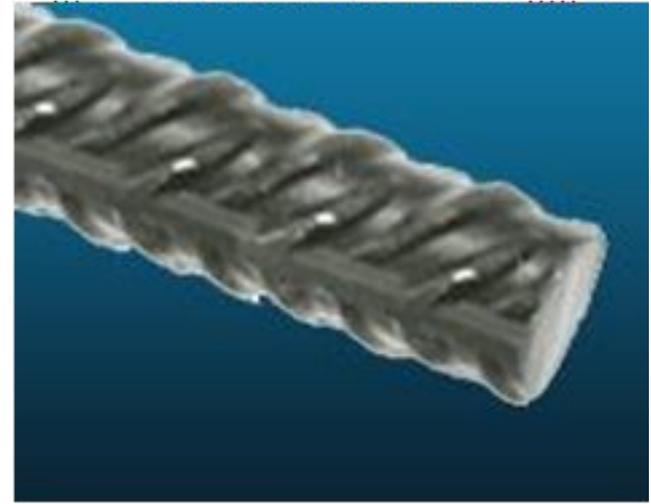
серповидный четырехсторонний А500СП (П - обозначает улучшенный четырехсторонний профиль)

Серповидные более хладостойкие по сравнению с кольцевым за счет меньшей концентрации напряжений – поперечные **ребра имеют трапециевидное сечение с плавным переходом к основному сечению**, но по сравнению с кольцевым двусторонний имеет худшее сцепление с бетоном (на 20%), четырехсторонний – лучшее сцепление (на 10%).

Номинальный диаметр арматуры периодического профиля: Диаметр равновеликого по площади поперечного сечения круглого гладкого проката



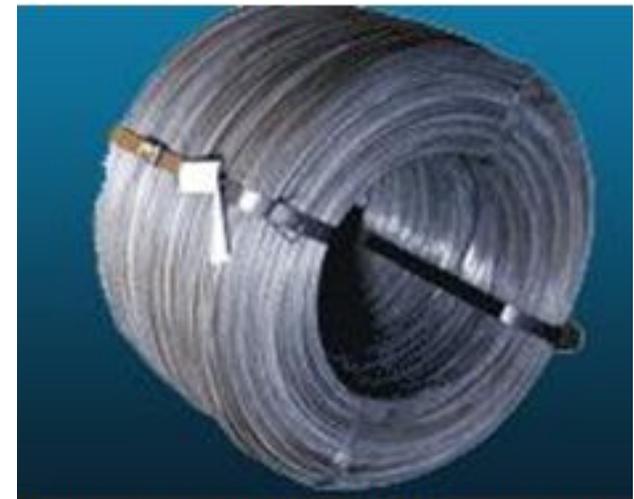
Серповидный двухсторонний
класса А500С. Диаметр 10-40 СТО
АСЧМ 7-93



Серповидный четырехсторонний профиль
класса А500СП Диаметр 10-40 ТУ
14-1-5526-2006,

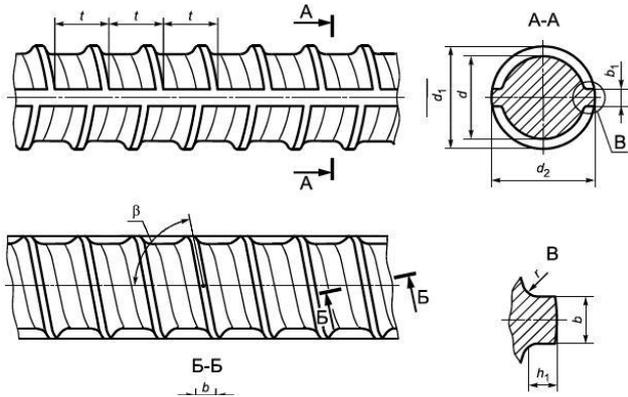


Проволока периодического профиля класса
Вр500С Сортамент 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 мм

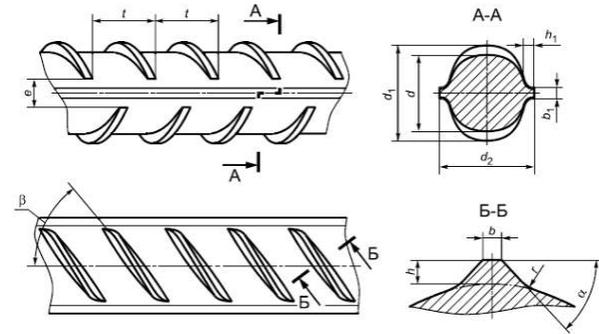


Проволока гладкая класса В500
Сортамент 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 мм

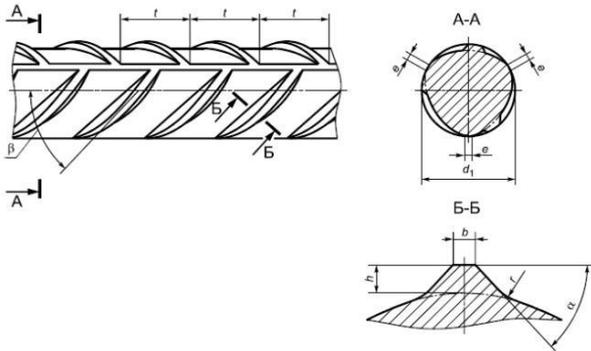
Современные профили горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры по ГОСТ 34028-2016



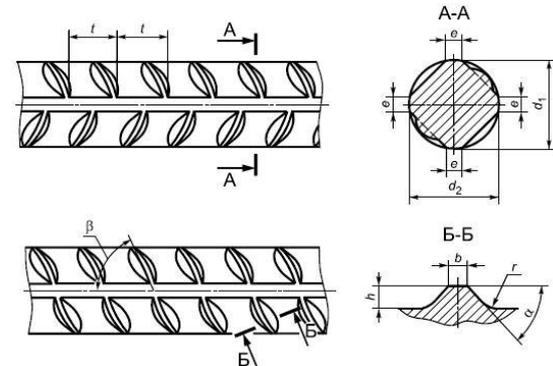
1φ – кольцевой с продольными ребрами (ГК)



2φ – серповидный с продольным ребром или без (ГК)



3φ – серповидный трехсторонний без продольных ребер (ХО)



4φ – сегментный четырехсторонний без продольных ребер (ХО)

Контур поперечных ребер и безреберных (гладких) участков образует замкнутый круг или овал. Ребра имеют трапециевидное сечение с плавным переходом к основной ГК – горячекатаная (d6...40 мм), ХО – холодной обработки (d4...19 мм).

Диаметры арматуры по ГОСТ 34028-2016

Горячекатаная	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40
Проволочная	4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19

Арматура класса А800 и А1000 изготавливается диаметром 10...40 мм

А240, А400, А500, А600 поставляется в прутках и мотках

А800, А1000 – в прутках

Длина **прутков** 6; 9; 12 (11,7 и 1,9); 18 м

Поставка **в мотках**: диаметр до 22 мм включительно; масса 0,5...5 т

Условное обозначение проката:

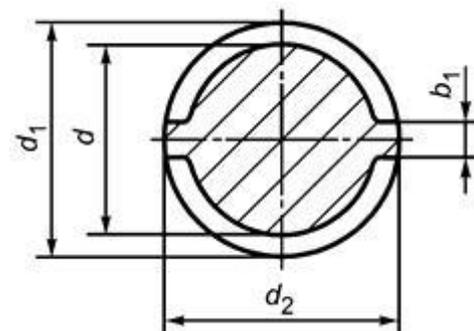
Пруток МД-12х9000-А240 ГОСТ 34028-2016

Прокат гладкий, в прутках, мерной (МД) длины 9000 мм, диаметром 12 мм, класса А240.

Определение номинального диаметра проката горячекатаной арматуры периодического профиля по диаметру основной части (сердечника)

Номинальный диаметр проката соответствует диаметру равновеликого по площади поперечного сечения круглого гладкого проката

Номинальный диаметр проката d_n	Диаметр основной части арматуры (сердечника) d
6	5,75
8	7,5
10	9,3
12	11
14	13
16	15
18	17
20	19
22	21
25	24
28	26,5
32	30,5
36	34,5
40	38,5

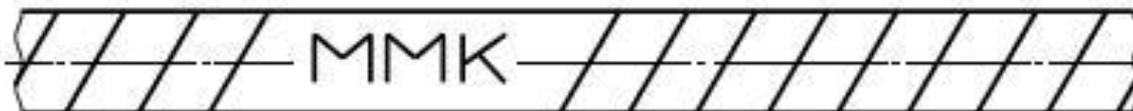


Маркировка арматуры по ГОСТ 34028-2016

Маркировка проката надписью



а – Маркировка класса



б – Маркировка изготовителя буквами



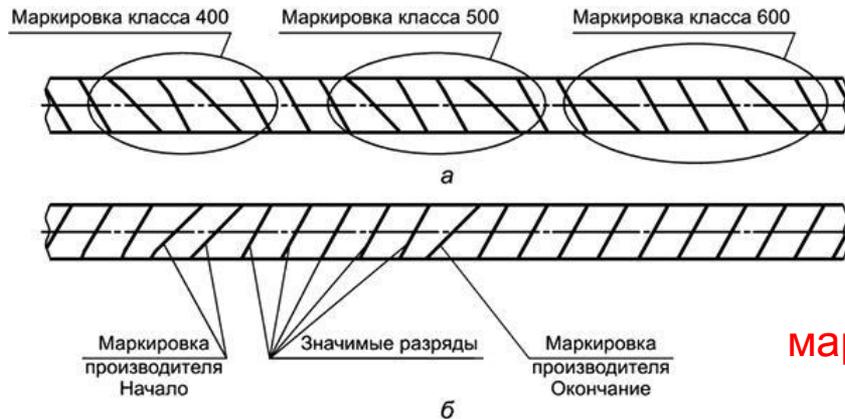
в – Маркировка изготовителя номером в соответствии с таблицей В.2

Каждому изготовителю присваивается номер. Пример

Наименование изготовителя	Аббревиатура изготовителя	Номер для маркировки изготовителя
ПАО "Северсталь"	-	1
ОАО "Челябинский металлургический комбинат"	ЧМК	2
ОАО "Западно-Сибирский металлургический комбинат"	ЗСМК	3

Маркировка арматуры наклоном или толщиной ребер

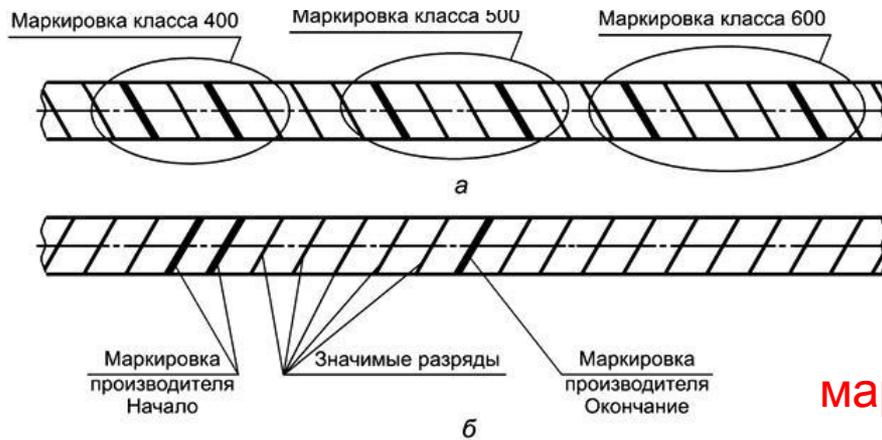
Класс проката	Количество ребер для маркировки классов	Класс проката	Количество ребер для маркировки классов
A400	1	Ап600	4
A500	2	A800	5
A600	3	A1000	6



маркировка класса

маркировка проката
измененным наклоном
поперечных ребер

маркировка изготовителя



маркировка класса

Маркировка проката
измененной толщиной
поперечных ребер

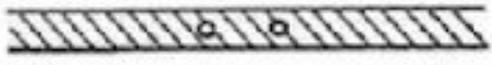
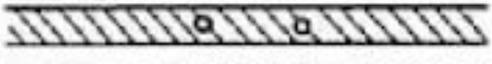
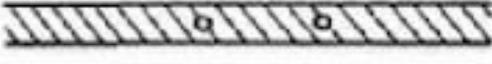
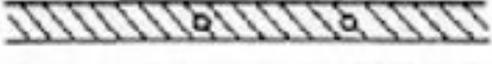
маркировка изготовителя



Пример маркировки изготовителя - 12

Старая маркировка

По количеству ребер между насечками

Класс арматуры	число выступов			
A-II	2			
A-III, A T - III	3			
A-IV, A T - IV	4			
A - V, A T - V	5			
A - VI, A T - VI	6			

По цвету, окрашиванием концов стержней

A III, Ат III Белый
A 500с Белый и синий
A-IV Красный
Ат-IV Жёлтый
Ат-IVс Жёлтый и белый
Ат-IVк Жёлтый и красный

A-V Красный и зелёный
Ат-V Зелёный
Ат-Vк Зелёный и красный
A-VI Красный и синий
Ат-VI Синий
Ат-VIк Синий и красный
Ат-VII Чёрный

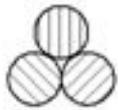
Канаты

Канаты:

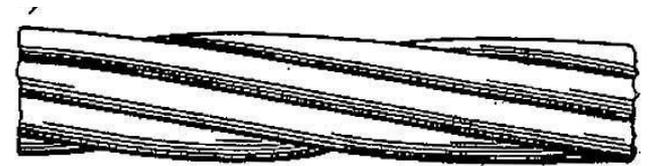
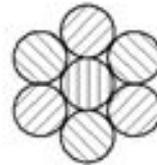
из гладкой проволоки обозначаются буквой «К» (К7);

из проволоки периодического профиля (с насечками) «КТ» (К7Т);

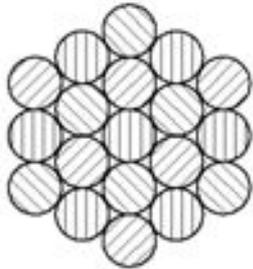
из гладкой проволоки с пластическим обжатием «КО» (К7О).



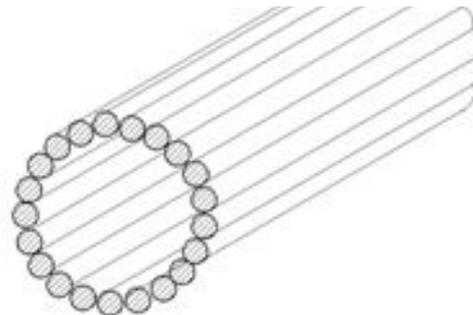
К3



К7



К19



**Пучок из
проволок или
канатов**

Периодический профиль каната обеспечивает надежное сцепление с бетоном, а большая длина позволяет избежать стыков.

По расположению:

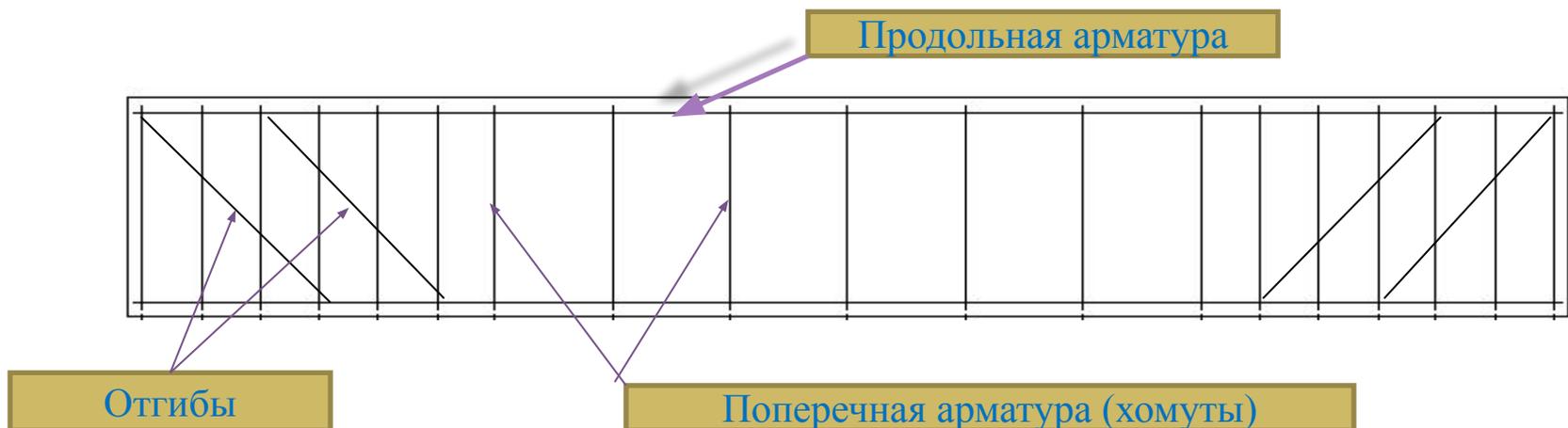
Продольная - располагается параллельно продольной оси элемента:

- воспринимает продольные усилия и изгибающие моменты (нормальные напряжения);
- предотвращает появление или ограничивает раскрытие нормальных (перпендикулярных к продольной оси) трещин.

Поперечная - направлена перпендикулярно или под углом к продольной оси элемента:

- воспринимает поперечные усилия, крутящие моменты (касательные напряжения);
- предотвращает появление наклонных и продольных трещин.

Поперечная арматура включает в себя хомуты и отгибы.



По начальному напряжению

- - **ненапрягаемая**, укладывается *обычным способом*;
- - **напрягаемая** - укладывается с *начальным (предварительным) натяжением (напряжением)*;

В напрягаемой арматуре создаются благоприятные (растягивающие) напряжения в арматуре и соответственно, сжимающие напряжения в растянутой части бетона, что значительно **повышает трещиностойкость и жесткость** элемента.

Применение высокопрочной арматуры приводит к **экономии стали**, значительно **расширяется область применения железобетона**.

По изгибной жесткости

- **Гибкая** (из арматурной стали – стержневой, проволочной, канатов)
- **Жесткая** (из профильной стали) – из уголков, швеллеров, двутавров, труб, составных профилей.

Гибкая арматура равномерно распределяет напряжения в элементе, более рационально используются прочностные свойства сталей, снижается расход стали поэтому находит значительно большее применение.

Жесткая арматура применяется при наличии ограничений по размерам поперечного сечения элементов

По материалу

Металлическая (сталь)

Неметаллическая (стеклопластик, базальтопластик, углепластик и пр.)

Стеклопластиковая и базальтопластиковая арматура – получается из стеклянных или базальтовых волокон, объединенных в арматурный стержень с помощью связующих пластиков из синтетических смол.

Достоинства:

- высокая прочность
- коррозионная стойкость

Недостатки:

- низкий модуль упругости;
- малая предельная растяжимость;
- склонность к разрушению от щелочных реакций;
- старение, характеризуемое снижением прочности во времени.



ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АРМАТУРЫ

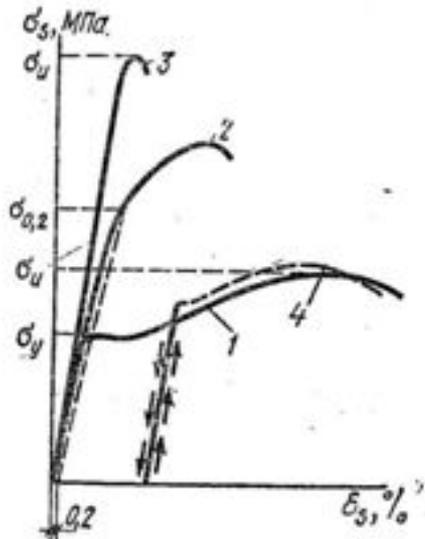
- Свойства арматуры зависят от
 - *химического состава;*
 - *способа производства;*
 - *обработки.*

- В арматурных сталях содержание углерода составляет обычно 0,2...0,4 %. Увеличение количества **углерода** приводит к повышению прочности, но снижению деформативности и ухудшению свариваемости. Изменение свойств сталей может быть достигнуто **легированием** - введением легирующих добавок. **Марганец, хром** повышают прочность без существенного снижения деформативности. **Кремний**, увеличивая прочность, ухудшает свариваемость.

Физико-механические свойства сталей

- пластические свойства – характеризуются относительным удлинением при испытании на разрыв. Снижение пластических свойств приводит к хрупкому (внезапному) разрыву арматуры;
- свариваемость – характеризуется надежностью соединения, отсутствием трещин и других пороков металла в швах. Хорошо свариваются малоуглеродистые и низколегированные стали. **Нельзя сваривать термически упрочненные и упрочненные вытяжкой стали, т.к. теряется эффект упрочнения;**
- хладноломкость - склонность к хрупкому разрушению при отрицательных температурах (ниже -30°C);
- реологические свойства – характеризуются ползучестью и релаксацией;
- усталостное разрушение – наблюдается при действии многократно повторяющейся знакопеременной нагрузке и имеет характер хрупкого разрушения;
- динамическая прочность – наблюдается при кратковременных нагрузках большой интенсивности.

Диаграммы растяжения арматурных сталей



1 – мягкая сталь (выраженная площадка текучести);

2 – низколегированные и термически упрочненные стали (площадка текучести выражена неявно);

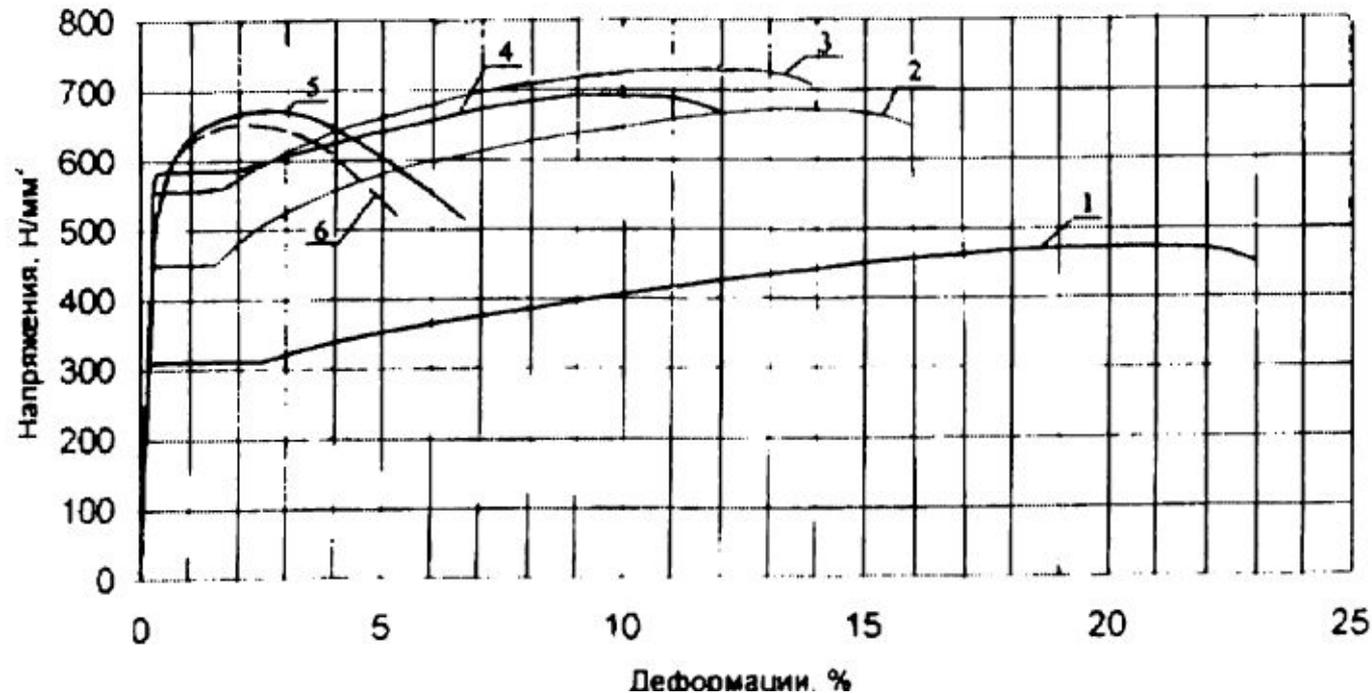
3 – высокопрочная проволока (практически линейная зависимость).

σ_u – временное сопротивление (предел прочности);

σ_y – предел текучести

$\sigma_{0,2}$ – условный предел текучести

Реальные
диаграммы
растяжения
арматурных сталей
обычной прочности:
1 – А240; **2** – А400;
3 – А500С(ТМУ);
4 – А500С(ГК);
5 – В500С; **6** – Вр-1



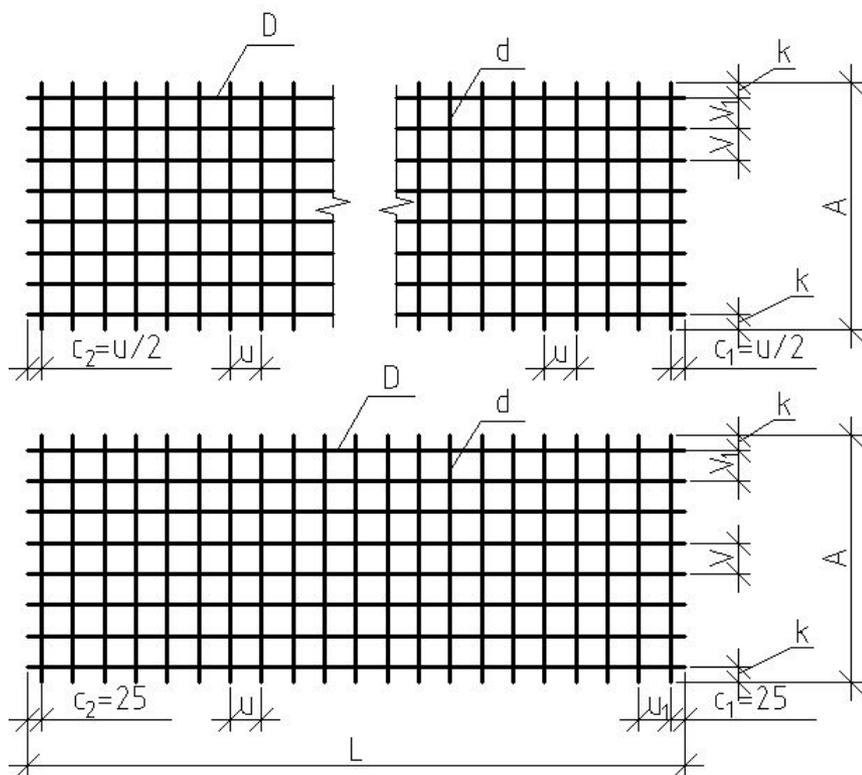
Применение классов арматуры в конструкциях

- В качестве **рабочей арматуры**, наиболее широко применяют арматуру периодического профиля классов **A500** и **A400**, а также арматуру класса **B500** и **Bp500** в сварных сетках и каркасах.
- В конструкциях, эксплуатируемых при статической нагрузке и расчетной температуре **минус 40 °С и выше**, применяется арматура **всех классов**.
- Кроме класса арматуры имеет **важное значение марка стали** - например арматура класса A400 из стали 35ГС применяется при температуре не ниже -40 °С, из стали марки 25Г2С при статических нагрузках, термоупрочненная из стали ВСтЗспб – без ограничений.
- При других условиях эксплуатации класс арматуры и марку стали принимают **по специальным указаниям**.
- Для условий **низких температур** рекомендуется арматура обладающая повышенными пластическими свойствами, наилучшие показатели имеют арматуры северного исполнения класса **Ac500С** или **Ac500СП**.
- Для **монтажных (подъемных) петель** элементов сборных железобетонных и бетонных конструкций применяют горячекатаную арматурную сталь класса **A240** марок **СтЗсп** и A500С марок ВСтЗспб, **A300** марки **10ГТ**).

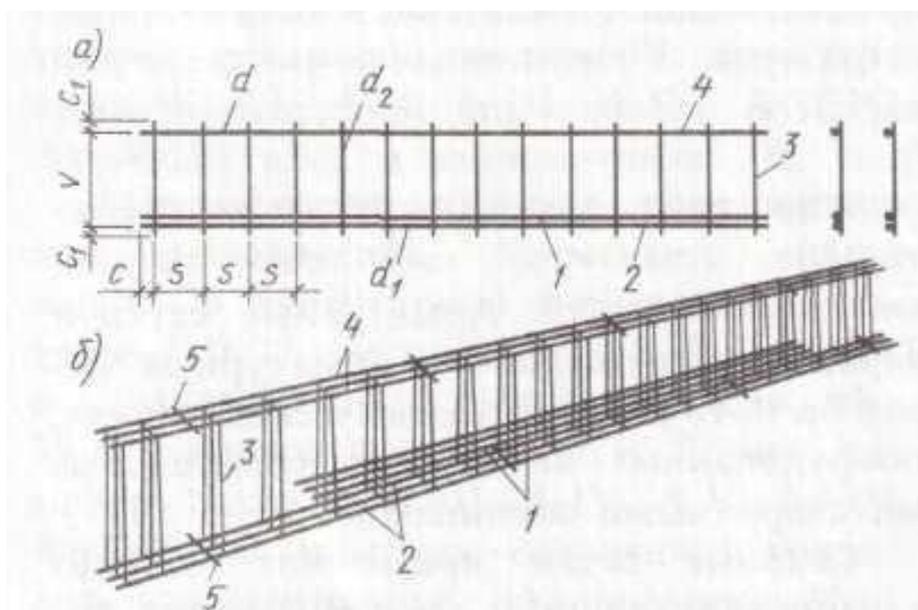
Арматурные сварные изделия

Сетки

$$\frac{D - V}{d - u} AL \frac{c_1 - c_2}{k}$$



Сварные каркасы: плоские (а);
пространственные (б)

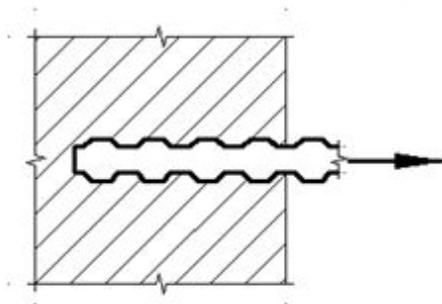


$\frac{\text{диам. прод. стержня} - \text{шаг прод. стержня}}{\text{диам. попер. стержня} - \text{шаг попер. стержня}}$
 $\frac{\text{длина своб. концов прод. стержня}}{\text{длина своб. концов попер. стержня}}$
 $\times \text{ширина} \times \text{длина сетки}$

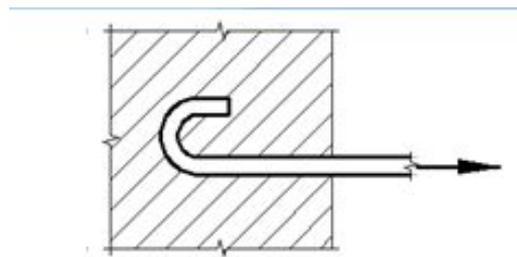
Анкеровка арматуры в бетоне

Анкеровка – это закрепление концов арматуры в бетоне. Обеспечивается:

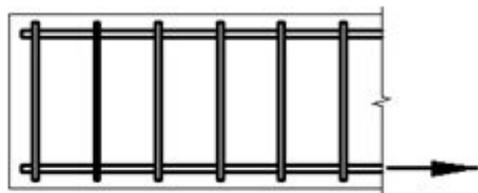
выступами периодического профиля арматуры



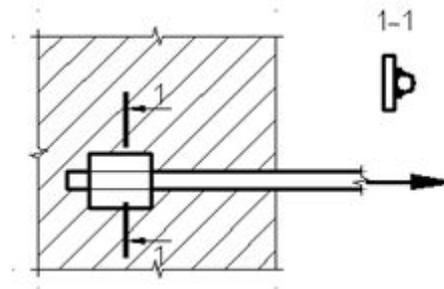
загибами арматуры (класс А240)



стержнями поперечного направления



при помощи специальных анкеров на концах стержней.

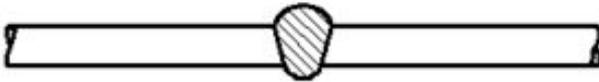


Соединения арматуры

контактная сварка «встык»



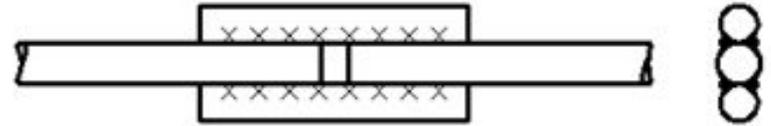
дуговая ванная сварка



без сварки, на обжимных муфтах



сварка с накладками



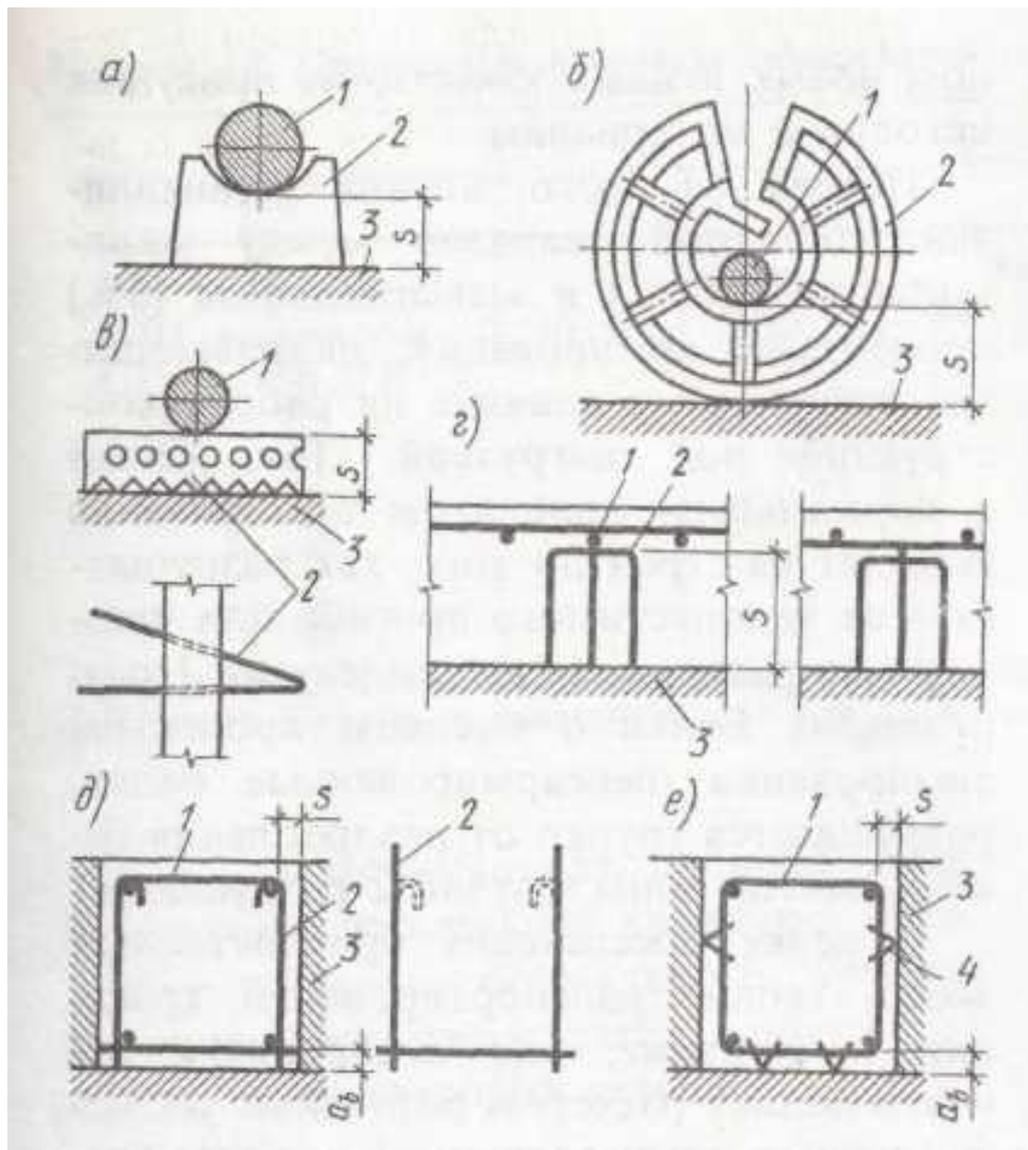
«внахлестку» без сварки



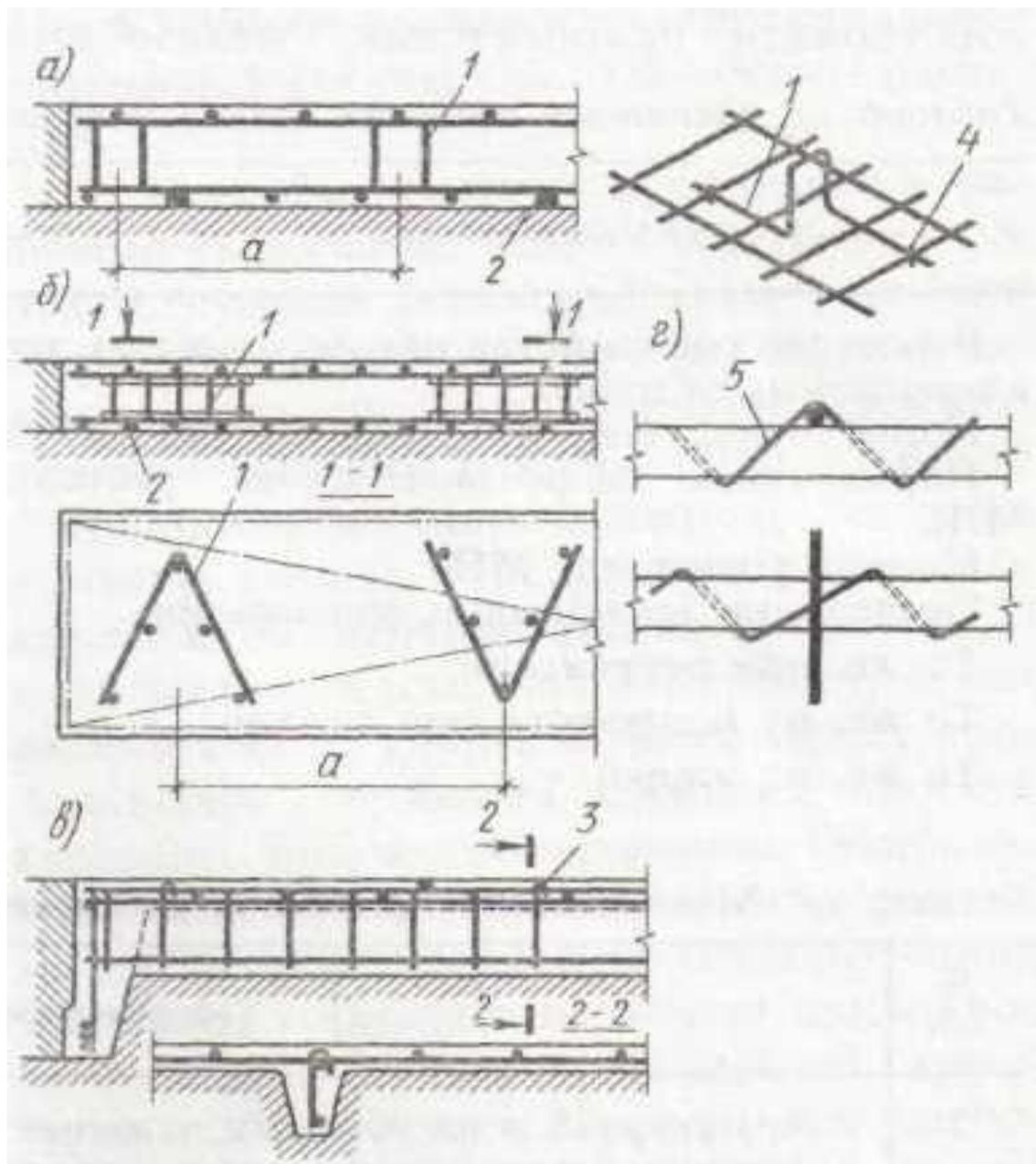
По способу производства стыки стержней делятся на **сварные**, **несварные**, по месту изготовления – **заводские и монтажные**.

Сварные стыки можно размещать в любом месте стержня, однако рабочие стержни не рекомендуется сваривать в зонах наибольших усилий.

Фиксация арматуры



а — фиксаторы с большой поверхностью контакта с формой (цементно-песчаные); **б** — фиксаторы с минимальной поверхностью контакта с фермой (пластмассовые, асбестоцементные); **в** — фиксаторы из алюминиевой полосы; **г, д, е** — фиксаторы из арматурной стали; **1** — фиксируемая арматура; **2** — фиксатор; **3** — поверхность формы (опалубка); **4** — упоры, привариваемые к арматуре; **а_б** — толщина защитного слоя фиксируемой арматуры



Примеры фиксации
арматурных сеток и
пересекающихся
стержней:

а, б и в — фиксация
верхних арматурных
сеток; **г** — фиксация
пересекающихся
стержней; **1** —
разделитель из
арматурной стали; **2**
— фиксатор-
подкладка; **3** —
удлиненные
поперечные стержни
каркаса, загибаемые
вокруг стержней
сетки; **4** — скрутка; **5**
— пружинный
фиксатор