

АРМАТУРА ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Назначение и виды арматуры

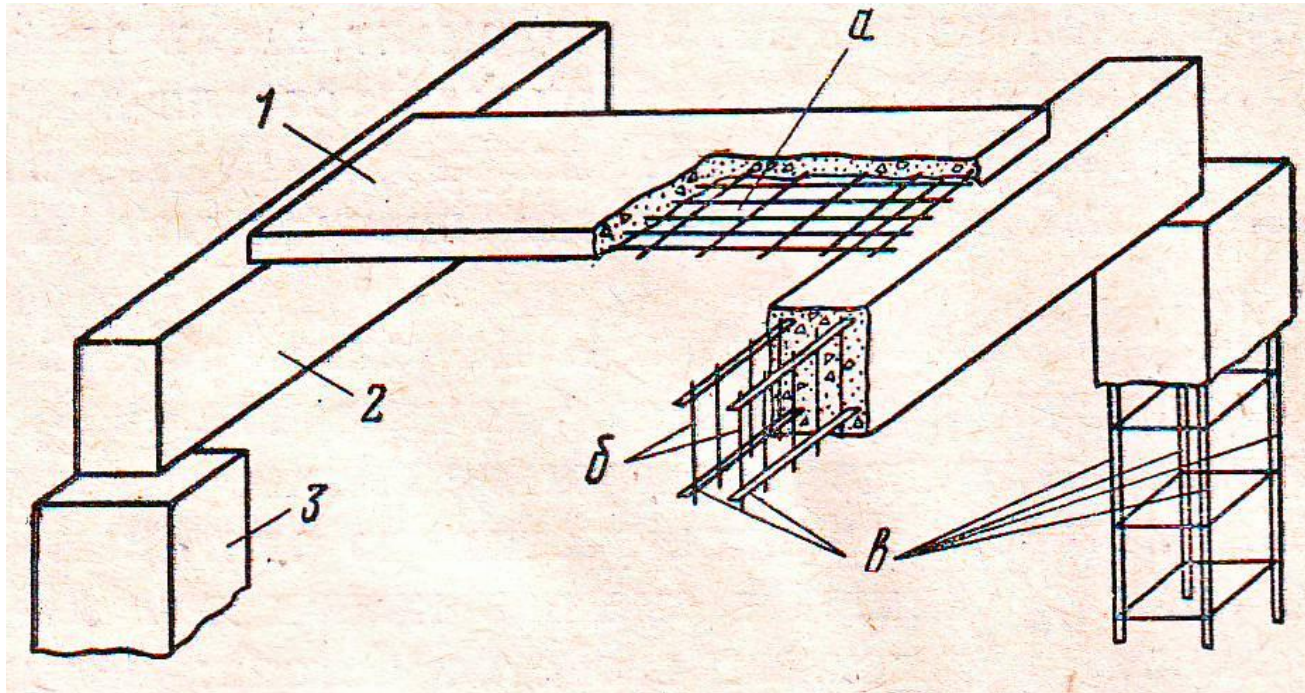
Арматура устанавливается в основном **для восприятия растягивающих усилий** и для усиления сжатой зоны бетона конструкций а также для восприятия усилий от объемных усадочных и температурно-влажностных деформаций.

Арматура, устанавливаемая по расчету, называется рабочей.

Арматура устанавливается из конструктивных и технологических требований – монтажная или конструктивная: она обеспечивает проектное положение рабочей арматуры, распределяет равномерно усилия от усадки и температурные, возможные непроектные механические воздействия.

Рабочая и монтажная арматура объединяется в каркасы и сетки.

Фрагмент перекрытия каркасного здания



Арматуру разделяют по следующим признакам:

1. По технологии изготовления – стержневая, проволочная и канаты.
Стержневая – \varnothing 6-40мм.
2. По способу поставки - при $d \leq 10$ – бухтах, $d \geq 10$ – прутки.
3. По способу упрочнения горячекатаная разделяется:
 - на термически упрочненную;
 - упрочненная холодным деформированием - вытяжкой или волочением.
4. По форме поверхности - периодического профиля или гладкая.
5. По способу применения - напрягаемая и ненапрягаемая.
6. Жесткая арматура из металлопрофилей – двутавры, швеллера и уголки.

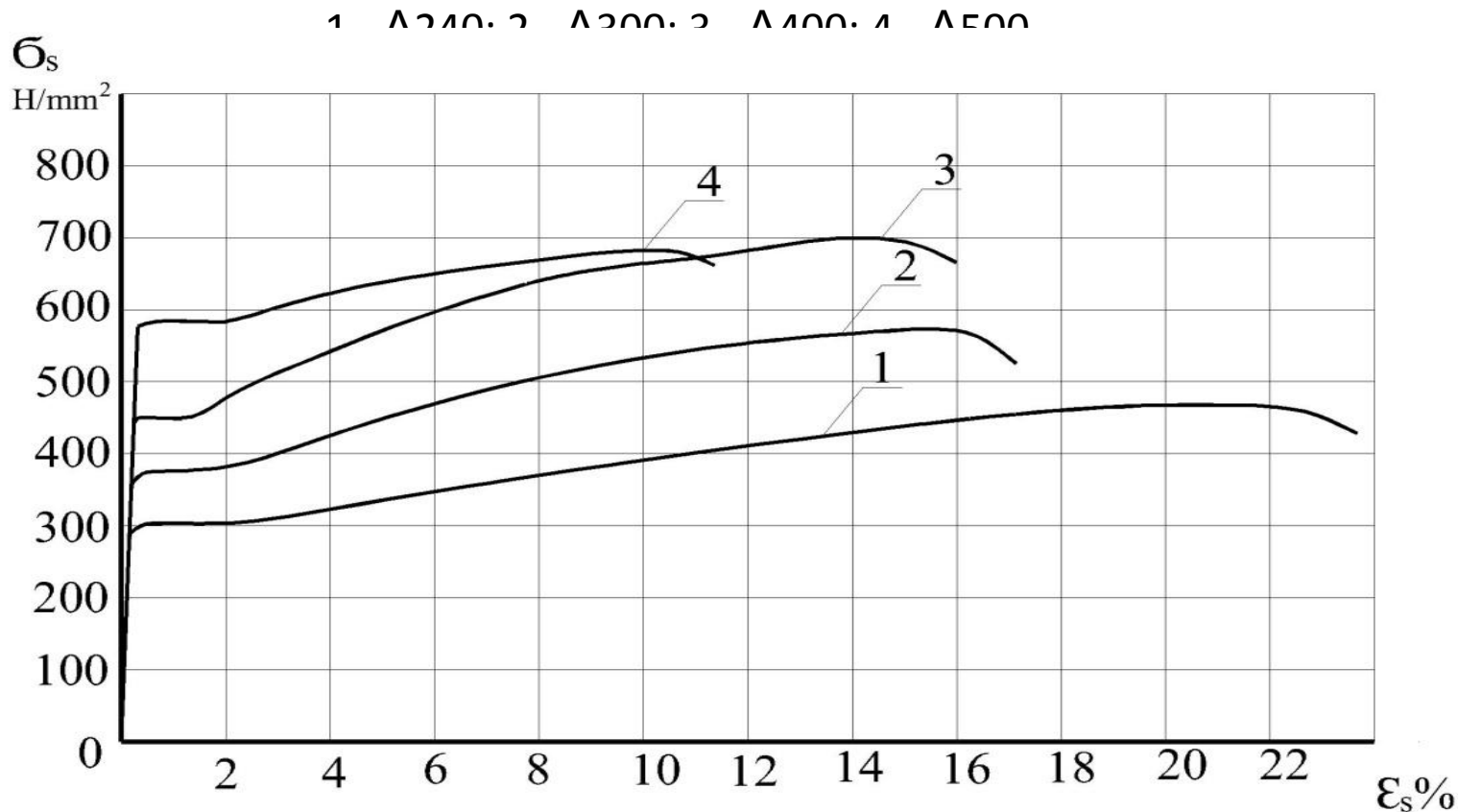
Арматура должна отвечать следующим требованиям:

- надежно работать совместно с бетоном на всех стадиях эксплуатации конструкции
- использоваться до физического или условного предела текучести при исчерпании несущей способности конструкции;
- обеспечивать технологичность арматурных работ и возможность механизации.

2. Механические свойства арматурных сталей

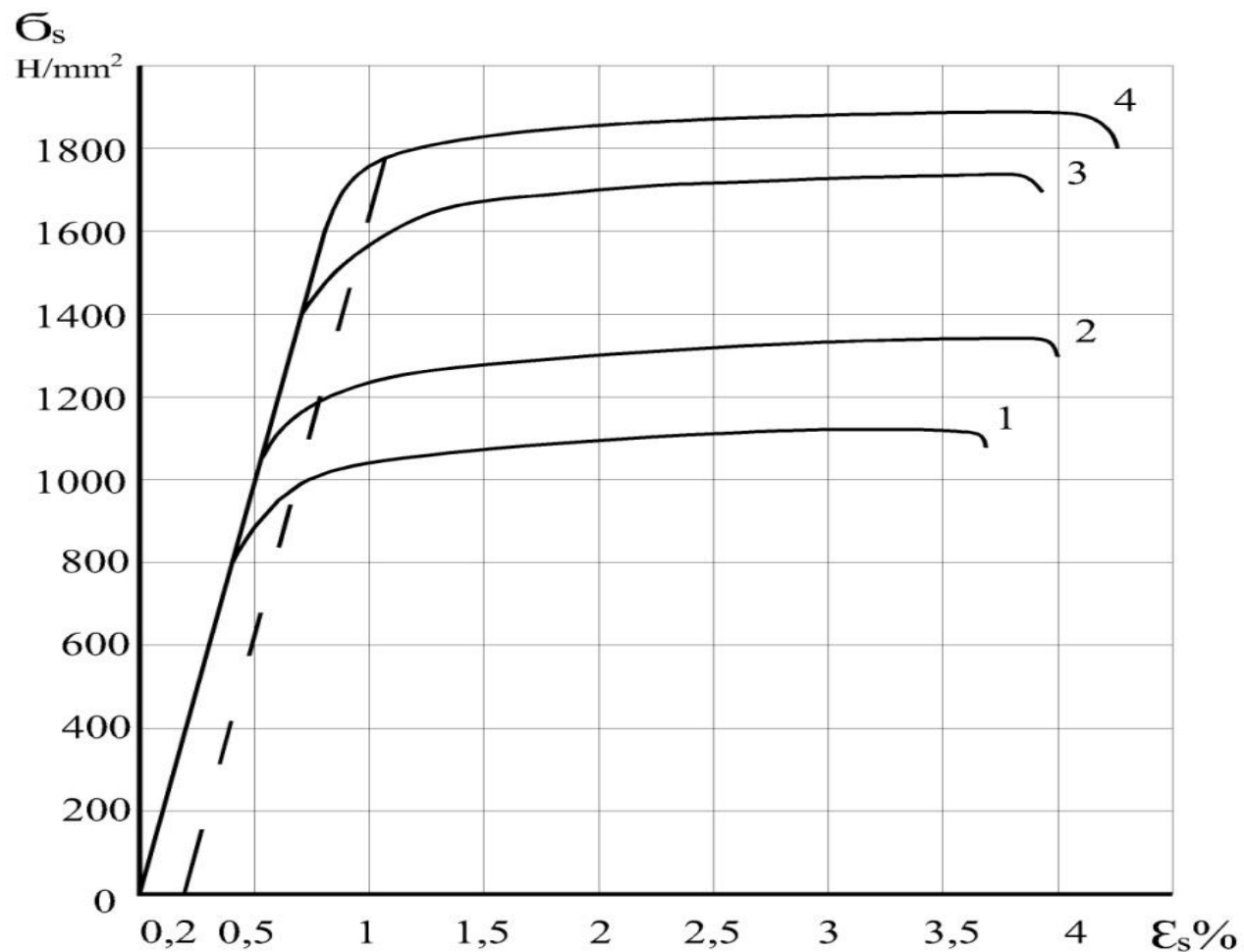
Прочностные и деформационные характеристики сталей устанавливают по диаграмме $\sigma - \epsilon$, получаемой при испытании на растяжение

Диаграммы растяжения арматурной стали с физическим пределом текучести



Диаграммы растяжения арматурной стали с условным пределом текучести

1 – А100: 2 - А1200: 3 - Вр1600 : 4 - К1700



Горячекатаная сталь – мягкая сталь, обладает площадкой текучести и значительным удлинением после разрыва – 25%.

σ_y - предел текучести, σ_u - временное сопротивление.

Свойства арматуры зависят от химического состава.

Содержание углерода – 0,2 ÷ 0,4 % повышает прочность.

Легирующей добавки: Марганец (Г), хром (Х), повышают прочность без снижения деформативности.

Кремний (С) увеличивает прочность, но ухудшает свариваемость. Общее содержание легирующей добавки 0,6 ÷ 2 .

Повышение прочности достигается термическим упрочнением и холодным деформированием. Схема термообработки – 800 ÷ 900°С → охлаждение, затем → 300 ÷ 400° С и медленное остывание.

Высоколегированные стали и термически упрочненные не имеют площадку текучести (2-й рисунок), для них установлен условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, условный предел упругости $\sigma_{0,02}$.

Сущность упрочнения – вытягивается до напряжений σ_k и отпускается, по σ_u остается тем же.

Холодное волочение – через уменьшающиеся диаметры повышает временное сопротивление проволоки и снижает удлинение после разрыва – 4 ÷ 6 %.

Пластические свойства арматуры характеризуются остаточным удлинением после разрыва – это характеризует возможность работы арматуры в конструкции (разрыв или плавный характер разрушения, возможность изготавливать арматурные изделия - механизация работ)

- Основными деформационными характеристиками арматуры являются:
- относительные деформации удлинения арматуры при достижении напряжениями расчетного сопротивления ;
 - модуль упругости арматуры .

Значения относительных деформаций арматуры принимают равными: для арматуры с физическим пределом текучести

$$\varepsilon_{so} = \frac{R_s}{E} ;$$

для арматуры с условным пределом текучести

$$\varepsilon_{so} = \frac{R_s}{E_s} + 0,002 .$$

Значения модуля упругости арматуры E_s принимают одинаковыми при растяжении и сжатии и равными:

$E_s = 1,95 \cdot 10^5$ МПа. – для арматурных канатов (К);

$E_s = 2,0 \cdot 10^5$ МПа. – для остальной арматуры (А и В)

3. Специальные свойства арматуры

Наряду с прочностными и деформационными характеристиками часто требуется учитывать и ряд других свойств:

Свариваемость – способность арматуры к надежному соединению с помощью электросварки без трещин, каверн и других дефектов в зоне шва. Это имеет первостепенное значение для изготовления арматурных изделий, стыкование стержней, изготовления закладных деталей.

Хорошо свариваются малоуглеродистые и низколегированные стали. Нельзя варить термически упрочненные и вытянутые.

Хладноломкость – склонность к хрупкому разрушению при отрицательных температурах: -30°C и ниже. Это горячекатаные стали полуспокойные и конвертерные отливки. Высокопрочные стали и термически упрочненные обладают более низким порогом хладноломкости.

Реологические свойства – ползучесть и релаксация. Ползучесть проявляется при высоких напряжениях и повышенных температурах. Релаксация – потеря напряжений при $\varepsilon_{\text{const}}$ - важное значение для преднапряженных конструкций. Этим в большей степени обладают стали упрочненные вытяжкой.

Усталостное разрушение – это при многократно повторяющейся нагрузке, носит хрупкий характер. Зависит от числа циклов «n», асимметрии цикла - , сцепления с бетоном, образования трещины. С увеличением числа циклов предел выносливости понижается. Термически упрочненные стали обладают более низким пределом выносливости.

Динамическая прочность наблюдается при кратковременных нагрузках $t < t_c$, проявляется в виде повышения предела текучести, σ_u -- практически не изменяется. Это явление объясняется запаздыванием пластических деформаций. $K_d = 1,2 - 1,3$

Высокотемпературный нагрев снижает прочностные характеристики, 400° С $A_{400} < \sigma_y$ на 30%, $A_{240} <$ на 40%, $E <$ на 15%. Ползучесть проявляется при температуре выше 350 градусов. При нагревании происходит потеря эффекта упрочнения холодным деформированием.

При остывании свойства в горячекатаной арматуры восстанавливаются, а в высокопрочной – частично.

4.Классификация арматуры

Основным показателем качества арматуры, устанавливаемым при проектировании, является **класс арматуры по прочности на растяжение**, обозначаемый:

А - для горячекатаной и термомеханически упрочненной арматуры;

В, В_р – для холоднодеформированной арматуры;

К - для арматурных канатов.

Арматурные канаты подразделяются на:

К7, изготовленные из круглой гладкой проволоки;

К7Т, изготовленные из проволоки периодического профиля;

К7О, пластически обжатые, изготовленные из гладкой проволоки.

Классы арматуры по прочности на растяжение отвечают гарантированному значению предела текучести, физического или условного (равного значению напряжений, соответствующих остаточному относительному удлинению 0,1% или 0,2%), с обеспеченностью не менее 0,95, определяемому по соответствующим стандартам.

Для армирования железобетонных конструкций с предварительным напряжением и без предварительного напряжения применяются следующие виды арматуры:

- горячекатанная гладкая (А240) или периодического профиля индекс (А300);

- термомеханически упрочненная периодического профиля;

- холоднодеформированная периодического профиля $\varnothing 3-12\text{мм}$, индекс В (Вр);

- арматурные канаты диаметром 6-15мм, индекс К.

Дополнительные индексы буква «с» указывает на свариваемость, «к» - на повышенную коррозионную стойкость.

	Марки	∅	σ_y	σ_u	δ, %
1	2	3	4	5	6
Стержневая горячекатаная: гладкая класса А240(А-I) периодического профиля: класса А300(А- II)	Ст3, ВСт3	6 - 40	240	380	25
	ВСт5	10-40	300	500	19
	19ГГ	10-32			
	18Г2С	40-30			
	25Г2С	6-40			
А400 (А- III)	35ГС	6-40	400	600	14
А500	18Г2С		500	600	
А600(А- IV)	20ХГ2Ц	10-40	600	900	6
	80С	10-18			
А800(А- V)	23Х2Г2Т	10-40	800	1050	7
А1000(А-VI)	20Х2ГСР	10-40	1000	1200	6
Стержневая термически упрочненная: класса					
АТ- IIIС	БСт5СП	10-40	400	600	--
АТ- IVС (А600)	25Г2С	10-28	600	900	8
АТ-V(А800)	20ГС	10-22	800 1000	1050	7
АТ- VI(1000)	20ГС	10-22		1200	6
АТ-VII(1200)					-
Холоднодеформированная проволока периодического профиля класса:					
В500 (Вр-1)	-	3-12	500		4-6
Вр1200	-	8	1200-130		
Вр1300	-	7	0		
Вр1400	-	4,5,6	1400-150		
Вр1500	-	3	0		
Вр1600	-	3...5	1600		
Арматурные канаты класса:					
К1400		15	1400-150		4-6
К1500		6-18	0		
К1600		6,9,11,12,15	1600		-
К1700		6-9	1700		-

Каждому классу соответствует определенная марка стали, в обозначении отражается содержание углерода и легирующих добавок:

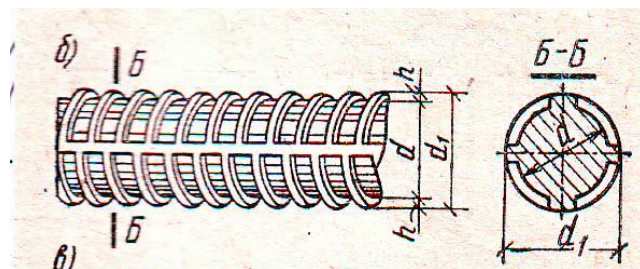
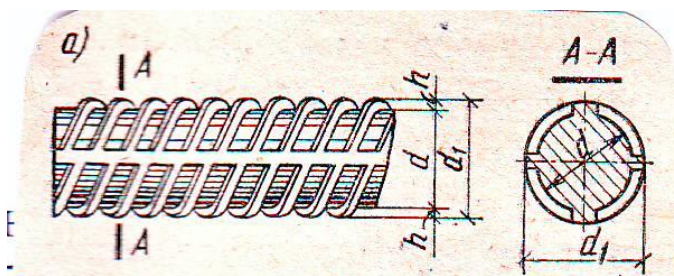
25Г2С – углерод 0,25%, марганец до 2%, С – наличие силиция.

23Х2Г2Т – 0,23 % углерод, хром – 2%, марганец – 2%, Т – титан.

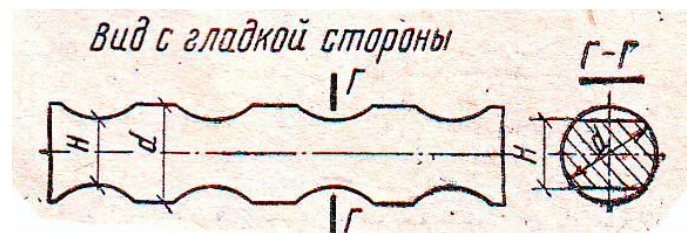
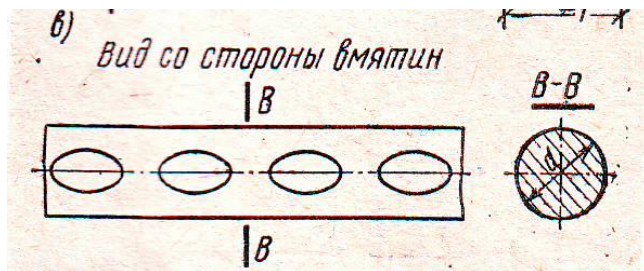
Периодический профиль имеет вся стержневая арматура кроме класса А-240.

Стержневая арматура периодического профиля

а- класса А-300; б – класса А400 и выше

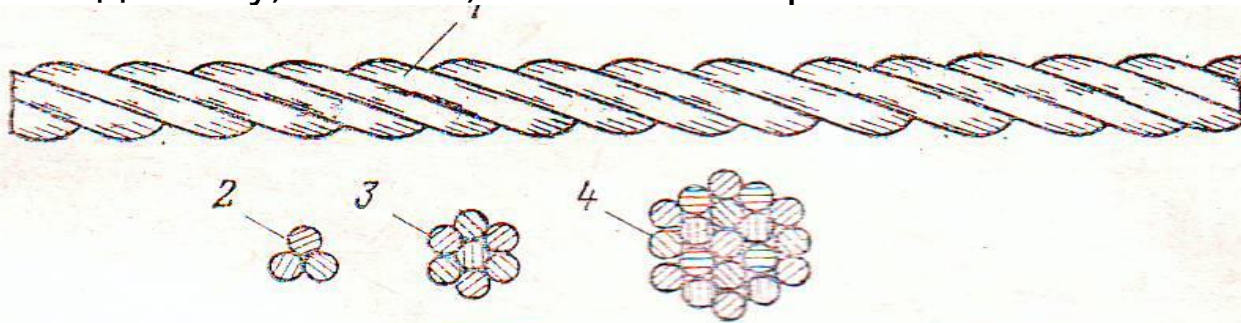


Холоднотянутая проволока периодического профиля



Канаты

1-вид с боку; 2-4 – 3-х, 7-ми и 19-ти проволочные канаты



5. Применение арматуры в конструкциях

Для **ненапрягаемых** конструкций используется А240 – А600.

В качестве продольной А300 – А400.

Поперечная А240 – А500.

Сетки изготавливают В500 и Вр500.

Для **напрягаемых** конструкций – А600 и выше, от Вр1200 все виды канатов

К.

Конструкции, эксплуатируемые при отрицательных температурах:

при $t = 40^{\circ}\text{C}$ и ниже нельзя использовать стали подверженные хладноломкости - А-300 марки Ст5пс и А600 марки 80С, при $t = 30^{\circ}\text{C}$ и ниже нельзя использовать А240 марки ст3кп.

При применении учитывают свариваемость: контактная сварка - А240 - А400, В500. **Нельзя сваривать** А500 и выше, все Вр и К.

Для монтажных (подъемных) петель элементов сборных железобетонных и бетонных конструкций следует применять горячекатаную арматурную сталь класса А240 марок Ст3сп и Ст3пс (с категориями нормируемых показателей не ниже 3 по ГОСТ 535-2005)

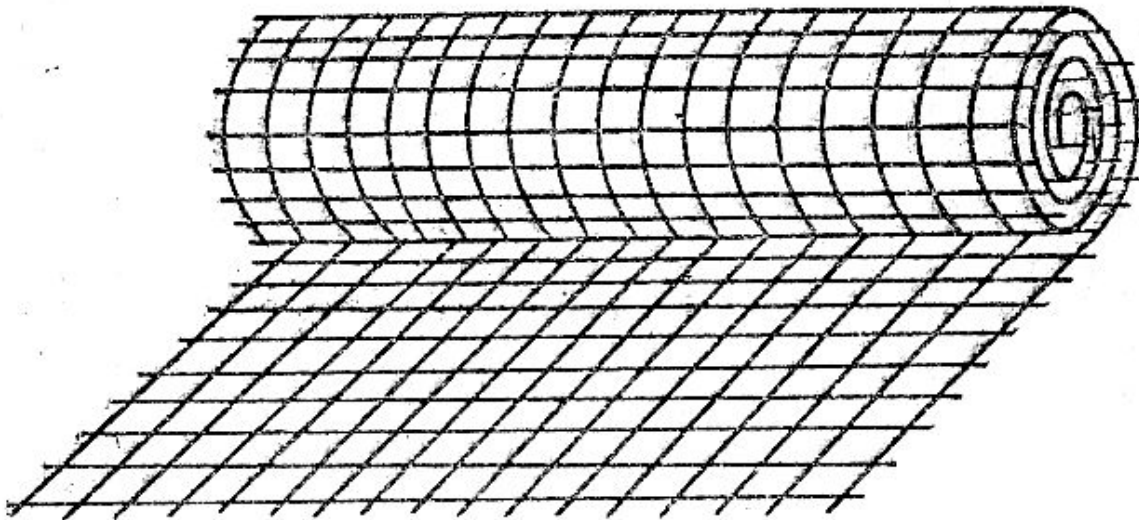
6. Арматурные изделия

Ненапрягаемую арматуру ЖБК изготавливают в виде сварных (иногда вязаных) каркасов (плоских или пространственных) и сеток.

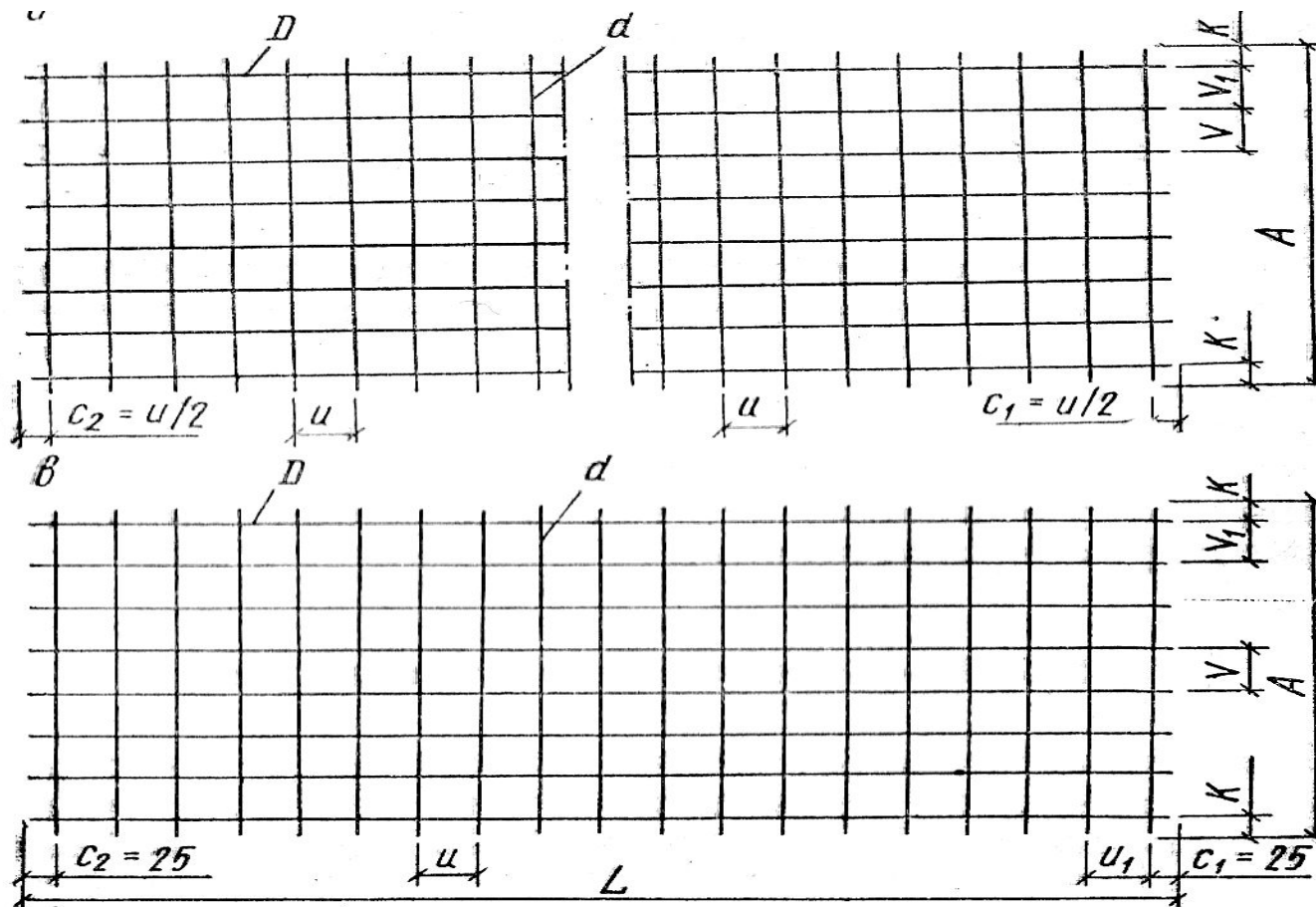
Стержни обычно по углам соединяются контактной или дуговой сваркой.

Сварные сетки - чаще изготавливают из проволоки $\varnothing 3 - 5$, (В), или арматуры А300 А400 $\varnothing 6 - 10$ мм. Сетки могут быть плоскими или в рулонах (при \varnothing продольных стержней до 7мм), $b_{\max} - 3,8\text{м}$, $l_{\max} = 9\text{м}$, $P_{\max} - 1300\text{кг}$.

Рулонная сетка

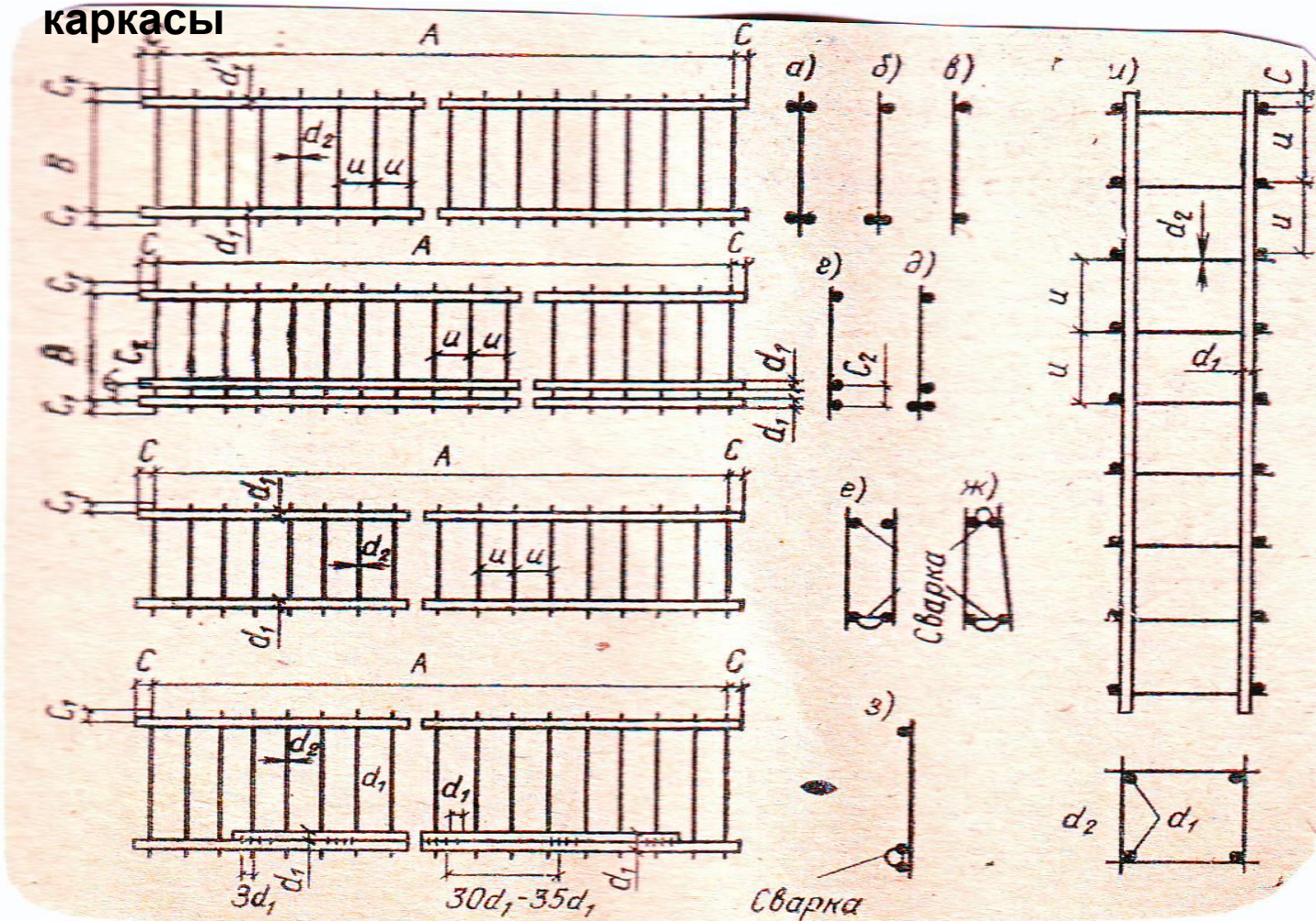


Плоские сварные сетки



где D — диаметр продольных стержней, v — шаг продольных стержней; d — диаметр поперечных стержней; u — шаг поперечных стержней; A — ширина сетки; L — длина сетки; c_1, c_2 — длина свободных концов продольных стержней; k — длина свободных концов поперечных стержней (если $c_1 = c_2$, приводится только значение c_1 , если $c_1 = c_2 = k$, также приводится только значение c_1 , при $c_1 = c_2 = k = 25$ значение c_1 опускается).

Плоские и пространственные арматурные каркасы



Расстояние между стержнями регламентируется нормами и зависит от диаметров стержней и размеров фракций заполнителя.

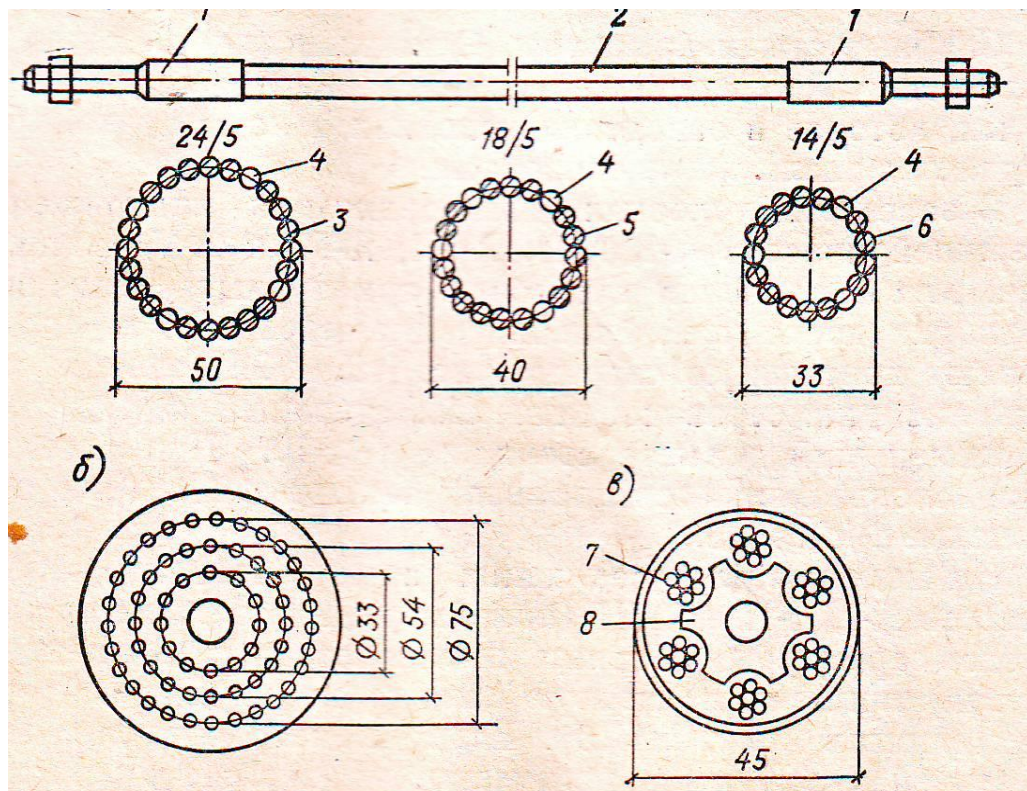
Плоские сварные каркасы изготавливают из двух или более продольных стержней с привариваемых к ним поперечной арматурой. Соотношение диаметров продольной и поперечной арматуры должен быть не менее $1/3 - 1/4$.

Арматурные проволочные изделия. К ним относятся арматурные канаты и пучки.

Канат – это группа проволочек скрученных (свитых) так чтобы они не раскручивались и исключали взаимное продергивание.

Арматурный пучок – это группа высокопрочных проволочек расположенных параллельно как правило по окружности с зазорами что бы проникал бетон в пространство между проволоками для лучшего сцепления.

Арматурные пучки



а –однорядные; б- многорядные; в – с применением канатов; 1-анкер; 2-вид с боку; 3-,5,6 –сечения 14-, 18-, 24-проволочных пучков; 4- вкладыш; 7-канат; 8- распределительная звездочка

7.Соединения арматуры

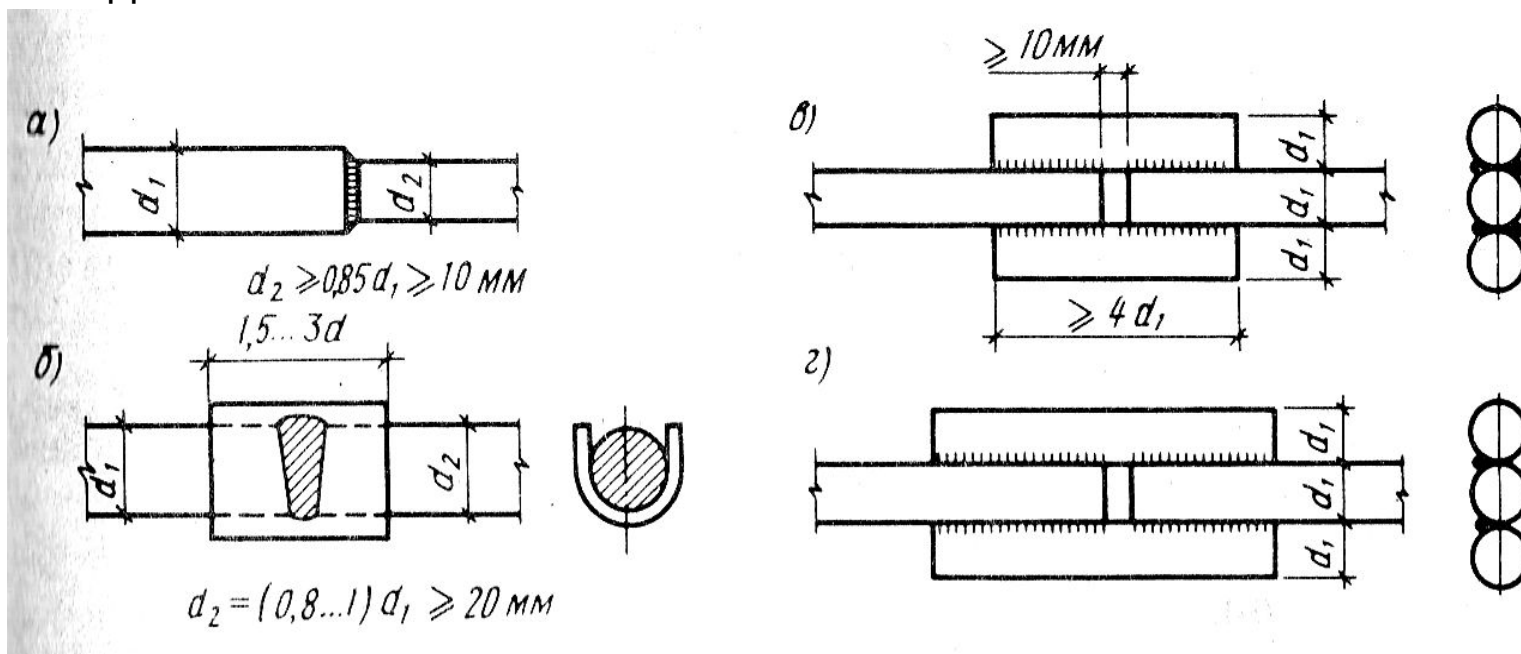
Сварные стыки арматуры – являются основным видом соединений арматуры.

В заводских условиях применяют контактную сварку (соотношение диаметров 0.85).

На стройплощадке применяют ванную дуговую сварку в инвентарных формах или сварку с накладками.

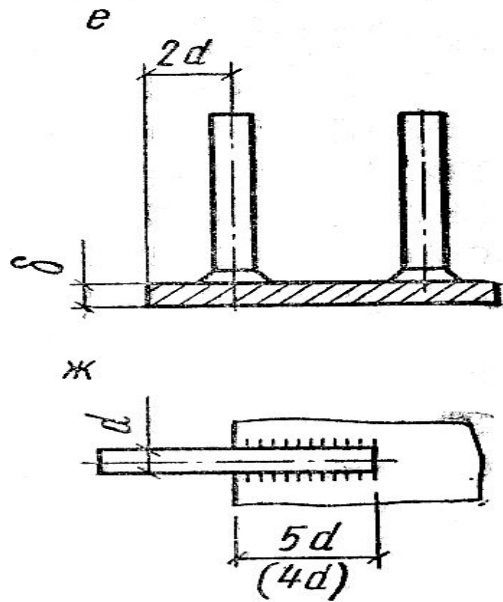
Сварные соединения арматуры

а- контактная сварка в стык; б-дугованая ванная сварка; в - г – сварка с накладками



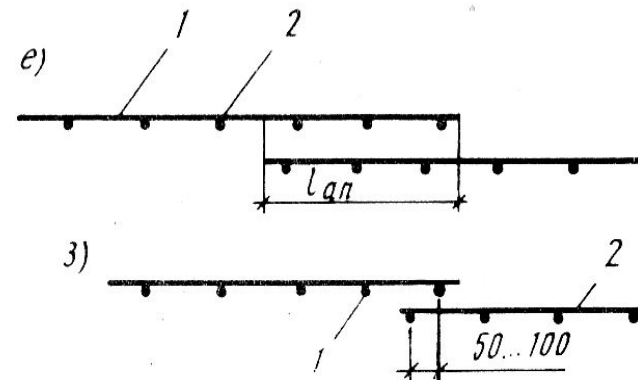
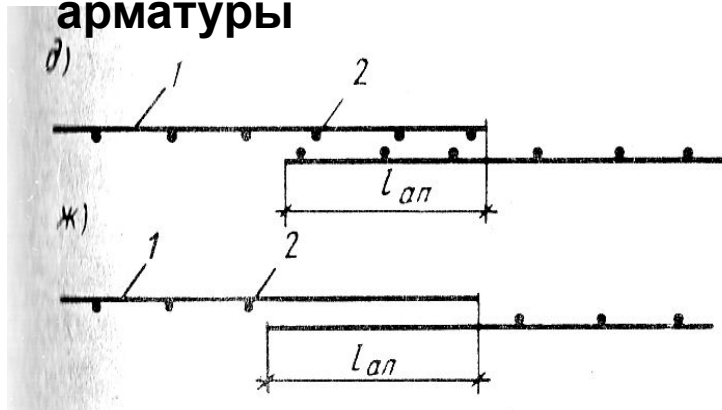
Сварное соединение втавр

стержней с пластиной (е) и в нахлест с пластиной(ж)



Соединения в тавр с пластиной выполняют дуговой сваркой под флюсом.

Соединение сеток в направлении рабочей арматуры



8. Неметаллическая композитная арматура

Стеклопластиковая арматура – изготавливается из тонких стеклопластиковых волокон (стеклянных или базальтовых) объединенных синтетическими смолами. Обладают высокой прочностью – временное сопротивление до 1500МПа но низким модулем упругости – ≈ 50000 МПа.

Область применения – в агрессивных средах (хлористые соли, агрессивные газы) например в дорожном строительстве.

- при ремонте железобетонных конструкций;
- в условиях ограниченного защитного слоя;
- при армировании кирпичной кладки.