

1. Армирование сечений железобетонных элементов

В этом режиме выполняется подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».

Расчет производится для железобетонных конструкций, выполняемых из тяжелого, мелкозернистого и легкого бетонов с применением арматурной стали классов А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI, А400С, А500С и арматурной проволоки класса Вр-I.

Библиотека процедур подбора арматуры содержит четыре модуля:

- **модуль 1 (Стержень 2D)** — для армирования плоских стержневых железобетонных элементов прямоугольного, таврового, двутаврового и кольцевого сечений по предельным состояниям первой и второй групп;
- **модуль 2 (Стержень 3D)** — для армирования пространственных стержневых железобетонных элементов прямоугольного, таврового, двутаврового и кольцевого сечений по предельному состоянию первой группы;
- **модуль 11 (Плита. Оболочка)** — для армирования элементов плит и оболочек по предельным состояниям первой и второй групп.
- **модуль 21 (Балка-стенка)** — для армирования элементов балок-стенок по предельным состояниям первой и второй групп.

Исходными данными для работы постпроцессора являются:

- геометрия армируемого сечения;
- расчетные сочетания усилий (PCY);
- информация о марке бетона, классе арматуры, расстоянии до центра тяжести арматуры и т.п.

Подбор арматуры в стержневых элементах (модули 1 и 2) выполняется в соответствии с методикой, изложенной в СНиП 2.03.01-84*. Так как в нормах не оговорена процедура проверки арматуры в элементах оболочек, плит и т.п., то в комплексе SCAD для этого использована методика, предложенная Н.И. Карпенко.

Результатом работы постпроцессора являются площади «размазанной» арматуры а также количество и площадь сечения (для пластин — диаметры) арматурных стержней. Результаты могут быть представлены в виде таблиц и (или) графических материалов.

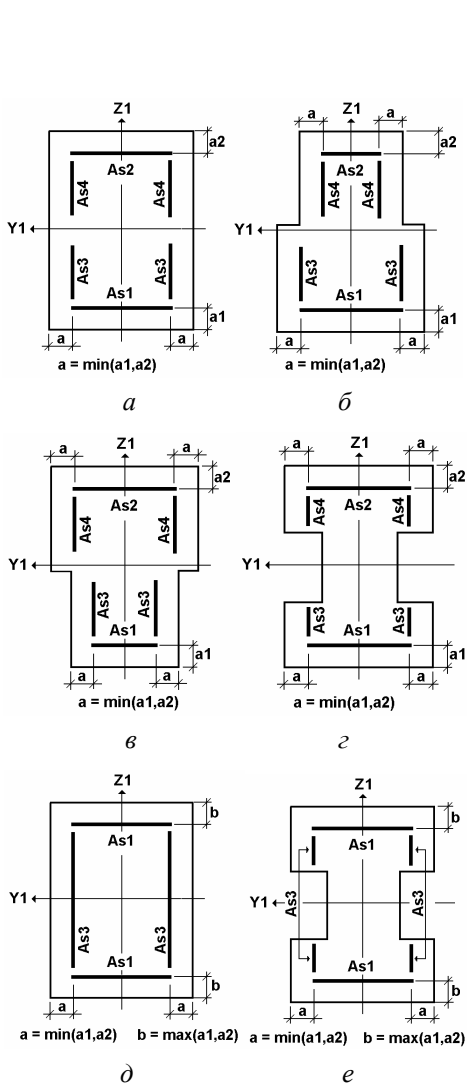
1.1. Ограничения реализации

При использовании постпроцессора следует учитывать некоторые ограничения реализации:

- не реализован расчет элементов из ячеистого, поризованного и напрягающего бетонов;
- не выполняется расчет предварительно напряженных железобетонных элементов;
- не выполняется расчет элементов по предельному состоянию по деформациям;
- набор сечений ограничен прямоугольником, тавром, двутавром и кольцевым сечением;
- не контролируется предусмотренное п. 16.17 СНиП 2.03.01-84* ограничение на диаметр арматуры при бетонах низких марок (максимальный диаметр арматуры задается пользователем);
- не контролируется предельная ширина полок таврового и двутаврового сечений (расчетная ширина полок задается пользователем в соответствии с требованиями п. 3.16 СНиП 2.03.01-84*);
- не учитывается коэффициент γ_{s5} для высокопрочной арматуры классов А-IV, А-V, А-VI, В-11, ВР-11, К7, К-19 при напряжениях выше условного предела текучести (табл. 24 СНиП 2.03.01-84*);
- не производится расчет по закрытию трещин при проверке по второму предельному состоянию;
- не выполняется расчет на выносливость.

1.2. Общие сведения о модулях армирования

Модуль 1 (Стержень 2D)



Предназначен для подбора арматуры в сечениях стержневых железобетонных элементов по предельным состояниям первой и второй групп (прочность и трещиностойкость). Модуль рассчитывает стержни прямоугольного, таврового, двутаврового и кольцевого сечений на **изгиб и внецентренное сжатие (растяжение) с кручением**. В сечении могут действовать такие силовые факторы:

- нормальная сила — N ;
- крутящий момент — M_k ;
- перерезывающая сила — Q_z ;
- изгибающий момент — M_y .

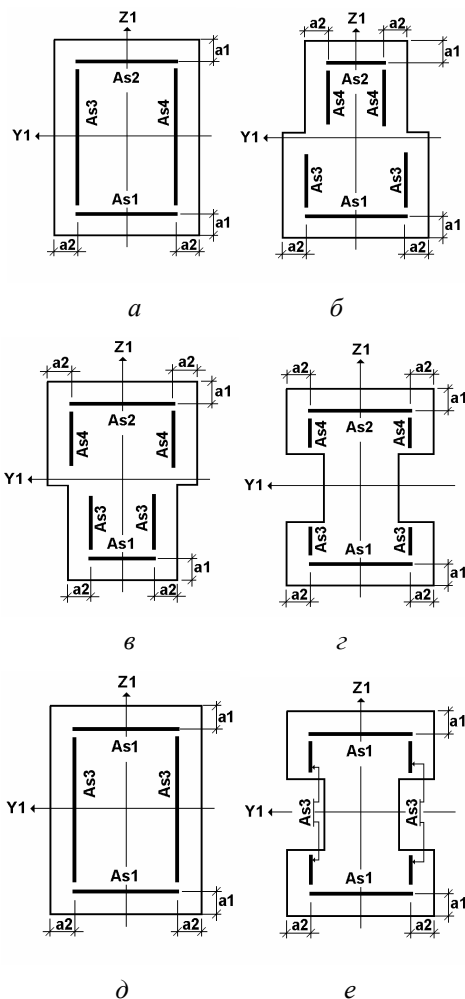
Результатом работы модуля являются площади симметричной и несимметричной продольной арматуры, площадь и шаг поперечной арматуры, а также соответствующий им набор арматурных стержней.

На рис. 1.2-1, *а-г* для различных типов сечений приведено расположение и идентификация несимметричной, а на рис. 1.2-1, *д-ж* — симметричной продольной арматуры. Естественно, что симметричная арматура может быть подобрана только для сечений симметричных относительно оси Y_1 .

Схема расположения поперечной арматуры для сечений различного типа приведена в разделе 1.3.

Рис. 1.2-1. Виды сечений с несимметричным (*а-г*) и симметричным (*д-ж*) расположением продольной арматуры

Модуль 2 (Стержень 3D)



Предназначен для подбора арматуры в сечениях стержневых железобетонных элементов по предельным состояниям первой группы (прочность). Модуль рассчитывает стержни прямоугольного, таврового, двутаврового и кольцевого сечений на **косой изгиб и косое внецентренное сжатие (растяжение) с кручением**. Рассматривается **пространственная** работа стержня. При этом в сечении действуют такие силовые факторы:

- нормальная сила — N ;
- крутящий момент — M_k ;
- перерезывающие силы — Q_z, Q_y ;
- изгибающие моменты — M_y, M_z .

В результате работы модуля получаются площадь продольной, площадь и шаг поперечной арматуры, а также соответствующий им набор арматурных стержней.

На рис. 1.2-2, а-г для различных типов сечений приведено расположение и идентификация несимметричной, а на рис. 1.2-2, д-ж — то же для симметричной продольной арматуры. Симметричная арматура может быть подобрана только для сечений, симметричных относительно оси Y_1 .

Рис. 1.2-2. Виды сечений с несимметричным (а-г) и симметричным (д-ж) расположением продольной арматуры

Модуль 11 (Плита. Оболочка)

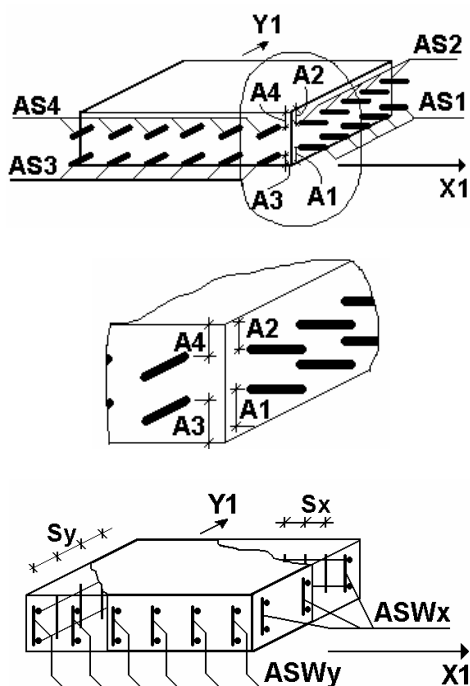


Рис. 1.2-3. Армирование элементов железобетонной оболочки

Предназначен для подбора арматуры железобетонных оболочек и плит по предельным состояниям первой и второй групп (прочность и трещиностойкость). Подбор выполняется с учетом следующих силовых факторов, вычисленных в центре элемента:

- нормальные напряжения — N_x, N_y (только в оболочках);
- касательные напряжения — T_{xy} (только в оболочках);
- крутящий момент — M_{xy} ;
- перерезывающие силы — Q_x, Q_y ;
- изгибающие моменты — M_x, M_y .

В результате работы модуля вычисляются площади верхней и нижней продольной арматуры, а также площади и шаги поперечной арматуры. На рис. 1.2-3 для сечений элемента железобетонной оболочки приведено расположение и идентификация верхней и нижней продольной арматуры, а также поперечной арматуры.

Обратите внимание, что расстояние до центра тяжести арматуры может задаваться как двумя, так и четырьмя числами. В первом случае значение A_1 соответствует арматуре вдоль оси X, а A_2 — вдоль оси Y. Во втором случае A_1 и A_2 задаются для арматуры, расположенной вдоль оси X, а A_3 и A_4 — для арматуры вдоль оси Y.

Модуль 21 (Балка-стенка)

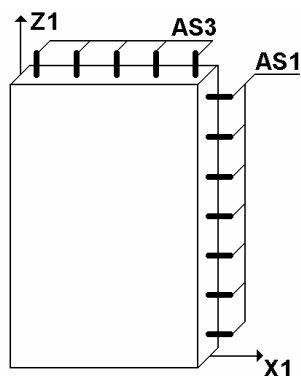


Рис. 1.2-4. Армирование элементов балки-стенки

Предназначен для подбора арматуры железобетонных балок-стенок (плоское напряженное состояние) по предельным состояниям первой и второй групп (прочность и трещиностойкость). Модуль рассчитывает элемент железобетонной балки-стенки на действие таких силовых факторов, вычисленных в центре элемента:

- нормальные напряжения — N_x, N_z ;
- касательные напряжения — T_{xz} .

В результате работы модуля вычисляются площади арматуры, работающей в сечениях, ортогональных к локальным осям местной системы координат X_1 и Z_1 . На рис. 1.2-4 для сечений элемента железобетонной балки-стенки показано расположение и идентификация подбираемой арматуры.

Таблица 1-1. Результаты подбора арматуры в стержневых элементах

N элем.	N сеч.	Тип	Площадь продольной арматуры (см.кв)								Ширина раскрытия трещины		Площадь поперечной арматуры, максимальный шаг хомутов			
			несимметричной					симметричной			мм		см.кв	см	см.кв	см
			AS1	AS2	AS3	AS4	%	AS1	AS3	%	ACR1	ACR2	ASW1	Шаг	ASW2	Шаг
ГРУППА ДАННЫХ 1																
МОДУЛЬ АРМИРОВАНИЯ 2 (3D - пространственный стержень)																
БЕТОН В25 АРМАТУРА: ПРОДОЛЬНАЯ А-III ПОПЕРЕЧНАЯ А-I																
Максимально допустимый диаметр 40 мм																
СЕЧЕНИЕ: ПРЯМОУГОЛЬНИК В=50.0 Н=50.0 (см)																
Расстояние до ц. т. арматуры: A1 = 3.5 A2 = 3.5 (см)																
12079	1	Σ	19.3	19.3	12.3	12.3	2.72	19.3	12.3	2.72			0.35	10	0.29	10
		S	2 × 10.5	2 × 10.5				2 × 10.5								
		S	1 × 6.42	1 × 6.42	1 × 4.11	1 × 4.11		1 × 6.42	1 × 4.11							
		Ø	2 Ø40	2 Ø40			3.28	2 Ø40		3.28						
		Ø	1 Ø32	1 Ø32	1 Ø25	1 Ø25		1 Ø32	1 Ø25							
	2	Σ	15.8	15.8	14.8	14.8	2.63	15.8	14.8	2.63			0.35	10	0.29	10
		K	0.10	0.10	0.10	0.10		0.10	0.10							
		S	2 × 10.2	2 × 10.2				2 × 10.2								
		S	1 × 5.26	1 × 5.26	1 × 4.92	1 × 4.92		1 × 5.26	1 × 4.92							
		Ø	2 Ø36	2 Ø36			2.81	2 Ø36		2.81						
		Ø	1 Ø28	1 Ø28	1 Ø28	1 Ø28		1 Ø28	1 Ø28							
	3	Σ	12.4	12.4	18.0	18.0	2.62	12.4	18.0	2.62			0.35	10	0.29	10
		K	0.10	0.10	0.10	0.10		0.10	0.10							
		S	2 × 10.1	2 × 10.1				2 × 10.1								
		S	1 × 4.14	1 × 4.14	1 × 6.00	1 × 6.00		1 × 4.14	1 × 6.00							
		Ø	2 Ø36	2 Ø36			2.70	2 Ø36		2.70						
		Ø	1 Ø25	1 Ø25	1 Ø28	1 Ø28		1 Ø25	1 Ø28							

1.3. Чтение результатов расчета

Модуль армирования 1 (Стержень 2D)

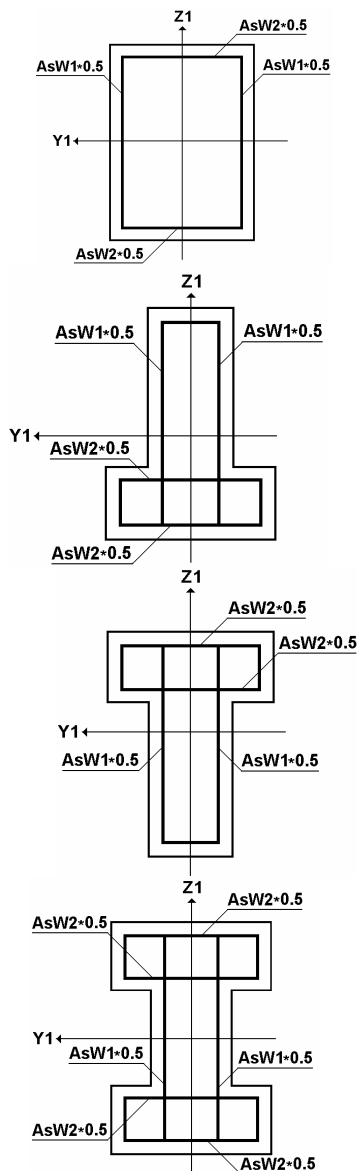


Рис. 1.3-1. Выдача результатов по поперечной арматуре в стержнях

В таблице с результатами расчета (табл.1-1) информация для каждого сечения элемента (или унифицированной группы элементов) выводится в нескольких строках. В столбце **Тип** каждой строки размещаются следующие пиктограммы, указывающие на тип данных, помещенных в строку:

Σ — в этой строке выводятся данные, которые включают суммарные площади продольной арматуры при несимметричном (AS1, AS2, AS3, AS4) и симметричном (AS1, AS3) армировании (с учетом арматуры, воспринимающей действие крутящего момента — K , и дополнительной арматуры из расчета по трещиностойкости — T), проценты армирования сечения при симметричном и несимметричном армировании, ширину непродолжительного (ACR1) и продолжительного (ACR2) раскрытия трещин, суммарную площадь поперечной арматуры, параллельной оси Z1 (с учетом арматуры, воспринимающей действие крутящего момента, и дополнительной арматуры из расчета по трещиностойкости) — ASW1 и максимальный шаг хомутов, а также аналогичные данные для арматуры, параллельной оси Y1 (ASW2, шаг);

K — площадь арматуры, необходимая для восприятия действия крутящего момента (входит в Σ);

T — площадь продольной и поперечной арматуры, необходимая для обеспечения трещиностойкости (входит в Σ);

S — в поле AS1 выдается площадь угловых стержней по нижней стороне сечения, а в поле AS2 — по верхней стороне сечения;

$\cdot S \cdot$ — для каждого вида арматуры (AS1-AS4) выводятся количество и площадь промежуточных стержней по каждой стороне сечения (если арматура отсутствует, то строка не выводится);

$\cdot \emptyset \cdot$ — в поле AS1 выдаются диаметры угловых стержней по нижней стороне сечения, а в поле AS2 — по верхней стороне сечения;

$\cdot \emptyset \cdot$ — для каждого вида арматуры (AS1-AS4) выводятся количество и диаметры промежуточных стержней по каждой стороне сечения (если арматура отсутствует, то строка не выводится).

В строках, пиктограммы которых включают символ S, результаты представлены в виде $N \times A$, где N — количество стержней, A — площадь сечения одного стержня.

В строках, пиктограммы которых включают символ \emptyset , результаты представлены в виде $N \emptyset D$, где N — количество стержней, D — диаметр одного стержня.

Если сортамент арматуры исчерпан, то в соответствующих позициях таблицы выводятся значения площади арматуры.

Если расчеты на кручение и трещиностойкость не выполнялись или арматура, подобранная по прочности обеспечивает трещиностойкость сечения и сопротивление кручению, то строки, помеченные пиктограммами K и T , не выводятся.

В результатах расчета величина площади поперечной арматуры, воспринимающей действие крутящего момента, печатается вычисленной для двух стержней, расположенных в сечении элемента. Таким образом, площадь одного стержня можно определить как $ASW * 0.5$ (рис. 1.3-1).

Модуль армирования 2 (Стержень 3D)

Результаты расчета для каждого сечения в конечных элементах (или унифицированной группе КЭ) выводятся по тем же правилам, что и для Модуля армирования 1 (табл.1-1).

Расчет по трещиностойкости не производится.

Таблица 1-2. Результаты подбора арматуры в плоскостных элементах

N элем.	N сеч.	Тип	Площадь продольной арматуры (см.кв)								Ширина раскрытия трещины		Площадь поперечной арматуры, максимальный шаг хомутов			
			несимметричной				симметричной				мм		см.кв	см	см.кв	см
			AS1	AS2	AS3	AS4	%	AS1	AS3	%	ACR1	ACR2	ASW1	Шаг	ASW2	Шаг
ГРУППА ДАННЫХ 1																
МОДУЛЬ АРМИРОВАНИЯ 11 (Плита. Оболочка)																
БЕТОН В30 АРМАТУРА: ПРОДОЛЬНАЯ А400С ПОПЕРЕЧНАЯ А-1																
Расстояние до ц. т. арматуры: A1=3.5 A2=3.5 A3=0.0 A4=0.0 (см)																
ТОЛЩИНА ЭЛЕМЕНТА: H=27.0 см																
Шаг продольной арматуры 20 см																
Максимально допустимый диаметр 18 см																
2	1	Ø _x	5 Ø18	5 Ø16												
		Σ _x	10.9	8.93				0.84			0.28	0.28				
		TX	3.67	3.50												
		Ø _y			5 Ø22	5 Ø20										
		Σ _y					17.6	13.7	1.33							
		TY					4.96	5.77								
671	1	Ø _x	5 Ø40	5 Ø22												
		Σ _x	60.0	15.8				4.59			0.29	0.29	#4.86	14		
		TX	8.08													
		Ø _y			5 Ø28	5 Ø25										
		Σ _y					26.0	23.2	2.99							
		TY					8.60									

Модуль армирования 11 (Плита. Оболочка)

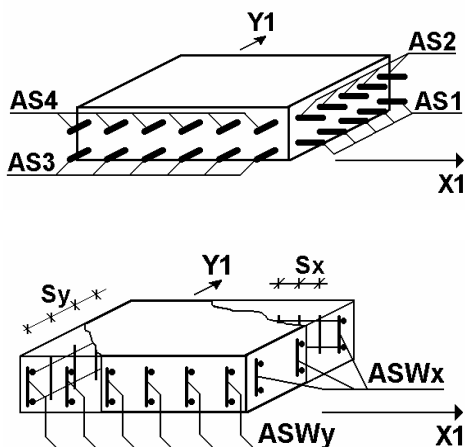


Рис. 1.3-2. Выдача результатов по

В таблице с результатами расчета (табл.1-2) информация для каждого элемента (или унифицированной группы элементов) выводится в нескольких строках. В столбце **Тип** каждой строки размещаются следующие пиктограммы, указывающие на тип данных, помещенных в строку:

Ø_x — результаты подбора арматуры, расположенной вдоль оси X₁; в поле AS1 выдаются количество и диаметр стержней по нижней стороне сечения, а в поле AS2 — по верхней стороне сечения;

Σ_x — суммарная площадь сечения продольной арматуры, подобранной по прочности и трещиностойкости вдоль оси X₁ (AS1 — нижняя, AS2 — верхняя);

TX — площадь сечения продольной арматуры (AS1 — нижняя, AS2 — верхняя), подобранной по трещиностойкости вдоль оси X₁ (входит в Σ_x);

Ø_y — результаты подбора арматуры, расположенной вдоль оси Y₁; в поле AS3 выдаются количество и диаметр стержней по нижней стороне сечения, а в поле AS4 — по верхней стороне сечения;

Σ_y — суммарная площадь сечения продольной арматуры,

поперечной арматуры для плит и оболочек

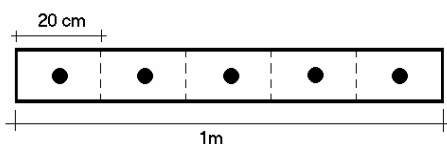


Рис. 1.3-3. Пример размещения дискретной арматуры при заданном шаге 20 см

подобранной по прочности и трещиностойкости вдоль оси Y_1 (AS3 — нижняя, AS4 — верхняя);
 ΣY — площадь сечения продольной арматуры (AS3 — нижняя, AS4 — верхняя), подобранной по трещиностойкости вдоль оси Y_1 (входит в ΣZ);

Если расчет по трещиностойкости не проводится, то строки отмеченные пиктограммами ΣX и ΣY будут отсутствовать.

Площадь сечения арматуры для каждого конечного элемента плиты (или унифицированной группы КЭ) определяется для сечения шириной 1 м для заданной толщины плиты в соответствии с усилиями.

Результаты подбора суммарной поперечной арматуры по прочности и трещиностойкости (площадь арматуры на один погонный метр и шаг) печатаются в строках отмеченных пиктограммами ΣX по направлениям X_1 и Y_1 (ASW1, шаг и ASW2, шаг соответственно) (рис. 1.3-2). При наличии в составе суммарной дополнительной арматуры подобранной по условиям трещиностойкости ее площадь выводится под пиктограммой ΣX .

В строках, пиктограммы которых включают символ \emptyset , результаты представлены в виде $N\emptyset D$, где N — количество стержней, D — диаметр одного стержня.

Если сортамент диаметров арматуры исчерпан для заданного шага, то в соответствующих позициях таблицы выводится значение площади арматуры.

Модуль армирования 21 (Балка-стенка)

Результаты армирования выводятся по тем же правилам, что и для Модуля армирования 11. Поскольку армирование выполняется в один слой в срединной плоскости балки-стенки, то результаты подбора арматуры вдоль оси X_1 заносятся в столбец AS1 в строки ΣX и ΣY , а вдоль оси Z_1 — в столбец AS3.

Площадь сечения арматуры для каждого КЭ балки стенки (или унифицированной группы КЭ) в соответствии с усилиями определяется для сечения, перпендикулярного соответственно осям X_1 и Z_1 местной системы координат элемента шириной 1 м для заданной толщины балки-стенки.

Поперечная арматура

Для всех модулей армирования, если максимальный шаг хомутов, воспринимающих действие поперечной силы, меньше 10 см, то в графах поперечного армирования выводится площадь хомутов при этом шаге и величина шага.

Если перед значением площади хомутов выводится символ «#», то значит максимальный шаг хомутов больше 10 см, и на печать выводится площадь хомутов при шаге 10 см и величина максимального шага. Если величина максимального шага хомутов больше 60 см, то она будет отсутствовать в таблице.

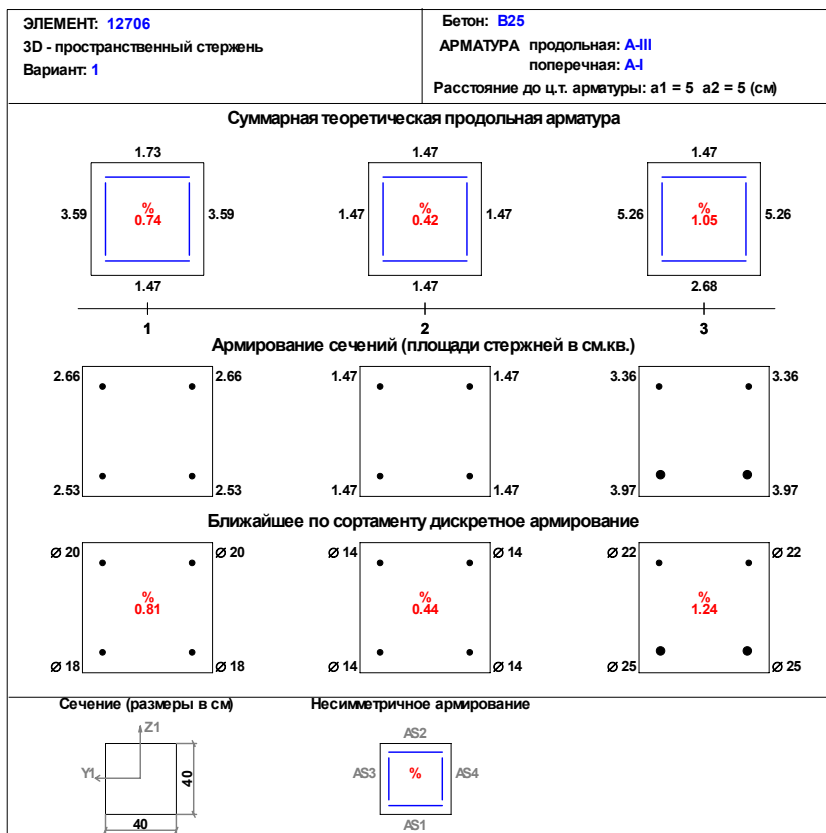
Чтобы найти площадь при заданном шаге, надо площадь хомутов при шаге 10 см разделить на 10 и умножить на заданный шаг.

Если шаг хомутов назначен пользователем, то в графах с результатами подбора поперечной арматуры выводятся площадь хомутов при этом шаге и величина заданного шага.

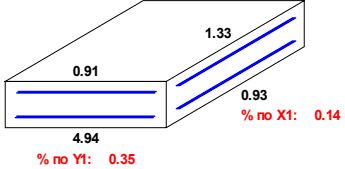
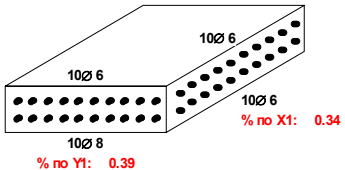
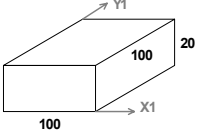
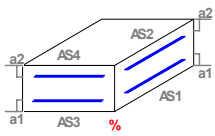
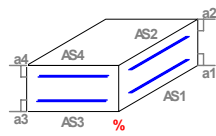
Дискретное армирование

По имеющимся результатам подбора арматуры («размазанная» арматура) в программе имеется возможность посмотреть возможное расположение и количество дискретной арматуры в каждом элементе. Для оболочечных (плитных) элементов количество дискретной арматуры на 1 м.п. зависит от выбранного шага расположения стержней.

Пример дискретного армирование стержневого элемента:



Пример дискретного армирование оболочечного (плитного) элемента:

<p>ЭЛЕМЕНТ: 1736 Плита. Оболочка Вариант: 1</p>	<p>Бетон: B25 АРМАТУРА продольная: A-III поперечная: A-I Максимально допустимый диаметр 16 мм Расстояние до ц.т. арматуры: $a_1 = 3.5$ $a_2 = 3.5$ (см) Расстояние до ц.т. арматуры: $a_3 = 0$ $a_4 = 0$ (см)</p>
<p style="text-align: center;">Суммарная теоретическая продольная арматура (включая результаты из расчета по трещиностойкости)</p> <p>ширина раскр. трещин (мм) крат. 0.30 длит. 0.30</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Ближайшее по сортаменту дискретное армирование при шаге 10 см</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="343 907 542 1064"> <p>Сечение (размеры в см)</p>  </div> <div data-bbox="598 907 813 1064"> <p>Армирование при $a_3=a_4=0$</p>  </div> <div data-bbox="869 907 1085 1064"> <p>Общий случай армирования</p>  </div> </div>	