

Сравнительная оценка
применения стальной арматуры класса А-500С и
стеклопластиковой класса АСП
в плитных фундаментах для малоэтажной застройки.

Общие данные

Ведомость чертежей

№ Листа	Наименование	Прим ечани е
1.	Общие данные (на 8-ми листах)	
2.	План дома	
3.	Армирование фундам. плиты. Арматура А-500С. Плита 300 мм.	
4.	Армирование фундам. плиты. Арматура АСП. Плита 300 мм.	
5.	Армирование фундам. плиты. Арматура АСП. Плита 200 мм.	

						Общие данные		
Изм.	Ном.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата			
ГИП								
ГАП						Общие данные		
Гл. констр.	Бельтюков							
						Стадия	Лист	Листов
							1.1	

1. Исходные данные

- Принимаем расчетное сопротивление грунта $R_0 = 1.5 \text{ кг/см}^2$
- Размеры здания в плане 10х10 м с шагом поперечных стен не более 5 метров
- Здание 2-х этажное. Перекрытие – монолитный железобетон $t=180$. Кровля – деревянные стропила. Наружные стены – кирпичная кладка 250 мм и штукатурка по утеплителю
- Высота этажа 3м.
- Фундамент – плитного типа, мелкого заложения

2. Задачи:

- Расчет фундаментной плиты с использованием стальной арматуры класса А-500С
- Расчет фундаментной плиты с использованием стеклопластиковой арматуры АСП
- Сравнительные выводы расхода и цены для обоих видов арматуры.

							Лист
							1.2
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

3. Сбор нагрузок

№ п.п.	Конструкция	Формула подсчета	Нагрузки кг/м2		
			Норма- тив.	коэф. перегрузки	Расчет н.
	1-й этаж				
1.	Фундаментная плита	$q = 0.3 м \cdot 2.7 т / м^3 = 0.81 т / м^2 *$	810	1.1	900
2.	Ц.-п. стяжка(30)	$q = 0.03 м \cdot 1.8 т / м^3 = 0.054 т / м^2$	54	1.1	60
3.	Керамическая плитка		27	1.1	30
4.	полезная нагрузка	СНиП 2.01.07-85*	150	1,3	200
	ИТОГО				1190

	2-й этаж				
1.	Плита перекрытия	$q = 0.18 \text{ м} \cdot 2.7 \text{ т} / \text{м}^3 = 0.486 \text{ т} / \text{м}^2 *$	486	1.1	535
2.	Ц.-п. стяжка(30)	$q = 0.03 \text{ м} \cdot 1.8 \text{ т} / \text{м}^3 = 0.054 \text{ т} / \text{м}^2$	54	1.1	60
3.	Керамическая плитка		27	1.1	30
4.	Вес перегородок	СНиП 2.01.07-85*	50	1,3	65
5.	полезная нагрузка	СНиП 2.01.07-85*	150	1,3	200
	ИТОГО				890

	Кровля				
1.	Снеговая нагрузка	СНиП 2.01.07-85*			180
2.	Конструкция кровли		200	1,1	220
	ИТОГО				400

Нагрузка от стен:

- кирпичная кладка 250 мм при высоте кладки 7 м ($\gamma_{\text{кл}} = 1.3 \text{ тн} / \text{м}^3$)
 $q = 0.25 \text{ м} \cdot 1.3 \text{ т} / \text{м}^3 \cdot 7 \text{ м} \cdot 1.1 = 2.5 \text{ т} / \text{м}$
- утеплитель 200 мм при высоте стены 7 м ($\gamma_{\text{ут}} = 0.2 \text{ тн} / \text{м}^3$)
 $q = 0.2 \text{ м} \cdot 0.2 \text{ т} / \text{м}^3 \cdot 7 \text{ м} \cdot 1.1 = 0.31 \text{ т} / \text{м}$
- штукатурка 50 мм при высоте стены 7 м ($\gamma_{\text{шт}} = 1.4 \text{ тн} / \text{м}^3$)
 $q = 0.05 \text{ м} \cdot 1.4 \text{ т} / \text{м}^3 \cdot 7 \text{ м} \cdot 1.1 = 0.54 \text{ т} / \text{м}$

Вес от наружных стен составляет: $q = 2.5 \text{ т} / \text{м} + 0.31 \text{ т} / \text{м} + 0.54 \text{ т} / \text{м} = 3.35 \text{ тн} / \text{м}$

							Лист
							1.3
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Вес здания при общей площади $S = 10_m \cdot 10_m = 100_m^2$, при общей длине внутренних несущих стен $l = 10_m + 10_m = 20_m$ и при общей длине наружных стен $l_{\text{нар}} = (10_m + 10_m) \cdot 2 = 40_m$ составляет:

$$P = 100_m^2 \cdot (0.89_{тн/м^2} + 0.4_{тн/м^2}) + 20_m \cdot 2.5_{тн/м} + 40_m \cdot 3.35_{тн/м} = 313_{тн}$$

Расчетная нагрузка на основание здания

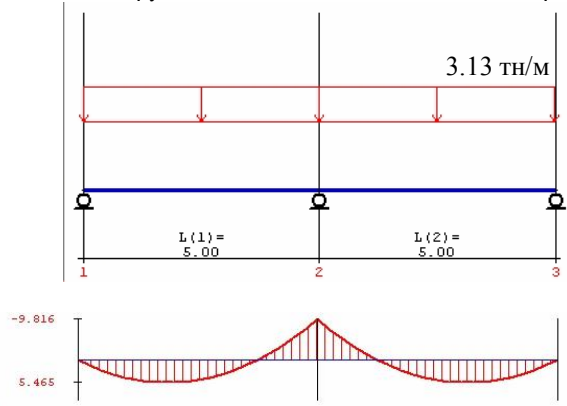
$$p_0 = 313_{тн} / 100_m^2 = 3.13_{тн/м^2} = 0.313_{кг/см^2}$$

- При внесении изменений в предложенные конструкции здания и габариты, сбор нагрузок необходимо выполнить заново вместе с расчетом фундаментной плиты.
- При изменении пролетов между несущими стенами расчет плиты также выполняется заново.
- При выборе в качестве несущих конструкций – колонн вместо стен, фундаментную плиту необходимо дополнительно проверить на продавливание в местах их опирания.

							Лист
							1.4
Изм.	Кол.уч	Лист	Нздок.	Подпись	Дата		

4. Расчет фундаментной плиты с использованием арматуры класса А-500С при толщине плиты 300 мм

- Толщину фундаментной плиты назначаем – 300 мм исходя из условия обеспечения толщины защитного слоя (расстояние от поверхности арматуры до соответствующей грани конструкций) стальной арматуры не менее 40 мм при наличии бетонной подготовки.
- Расчетное сопротивление растяжению арматуры класса А-500С $R_b = 4500 \text{ кг/см}^2$
- Расчет плиты производим как многопролетной балки без защемления концов с учетом давления под фундаментной плитой 3.13 тн/м, которое и будет нагрузкой на плиту, а стены – опорами.



Эпюра М

- Максимальный пролетный момент между стенами $M_{np}^{\max} = 5.5 \text{ тн} \cdot \text{м}$
- Максимальный опорный момент над средней стеной $M_{on}^{\max} = -9.8 \text{ тн} \cdot \text{м}$

Подбор сечения арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{980000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (24 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.11 \Rightarrow \eta = 0.94.$$

Площадь сечения арматуры класса А 500С:

$$A_s = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{980000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.94 \cdot 24 \text{ см} \cdot 4500 \text{ кг/см}^2} = 9.2 (\text{см}^2)$$

Принимаем основную в нижней зоне армирования из Ø12 А-500С с шагом 200 ($A_s=5.65 \text{ см}^2$)

Дополнительно вводим арматуру Ø12 А-500С с шагом 200 перпендикулярно несущим стенам $11.3 \text{ см}^2 > 9.2 \text{ см}^2$, следовательно, условие выполнено.

Подбор сечения арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{np}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{550000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (24 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.061 \Rightarrow \eta = 0.965.$$

Площадь сечения арматуры класса А 500С:

$$A_s = \frac{M_{np}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.965 \cdot 24 \text{ см} \cdot 4500 \text{ кг/см}^2} = 5.01 (\text{см}^2)$$

Принимаем в верхней зоне армирования сетку из Ø12 А-500С с шагом 200 ($A_s=5.65 \text{ см}^2$)

							Лист
							1.5
Изм.	Кол.уч	Лист	Нзодк.	Подпись	Дата		

5. Расчет фундаментной плиты с использованием арматуры из стеклопластика при толщине плиты 300 мм

- Толщину фундаментной плиты назначаем аналогичную – 300 мм.
- Расчетное сопротивление растяжению арматуры из стеклопластика $R_b^{АСП} = 12\,000 \text{ кг/см}^2$
- Нагрузки принимаем те же – 3.13 тн/м²
- Максимальный пролетный момент между стенами $M_{np}^{\max} = 5.5 \text{ тн} \cdot \text{м}$
- Максимальный опорный момент над средней стеной $M_{on}^{\max} = -9.8 \text{ тн} \cdot \text{м}$

Подбор сечения арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{980\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (24 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.11 \Rightarrow \eta = 0.94.$$

Площадь сечения арматуры класса АСП:

$$A_s = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{980\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.94 \cdot 24 \text{ см} \cdot 12\,000 \text{ кг/см}^2} = 3.44 (\text{см}^2)$$

Принимаем основную в нижней зоне армирования из Ø8 АСП с шагом 200 ($A_s=2.51 \text{ см}^2$)

Дополнительно вводим арматуру Ø8 АСП с шагом 200 перпендикулярно несущим стенам $5.02 \text{ см}^2 > 3.44 \text{ см}^2$, следовательно, условие выполнено.

Подбор сечения арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{np}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (24 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.061 \Rightarrow \eta = 0.965.$$

Площадь сечения арматуры класса АСП:

$$A_s = \frac{M_1 \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.965 \cdot 24 \text{ см} \cdot 12\,000 \text{ кг/см}^2} = 1.9 (\text{см}^2)$$

Принимаем в верхней зоне армирования сетку из Ø8 АСП с шагом 200 ($A_s=2.51 \text{ см}^2$)

							Лист
							1.6
Изм.	Кол.уч	Лист	Нзодк.	Подпись	Дата		

6. Расчет фундаментной плиты с использованием арматуры из стеклопластика при толщине плиты 200 мм

- При армировании фундаментной плиты арматурой из стеклопластика можно уменьшить величину защитного слоя, т.к. арматура не подвержена коррозии и имеет лучшие характеристики по расчетному сопротивлению на растяжение.
- Толщину фундаментной плиты назначаем – 200 мм.
- Величина защитного слоя 30 мм.
- Рабочая зона сечения - $R_b^{АСП} = 12\,000 \text{ кг/см}^2$
- Расчетное сопротивление растяжению арматуры из стеклопластика $R_b^{АСП} = 12\,000 \text{ кг/см}^2$
- Нагрузки принимаем те же – 3.13 тн/м²
- Максимальный пролетный момент между стенами $M_{np}^{\max} = 5.5 \text{ тн} \cdot \text{м}$
- Максимальный опорный момент над средней стеной $M_{on}^{\max} = -9.8 \text{ тн} \cdot \text{м}$

Подбор сечения арматуры в нижней зоне под стенами (перпендикулярно стенам)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{980\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (16 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.25 \Rightarrow \eta = 0.855.$$

Площадь сечения арматуры класса АСП:

$$A_s = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{980\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.855 \cdot 16 \text{ см} \cdot 12\,000 \text{ кг/см}^2} = 5.7 (\text{см}^2)$$

Принимаем основную в нижней зоне армирования из Ø10 АСП с шагом 200 ($A_s=3.93 \text{ см}^2$)

Дополнительно вводим арматуру Ø10 АСП с шагом 200 перпендикулярно несущим стенам $7.86 \text{ см}^2 > 5.7 \text{ см}^2$, следовательно, условие выполнено.

Подбор сечения арматуры в верхней зоне в пролетах (между стенами)

Определяем коэффициент A_0 при $b=1(\text{м})$:

$$A_0 = \frac{M_{np}^{\max} \cdot \gamma_n}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b \cdot \gamma_{b2}} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{100 \text{ см} \cdot (16 \text{ см})^2 \cdot 148 \text{ кг/см}^2 \cdot 1} = 0.138 \Rightarrow \eta = 0.925.$$

Площадь сечения арматуры класса АСП:

$$A_s = \frac{M_1 \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.925 \cdot 16 \text{ см} \cdot 12\,000 \text{ кг/см}^2} = 2.94 (\text{см}^2)$$

Принимаем в верхней зоне армирования сетку из Ø10 АСП с шагом 200 ($A_s=3.93 \text{ см}^2$)

							Лист
							1.7
Изм.	Кол.уч	Лист	Нзодк.	Подпись	Дата		

7. ВЫВОДЫ

- Для выбранного 2-х этажного здания, в фундаментной плите толщиной 300 мм принята арматура Ø12 А - 500С с шагом 200 в обоих направлениях в верхней и нижней зонах с местным усилением под стенами в нижней зоне.
- При той же толщине плиты стеклопластиковая арматура должна быть не менее Ø8 АСП.

Таблица сравнения расхода и стоимости арматуры при толщине плиты 300 мм

№	Класс арматуры	Диаметр	Кол-во, кг	Стоимость за 1 тонну арм, руб.	Стоимость арм, руб.
1	А-500С	8	74	27 400	86 957
		12	3 254	26 100	
2	АСП	8	184	247 000	45 448

- Затраты на стеклопластиковую арматуру при одинаковой толщине фундаментной плиты в 2 раза меньше, чем на стальную
- В связи с тем, что антикоррозийная стойкость стеклопластиковой арматуры несравнимо выше стальной, может быть уменьшен защитный слой бетона и, соответственно, толщина плиты. При толщине плиты 200 мм применяется стеклопластиковая арматура - Ø10 АСП с шагом 200 в обоих направлениях в нижней и верхней зонах армирования с местным усилением под стенами.

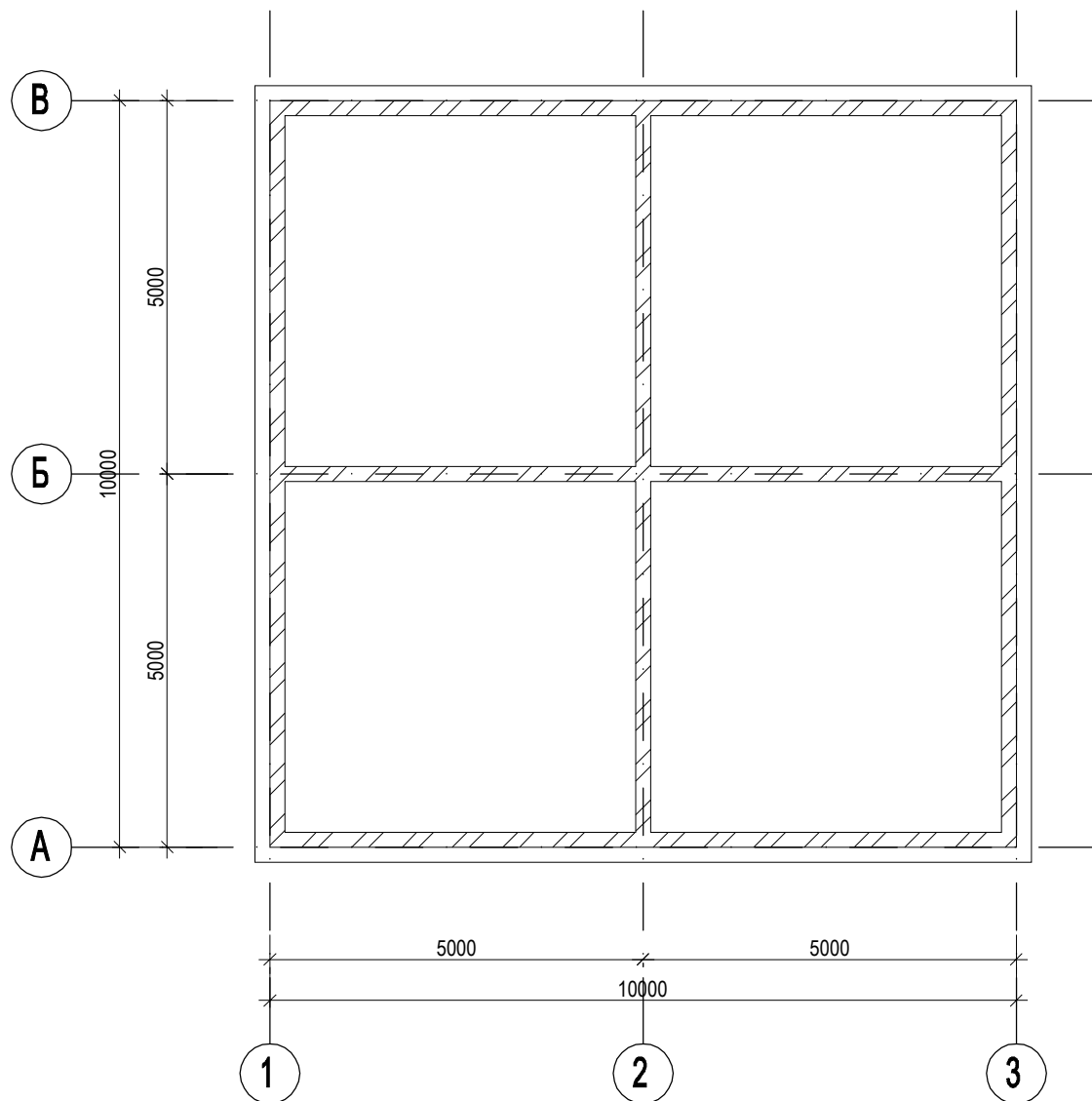
Таблица сравнения общей стоимости материалов на фундаментную плиту при толщине плиты 300 и 200 мм

№	Толщина плиты, мм	V бетона, куб.м.	Стоимость за 1 куб.м., руб.	Класс арматуры	Диаметр	Кол-во, кг	Стоимость за 1 тонну арм, руб.	Общая стоимость, руб.
1	300	30	2 750	А-500С	8	74	27 400	169 457
					12	3 254	26 100	
2	300	30	2 750	АСП	8	184	247 000	127 948
3	200	20	2 750	АСП	8	10	247 000	123 367
					10	274	240 450	

- Из таблицы видно, что при использовании арматуры из стеклопластика и уменьшении толщины плиты до 200 мм общая стоимость материалов будет минимальной из рассмотренных вариантов.
- При внесении изменений в предложенные конструкции здания и габариты, сбор нагрузок необходимо выполнить заново вместе с расчетом фундаментной плиты.
- При изменении пролетов между несущими стенами расчет плиты также выполняется заново.
- При выборе в качестве несущих конструкций – колонн (вместо стен), фундаментную плиту необходимо дополнительно проверить на продавливание в местах их опирания.
- Расчет фундаментной плиты произведен только на прочность.
- **Обращаем внимание, что при расчете надземных конструкций необходимо обязательно производить расчет по деформациям, т.к. модуль упругости арматуры АСП в 10 раз ниже модуля упругости стальной арматуры.**

							Лист
							1.8
Изм.	Кол.уч	Лист	№док.	Подпись	Дата		

План дома с размерами 10х10 М 1:100



Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата

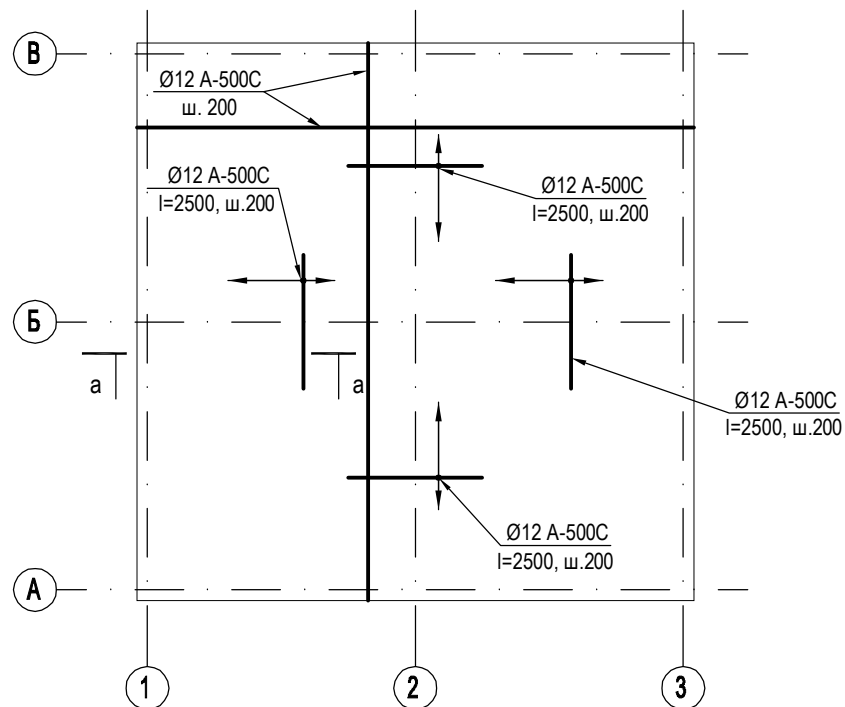
План дома

Лист

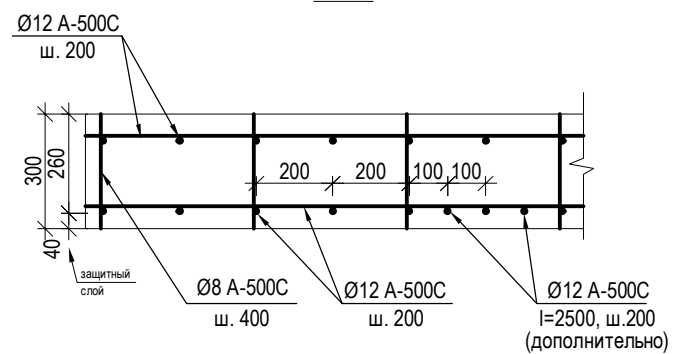
2

Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

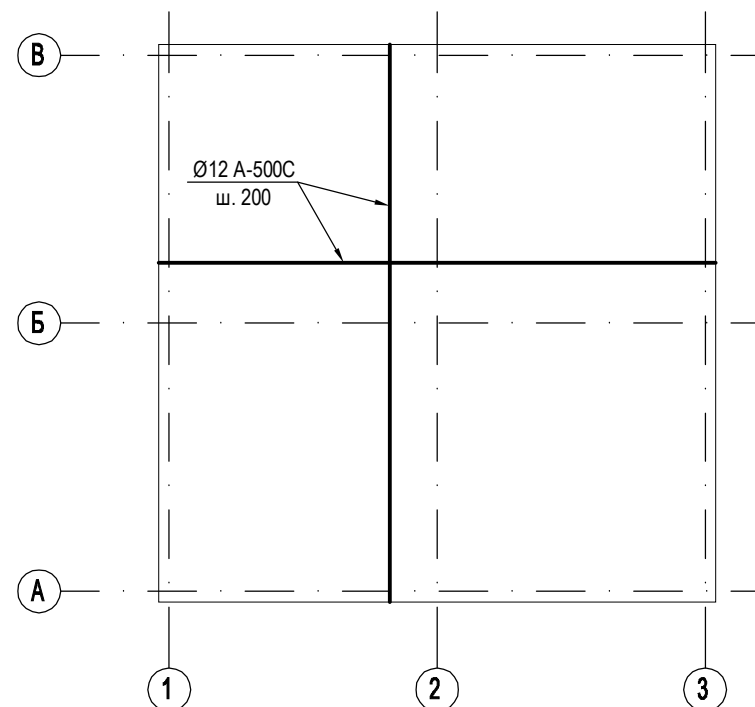


a-a



Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



Ведомость расхода стали на фунда. плиту t=300, кг

Марка элемента	Арматурные изделия			Всего	Общий расход, кг.
	А 500С				
	СТО АСЧМ 7-93				
	Ø 8	Ø 12	итого		
Фундаментная плита	74	3254	3328	3328	
	Бетон В 25 F 100 W 4			V = 30м3	

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недоп.	Подп.	Дата

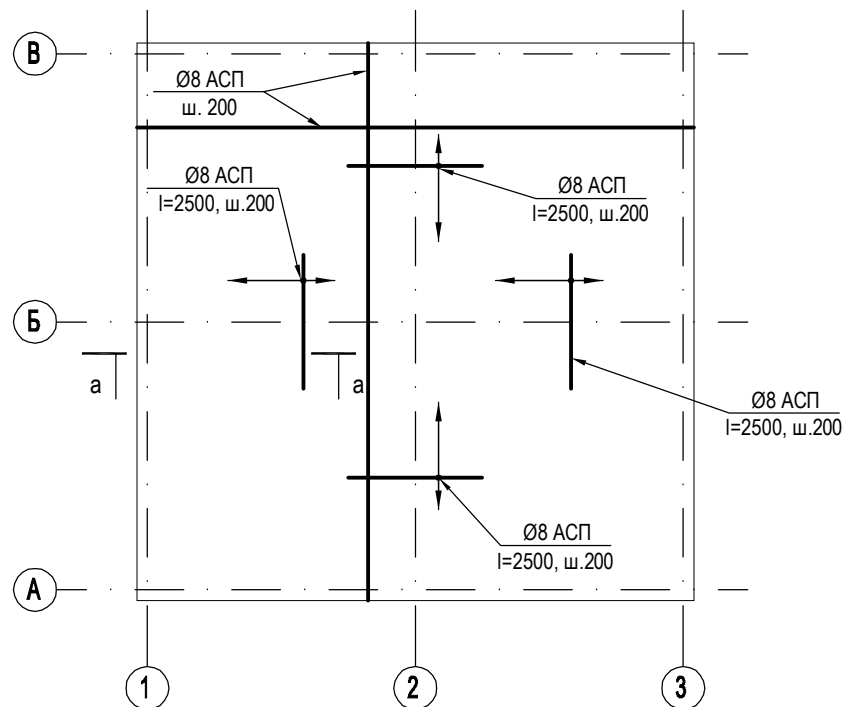
Армирование фунда. плиты
Арматура А-500С. Плита 300 мм.

Лист

3

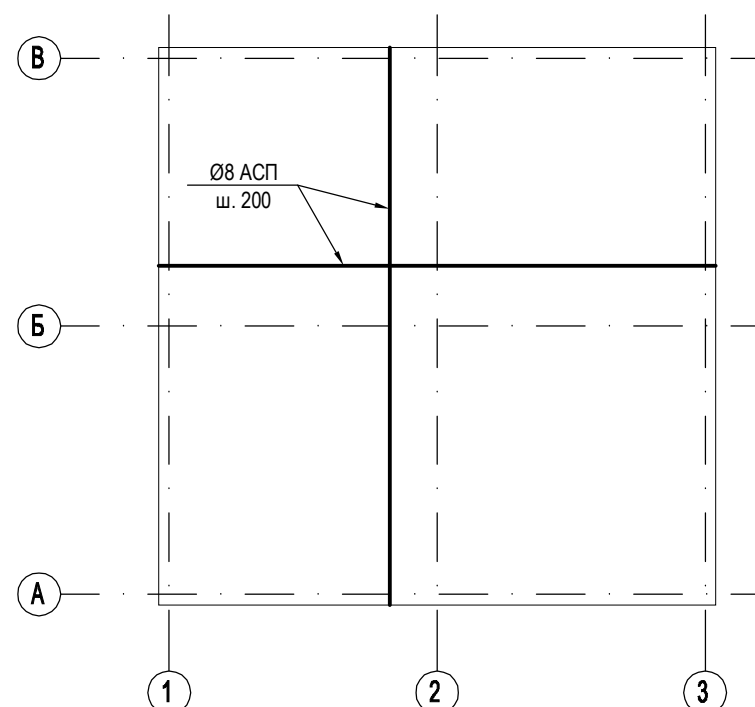
Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

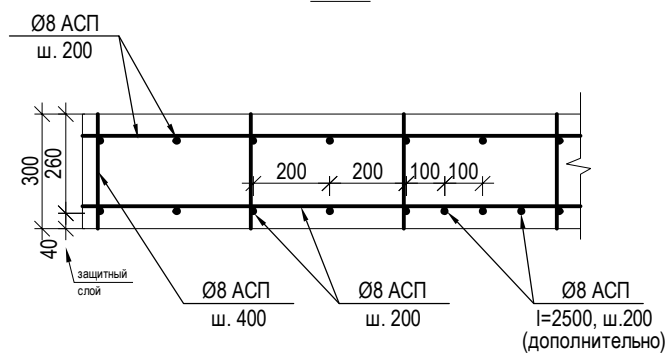


Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



a-a



Ведомость расхода стеклопластика на фунда. плиту t=300, кг

Марка элемента	Арматурные изделия			Всего	Общий расход, кг.
	АСП				
	Ø 8	Ø 10	итого		
Фундаментная плита	184	0	184	184	184
	Бетон В 25 F 100 W 4			V = 30м3	

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата

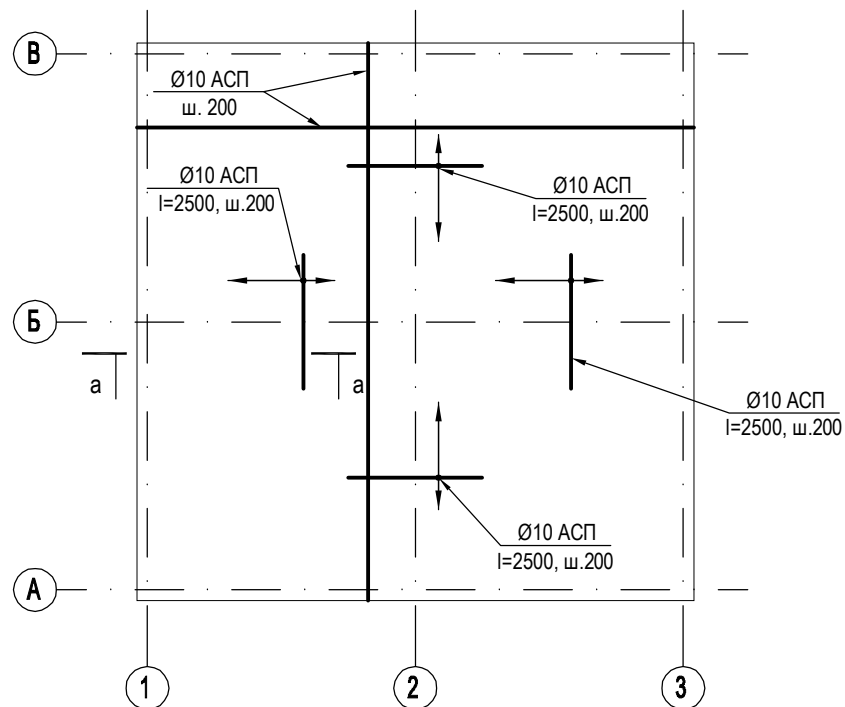
Армирование фунда. плиты
Арматура АСП. Плита 300 мм.

Лист

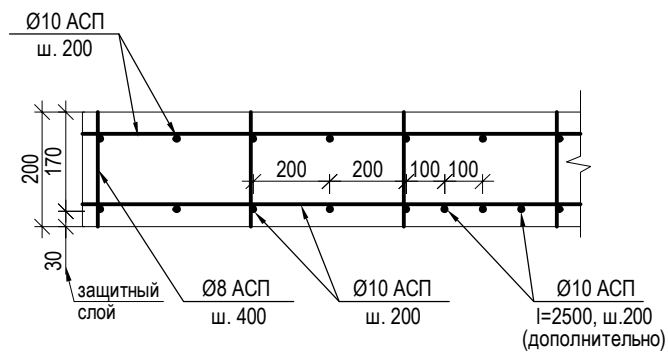
4

Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

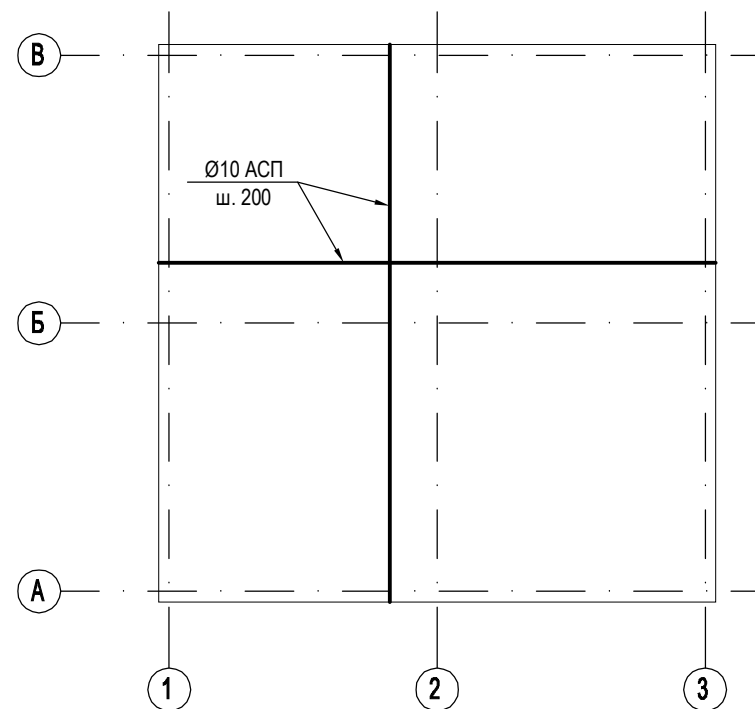


а-а



Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



Ведомость расхода стеклопластика на фонд. плиту t=200, кг

Марка элемента	Арматурные изделия			Всего	Общий расход, кг.
	АСП				
	Ø 8	Ø 10	итого		
Фундаментная плита	10	274	284	284	284
	Бетон В 25 F 100 W 4				V = 20м3

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недоп.	Подп.	Дата

Армирование фонд. плиты
Арматура АСП. Плита 200 мм.

Лист

5