

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

# Общие данные

## Ведомость чертежей

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

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

## 1. Исходные данные

- Принимаем расчетное сопротивление грунта  $R_0 = 1.5 \text{ кг} / \text{см}^2$
- Размеры здания в плане 10x10 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.

							<i>Лист</i>
							<b>1.2</b>
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч</i>	<i>Лист</i>	<i>№док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 3. Сбор нагрузок

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

<b>2-й этаж</b>					
1.	Плита перекрытия	$q = 0.18м \cdot 2.7т / м^3 = 0.486т / м^2 *$	486	1.1	535
2.	Ц.-п. стяжка(30)	$q = 0.03м \cdot 1.8т / м^3 = 0.054т / м^2$	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
<b>ИТОГО</b>					<b>890</b>

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

Нагрузка от стен:

– кирпичная кладка 250 мм при высоте кладки 7 м ( $\gamma_{кл} = 1.3тн / м^3$ )  
 $q = 0.25м \cdot 1.3т / м^3 \cdot 7м \cdot 1.1 = 2.5т / м$

– утеплитель 200 мм при высоте стены 7 м ( $\gamma_{ут} = 0.2тн / м^3$ )  
 $q = 0.2м \cdot 0.2т / м^3 \cdot 7м \cdot 1.1 = 0.31т / м$

– штукатурка 50 мм при высоте стены 7 м ( $\gamma_{шт} = 1.4тн / м^3$ )  
 $q = 0.05м \cdot 1.4т / м^3 \cdot 7м \cdot 1.1 = 0.54т / м$

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

						<b>Лист</b>
						<b>1.3</b>
<b>Изм.</b>	<b>Кол.уч</b>	<b>Лист</b>	<b>№док.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>	

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

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

### Расчетная нагрузка на основание здания

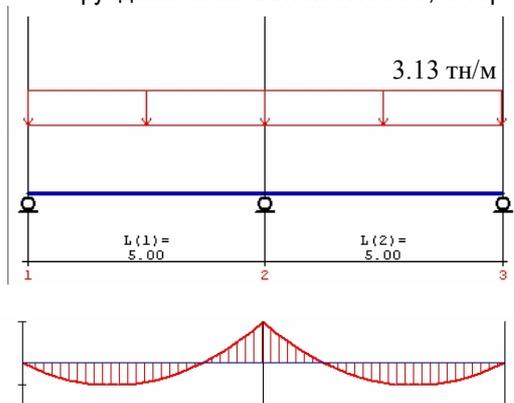
$$p_0 = 313\text{ тн} / 100\text{ м}^2 = 3.13\text{ тн/ м}^2 = 0.313\text{ кг/ см}^2$$

- 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.

								<i>Лист</i>
								<b>1.4</b>
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			

#### 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  $R_b = 4\,500 \text{ кг/см}^2$
- Расчет плиты производим как многопролетной балки без защемления концов с учетом давления под фундаментной плитой 3.13тн/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  $b=1(\text{м})$ :

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

Площадь сечения арматуры класса А 500С:

$$A_s = \frac{M_{on}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{980\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.94 \cdot 24 \text{ см} \cdot 4\,500 \text{ кг/см}^2} = 9.2 (\text{см}^2)$$

Принимаем основную в нижней зоне армирования из  $\varnothing 12$  А-500С с шагом 200 ( $A_s=5.65 \text{ см}^2$ )

Дополнительно вводим арматуру  $\varnothing 12$  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  $b=1(\text{м})$ :

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

Площадь сечения арматуры класса А 500С:

$$A_s = \frac{M_{np}^{\max} \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.965 \cdot 24 \text{ см} \cdot 4\,500 \text{ кг/см}^2} = 5.01 (\text{см}^2)$$

Принимаем в верхней зоне армирования сетку из  $\varnothing 12$  А-500С с шагом 200 ( $A_s=5.65 \text{ см}^2$ )

							Лист
							1.5
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	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/м<sup>2</sup>
- 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  $\varnothing 8$  АСП с шагом 200 ( $A_s=2.51\text{см}^2$ )

Дополнительно вводим арматуру  $\varnothing 8$  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  $\varnothing 8$  АСП с шагом 200 ( $A_s=2.51\text{см}^2$ )

									Лист
									1.6
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	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/м<sup>2</sup>
- 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 ( $A_s=3.93\text{см}^2$ )**

										<b>Лист</b>
										<b>1.7</b>
<b>Изм.</b>	<b>Кол.уч</b>	<b>Лист</b>	<b>№док.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>					

## 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	<b>86 957</b>
		12	3 254	26 100	
2	АСП	8	184	247 000	<b>45 448</b>

- 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.

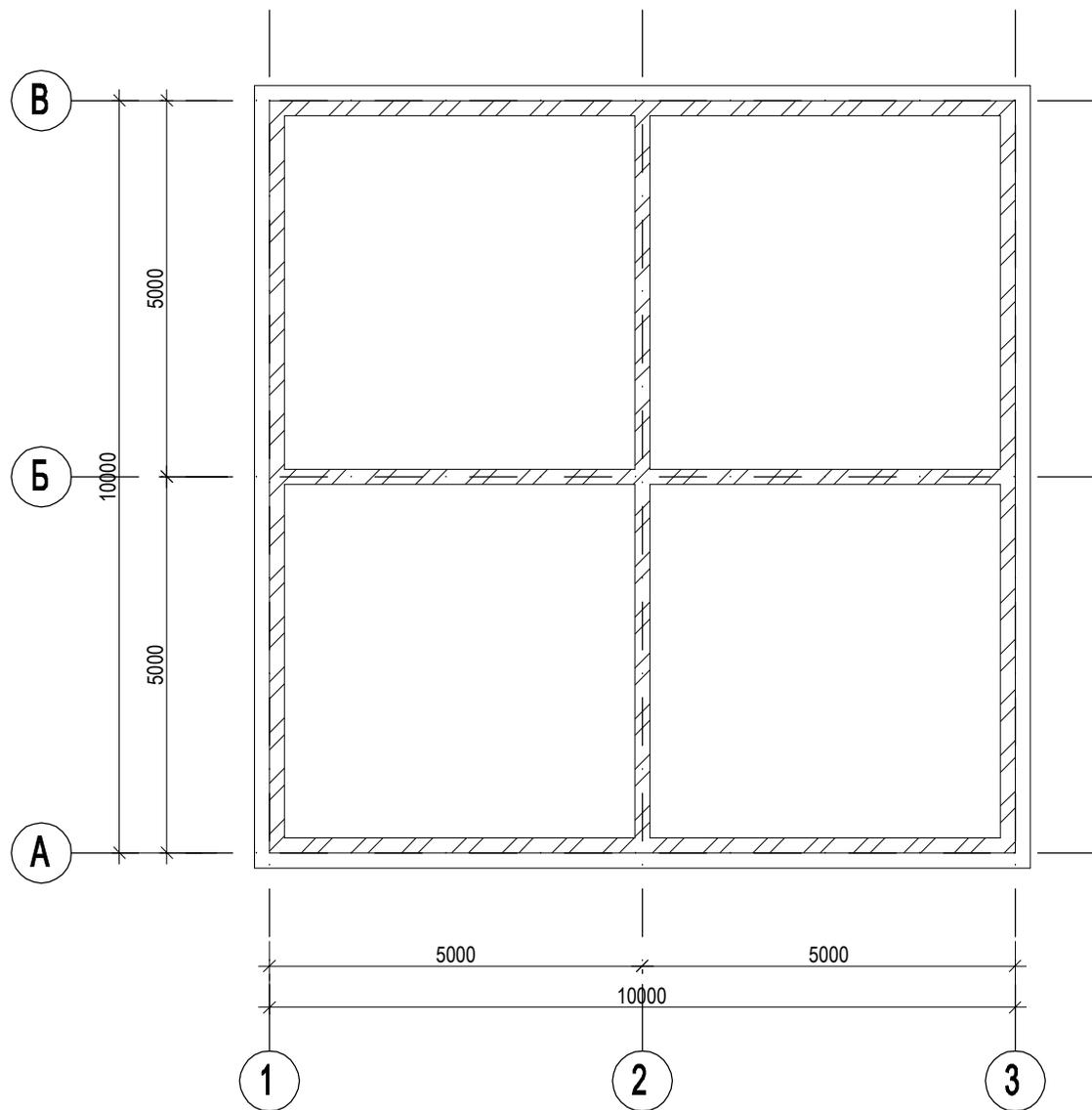
**Таблица сравнения общей стоимости материалов на фундаментную плиту при толщине плиты 300 и 200 мм**

№	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	<b>169 457</b>
					12	3 254	26 100	
2	300	30	2 750	АСП	8	184	247 000	<b>127 948</b>
3	<b>200</b>	20	2 750	АСП	8	10	247 000	<b>123 367</b>
					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 10x10 М 1:100



Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата

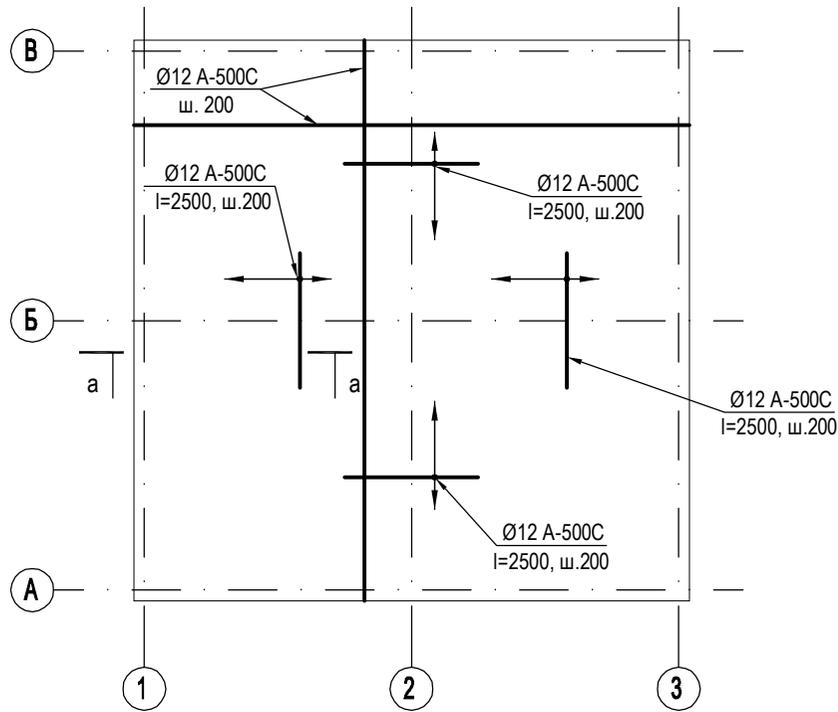
План дома

Лист

2

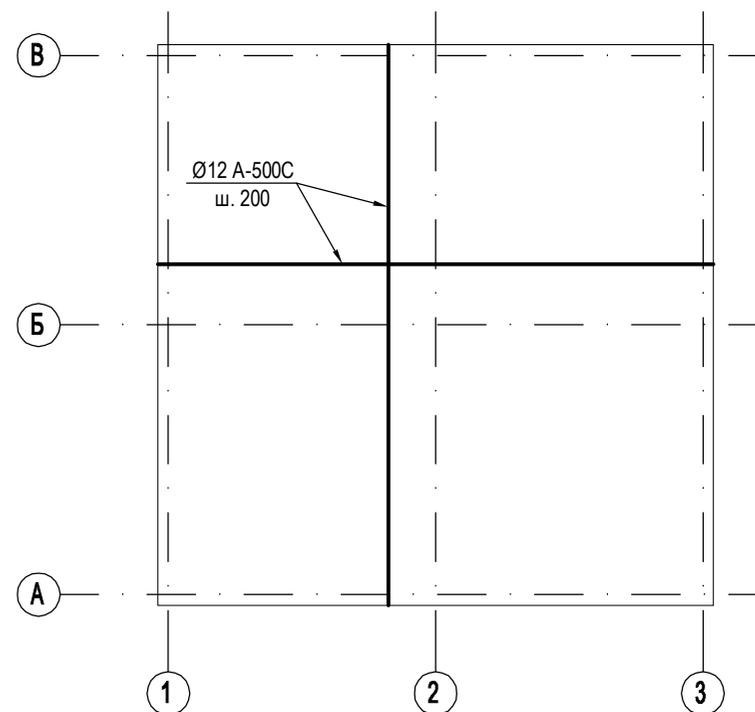
## Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

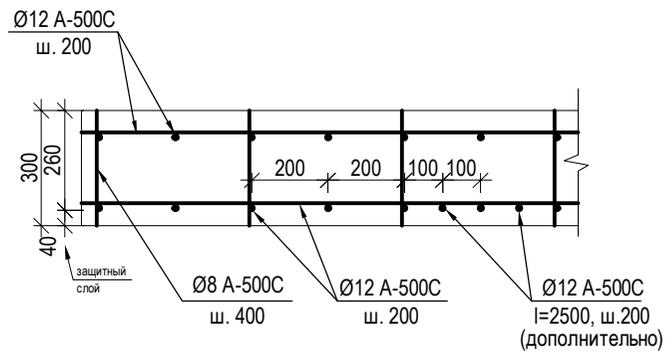


## Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



a-a



## 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	3328
Бетон В 25 F 100 W 4					V = 30м <sup>3</sup>

Изм.	Кол.уч.	Лист	Недок.	Подп.	Дата

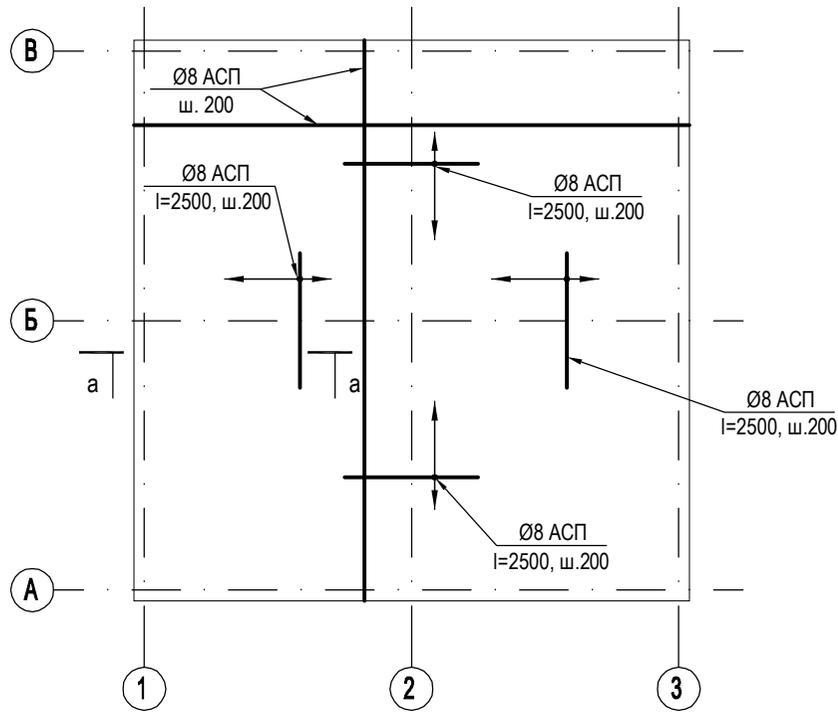
Армирование фунда. плиты  
Арматура А-500С. Плита 300 мм.

Лист

3

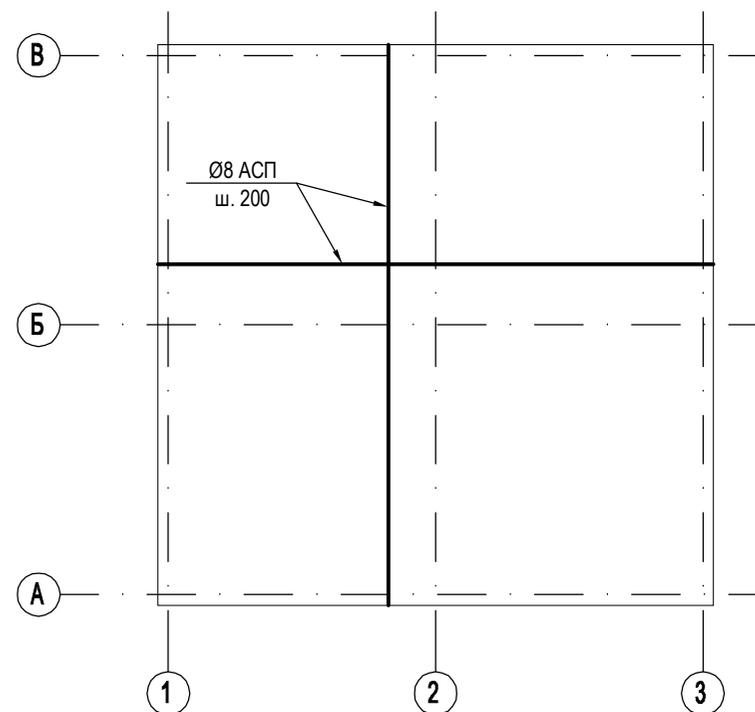
## Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

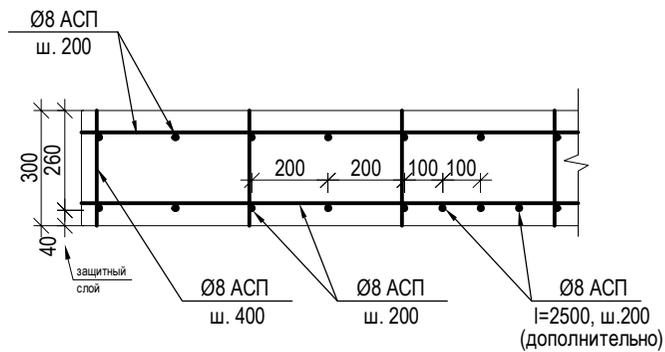


## Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



a-a



Ведомость расхода стеклопластика на фонд. 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	Недоп.	Подп.	Дата
------	---------	------	--------	-------	------

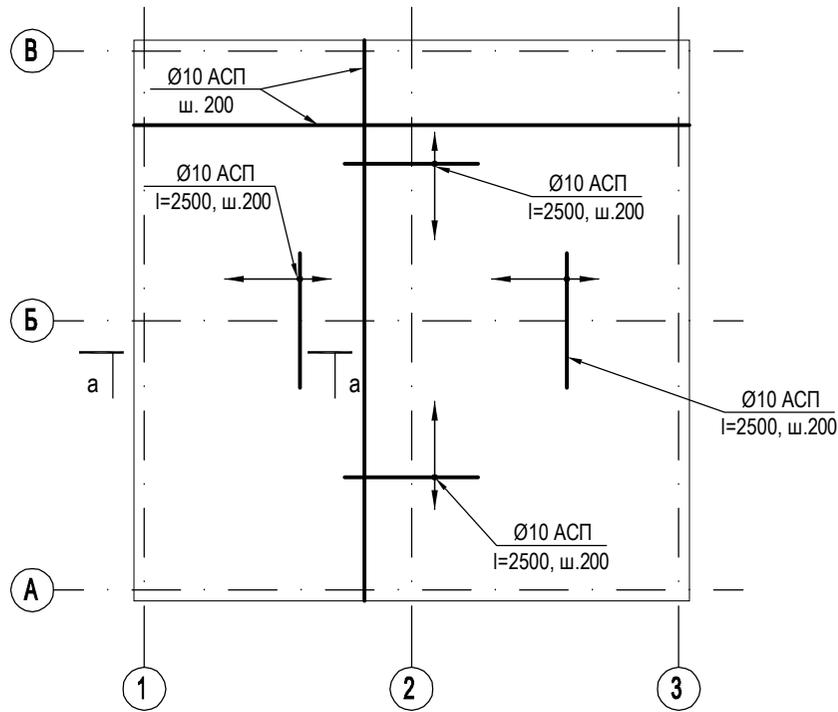
Армирование фонд. плиты  
Арматура АСП. Плита 300 мм.

Лист

4

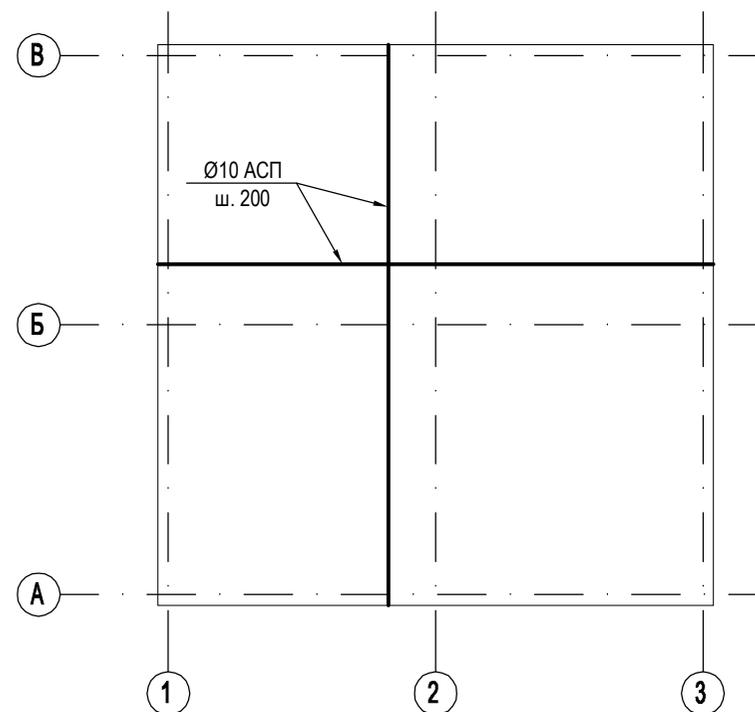
## Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

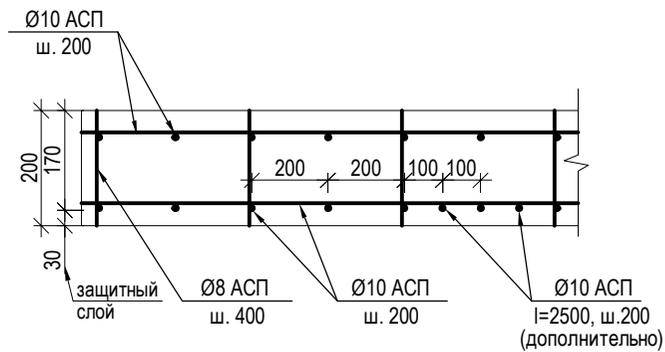


## Армирование фундаментной плиты.

Верхняя зона



а-а



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

Марка элемента	Арматурные изделия			Общий расход, кг.	
	АСП				Всего
	Ø 8	Ø 10	итого		
	Фундаментная плита	10	274		
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