

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 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. | |

| 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 $R_0 = 1.5 \text{ кг/см}^2$
- 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> |
| | | | | | | | | 1.2 |
| <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. |
| 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 | $q = 0.18 м \cdot 2.7 т / м^3 = 0.486 т / м^2 *$ | 486 | 1.1 | 535 |
| 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. | 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 ($\gamma_{кл} = 1.3 тн / м^3$)
 $q = 0.25 м \cdot 1.3 т / м^3 \cdot 7 м \cdot 1.1 = 2.5 т / м$

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

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

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

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

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

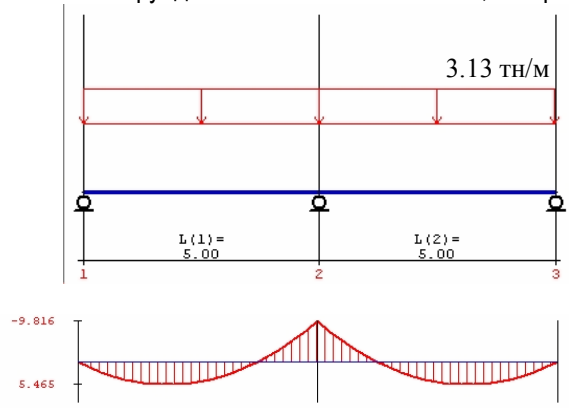
$$p_0 = 313\text{ тн} / 100\text{ м}^2 = 3.13\text{ тн/ м}^2 = 0.313\text{ кг/ см}^2$$

- 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> |
| | | | | | | | | 1.4 |
| <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:

$$A_s = \frac{M_1 \cdot \gamma_n}{\eta \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{550\,000 \text{ кг} \cdot \text{см} \cdot 0.95}{0.965 \cdot 24 \text{ см} \cdot 4\,500 \text{ кг/см}^2} = 5.01 (\text{см}^2)$$

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/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 $\varnothing 8$ 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/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 | №док. | 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.

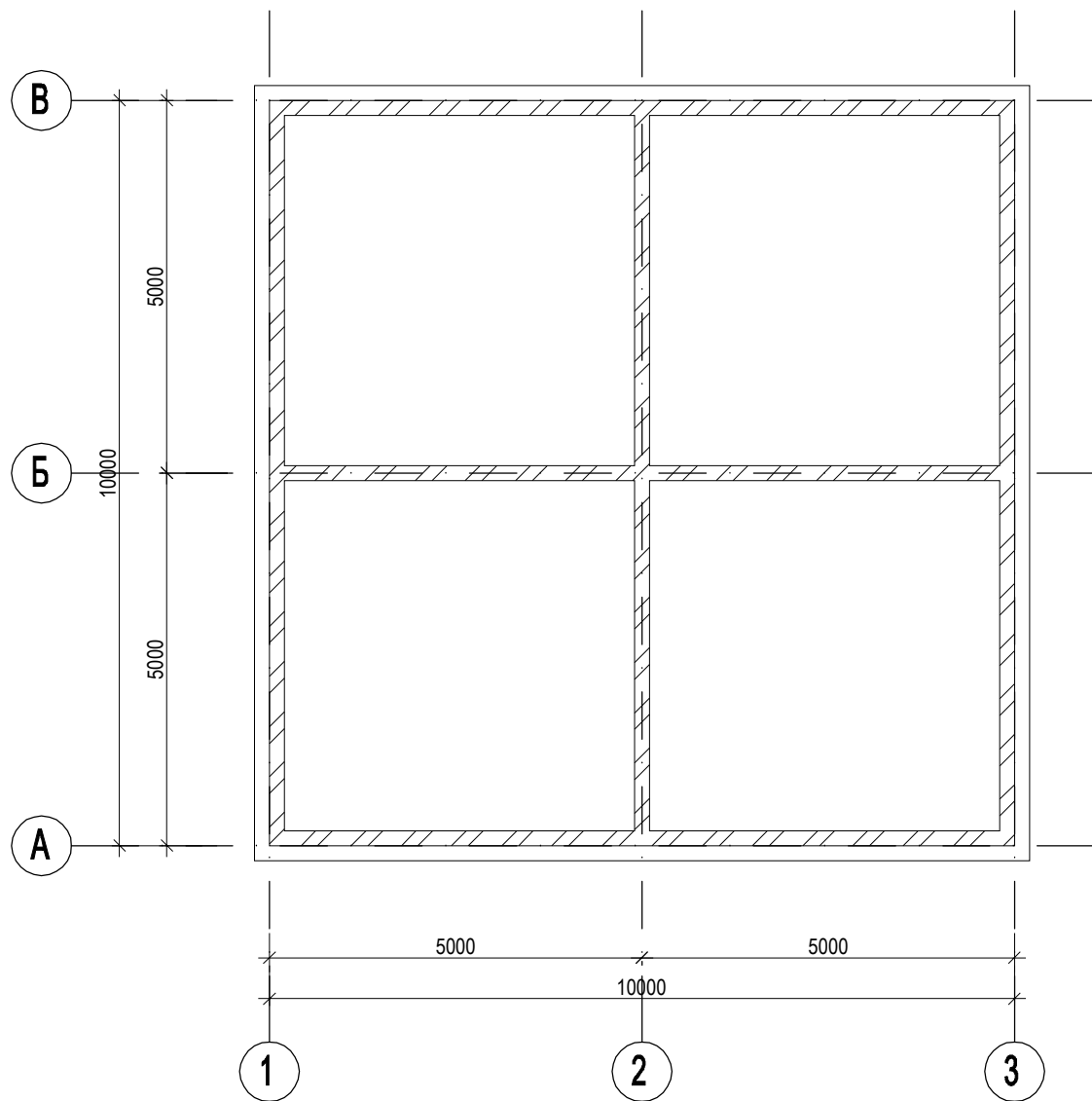
Таблица сравнения общей стоимости материалов на фундаментную плиту при толщине плиты 300 и 200 мм

| № | 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 10x10 М 1:100



| | | | | | |
|------|---------|------|--------|-------|------|
| | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата |

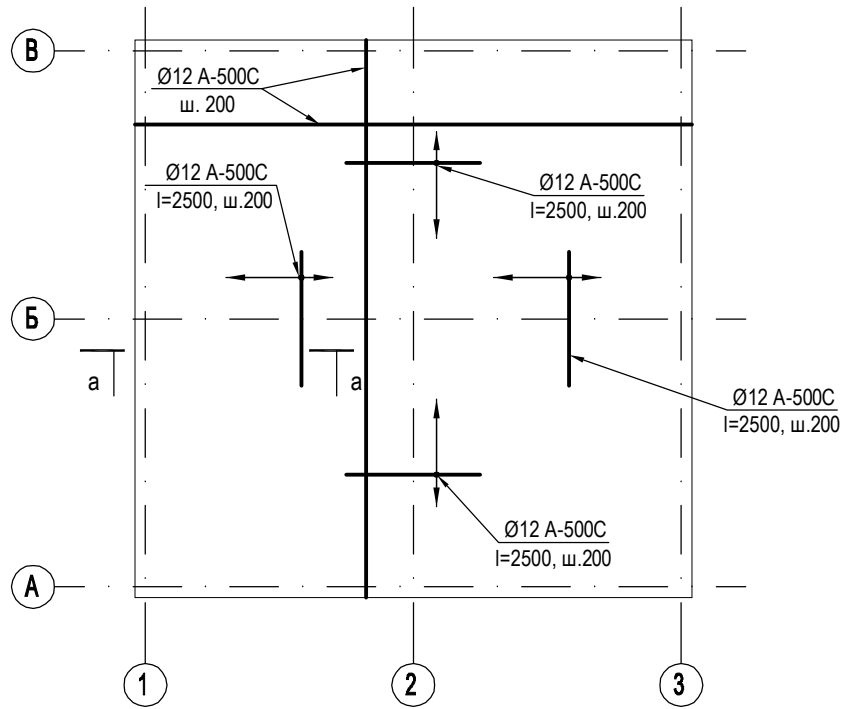
План дома

Лист

2

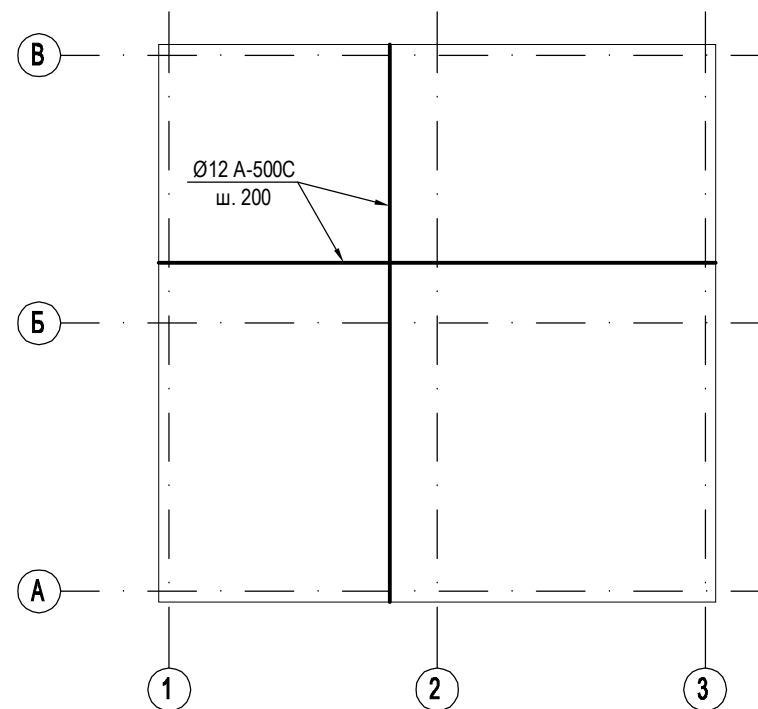
Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

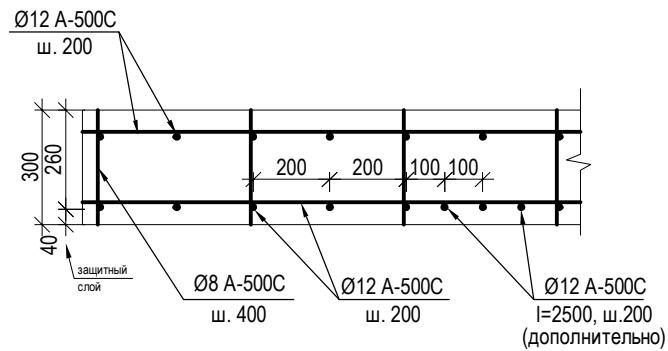


Армирование фундаментной плиты.

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 = 30м3 |

| | | | | | |
|------|---------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | Недок. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

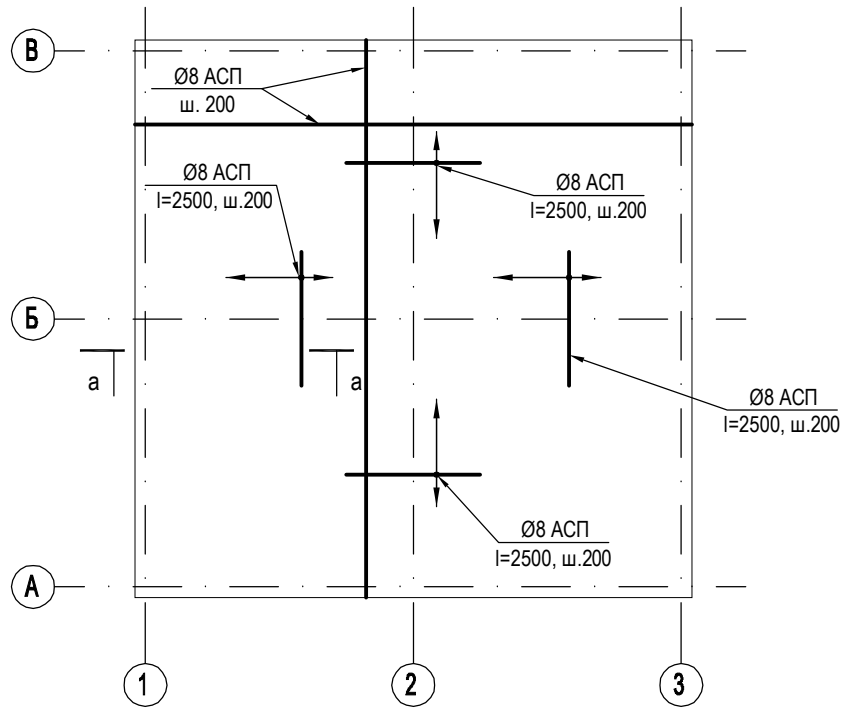
Армирование фунда. плиты
Арматура А-500С. Плита 300 мм.

Лист

3

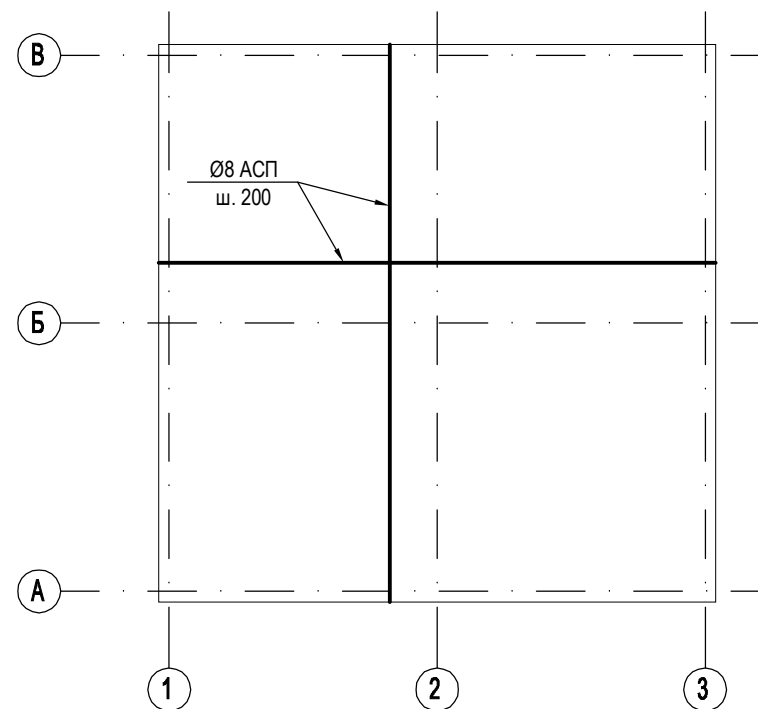
Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

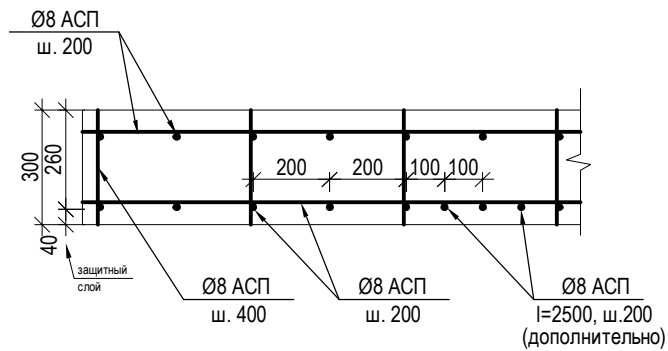


Армирование фундаментной плиты.

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 | | |
| Бетон В 25 F 100 W 4 | | | | V = 30м3 | |

| | | | | | |
|------|---------|------|--------|-------|------|
| Изм. | Кол.уч. | Лист | Недок. | Подп. | Дата |
|------|---------|------|--------|-------|------|

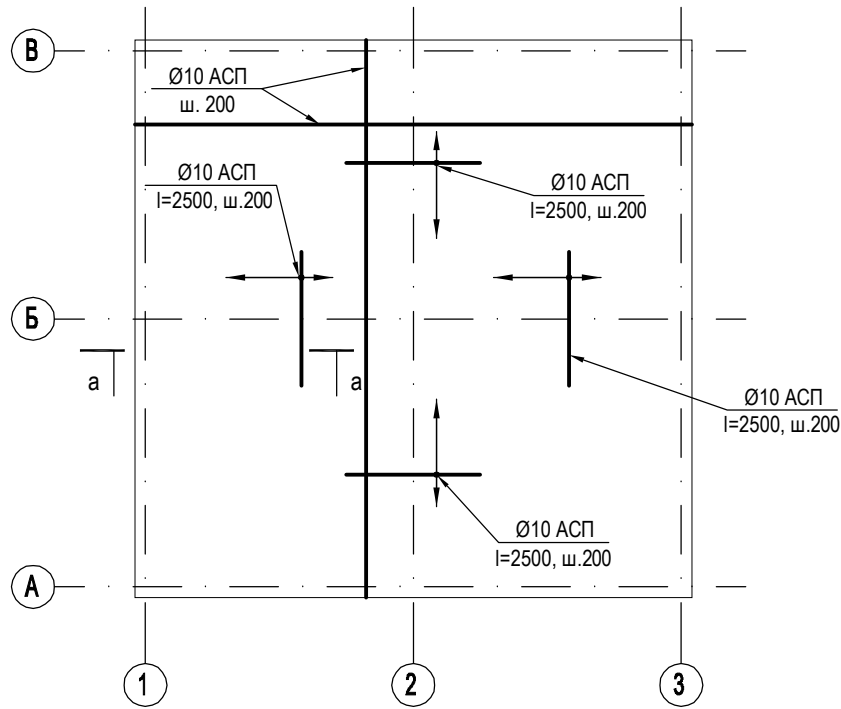
Армирование фонд. плиты
Арматура АСП. Плита 300 мм.

Лист

4

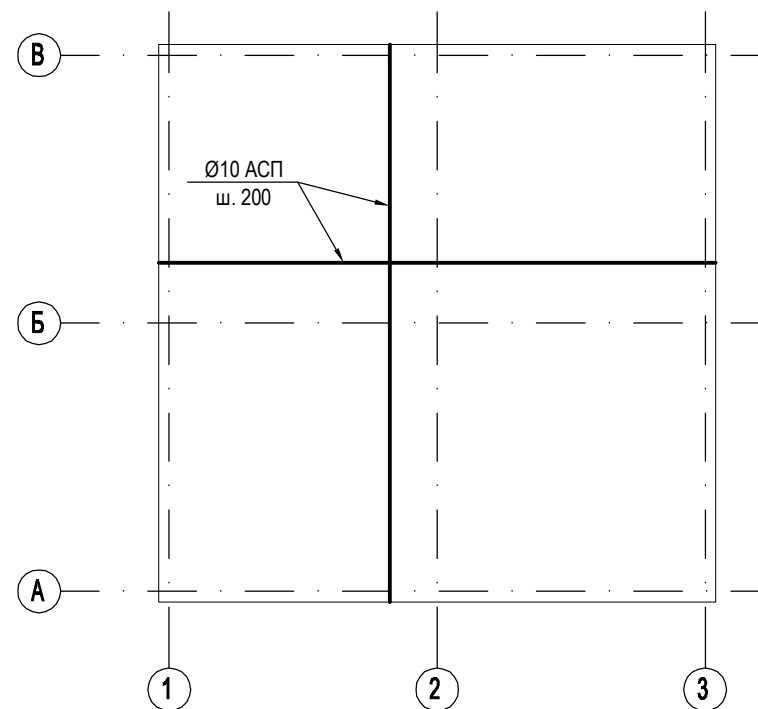
Армирование фундаментной плиты.

Нижняя зона.

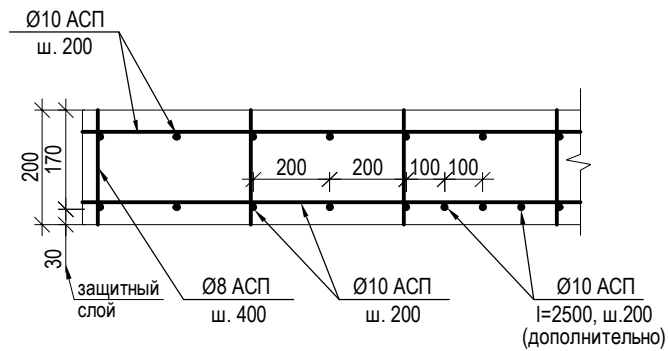


Армирование фундаментной плиты.

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 | Недок. | Подп. | Дата |
| | | | | | |

Армирование фонд. плиты
Арматура АСП. Плита 200 мм.

Лист

5