

STEEL2REAL'21

Международный конкурс студенческих проектов

STEEL2REAL 2021

Проект студенческого общежития в г.Томске на 220 человек

Код: 393d6e815304984f

Конструкторские решения

Пояснительная записка

2021 г

Содержание

Общие данные 3

Исходные данные для проектирования 3

Расчетная схема.....4

Конструктивная схема..... 5

Статический расчет 6

Конструктивный расчет 19

Конструирование..... 19

Результаты конструктивного расчета 24

Приложение А..... 30

Приложение В..... 40

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|----------|------|--------|-------|------|------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | 2 |
| | | | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | |

1. Общие данные

Исходные данные для проектирования:

Район строительства – г. Томск. Томская область;

Назначение здания – Общежитие для студентов и аспирантов ВУЗов;

Этажность - 6 этажей;

Площадь этажа – до 1200 м²;

Уровень ответственности здания - Нормальный (по ГОСТ 27751- 2014 табл.2 принят $u_p=1.0$.);

Тип местности для ветровой нагрузки – В;

Степень огнестойкости здания – II;

Климатический район – 1В (По СНиП 23-01-99);

Функциональное назначение кровли – Неэксплуатируемая;

Класс конструктивной пожарной опасности здания – С1.

Нормативные ссылки:

Конструктивная часть проекта выполнена в соответствии со следующими нормативными документами и техническими рекомендациями:

Федеральный закон РФ от 11.07.2008 № 123–ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”

Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»;

СП 20.13330.2016 (СНиП 2.01.07–85*) Нагрузки и воздействия.

СП 131.13330.2012 (СНиП 23–11–99*) Строительная климатология.

СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов

СП 16.13330.2017 (СНиП II–23–81^{*}) Стальные конструкции

СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------|-------|------|--|--|--|------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | 3 |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | | | | |

1.3 Конструктивная схема:

Фундамент в условиях конкурса отсутствует задание на проектирование конструкций нулевого цикла (фундаменты), поэтому для нижних колонн здания рекомендуется принимать в конструктивной схеме неподвижную жесткую опору в плоскости наибольшей жесткости колонны и шарнирную опору в плоскости наименьшей жесткости колонны.

Колонны—двутаврового сечения (колонные) из стали С345, имеют одноэтажную
разрезку, монтажный стык выполнен на высоте 1000 мм от
уровня чистого пола перекрытия для удобства монтажа. Шаг колонн варьиру-
ется от 2 до 8.9 м

Ригели—двутаврового сечения (широкополочные) из стали С345, имеют жесткое сопряжение с колоннами в плоскости их (колонн) наибольшей жесткости и шарнирное сопряжение с колоннами в плоскости их наименьшей жесткости. В местах примыкания балок к монолитному ядру жесткости предусмотрено их шарнирное примыкание.

Кровля – плоская по профлисту (состав см. ПЗ АР);

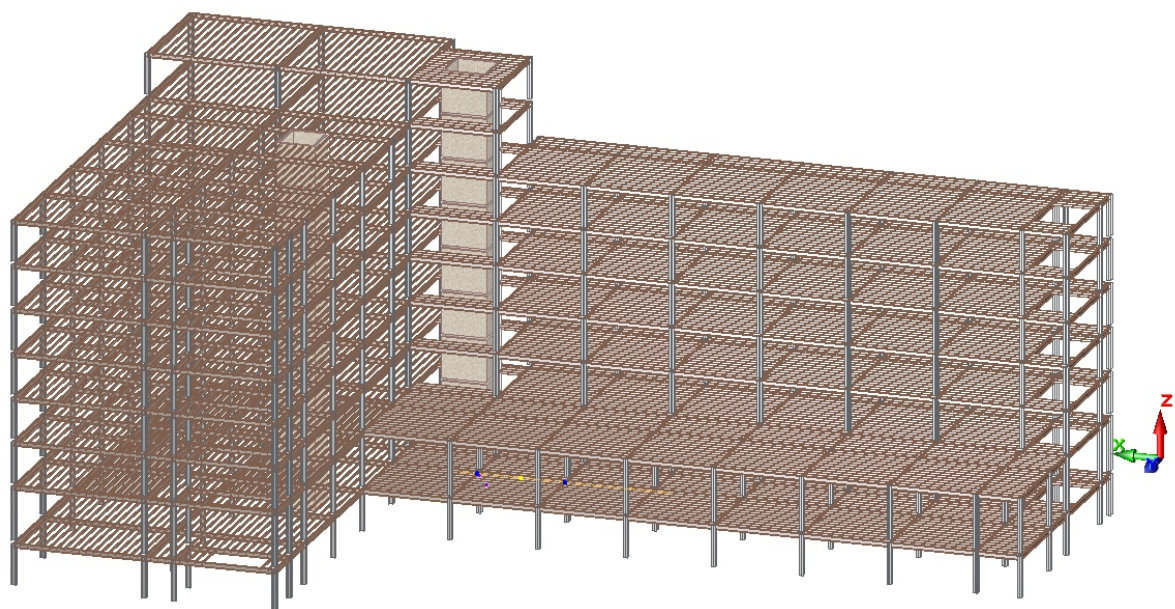
Наружные стены – штучные мелкогабаритные блоки с наружным утеплением (состав см. ПЗ АР);

Геометрическая неизменяемость, как в продольном, так и в поперечном направлении, обеспечена: жестким сопряжением колонн с фундаментом в плоскости их (колонн) наибольшей жесткости, рамными узлами балок,приходящими в полки колонн, взаимной работой металлического каркаса здания с монолитным железобетонным ядром жесткости (лестнично–лифтовым узлом). Геометрическая неизменяемость каркаса подтверждена расчетами.

| ИНВ. № ПОДЛ. | ПОДП. И ДАТА | ВЗАМ. ИНВ. № |
|--------------|--------------|--------------|
| | | |

| | | | | | | | |
|------|----------|------|-------|-------|------|------------------|------|
| | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док | Подп. | Дата | | 5 |


Рис. 1.2.3 Пространственная модель



2.Статический расчет :

2.1 Основные загрузки:

табл.2.1.1


Редактор загружений
✕

Редактирование выбранного загружения

Имя


1

⬆ ⬇ ⬆

Вид

Постоянное

▼



Узловые нагрузки: 0; Местные нагрузки: 7287;

⬆ ⬇ ⬆

Список загружений

| # | Имя загружения | Вид | Тип | |
|---|-----------------|--------------|-------|--|
| 1 | Собственный вес | Постоян... | | |
| 2 | Постоянная | Постоян... | | |
| 3 | Полезная | Кратковре... | | |
| 4 | Снеговая | Кратковре... | | |
| 5 | Ветер Y-Y | Кратковре... | | |
| 6 | Ветер X-X | Кратковре... | | |
| 7 | Пульсация Y-Y | Мгновенн... | ПУЛЬС | |
| 8 | Пульсация X-X | Мгновенн... | ПУЛЬС | |
| | | | | |
| | | | | |

+

✂

+

📄

⬆

⬇

🔍

?

Назначить текущим

Собственный вес:

Собственный вес металлических конструкций каркаса здания был учтен в ПК «ЛИРА-САПР 2016».

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

1) Квартира/Коридор:

табл. 2.1.2

| | Нормативная $g^H, \text{ т/м}^2$ | γ_f | Расчетная $g^P, \text{ т/м}^2$ |
|--|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| ПВХ плитка $\delta=2,1 \text{ мм}$ $\rho=1,2$ кг/дм^2 | 0,0025 | 1.2 | 0.003 |
| Клей напольный для ПВХ покрытий $\delta=2 \text{ мм}$ $\rho=1,15 \text{ кг/л}$ | 0.0025 | 1.2 | 0.003 |
| Бетон $\delta=125 \text{ мм}$ $\rho=2200-2400 \text{ кг/м}^3$ | 0.088 | 1.2 | 0.106 |
| Профнастил | - | - | 0.011 |
| Плита Шуманет $\delta=50 \text{ мм}$ $\rho=30 \text{ кг/м}^2$ | 0,001 | 1,2 | 0,001 |
| ГВЛ $\delta=16,5 \text{ мм}$ $\rho=19 \text{ кг/м}^2$ | 0,003 | 1.2 | 0.012 |
| ГВЛ $\delta=12,5 \text{ мм}$ $\rho=950 \text{ кг/м}^3$ | 0.01 | 1.2 | 0.014 |
| Перегородки | 0.1 | - | 0,1 |
| Итого: | 0,207 | | 0,244 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|----------|------|--------|-------|------|------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | 8 |
| | | | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | |

2) Санузел

| | Нормативная $g^H, \text{ Т/м}^2$ | γ_f | Расчетная $g^P, \text{ Т/м}^2$ |
|---|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Керамогранит $\delta=7$ мм $\rho=2400 \text{ кг/м}^3$ | 0,024 | 1.2 | 0,0288 |
| Плиточный клей $\delta=2$ мм $\rho=2400 \text{ кг/м}^3$ | 0,0033 | 1.2 | 0,040 |
| Бетон $\delta=125$ мм $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$ | 0,088 | 1.2 | 0,0106 |
| Профнастил $\delta=100$ мм | - | - | 0,0064 |
| Плита Шуманет $\delta=50$ мм $\rho=30 \text{ кг/м}^2$ | 0,0012 | 1,2 | 0,00144 |
| ГВЛ $\delta=16,5$ мм $\rho=19 \text{ кг/м}^2$ | 0,01 | 1.2 | 0,012 |
| ГВЛ $\delta=12,5$ мм $\rho=950 \text{ кг/м}^3$ | 0,01 | 1.2 | 0,012 |
| Перегородки | 0,1 | - | 0,1 |
| Итого | 0,23 | | 0,273 |

табл.2.1.3

| | | | | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------|-------|------|------|
| Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | |
| | | | | | | |
| Изм. | Кол.уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | |
| | | | | | | |
| 393d6e815304984f | | | | | | Лист |
| | | | | | | 9 |

3) Покрытие Кровли

| | Нормативная $g^H, \text{т/м}^2$ | γf | Рас- чет- ная $g^P, \text{т/м}^2$ |
|--|------------------------------------|------------|--|
| Кровельная ПФХ мембрана $\delta=2\text{мм}$ $\rho=500 \text{ г/ м}^2$ | 0,001 | 1,2 | 0,0012 |
| Разделительный слой стекло- холст $\rho=100 \text{ г/ м}^2$ | - | - | 0,01 |
| Теплоизоляция пенополистерол $\delta=50 \text{ мм}$ $\rho= 35 \text{ кг/ м}^3$ | 0,026 | 1,2 | 0,031 |
| Теплоизоляция мин вата. $\delta=50\text{мм}$ $\rho= 110 \text{ кг/м}^3$ | 0,005 | 1,2 | 0,0026 |
| Пленка пароизоляционная $\delta=20$ мм $\rho= 80 \text{ г/ м}^2$ | 0,001 | 1,2 | 0,0026 |
| Профлист | | | 0,064 |
| Итого | 0,061 | | 0,084 |

табл.2.1.4

Полезная нагрузка

табл.2.1.5

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|--------------|--------|--------------|------|------------------|--|--|--|--|------|
| Взм. инв. № | | Подп. и дата | | Инв. № подл. | | 393d6e815304984f | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | | 10 |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | | | | | |

| | Нормативная $g^H, \text{ т/м}^2$ | γ_f | Расчетная $g^P, \text{ т/м}^2$ |
|--------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------------------------|
| Квартиры жилых зданий | 0.15 | 1.2 | 0.18 |
| Санузел | 0.2 | 1.2 | 0.24 |
| Коридоры и лестницы | 0.3 | 1.2 | 0.36 |
| Лоджии | 0.4 | 1.2 | 0.48 |

Снеговая нагрузка:

Расчет производим в соответствии с СП20.13330.2016. Снеговой район для г. Томск – IV. Производим расчет для двух случаев:

1) Для равномерно распределенной снеговой нагрузки

Нормативное значение снеговой нагрузки на 1 м² покрытия определяем по формуле 10.1 [18]:

$$S_0 = C_e \times C_i \times \mu \times S_g = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ КН/м}^2,$$

Где $C_e = 1$ – коэффициент, учитывающий снос снега от ветра;

$C_i = 1$ – термический коэффициент;

$\mu = 1$ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке;

$S_g = 2 \text{ кН/м}^2$ – вес снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли (IV снеговой район);

Расчетное значение снеговой нагрузки будет равно:

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 2,0 \cdot 1,4 = 2,80 \text{ кН/м}^2,$$

где $\gamma_f = 1,4$ – коэффициент надежности по снеговой нагрузке.

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|--------------|----------|------------------|----------|------|--------|-------|------|------|
| И.И.И. № | Взм. инв. № | Подп. и дата | И.И.И. № | 393d6e815304984f | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | | 11 |
| | | | | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | |

При этом длительная составляющая будет равна $0,5 \cdot 2,80 = 1,40 \text{ кН/м}^2$.

2) Для случая образования «снегового мешка» в месте перепада высот. Схему распределения снеговой нагрузки и значения коэффициента μ принимаем в соответствии с приложением «Для зданий с перепадом высоты». представлена на рисунке 2.1.3.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|------|----------|------|--------|-------|------|------------------|------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взм. инв. № | | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | 12 |
| | | | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | | |

Исходные данные:

Расчет снегового мешка по СП 20.13330.2016

| | | |
|------------|--|--------------------------------------|
| S_g : | 2 | Нормативная снеговая нагрузка, в кПа |
| h : | 6 | Высота перепада, в метрах |
| a : | 12,4 | Ширина здания, а в метрах |
| l_1 : | 24,9 | Участок верхнего покрытия, в метрах |
| l_2 : | 18,9 | Участок нижнего покрытия, в метрах |
| α : | 0 | Уклон кровли верхнего покрытия, в ° |
| β : | 0 | Уклон кровли нижнего покрытия, в ° |
| ϕ : | 0 | Уклон кровли нижнего покрытия, в ° |
| здание | Тип нижнего покрытия | |
| 0,9 | Высота парапета возле перепада на верхнем покрытии | |

Результаты расчета:

Расчет производится так как: $h > S_0/2 = 1$ Покрытие с уклоном $\alpha \leq 20$ значит: $m_1 = 0,4$ парапет не учитывается m_2 рассчитываем по формуле: $m_2 = 0.5 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 0.5 \cdot 0,768 \cdot 1 \cdot 1$ $m_2 = 0,384$ Так как $a < 21$ коэффициенты $k...$ учитываем; $k_1 = 0,8$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1$

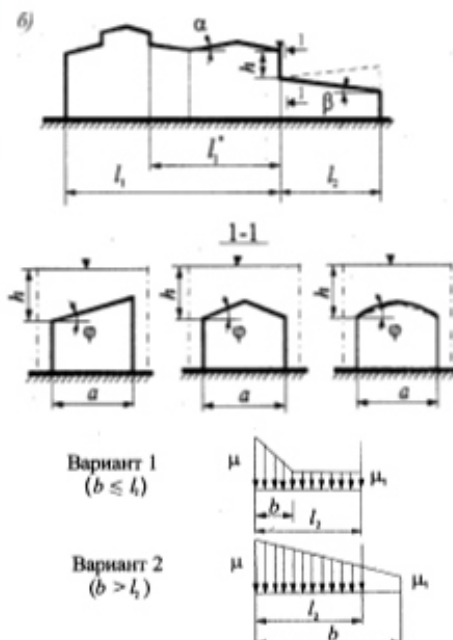
Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

Высота перепада $h = 6 < 8$ значит $h = 6$ метра

$$\mu = 1 + \frac{1}{h} (m_1 \cdot l_1 + m_2 \cdot l_2) = 1 + \frac{1}{6} (0,4 \cdot 24,9 + 0,384 \cdot 18,9) = 3,87$$

Коэффициенты μ , принимаемые для расчетов, не должны превышать:

$$\frac{2h}{S_0} = \frac{2 \cdot 6}{2,00} = 6,00 \text{ где, } S_0 = 2 \text{ кПа;}$$

4 - если нижнее покрытие является покрытием здания а, l_1 и $l_2 \leq 48$ м;6 - если нижнее покрытие является навесом или покрытием здания и l_1 или $l_2 > 72$ м;Промежуточные значения определяются по интерполяции для наибольшего значения l_1 или l_2 :Значит $\mu = 3,87$ 

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

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

393d6e815304984f

Лист

13

Длина зоны повышенных снегоотложений следует принимать равной:

$$\text{При } \mu \leq \frac{2h}{S_0} = \frac{2 \cdot 6}{2,00} = 6 \rightarrow b = 2h = 2 \cdot 6 = 12, \text{ но не более } 16 \text{ м};$$

$$\text{При } \mu > \frac{2h}{S_0} \rightarrow b = \frac{\mu - 1 + 2m_2}{\frac{2h}{S_0} - 1 + 2m_2} \cdot 2h = \frac{3,87 - 1 + 2 \cdot 0,38}{\frac{2 \cdot 6}{2,00} - 1 + 2 \cdot 0,38} \cdot 2 \cdot 6 = 7,57$$

,но не более $5h = 5 \cdot 6 = 30$ и не более 16м

Находим b по 1 формуле, следовательно длина снегового мешка b= **12,00** м

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$S_g \cdot \mu \cdot \gamma = 2 \cdot 3,87 \cdot 1,4 = \mathbf{10,84} \text{ кПа} = \mathbf{1084} \text{ кг/м}^2$$

Нормативное значение снеговой нагрузки:

$$S_g \cdot \mu = 2 \cdot 3,87 = \mathbf{7,74} \text{ кПа} = \mathbf{774,1} \text{ кг/м}^2$$

Коэффициент μ_1 следует принимать:

$$\mu_1 = 1 - 2m_2 = 1 - 2 \cdot 0,38 = \mathbf{0,23} \quad \text{для покрытий с парапетами и без парапетов}$$

$$\text{при } l_2 \leq b \quad - \quad (\quad 19 > 12,0 \quad)$$

$$\mu_1 = 1 - 2m_2 = 1 - 2 \cdot 0,38 = \mathbf{0,23} \quad \text{для покрытий без парапетов}$$

$$\text{при } \mu \leq \frac{2h}{S_0} \quad - \quad (\quad 3,9 < 6,0 \quad);$$

$$\mu_1 = 1 - \frac{m_2 \cdot l_2}{l_2 - h} = 1 - \frac{0,38 \cdot 18,9}{18,9 - 6} = \mathbf{0,44} \quad \text{при } L_2 > b \quad - \quad (\quad 19 > 12,0 \quad)$$

$$\text{и } \mu \leq \frac{2h}{S_0} \quad - \quad (\quad 3,9 < 6,0 \quad) \quad \text{для покрытий с парапетами};$$

$$\mu_1 = \frac{l_2 - 0,5 \cdot \mu \cdot b}{l_2 - 0,5 \cdot b} = \frac{18,9 - 0,5 \cdot 3,87 \cdot 12}{18,9 - 0,5 \cdot 12} = \mathbf{-0,34} \quad \text{в остальных случаях, но не}$$

Значит $\mu_1 = \mathbf{0,437}$ менее 0,2;

Расчетное значение нагрузки на участке μ_1 :

$$S_g \cdot \mu_1 \cdot \gamma = 2 \cdot 0,44 \cdot 1,4 = \mathbf{1,22} \text{ кПа} = \mathbf{122,4} \text{ кг/м}^2$$

Нормативное значение нагрузки на участке μ_1 :

$$S_g \cdot \mu_1 = 2 \cdot 0,44 = \mathbf{0,874} \text{ кПа} = \mathbf{87,4} \text{ кг/м}^2$$

| | | | | | | |
|------------------|--------------|--------------|--------|-------|------|------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | |
| | | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | |
| 393d6e815304984f | | | | | | Лист |
| | | | | | | 14 |

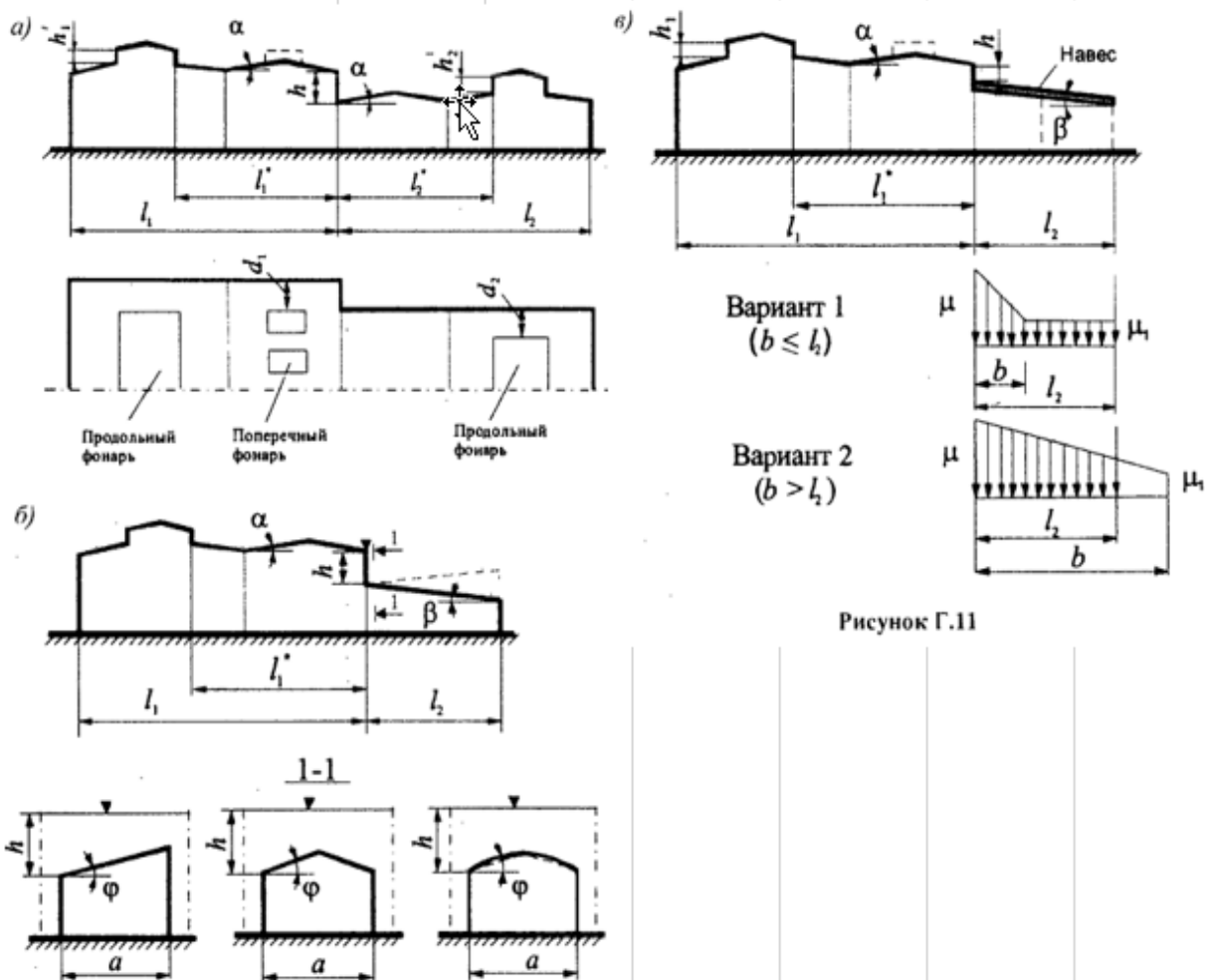


Рисунок Г.11

а) Для зданий с перепадом высоты снеговую нагрузку на верхнее покрытие следует принимать в соответствии со схемами Г.1–Г.7, а на нижнее – в двух вариантах: по схемам Г.1–Г.7 и схеме Г.8 (для зданий – профили «а», «б» (рисунки Г.8,а, Г.8,б), для навесов – профиль «в» (рисунок Г.8,в).

Ветровая нагрузка:

Расчёт производим в соответствии с СП 20.13330.2016. Ветровой район для г. Томск – III.

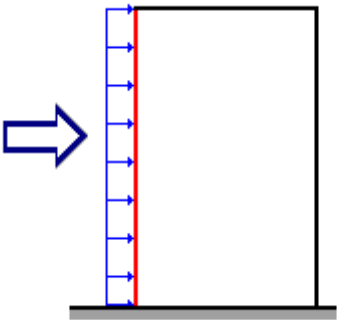
Ветровые нагрузки собраны с помощью программы «Вест». Результаты расчетов для наветренной стороны здания приведены в таблице 2.1.6 для подветренной стороны здания приведены в таблице 2.1.7

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

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

393d6e815304984f

| Исходные данные | |
|---|---|
| Ветровой район | III |
| Нормативное значение ветрового давления | 0.038 Т/м ² |
| Тип местности | В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м |
| Тип сооружения | Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15° поверхности |



| Параметры | | |
|------------------------------------|-------------------------|---|
| Поверхность | Наветренная поверхность | |
| Шаг сканирования | 0.5 м | |
| Коэффициент надежности по нагрузке | 1 | |
| f | | |
| Н | 24.9 | м |

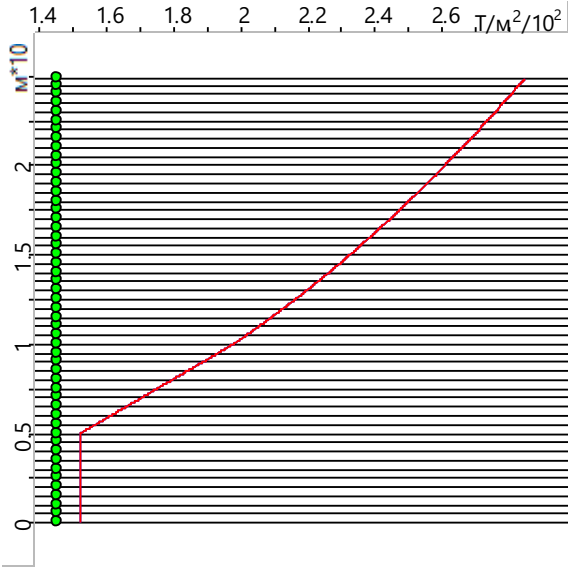
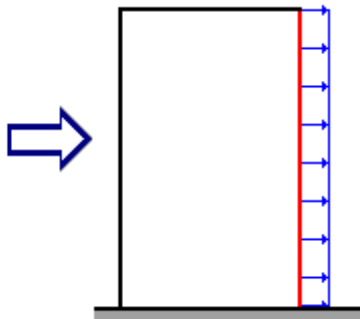


табл.2.1.6

| Высота (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|------------|--|--|
| 0 | 0.015 | 0.015 |
| 0.5 | 0.015 | 0.015 |
| 1 | 0.015 | 0.015 |
| 1.5 | 0.015 | 0.015 |
| 2 | 0.015 | 0.015 |
| 2.5 | 0.015 | 0.015 |
| 3 | 0.015 | 0.015 |
| 3.5 | 0.015 | 0.015 |

| | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------|-------|------|
| Изм. | Кол.уч | Лист | № док | Подп. | Дата |
| Индв.№подл. | Подп. и дата | Взм. инв. № | | | |

| Высота (м) | Нормативное значение (Т/м ²) | Расчетное значение (Т/м ²) |
|------------|--|--|
| 4 | 0.015 | 0.015 |
| 4.5 | 0.015 | 0.015 |
| 5 | 0.015 | 0.015 |
| 5.5 | 0.016 | 0.016 |
| 6 | 0.016 | 0.016 |
| 6.5 | 0.017 | 0.017 |
| 7 | 0.017 | 0.017 |
| 7.5 | 0.017 | 0.017 |
| 8 | 0.018 | 0.018 |
| 8.5 | 0.018 | 0.018 |
| 9 | 0.019 | 0.019 |
| 9.5 | 0.019 | 0.019 |
| 10 | 0.02 | 0.02 |
| 10.5 | 0.02 | 0.02 |
| 11 | 0.021 | 0.021 |
| 11.5 | 0.021 | 0.021 |
| 12 | 0.021 | 0.021 |
| 12.5 | 0.022 | 0.022 |
| 13 | 0.022 | 0.022 |
| 13.5 | 0.022 | 0.022 |
| 14 | 0.023 | 0.023 |
| 14.5 | 0.023 | 0.023 |
| 15 | 0.023 | 0.023 |
| 15.5 | 0.024 | 0.024 |
| 16 | 0.024 | 0.024 |
| 16.5 | 0.024 | 0.024 |
| 17 | 0.024 | 0.024 |
| 17.5 | 0.025 | 0.025 |
| 18 | 0.025 | 0.025 |
| 18.5 | 0.025 | 0.025 |
| 19 | 0.026 | 0.026 |
| 19.5 | 0.026 | 0.026 |
| 20 | 0.026 | 0.026 |
| 20.5 | 0.026 | 0.026 |
| 21 | 0.027 | 0.027 |
| 21.5 | 0.027 | 0.027 |
| 22 | 0.027 | 0.027 |
| 22.5 | 0.027 | 0.027 |
| 23 | 0.028 | 0.028 |
| 23.5 | 0.028 | 0.028 |
| 24 | 0.028 | 0.028 |
| 24.5 | 0.028 | 0.028 |
| 24.9 | 0.028 | 0.028 |



| | | |
|--------------|--------------|-------------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взм. инв. № |
| | | |

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

393d6e815304984f

| | | |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| Параметры | | |
| Поверхность | Подветренная поверхность | |
| Шаг сканирования | 0.5 м | |
| Коэффициент надежности по нагрузке | 1 | |
| f | | |
| | | |
| N | 24.9 | M |

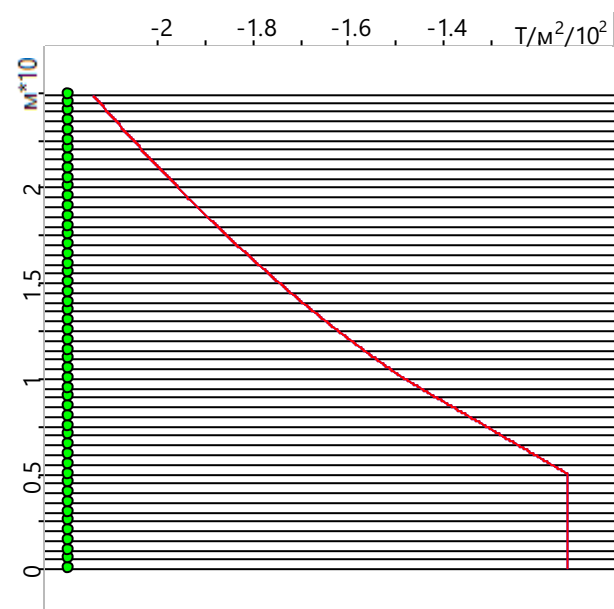


табл.2.1.7

| Высота (м) | Нормативное значение (Т/м²) | Расчетное значение (Т/м²) |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| 0 | -0.011 | -0.011 |
| 0.5 | -0.011 | -0.011 |
| 1 | -0.011 | -0.011 |
| 1.5 | -0.011 | -0.011 |
| 2 | -0.011 | -0.011 |
| 2.5 | -0.011 | -0.011 |
| 3 | -0.011 | -0.011 |
| 3.5 | -0.011 | -0.011 |
| 4 | -0.011 | -0.011 |
| 4.5 | -0.011 | -0.011 |
| 5 | -0.011 | -0.011 |
| 5.5 | -0.012 | -0.012 |
| 6 | -0.012 | -0.012 |
| 6.5 | -0.012 | -0.012 |
| 7 | -0.013 | -0.013 |
| 7.5 | -0.013 | -0.013 |
| 8 | -0.013 | -0.013 |
| 8.5 | -0.014 | -0.014 |
| 9 | -0.014 | -0.014 |
| 9.5 | -0.014 | -0.014 |
| 10 | -0.015 | -0.015 |
| 10.5 | -0.015 | -0.015 |
| 11 | -0.015 | -0.015 |
| 11.5 | -0.016 | -0.016 |

| | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ИНВ. № ПОДЛ. | ПОДП. И ДАТА | ВЗЯМ. ИНВ. № |
|--------------|--------------|--------------|

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

393d6e815304984f

| Высота (м) | Нормативное значение (Т/м²) | Расчетное значение (Т/м²) |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| 12 | -0.016 | -0.016 |
| 12.5 | -0.016 | -0.016 |
| 13 | -0.016 | -0.016 |
| 13.5 | -0.017 | -0.017 |
| 14 | -0.017 | -0.017 |
| 14.5 | -0.017 | -0.017 |
| 15 | -0.017 | -0.017 |
| 15.5 | -0.018 | -0.018 |
| 16 | -0.018 | -0.018 |
| 16.5 | -0.018 | -0.018 |
| 17 | -0.018 | -0.018 |
| 17.5 | -0.019 | -0.019 |
| 18 | -0.019 | -0.019 |
| 18.5 | -0.019 | -0.019 |
| 19 | -0.019 | -0.019 |
| 19.5 | -0.019 | -0.019 |
| 20 | -0.02 | -0.02 |
| 20.5 | -0.02 | -0.02 |
| 21 | -0.02 | -0.02 |
| 21.5 | -0.02 | -0.02 |
| 22 | -0.02 | -0.02 |
| 22.5 | -0.02 | -0.02 |
| 23 | -0.021 | -0.021 |
| 23.5 | -0.021 | -0.021 |
| 24 | -0.021 | -0.021 |
| 24.5 | -0.021 | -0.021 |
| 24.9 | -0.021 | -0.021 |

Пульсационная составляющая ветрового давления учтена программным комплексом путем преобразования статических загрузений в массы.

табл.2.1.8

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N строки характеристик

1

N загрузки

7

Наименование воздействия

Пульсационное (21)

Количество учитываемых форм колебаний

6

Параметры

N соответствующего статического загрузения

5

Матрица масс

☒ Диагональная

☐ Согласованная

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

| # | № | Имя загрузки... | Тип | Параметры... | Параметры динамического воздействия |
|---|---|-----------------|-------|--------------|---|
| 1 | 7 | Пульсация Y-Y | ПУЛЬС | 21 6 5 0 0 | 1.00 3 0.00 0.00 1 45.05 17.05 2 0 0.15 2 1 |
| 2 | 8 | Пульсация X-X | ПУЛЬС | 21 6 6 0 0 | 1.00 3 0.00 0.00 1 45.05 17.05 2 0 0.15 1 1 |
| 3 | | | | | |

Взм. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

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

393d6e815304984f

Лист

19

Конструктивный расчет:

3.1 Конструирование:

В ПК «ЛИРА-САПР 2016» была обеспечена совместная работа пластин моделирующих плиту перекрытия и двутавровых балок, путем разбиения последних на элементы с шагом равным сетки узлов пластин.

Так для корректного расчёта балок, разбитых по длине, чтобы учесть весь пролет при расчете по 2-й группе предельных состояний, конечные элементы балки были объединены в конструктивный элемент и заданы раскрепления для прогибов.

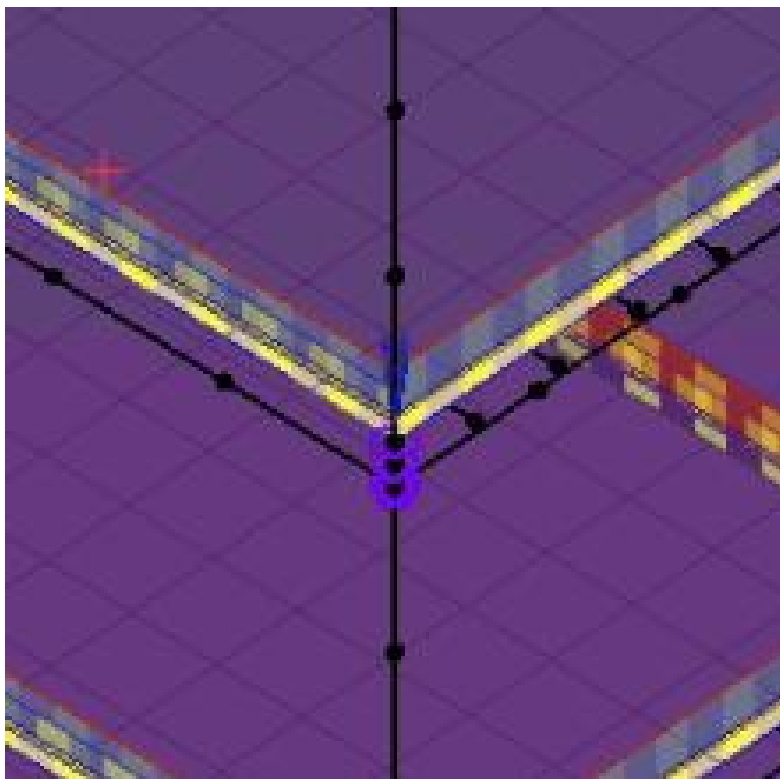


Рис.3.1.1 Фрагмент покрытия первого этажа

На узлы колонн были наложены связи в соответствии с заданной базой колонны

| Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
|------------|--------------|--------------|
| | | |

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

393d6e815304984f

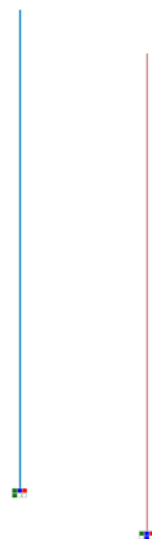
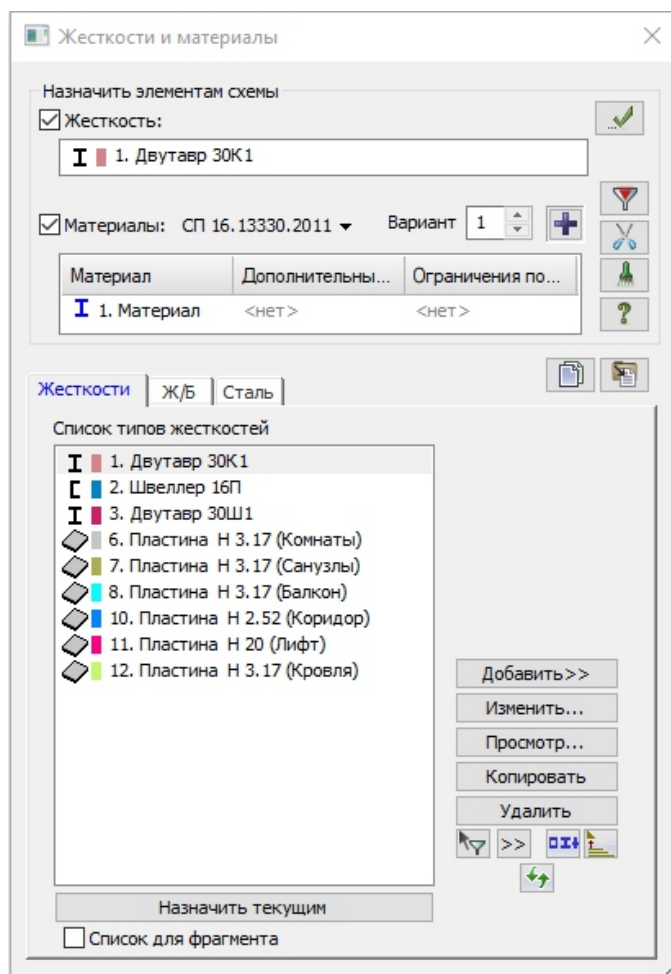


Рис.3.1.2 Фрагмент колонн первого этажа

табл.3.1.1.



Для пластин, моделирующих перекрытие, была задана условная жесткость для передачи равномерно-распределенных нагрузок на главные балки

перекрытия: толщина пластин была получена путем приведения момента инерции редуцированного сечения балок ЛСТК к моменту инерциипрямоугольного листа шириной 1 м:

Квартиры/санузлы/балконы (шаг балок 0.5м):

$$I_{x, 1м} = \frac{I_x}{0.5} = \frac{133.37}{0.5} = 266.74 \text{ см}^4$$

$$I_{x, 1м} = \frac{100 \text{ см} \cdot t^3}{12} = 266.74 \text{ см}^4$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{266.74 \cdot 12}{100}} = 3.17 \text{ см}$$

Коридор: (шаг балок 1 м):

$$I_{x, 1м} = \frac{I_x}{1} = \frac{133.37}{1} = 133.37 \text{ см}^4$$

$$I_{x, 1м} = \frac{100 \text{ см} \cdot t^3}{12} = 133.37 \text{ см}^4$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{133.37 \cdot 12}{100}} = 2.52 \text{ см}$$

Расчетные сочетания нагрузок:

табл.3.1.2

Расчетные сочетания нагрузок

Номер таблицы РСН

1

Имя таблицы РСН

Импорт из САПФИР-СП 20.13330.2011

☐ Определяющие РСН
 ☐ Динамика по абсолютному значению

СП 20.13330.2011/2016

☐ Не учитывать сейсмику для II-го ПС
 ☐ Не учитывать особые загрузки для II-го ПС

| N загруз. | Наименование | Вид | Знакоперен. | Взаимосискл. | Козф. надежн. | Доля длител.н. | Основное.1х | Основное.2х | Основное.3х | Основное.4х | Основное.5х |
|-----------|--------------|----------------------------|--------------------------|--------------|---------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1 | Собственный вес | Постоянное (P) | + | | 1.1 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | Постоянные нагрузки на пл. | Постоянное (P) | + | | 1.2 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | Стены | Длит. доминир.1 (P11) | + | | 1.2 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 4 | Полезная | Кратк. доминир.1 (P11) | + | | 1.2 | 0.35 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 5 | снег | Длит. доминир.1 (P11) | + | | 1.2 | 1.0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 6 | Ветер X-X | Мгновенное(M) | + | 1 | 1.4 | 0.0 | 0 | 0 | 0.7 | 0 |
| 7 | 7 | Ветер Y-Y | Мгновенное(M) | + | 1 | 1.4 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 |
| 8 | 8 | Ветер X-X (пульс) | Мгновенное(M) | + | 1 | 1.4 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0.7 |
| 9 | 9 | Ветер Y-Y (пульс) | Мгновенное(M) | + | 1 | 1.4 | 0.0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Основное сочетание

Особое сочетание

$$p^d + \psi_{11} \cdot p_{11}^d + \sum_{i=2}^n \psi_{1i} \cdot p_{1i}^d +$$

$$+ \psi_{11} \cdot p_{11}^d + \psi_{12} \cdot p_{12}^d + \sum_{j=3}^n \psi_{1j} \cdot p_{1j}^d$$

Добавить

Козф.факцииенты

Материалы и дополнительные характеристики конструктивного расчета:

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв.№подл.

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

393d6e815304984f

Лист

22

Жесткости и материалы

Назначить элементам схемы

☒ Жесткость:

I 1. Двутавр 30К1

☒ Материалы: СП 16.13330.2011 Вариант 1

| Материал | Дополнительны... | Ограничения по... |
|-----------------|------------------|-------------------|
| I 1. Сталь С345 | <нет> | <нет> |

Жесткости | Ж/Б | **Сталь**

Задание параметров для стальных конструкций

I 1. Сталь С345

☒ Материал

☐ Дополнительные характеристики

☐ Ограничения подбора

Добавить...

Изменить...

Просмотр...

Копировать

Удалить

<< >> [И] [Л]

Раскрепления...

Настройки...

Назначить текущим

табл.3.13

Жесткости и материалы

Назначить элементам схемы

☒ Жесткость:

I 1. Двутавр 30К1

☒ Материалы: СП 16.13330.2011 Вариант 1

| Материал | Дополнительны... | Ограничения по... |
|-----------------|------------------|-------------------|
| I 1. Сталь С345 | <нет> | <нет> |

Жесткости | Ж/Б | **Сталь**

Задание параметров для стальных конструкций

I 1. Балка без консоли

I 3. Колонна

☐ Материал

☒ Дополнительные характеристики

☐ Ограничения подбора

Добавить...

Изменить...

Просмотр...

Копировать

Удалить

<< >> [И] [Л]

Раскрепления...

Настройки...

Назначить текущим

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв.№подл.

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

393d6e815304984f

табл.3.1.4

Параметры

| | |
|--|----------------------------------|
| Нормы проектирования | СП 16.13330.2011 |
| Номер | 3 |
| Комментарий | Колонна |
| Тип элемента | |
| Ферменный | <input type="radio"/> |
| Колонна | <input checked="" type="radio"/> |
| Балка | <input type="radio"/> |
| Коэффициенты условий работы и надежности | |
| Ус устойчивости | 0.95 |
| Ус прочности | 0.95 |
| Уп | 1 |
| Напряженно-деформированное состояние | 1-й класс |
| Предельная гибкость | |
| основная колонна | <input checked="" type="radio"/> |
| неосновная колонна | <input type="radio"/> |
| прочая | <input type="radio"/> |
| На сжатие | 180-60a |
| На растяжение | 300 |
| Yfy | 1.6 |
| Yfz | 1.6 |
| Расчетные длины | |
| Lef z, м | 2.91 |
| Lef y, м | 4.99 |
| Lef b, м | 1 |
| использовать коэффициенты длины | <input type="checkbox"/> |

табл.3.1.5

Задание жесткости для пластин

☐ Учет ортотропии

E20

E1000

т/м²

V210

V0.3

G0

H3.17

см

Ro7.85

т/м³

Учет нелинейности

Тип КЭ

☒ Плита,оболочка

☐ Балка-стенка

Параметры материала

Параметры арматуры

☐ Учет сдвига

Меньший размер пластины

0

м

Комментарий

Санузлы

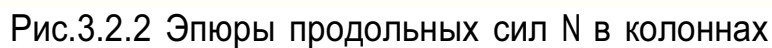
Цвет

Огибающая максимальных значений (Импорт из САПФИР.СПИ 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию))
Мозаика перемещений по Z(O)
Единица измерения - мм


$$f_u = 1/200 = 8900/200 = 44,5$$

Расчетные длины:

Отбрасывая максимальных значений (Импорт из САПФИР.СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию))
Этюда N
Единицы измерения - кН



| ИНВ. № ПОДЛ. | ПОДП. И ДАТА | ВЗАМ. ИНВ. № |
|--------------|--------------|--------------|
| | | |

Отбрасывая максимальных значений (Импорт из САПФИР-СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию))
 Мозаика N
 Единицы измерения - кН

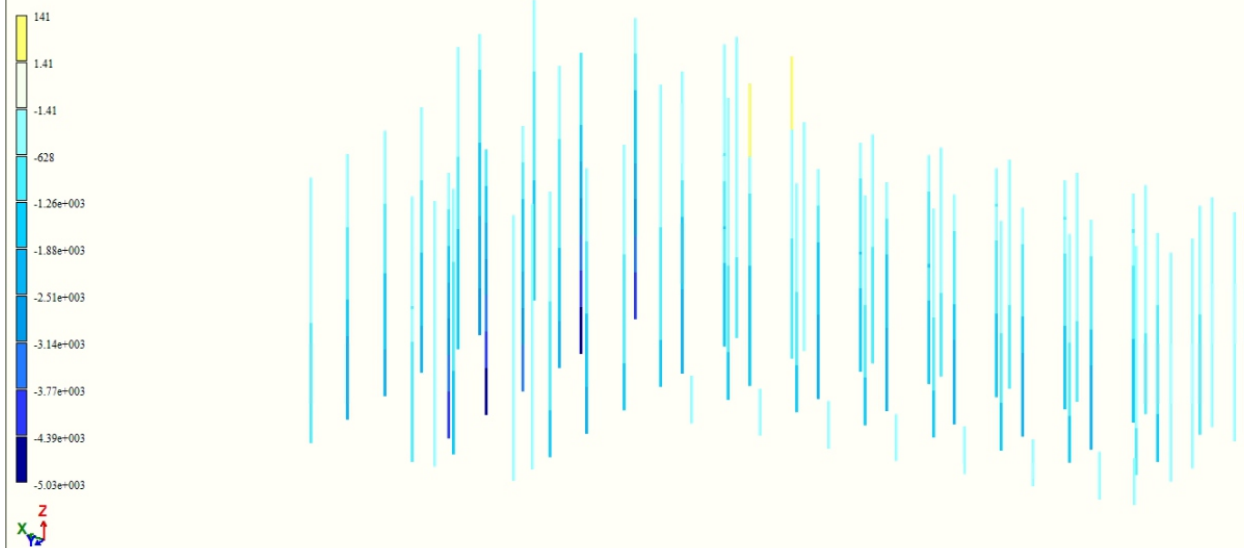


Рис.3.2.3 Мозаика N в колоннах

Отбрасывая максимальных значений (Импорт из САПФИР-СП 20.13330.2016 (РФ) (по умолчанию))
 Мозаика моментов M_y-M_z
 Единицы измерения - кН*м

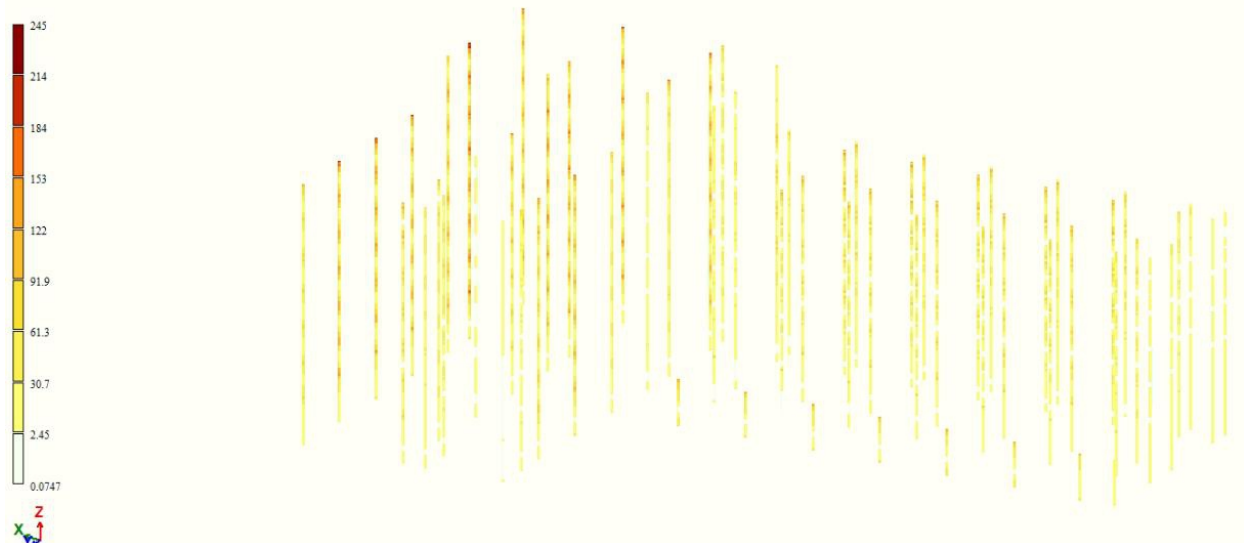
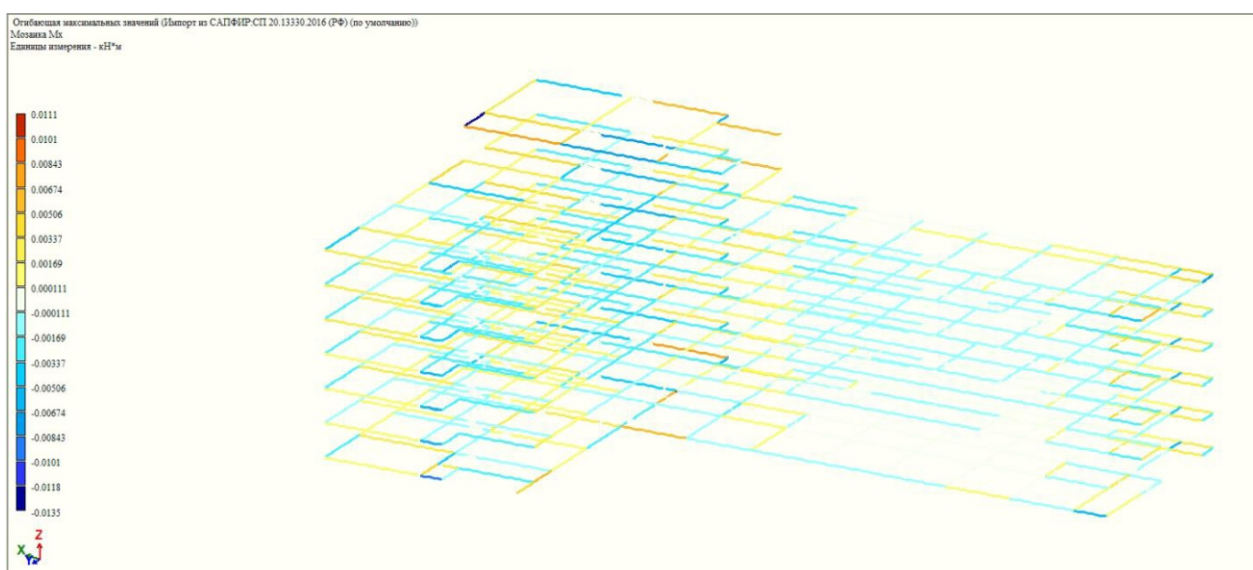
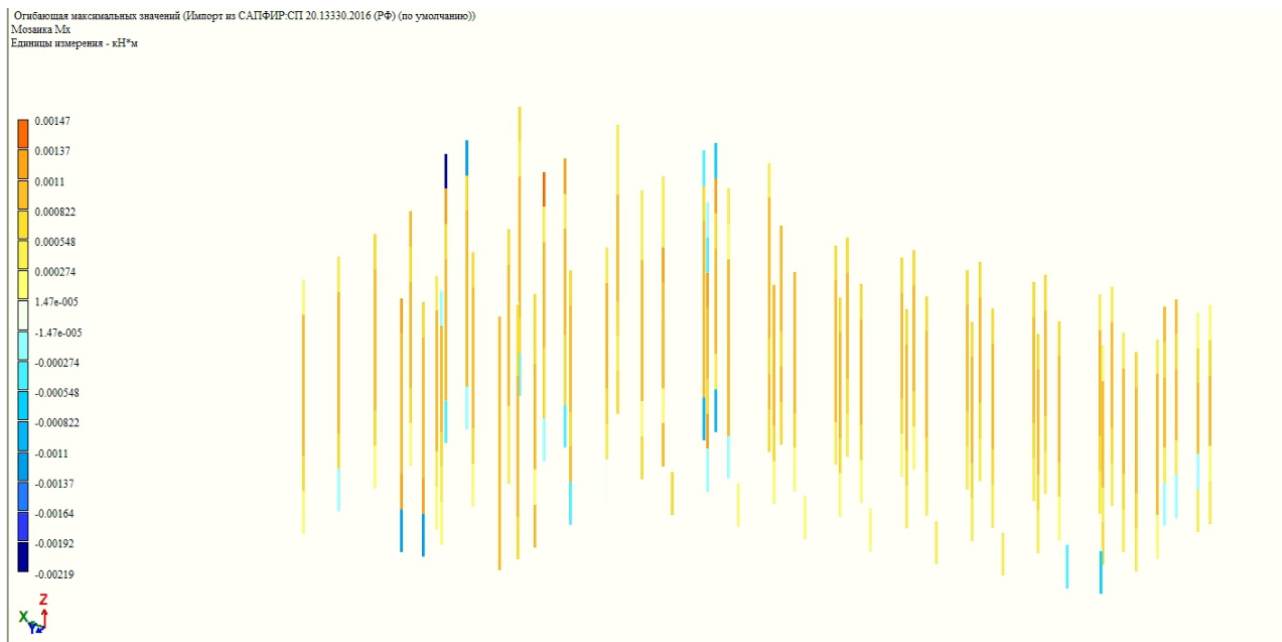


Рис.3.2.4 Мозаика M_x в колоннах

| | |
|--------------|--------------|
| И.И.И. № | Взам. инв. № |
| Подп. и дата | |
| И.И.И. № | |

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

393d6e815304984f



| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
|--------------|--------------|--------------|
| | | |

| | | | | | | | |
|------|----------|------|-------|-------|------|------------------|------|
| | | | | | | 393d6e815304984f | Лист |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док | Подп. | Дата | | 27 |

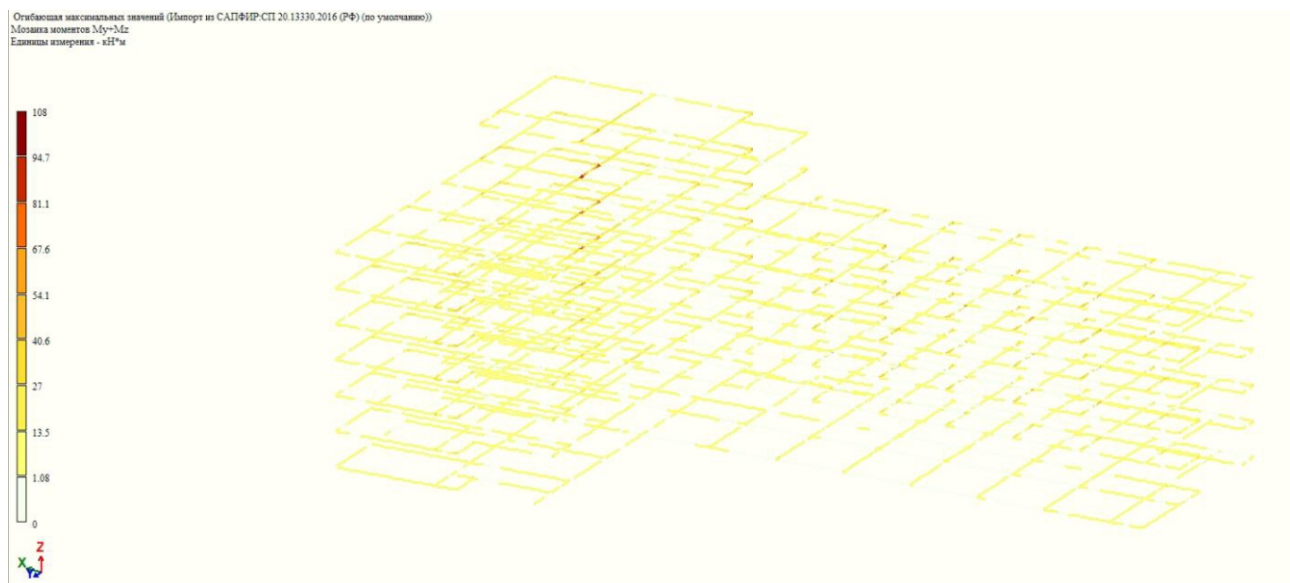


Рис.3.2.7 Мозаика M_y+M_z в балках

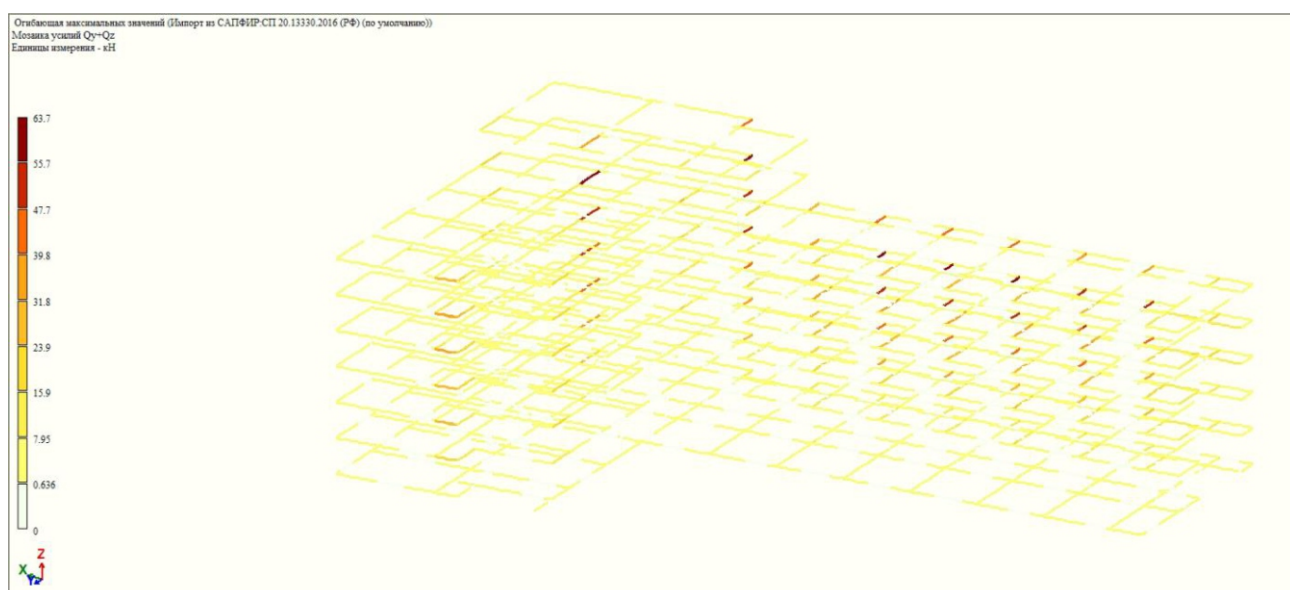


Рис.3.2.8 Мозаика Q_z в балках

Вывод: все подобранные сечения удовлетворяют проверкам по 1-й и 2-й группам предельных состояний.

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|------|----------|------|--------|------------------|------|------------|
| Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | 393d6e815304984f | | Лист 28 |
| | | | Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | |

Ветер X-X
 Изополюс перемещений по X(G)
 Единицы измерения - мм

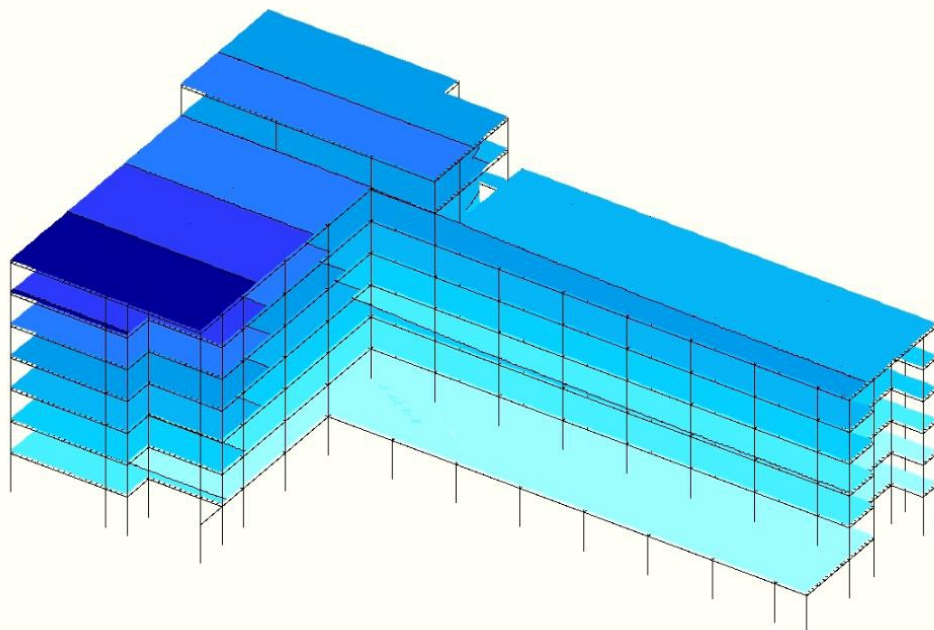
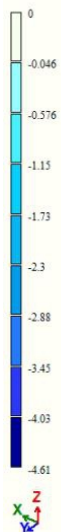


Рис.3.2.11 Перемещения по оси X от ветровой нагрузки.

| | | |
|-------------|--------------|--------------|
| Инов.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |
| Изм. | Кол.уч | Лист |
| | | |
| № док | Подп. | Дата |
| | | |

393d6e815304984f

Лист

30

$$q = q^{\text{пост.}} + q^{\text{врем.}}$$

$q_{\text{врем}}$ - расчетная временная нагрузка, т/м² (полезная нагрузка в зависимости от типа помещения).

Квартиры: $q=0.244+0.18=0.424 \text{ т/м}^2$;

Коридоры: $q=0.244+0.36=0.604 \text{ т/м}^2$;

Санузлы: $q=0.273+0.24=0.513 \text{ т/м}^2$;

Балконы: $q^{\text{пог}} = q \cdot B$, где B – шаг балок, м.

Квартиры: $q^{\text{пог}} = 0.424 \cdot 0.5 = 0.212 \text{ т/м};$

Коридоры: $q^{\text{пог}} = 0.604 \cdot 1 = 0.604 \text{ т/м};$

Санузлы: $q^{\text{пог}} = 0.513 \cdot 0.5 = 0.256 \text{ т/м};$

Балконы $q^{\text{пог}}=0.724 \cdot 0.5=0.362$ т/м.

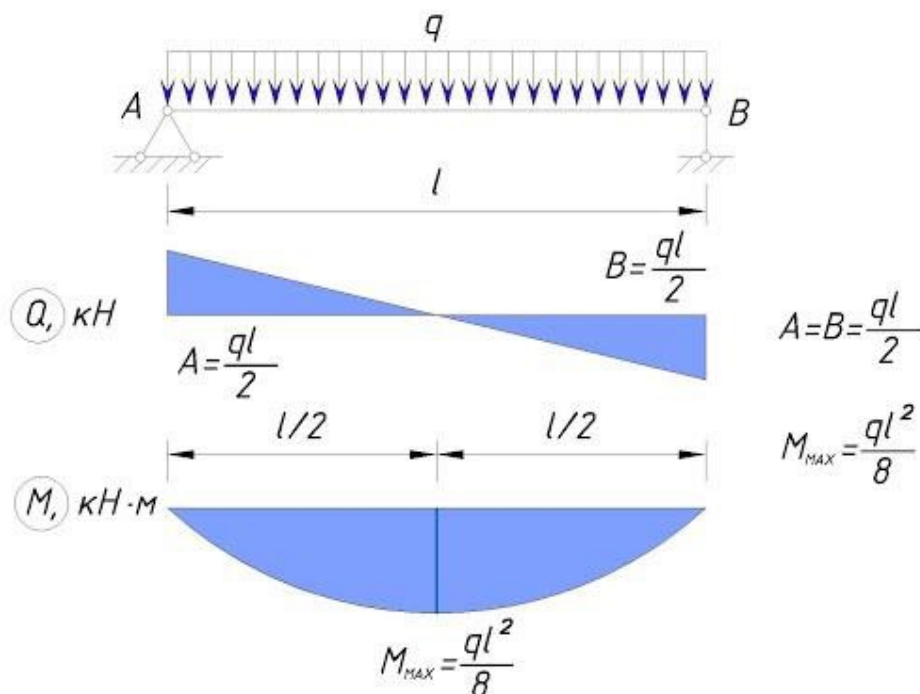


Рис. 2 Усилия в балке Максимальный пролет балок в здании:

Коридор – 1.5 м;

Квартиры/санузлы – 3.6 м;

Балкон – 1.72 м.

| | M_{max} , кН | Q , кН |
|------------------|----------------|-----------|
| Коридор | 1.7 | 4.53 |
| Квартиры/санузлы | 3.43/4.15 | 3.82/4.61 |
| Балкон | 1.34 | 3.11 |

Конструктивный расчет (проверка заданного профиля)

Примем сталь 350 ($R_y=330$ МПа, $R_{y,n}=350$ Мпа)

Исходя из толщины звукоизоляционного слоя перекрытия конструктивнопримем профиль с высотой 160 мм:

Характеристики стали

марки 350

| | | | |
|---------------------|----------|--------|-----|
| Расч. сопротивление | R_y | 330 | МПа |
| Норм. сопротивление | R_{yn} | 350 | Мпа |
| модуль упругости | E | 206000 | МПа |
| коэф Пуассона | ν | 0.3 | |
| моудь сдвига | G | 79000 | МПа |

Усилия, действующие в сечении:

| | | |
|----------------------------|------|-----|
| M | 4.15 | кНм |
| Q | 4.61 | кН |
| коэффициент условий работы | 0.95 | |

Размеры профиля

| | | | |
|---------------|-----|-----|----|
| толщина | t | 1.2 | мм |
| высота | h | 160 | мм |
| ширина | b | 60 | мм |
| отгиб | c | 18 | мм |
| радиус загиба | r | 4 | мм |

Геометрические характеристики профиля:

| | | |
|--|--------|-----------------|
| Площадь (S) | 3.64 | см ² |
| Момент инерции x (I_x) | 143.85 | см ⁴ |
| Момент сопротивления x (W_x) | 18.12 | см ³ |
| Момент инерции y (I_y) | 18.02 | см ⁴ |
| Момент сопротивления y (W_y) | 4.35 | см ³ |
| Расстояние до центра тяжести (x_0) | 1.74 | мм |

Размеры профиля по срединным линиям:

| | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|------------|--------------|--------------|------------------|------|
| Изм. | Кол.уч | Лист | № док | Подп. | Дата | Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | 32 |
| | | | | | | | | | | |

Высота
ширина
отгиб

$$h_p = h - t = 160 - 1.2 = 158.8 \text{ мм}$$

$$b_p = b - t = 60 - 1.2 = 58.8 \text{ мм}$$

$$c_p = c - t/2 = 18 - 1.2/2 = 17.4 \text{ мм}$$

Напряжения в стенке (сжатие с +):

сжатие $\sigma_1 = M/W_x = 4.15 \cdot 100 / 18.12 = 229.03 \text{ МПа}$
 растяжение $\sigma_2 = M/W_x = 4.15 \cdot 100 / 18.12 = -229.03 \text{ МПа}$

Напряжение на концах отгибов:

верхнего: $\sigma_3 = M \cdot 100 \cdot \frac{\frac{h}{2} - c}{I_x} = 4.15 \cdot 100 \cdot \frac{\frac{160}{2} - 18}{143.85} = 178.87 \text{ МПа}$
 нижнего: $\sigma_4 = -M \cdot 100 \cdot \frac{\frac{h}{2} - c}{I_x} = -4.15 \cdot 100 \cdot \frac{\frac{160}{2} - 18}{143.85} = 178.87 \text{ МПа}$

Полки:

Верхняя полка: $\psi = 1$

$$\sigma_{cr} = \frac{k_{\sigma} \cdot \pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b_p^2} = \frac{4 \cdot 3.14^2 \cdot 206000 \cdot 1.2^2}{12 \cdot (1 - 0.3^2) \cdot 158.8^2} = 310.18 \text{ МПа}$$

Условная гибкость сжатой полки:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_y}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{330}{310.18}} = 1.03 > 0.673 \Rightarrow \rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0.055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1.0;$$

$$\rho = \frac{1.03 - 0.055(3 + 1)}{1.03^2} = 0.76 \leq 1$$

Эффективная ширина полки:

- более сжатой:

$$b_{ef}^{б.с.} = \rho \cdot b_p = 0.76 \cdot 58.8 = 44.84 \text{ мм}$$

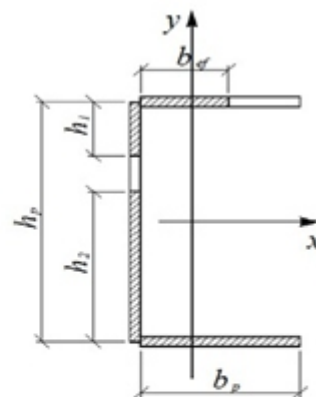
$$b_{e1}^{б.с.} = \frac{b_{ef}}{2} = \frac{44.84}{2} = 22.42 \text{ мм}$$

$$b_{e2}^{б.с.} = \frac{b_{ef}}{2} = \frac{44.84}{2} = 22.42 \text{ мм}$$

- менее сжатой:

$$b_{ef}^{м.с.} = b_p = 58.8 \text{ мм}$$

$$b_{e1}^{м.с.} = \frac{b_{ef}}{2} = \frac{58.8}{2} = 29.4 \text{ мм}$$



Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

393d6e815304984f

Лист

33

Изм. Кол. уч. Лист № док. Подп. Дата

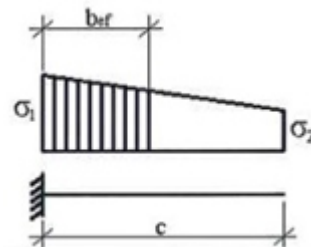
$$b_{e2}^{м.с.} = \frac{b_{ef}}{2} = \frac{58.8}{2} = 29.4 \text{ мм}$$

Отгибы:

- более сжатый:

$$\psi = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{178.87}{229.03} = 0.78$$

$$k_\sigma = \frac{0.578}{\psi + 0.34} = \frac{0.578}{0.78 + 0.34} = 0.516$$



$$1 > \psi > 0 \\ b_{ef} = \rho c$$

$$\sigma_{cr} = \frac{k_\sigma \cdot \pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot c_p^2} = \frac{0.516 \cdot 3.14^2 \cdot 206000 \cdot 1.2^2}{12 \cdot (1 - 0.3^2) \cdot 18^2} = 456.6 \text{ МПа}$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_{ym}}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{350}{456.6}} = 0.74$$

$$\bar{\lambda}_p = 0.74 < 0.748 \Rightarrow \rho = 1$$

$$c_{ef} = \rho \cdot c_p = 1 \cdot 17.4 = 17.4 \text{ мм}$$

- растянутый:

$$\psi = \frac{\sigma_4}{\sigma_2} = \frac{-178.87}{-229.03} = 0.78$$

$$\psi = \frac{\sigma_4}{\sigma_2} = \frac{-178.87}{-229.03} = 0.78$$

$$k_\sigma = \frac{0.578}{\psi + 0.34} = \frac{0.578}{0.78 + 0.34} = 0.516$$

$$\sigma_{cr} = \frac{k_\sigma \cdot \pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot c_p^2} = \frac{0.516 \cdot 3.14^2 \cdot 206000 \cdot 1.2^2}{12 \cdot (1 - 0.3^2) \cdot 18^2} = 456.6 \text{ МПа}$$

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{R_{ym}}{\sigma_{cr}}} = \sqrt{\frac{350}{456.6}} = 0.74$$

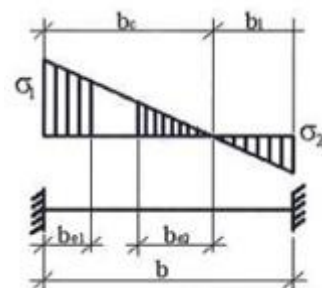
$$\bar{\lambda}_p = 0.74 < 0.748 \Rightarrow \rho = 1$$

$$c_{ef} = \rho \cdot c_p = 1 \cdot 17.4 = 17.4 \text{ мм}$$

Стенка:

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{-229.03}{229.03} = -1$$

$$k_\sigma = 23.9$$



Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

393d6e815304984f

Лист

34

Изм. Кол. уч. Лист № док. Подп. Дата

$$A_{ef} = A_{п}^{б.с} + A_{п}^{м.с} + A_{ст}^{сж} + A_{от}^{б.с} + A_{от}^{м.с} = 336.95 \text{ мм}^2 = 3.37 \text{ см}^2$$

Расстояния от вспомогательной оси (х) до центра тяжести:

| | |
|-------------------------------|--|
| сжатой полки | $y_1 = h_p + t/2 = 158.8 + 1.2/2 = 159.4 \text{ мм}$ |
| растянутой полки | $y_2 = t/2 = 0.6 \text{ мм}$ |
| сжатой части стенки | $y_3 = h_p + t/2 - h_1/2 = 158.8 + 1.2/2 - 30.22/2 = 146.81 \text{ мм}$ |
| сжато-растянутой части стенки | $y_4 = t/2 - h_2/2 = 1.2/2 - 117.17/2 = 59.18 \text{ мм}$ |
| более сжатого отгиба | $y_5 = h_p + t/2 - h_1/2 - c_{ef}/2 = 158.8 + 1.2/2 - 17.4/2 = 150.7 \text{ мм}$ |
| менее сжатого отгиба | $y_6 = t/2 + c_{ef}/2 = 1.2/2 + 17.4/2 = 9.3 \text{ мм}$ |

Расстояния от вспомогательной оси (у) до центра тяжести:

| | |
|-------------------------------|---|
| верхней полки | $x_1^a = t + b_{e1}^{б.с.}/2 = 1.2 + 22.42/2 = 12.41 \text{ мм}$ |
| | $x_1^б = b - t - b_{e2}^{б.с.}/2 = 60 - 1.2 - 22.42/2 = 47.57 \text{ мм}$ |
| нижней полки | $x_2^a = t + b_{e1}^{м.с.}/2 = 1.2 + 29.4/2 = 15.9 \text{ мм}$ |
| | $x_2^б = b - t - b_{e2}^{м.с.}/2 = 60 - 1.2 - 29.4/2 = 44.1 \text{ мм}$ |
| сжатой части стенки | $x_3 = t/2 = 1.2/2 = 0.6 \text{ мм}$ |
| сжато-растянутой части стенки | $x_4 = t/2 = 1.2/2 = 0.6 \text{ мм}$ |
| более сжатого отгиба | $x_5 = b_p = 58.8 \text{ мм}$ |
| менее сжатого отгиба | $x_6 = b_p = 58.8 \text{ мм}$ |

Статический момент S_x :

| | |
|--------------|---|
| сжатой полки | $S_{x1}^{сж.п} = A_{п1}^{б.с.} \cdot y_1 = 26.91 \cdot 159.4 = 4289.5 \text{ мм}^2$ |
| | $S_{x2}^{сж.п} = A_{п2}^{б.с.} \cdot y_1 = 26.91 \cdot 159.4 = 4289.5 \text{ мм}^2$ |

| | |
|------------------|--|
| растянутой полки | $S_x^{р.п} = A_{п1}^{м.с.} \cdot y_2 = 35.28 \cdot 0.6 = 21.17 \text{ мм}^2$ |
| | $S_x^{р.п} = A_{п2}^{м.с.} \cdot y_2 = 35.28 \cdot 0.6 = 21.17 \text{ мм}^2$ |

| | |
|-------------------------------|--|
| сжатой части стенки | $S_x^{сж.ст} = A_{ст}^{сж.} \cdot y_3 = 30.21 \cdot 146.21 = 4435.9 \text{ мм}^2$ |
| сжато-растянутой части стенки | $S_x^{сж-р.ст} = A_{ст}^{сж-р.} \cdot y_4 = 140.6 \cdot 59.18 = 8321.5 \text{ мм}^2$ |

| | |
|----------------------|--|
| более сжатого отгиба | $S_x^{б.сж.от.} = A_{от}^{б.с.} \cdot y_5 = 20.88 \cdot 150.7 = 3146.6 \text{ мм}^2$ |
|----------------------|--|

| | |
|-------------------------------|--|
| менее сжатого отгиба сечения: | $S_x^{м.сж.от.} = A_{от}^{м.с.} \cdot y_6 = 20.88 \cdot 9.3 = 194.18 \text{ мм}^2$ |
|-------------------------------|--|

$$S_x^{сж.п} + S_x^{р.п} + S_x^{сж.ст} + S_x^{сж-р.ст} + S_x^{б.сж.от.} + S_x^{м.сж.от.} = 24719 \text{ мм}^2 = 247.19 \text{ см}^2$$

Статический момент S_y :

| | |
|---------------|--|
| верхней полки | $S_y^{в.п} = A_{п1}^{б.с.} \cdot x_1^a = 26.91 \cdot 12.41 = 334 \text{ мм}^2$ |
| | $S_y^{в.п} = A_{п2}^{б.с.} \cdot x_1^б = 26.91 \cdot 47.59 = 1280.53 \text{ мм}^2$ |

| | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------|-------|------|------------------|--|------|
| Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | 393d6e815304984f | | Лист |
| | | | | | | | | 36 |

растянутой полки

$$I_x^{p.n.} = \frac{b_{ef}^{м.с.} \cdot t^3}{12} + \frac{b_{ef}^{м.с.} \cdot t \cdot y_{p.n.}^2}{12} =$$

$$= \frac{58.8 \cdot 1.2^3}{12} + \frac{58.8 \cdot 1.2 \cdot (-72.76)^2}{12} = 373553 \text{ мм}^4$$

сжатой части стенки

$$I_x^{сж.ст.} = \frac{t \cdot h_1^3}{12} + \frac{t \cdot h_1 \cdot y_{сж.ст.}^2}{12} =$$

$$= \frac{1.2 \cdot 25.18^3}{12} + \frac{1.2 \cdot 25.18 \cdot 73.45^2}{12} = 164605 \text{ мм}^4$$

сжато-растянутой
части стенки

$$I_x^{сж-р.ст.} = \frac{t \cdot h_2^3}{12} + \frac{t \cdot h_2 \cdot y_{сж-р.ст.}^2}{12} =$$

$$= \frac{1.2 \cdot 117.17^3}{12} + \frac{1.2 \cdot 117.17 \cdot (-14.18)^2}{12} = 189108 \text{ мм}^4$$

более сжатого отгиба

$$I_x^{б.сж.от.} = \frac{t \cdot c_{ef}^3}{12} + \frac{t \cdot c_{ef} \cdot y_{б.с.от.}^2}{12} =$$

$$= \frac{1.2 \cdot 17.4^3}{12} + \frac{1.2 \cdot 17.4 \cdot 77.34^2}{12} = 125420 \text{ мм}^4$$

менее сжатого
отгиба

$$I_x^{м.сж.от.} = \frac{t \cdot c_{ef}^3}{12} + \frac{t \cdot c_{ef} \cdot y_{м.с.от.}^2}{12} =$$

$$= \frac{1.2 \cdot 17.4^3}{12} + \frac{1.2 \cdot 17.4 \cdot (-64.06)^2}{12} = 86211 \text{ мм}^4$$

сечения:

$$I_{x_{\text{ок}}} = I_x^{сж.п.} + I_x^{p.n.} + I_x^{сж.ст.} + I_x^{сж-р.ст.} + I_x^{б.сж.от.} + I_x^{м.сж.от.} = 1337310 \text{ мм}^4 = 133.73 \text{ см}^4$$

Момент инерции I_y :

верхней полки

$$I_{y,1}^{в.п.} = \frac{b_{e1}^{б.с.} \cdot t^3}{12} + \frac{b_{e1}^{б.с.} \cdot t \cdot (x_{в.п.}^a)^2}{12} =$$

$$= \frac{22.42 \cdot 1.2^3}{12} + \frac{22.42 \cdot 1.2 \cdot (-5.86)^2}{12} = 2051 \text{ мм}^4$$

$$I_{y,2}^{в.п.} = \frac{b_{e2}^{б.с.} \cdot t^3}{12} + \frac{b_{e2}^{б.с.} \cdot t \cdot (x_{в.п.}^6)^2}{12} =$$

$$= \frac{22.42 \cdot 1.2^3}{12} + \frac{22.42 \cdot 1.2 \cdot 29.32^2}{12} = 24256.71 \text{ мм}^4$$

Момент сопротивления W_y :

$$\min: \frac{I_y}{b_{ef}^{м.с.} \cdot x_c} = \frac{177084.9}{58.8 \cdot 18.27} = 4369 \text{ мм}^3 = 4.37 \text{ см}^3$$

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

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

393d6e815304984f

Лист

38

$$\max: \frac{I_y}{x_c} = \frac{177084.9}{18.27} = 9692 \text{ мм}^3 = 9.69 \text{ см}^3$$

Радиус инерции i_x :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_{ef}}} = \sqrt{\frac{1337310}{336.95}} = 6.3 \text{ мм}$$

Радиус инерции i_y :

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_{ef}}} = \sqrt{\frac{177084.9}{336.95}} = 2.29 \text{ мм}$$

Условная гибкость стенки:

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_p}{t} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 0.346 \cdot \frac{158.8}{1.2} \cdot \sqrt{\frac{330}{206000}} = 1.83$$

Расчетное сопротивление стали срезу, согласно табл.7.4 СП 260.1325800:

| Условная гибкость стенки | Стенка без элемента жесткости на опоре | Стенка с элементом жесткости на опоре* |
|---------------------------------|--|--|
| $\bar{\lambda}_w \leq 0,83$ | $0,58 R_y$ | $0,58 R_y$ |
| $0,83 < \bar{\lambda}_w < 1,40$ | $0,48 R_y / \bar{\lambda}_w$ | $0,48 R_y / \bar{\lambda}_w$ |
| $\bar{\lambda}_w \geq 1,40$ | $0,67 R_y / \bar{\lambda}_w^2$ | $0,48 R_y / \bar{\lambda}_w$ |

$$R_s = 0.67 \cdot \frac{R_y}{\bar{\lambda}_w^2} = 0.67 \cdot \frac{330}{1.83^2} = 65.83 \text{ МПа}$$

Расчет по первой группе предельных состояний:

Расчет на поперечную силу:

$$Q \leq Q_w$$

Несущая способность сечения от действия поперечной силы:

$$Q_w = \frac{\gamma_c \cdot h_p \cdot t \cdot R_s}{\sin(90^\circ)} = \frac{0.95 \cdot 158.8 \cdot 1.2 \cdot 65.83}{1 \cdot 1000} = 11.92 \text{ кН}$$

$$4.61 \text{ кН} \leq 11.92 \text{ кН}$$

(условие выполняется)

Расчет на изгибающий момент:

$$\frac{N}{A_{ef} \cdot R_y} + \frac{M_x + N e_N}{W_{Mx} \cdot R_y} \leq 1$$

| | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|-------|------|--------------|--------------|--------------|--|------------------|------|
| Изм. | Кол.уч | Лист | № док | Подп. | Дата | Изм. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | | 393d6e815304984f | Лист |
| | | | | | | | | | | | 39 |
| | | | | | | | | | | | |

$$\frac{4.15}{15.43 \cdot 10^{-6} \cdot 330 \cdot 10^3} = 0.815 \leq 1$$

(условие выполняется)

Расчет по второй группе предельных состояний (нормативные нагрузки):

$$f \leq f_u$$

$$q_n^{\text{пог.}} = (0.21 + 0.24) \cdot 0.5 = 0.23 \frac{\text{Т}}{\text{М}} = 2.3 \text{ кН/м}$$

$$M = \frac{q_n \cdot l^2}{8} = \frac{2.3 \cdot 3.6^2}{8} = 3.73 \text{ кНм}$$

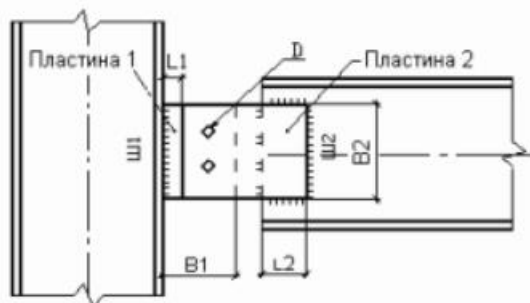
$$f = \frac{5}{48} \cdot \frac{M \cdot l^2}{E \cdot I_x} = \frac{5}{48} \cdot \frac{3.73 \cdot 3.6^2}{206000 \cdot 10^3 \cdot 133.73 \cdot 10^{-8}} = 0.018 \text{ м} = 18 \text{ мм}$$

$$f_u = \frac{1}{150} = \frac{3600}{150} = 24 \text{ мм}$$

$$18 \leq 24 \text{ мм}$$

(условие выполняется)

| | | | | | | |
|--------------|---|------|--------|-------|------|------------|
| Инв. № подл. | Взам. инв. № | | | | | Лист 40 |
| | Подп. и дата | | | | | |
| | <div> <div> <div>Приложение В</div> <div>Шарнирный узел колонна–балка:</div> </div> <div> <div>393d6e815304984f</div> </div> </div> | | | | | |
| Изм. | Кол. уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата | |



Узел 13944 : Исходные данные

| Элемент узла | Свойство | Значение | Единицы измерения |
|--------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| Балка | Профиль | I30Ш1;СТО АСЧМ 20-93 | -- |
| | Сталь | С345; | -- |
| Колонна | Профиль | I30Ш1;СТО АСЧМ 20-93 | -- |
| | Сталь | С345; | -- |
| Шов Ш1 | Материал | Марка проволоки: Св-08 | -- |
| Шов Ш2 | Материал | Марка проволоки: Св-08 | -- |
| Болты | Класс прочности | 5.6 | -- |
| | Диаметр | 16.00 | мм |
| Пластина 1 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 95.00 | мм |
| | Длина | 130.00 | мм |
| | Толщина | 6.00 | мм |
| Пластина 2 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 130.00 | мм |
| | Длина | 135.00 | мм |
| | Толщина | 6.00 | мм |

Узел 13944 : Результаты проверки (СП 16.13330.2011)

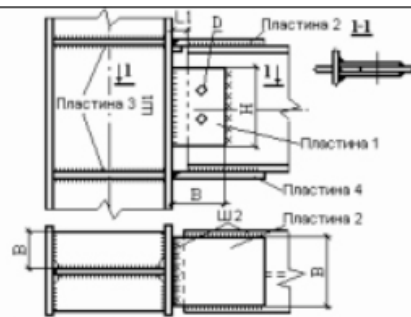
| Параметр | Свойство | Значение | Процент использования, % | Внутренние усилия | | | | |
|------------|------------------------|----------|--------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | N, тс | My, тсм | Qz, тс | Mz, тсм | Qy, тс |
| Шов Ш1 | Катет | 5.0 мм | 31.0 | 0.099* | 0.000 | -4.508* | -0.020 | 0.011* |
| Шов Ш2 | Катет | 5.0 мм | 22.4 | -0.034* | 0.000 | -4.508* | -0.029 | 0.012* |
| Пластина 1 | Толщина t1 | 6.0 мм | 33.6 | 0.093* | 0.000 | -4.508* | 0.004 | -0.002* |
| | Размер B1 | 95.0 мм | | | | | | |
| | Размер H1 | 130.0 мм | | | | | | |
| Пластина 2 | Толщина t2 | 6.0 мм | 33.6 | 0.093* | 0.000 | -4.508* | 0.004 | -0.002* |
| | Размер B2 | 130.0 мм | | | | | | |
| | Размер H2 | 135.0 мм | | | | | | |
| Болты | Количество | 2 | 91.2 | 0.099* | 0.000 | -4.508* | -0.020 | 0.011* |
| | Количество верт. рядов | 1 | | | | | | |
| Размер L1 | -- | 15.0 мм | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Размер L2 | -- | 40.0 мм | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Жесткий узел колонна-балка:

| | | |
|----------------|--------------|--------------|
| И.И.И. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № |
| | | |

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

393d6e815304984f



Узел 24857 : Исходные данные

| Элемент узла | Свойство | Значение | Единицы измерения |
|--------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| Балка | Профиль | I30Ш1;СТО АСЧМ 20-93 | -- |
| | Сталь | С345; | -- |
| Колонна | Профиль | I20К2;СТО АСЧМ 20-93 | -- |
| | Сталь | С345; | -- |
| Шов Ш1 | Материал | Марка проволоки: Св-08 | -- |
| Шов Ш2 | Материал | Марка проволоки: Св-08 | -- |
| Болты | Класс прочности | 5.6 | -- |
| | Диаметр | 16.00 | мм |
| Пластина 1 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 90.00 | мм |
| | Длина | 210.00 | мм |
| | Толщина | 8.00 | мм |
| Пластина 2 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 150.00 | мм |
| | Длина | 155.00 | мм |
| | Толщина | 8.00 | мм |
| Пластина 3 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 95.00 | мм |
| | Длина | 176.00 | мм |
| | Толщина | 12.00 | мм |
| Пластина 4 | Сталь | ВСт3кп2 | -- |
| | Ширина | 250.00 | мм |
| | Длина | 155.00 | мм |
| | Толщина | 8.00 | мм |

Узел 24857 : Результаты проверки (СП 16.13330.2011)

| Параметр | Свойство | Значение | Процент использования, % | Внутренние усилия | | | | |
|-------------------|----------------|----------|--------------------------|-------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | | | N, тс | My, тсм | Qz, тс | Mz, тсм | Qy, тс |
| Шов Ш1 | Катет | 5.0 мм | 29.4 | -0.037 | -4.853 | 7.552* | -0.006 | -0.035 |
| Шов Ш2 | Катет | 8.0 мм | 91.7 | 0.046* | -4.843* | 7.549 | -0.258* | 0.249* |
| Пластина 1 | Толщина t1 | 8.0 мм | 28.7 | -1.256 | -4.804 | 7.540* | -0.133 | -0.585 |
| | Размер В | 90.0 мм | | | | | | |
| | Размер Н | 210.0 мм | | | | | | |
| Пластина 2 | Толщина t2 | 8.0 мм | 60.1 | 1.256* | -4.804* | 7.540 | -0.133* | 0.585* |
| | Размер В | 150.0 мм | | | | | | |
| | Размер Н | 155.0 мм | | | | | | |
| Пластина 4 | Толщина t4 | 8.0 мм | 35.0 | 0.046* | -4.843* | 7.549 | -0.258* | 0.249* |
| | Размер В | 250.0 мм | | | | | | |
| | Размер Н | 155.0 мм | | | | | | |
| Балка | Толщина стенки | 8.0 мм | 31.3 | -0.037 | -4.853 | 7.552* | -0.006 | -0.035 |
| Количество болтов | -- | 2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Размер L1 | -- | 20.0 мм | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

Узел база колонны

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

393d6e815304984f

Лист

42

Изм. Кол. уч. Лист № док. Подп. Дата

Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n = 1$

Коэффициент условий работы 1

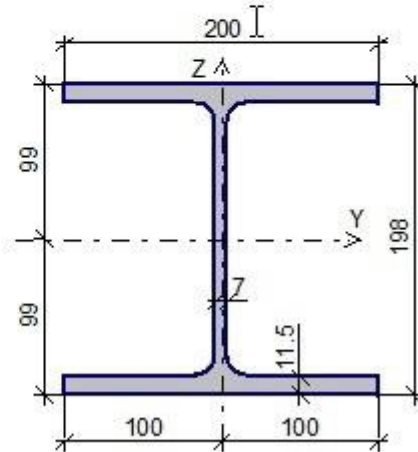
Сталь С345

Бетон тяжелый класса В12.5

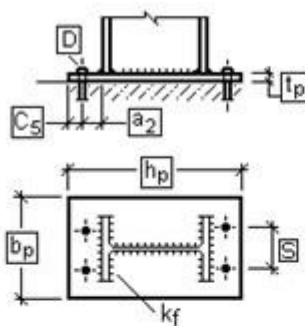
Сварные соединения выполнять с помощью ручной сварки электродом марки Е-42

Профиль

20К2 (Двутавр колонный (К) по ГОСТ 26020-83)



Конструкция



Болты анкерные диаметра 20 из стали Ст3пс4 - 4 шт

$h_p = 380$ мм

$b_p = 225$ мм

$t_p = 23$ мм

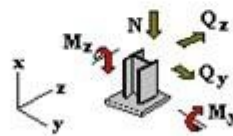
$S = 135$ мм

$C_5 = 45$ мм

$a_2 = 46$ мм

$k_f = 8$ мм

Усилия



| | N | My | Qz | Mz | Qy |
|---|------|-----|-------|------|------|
| | T | T*м | T | T*м | T |
| 1 | 2.37 | 0 | 0.153 | 2.91 | 1.03 |

Взм. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.