

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС РАБОТ СРЕДИ СТУДЕНТОВ И
ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ С АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫМ
ПРОФИЛЕМ «STEEL2REAL-2020»**



Проект 5-этажного жилого здания

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Код участника
c34f2d8d7561b625

2020

Оглавление

1	ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	3
2	АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ.....	5
2.1	Генеральный план	5
2.2	Объемно-планировочное решение	5
2.3	Архитектурное решение	6
2.4	Теплотехнический расчет.....	6
3	ОПИСАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ.....	9
3.1	Описание схемы	9
3.2	Описание конструкций здания.....	10
4	СБОР НАГРУЗОК	11
4.1	Снеговая нагрузка	17
4.2	Ветровая нагрузка	19
4.3	Схемы приложения нагрузок	24
5	РАСЧЁТНАЯ СХЕМА	30
5.1	Расчётная модель здания	30
5.2	Жесткостные характеристики	30
5.3	Расчётные длины стержней.....	31
5.4	Предельные перемещения	39
6	РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА	44
7	ПОДБОР СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА.....	64
7.1	Подбор по условию прочности и устойчивости	64
7.2	Проверка деформативности каркаса	67
8	РАСЧЕТЫ СОЕДИНЕНИЙ.....	69
8.1	Расчет и конструирование базы колонны.....	69
8.2	Расчет и конструирование узла сопряжения главной и второстепенной балок.....	74
8.3	Узел сопряжения колонны с ригелями.	77
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	79

					c34f2d8d7561b625		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Выполнил							
Проверил							
					Стадия	Лист	Листов
						1	

1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Настоящий проект выполнен на основании задания на проектирование.

Участок для строительства проектируемого многоквартирного жилого 5-этажного здания расположен в г. Видное, Московская область, в районе ул. Олимпийской. Здание состоит из двух секций.

Подъезд осуществляется с улицы Олимпийской. Парковка надземная.

За условную отметку 0,000 принят уровень земли.

Общая площадь здания 513м². Ширина в торце меж осями 15,1м.

Площадь техподполья – 513м². Высота техподполья «в чистоте» – 1,8м.

Высота 1-5 этажей (от пола до пола) – 3,0м.

Для МГН, пользующихся колясками на входе предусмотрен подъемник.

На 1-5 этажах располагаются жилые квартиры:

	Кол-во	Жилая площадь	Общая площадь (без балконов)	Общая площадь (с балконами)
1-комнатная	2	23,4м ²	74,92м ²	—
1-комнатная	2	31м ²	89,6м ²	—
2-комнатная	2	61,2м ²	120м ²	—
2-комнатная	2	55,8м ²	102,2м ²	—
1-комнатная	2	23,4м ²	74,92м ²	80,12м ²
2-комнатная	2	31м ²	89,6м ²	104,3м ²
2-комнатная	2	61,2м ²	104,8м ²	114,4м ²
2-комнатная	2	55,8м ²	102,2м ²	116,6м ²

Выход осуществляется по эвакуационной лестнице непосредственно наружу. Ширина марша лестницы – 1,2м. Расстояние между маршами в плане – 100мм. Высота подступенка – 150мм, ширина – 300мм, ширина площадки – 1,2м. Лестница имеет естественное освещение.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

3

менее 1,5%. Водоотвод организованный, внутренний. Водоотводных воронок – 2 шт. Ограждение кровли – 0,8м.

2.3 Архитектурное решение

Основная цель фасадного решения – добиться классического впечатления. Для этого основной отделкой является штукатурка, выполняемая по металлической сетке, что также позволяет также более гибко выполнить облицовку из-за большого количества оконных проемов. В качестве декора используется архикамень. Для придания некоторого движения применен декор на лоджиях в виде ламелей. Сами лоджии полностью остеклены двойным стеклопакетом.

Цоколь облицовывается камнем.

Для обеспечения защиты помещений от шума, вибраций и других воздействий проектом предусмотрено применение шумозащитных материалов: минераловатных плит, экструзионных пенополистирольных плит.

2.4 Теплотехнический расчет

Район строительства: Московская область, г. Видное

Назначение здания: жилое

Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха из условия не выпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений равна - 55%

Оптимальная температура воздуха в жилой комнате в холодный период года $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$

Расчетная температура наружного воздуха t_{ext} , определяемая по температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 = -28°C

Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха 8°C равна $z_{\text{от}} = 214$ сут

Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -3,1^{\circ}\text{C}$

Стена:

20мм – штукатурка декоративная

250 – кирпич

Утеплитель - экструдированный пенополистирол

$$R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = R_{\text{тр}0} - (R_{\text{int}} + R_{\text{ext}} + \Sigma R_i) = 3,13 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,034 + 0,287 \right) = 2,65$$

где: $R_{\text{int}} = 1/\alpha_{\text{int}} = 1/8,7$ - сопротивление теплообмену на внутренней поверхности;

$R_{\text{ext}} = 1/\alpha_{\text{ext}} = 1/23$ - сопротивление теплообмену на наружной поверхности, α_{ext} принимается по таблице 14 для наружных стен;

$\Sigma R_i = 0,034 + 0,287$ – сумма термических сопротивлений всех слоев стены без слоя утеплителя, определенных с учетом коэффициентов теплопроводности материалов.

$$\text{Толщина утеплителя равна: } \delta_{\text{ут}}^{\text{тр}} = \lambda_{\text{ут}} \cdot R_{\text{ут}}^{\text{тр}} = 0,035 \cdot 2,65 = 0,092\text{м}$$

где: $\lambda_{\text{ут}}$ - коэффициент теплопроводности материала утеплителя, Вт/(м·°C).

Исходя из суровых погодных условий Московской области, примем утеплитель в 150 мм, что есть стандартизированное значение по всей стране.

Определение термического сопротивления стены из условия, что общая толщина утеплителя будет 150мм:

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{\text{int}} + R_{\text{ext}} + \Sigma R_{\text{т},i} = \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,034 + \frac{0,15}{0,035} + 0,287 = \\ &= 4,76\text{м}^2 \cdot \text{C}^0 / \text{Вт} \end{aligned}$$

где: $\Sigma R_{\text{т},i}$ - сумма термических сопротивлений всех слоев ограждения, в том числе и слоя утеплителя, принятой конструктивной толщины, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Из полученного результата можно сделать вывод, что

$R_0 = 4,76\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт} > R_{\text{тр}0} = 3,13\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт} \rightarrow$ следовательно, толщина утеплителя подобрана правильно.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625

3 ОПИСАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ

3.1 Описание схемы

Конструктивная схема представляет собой пространственный объект, состоящий из стержневых и пластинчатых элементов. В качестве стержней представлены колонны, стойки и ригели. Соединение колонн и ригелей между собой – жёсткое. Данное решение обеспечивает повышенную надёжность работы каркаса, высокую жёсткость, а так же открывает возможности для свободной планировки помещений, поскольку отсутствуют проёмы, перекрытые связями.

Стойки крепятся к каркасу шарнирно, и необходимы для восприятия ветровых нагрузок на каркас, а так же для увеличения его жёсткости. Дополнительной функцией стоек является удобство закрепления витражных конструкций лоджий.

В качестве пластинчатых элементов выступают монолитные железобетонные плиты. Для уменьшения строительной высоты конструкции перекрытий используется комбинированная балка с опиранием железобетонной плиты на нижний пояс балки, с упорами на стенке балки.



Рисунок 3.1 Схема типа поперечного сечения комбинированной балки

Это позволяет не располагать плиты перекрытий над ригелями. Так же оно обеспечивает шарнирное соединение монолитных плит перекрытия с балками.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625	Лист
											9

Аналогичная схема используется и для устройства покрытия.

Геометрическая неизменяемость каркаса во всех направлениях обеспечивается рамностью узлов здания.

3.2 Описание конструкций здания

Колонны и стойки каркаса – ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок из стали С245.

Ригели каркаса – ГОСТ Р 57837-2017 Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок из стали С245.

Плиты перекрытий и покрытия – монолитные железобетонные многопустотные плиты толщиной 200 мм. Бетон: класс - В25, марка по морозостойкости F100, марка по водонепроницаемости W8, арматурная сетка класса Вр500.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625	Лист
											10

4 СБОР НАГРУЗОК

Нагрузки определены в соответствии с СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*):

- Тип местности – В.
- Ветровой район – I ([4], карта 3). Нормативное значение ветрового давления $w_0 = 0,23$ КПа (23 кгс/м^2) ([4], табл.11.1).
- Снеговой район – III ([4], карта 1). Расчетное значение веса снегового покрова $S_g = 1,8$ КПа (180 кгс/м^2) ([4], табл.10.1).

Нормативные значения равномерно распределенных кратковременных нагрузок на плиты перекрытий приняты по таблице 8.3 [4], коэффициенты надежности по нагрузке для равномерно распределённых нагрузок приняты по п. 8.2.7 [4]. Коэффициенты надежности по нагрузке для веса строительных конструкций приняты по табл. 7.1 [4]. Собственный вес металлических конструкций учитывается автоматически в вычислительном комплексе.

Сбор постоянных и временных нагрузок приведен в табл.1-4.

Таблица 1

Постоянная нагрузка от кровельного покрытия

Слои кровли	Нормативное значение нагрузки (кг/м ²)	γ_f	Расчетное значение нагрузки (кг/м ²)	Примечания
Железобетонное основание ($\delta = 200 \text{ мм}$; $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$)	500	1,1	550	Состав кровельного покрытия смотри рис. 1. Распределение нагрузки от кровельного покрытия показано на рис.11
Разуклонка из керамзита ($\delta_{\text{ср}} = 50 \text{ мм}$; $\gamma = 350 \text{ кг/м}^3$)	17,5	1,3	22,75	
Армированная ц.п. стяжка с ячейками 100*100 мм ($\delta = 50 \text{ мм}$; $\gamma = 1650 \text{ кг/м}^3$)	82,5	1,3	107,25	
Техноэласт ЭПП - 2 слоя (5 кг/м^2)	10	1,3	13	

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	

Ли

Изм.

№ докум.

Подп.

Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

11

Геотекстиль (300 г/м ²)	0,3	1,3	0,39	Состав кровельного покрытия смотри рис. 1 Распределение нагрузки от кровельного покрытия показано на рис.11
Экструзионный пенополистерол (δ= 120 мм; γ =30 кг/м ³)	3,6	1,3	4,68	
Геотекстиль (300 г/м ²)	0,3	1,3	0,39	
Дренажная мембрана (550 г/м ²)	0,55	1,3	0,715	
Балласт из гранитного щебня фракции 20 мм (δ= 20 мм; γ =1350 кг/м ³)	27	1,3	35,1	
Итого		$\gamma_{f,ср} = 1,14$	734,27	

Балласт из гранитного щебня фракции 20-40 мм
Дренажная мембрана PLANTER geo
Геотекстиль излопробивной термо-
обработанный ТЕХНОНИКОЛЬ 300 г/кв.м
Экструзионный пенополистирол
ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF
Геотекстиль излопробивной термо-
обработанный ТЕХНОНИКОЛЬ 300 г/кв.м
Техноэласт ЭПП
Техноэласт ЭПП
Праймер битумный ТЕХНОНИКОЛЬ №01
Армированная ц.п. стяжка толщиной не менее 50 мм
Разуклонка из керамзита
Железобетонное основание

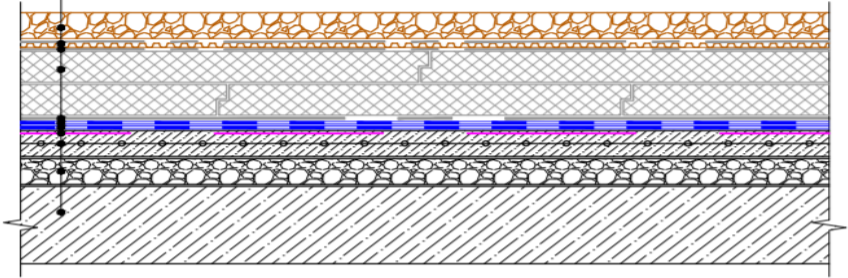


Рисунок 4.1. Состав кровли

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Постоянная нагрузка от перекрытия типового этажа

Слои	Нормативное значение нагрузки (кг/м ²)	γ_f	Расчетное значение нагрузки (кг/м ²)	Примечания
Железобетонное основание ($\delta = 200$ мм; $\gamma = 2500$ кг/м ³)	500	1,1	550	Состав перекрытия типового этажа смотри рис. 2 Распределение нагрузки от перекрытия типового этажа показано на рис.11
Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ ($\delta = 40$ мм; $\gamma = 30$ кг/м ³)	14	1,3	18,2	
Пленка пароизоляционная ТЕХНОНИКОЛЬ АЛЬФА (180 г/м ²)	0,18	1,3	0,234	
Защитная армированная стяжка ($\delta = 50$ мм; $\gamma = 1650$ кг/м ³)	82,5	1,3	107,25	
Линолеум ($\delta = 6$ мм; $\gamma = 5,2$ кг/м ³)	0,0312	1,3	0,04	
Итого в жилых комнатах			675,72	
Керамическая плитка (25 кг/м ²)	25	1,3	32,5	
Итого в ванных комнатах и межквартирном коридоре		$\gamma_{f,ср} = 1,14$	708,18	

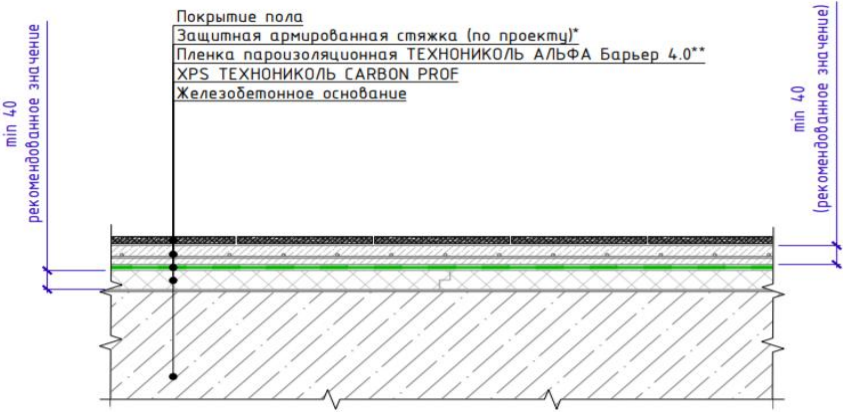


Рисунок 4.2. Состав перекрытия типового этажа

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Постоянная нагрузка от стен ($H_{ст} = 2,7 \text{ м}$)

Слои	Нормативное значение на- грузки (кг/м)	γ_f	Расчетное зна- чение нагрузки (кг/м)	Примечания
Межквартирные стены				
Кирпич керамиче- ский пустотелый ($\delta= 120$ мм; $\gamma =1200$ кг/м ³)	388,8	1,1	427,68	Распределение нагрузки от межквартир- ных перегород- док показано на рис.13
Газобетон ($\delta= 100$ мм; $\gamma =400$ кг/м ³)	120	1,3	140,4	
Звукоизоляция (30 мм; $\gamma =45$ кг/м ³)	4,05	1,3	4,7385	
Штукатурка ($\delta= 10$ мм; γ =1800 кг/м ³)	54	1,3	63,18	
Итого от межквартирных стен			635,99	
Межкомнатные перегородки				
Газобетон ($\delta= 100$ мм; $\gamma = 400$ кг/м ³)	108	1,3	140,4	Распределение нагрузки от межкомнат- ных перегород- док показано на рис. 13
Штукатурка ($\delta= 10$ мм; $\gamma =1800$ кг/м ³)	48,6	1,3	63,18	
Итого от межкомнатных перегородок		$\gamma_{f,ср} = 1,13$	203,58	
Наружные стены				
Штукатурка ($\delta= 15$ мм; $\gamma =1800$ кг/м ³)	72,9	1,3	94,77	Состав наружных стен смотри рис. 3 Рас- пределение нагрузки от наружных стен показано на рис.12
Кирпич керамиче- ский пустотелый ($\delta= 380$ мм; $\gamma =1400$ кг/м ³)	1436,4	1,1	1580,04	
Клеящий раствор (5 кг/м ²)	13,5	1,3	17,55	
Экструзионный пено- полистирол ТЕХНО- НИКОЛЬ ($\delta= 150$ мм; $\gamma =30$ кг/м ³)	12,15	1,3	15,79	
Раствор Ceresit (2 кг/м ²)	5,4	1,3	7,02	

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Подп. и дата

c34f2d8d7561b625

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

Стеклотканевая сетка (1,1 кг/м ²)	2,97	1,3	3,86	
Раствор Ceresit (2 кг/м ²)	5,4	1,3	7,02	
Фасадная штукатур- ка ($\delta = 15$ мм; $\gamma = 1800$ кг/м ³)	72,9	1,3	94,77	
Итого от наружных стен		$\gamma_{f, \text{ср}} = 1,12$	1820,83	
Остекление лоджий	105	1,1	115,5	
Ж/б стены лестнич- ного узла ($\delta = 250$ мм; $\gamma = 2500$ кг/м ³)	1875	1,1	1856,25	

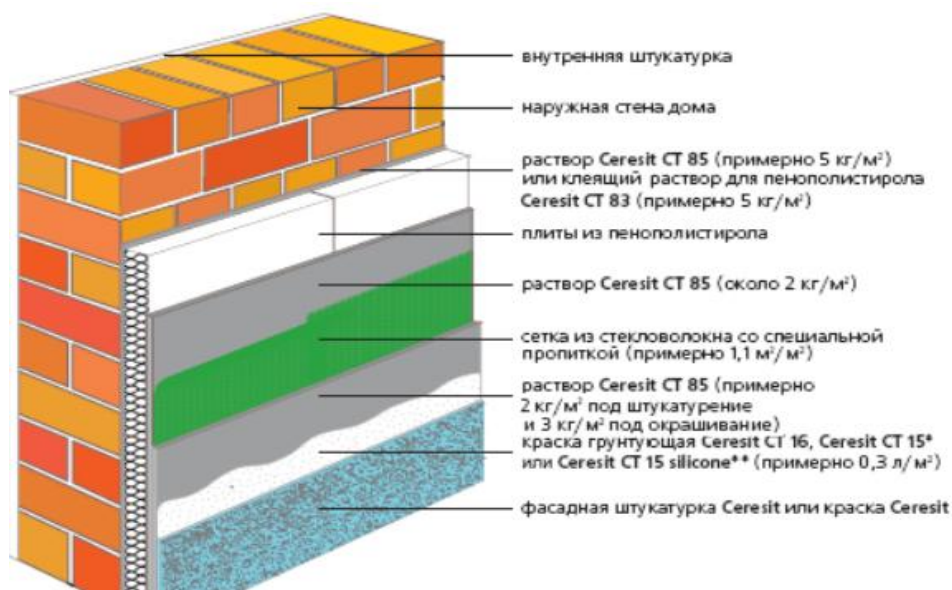


Рисунок 4.3. Состав наружных стен

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Равномерно распределенная кратковременная нагрузка на плиты перекрытий

Наименование помещений	Нормативное значение нагрузки (кПа)	γ_f	Расчетное значение нагрузки (кПа)
Квартиры жилых зданий	1,5	1,3	1,95
Лоджии с учетом полосовой равномерной нагрузки на участке шириной 0,8 м вдоль ограждения	4	1,2	4,8
Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы	3	1,2	3,6
		$\gamma_{f,ср} = 1,22$	

Для выбора схемы нагружения лоджий произведем короткий расчет [1, табл.8.3, п.10а,б]:

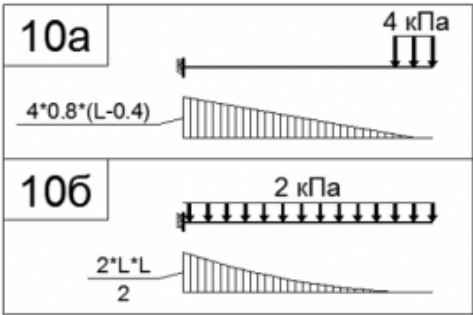


Рисунок 4.4. К выбору схемы нагружения лоджий

Сравним максимальный изгибающий момент в двух случаях:

$$\frac{2 \cdot 1,7^2}{2} = 2,89 < 4 \cdot 0,8 \cdot (1,7 - 0,4) = 4,16$$

Для лоджий наиболее неблагоприятной является первая схема.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

4.1 Снеговая нагрузка

Снеговая расчётная нагрузка зависит от снегового района и определяется по [4].

Так как Московская область относится к III снеговому району, то нормативная снеговая нагрузка:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 0,829 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,335 \text{ кПа}$$

где c_e – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытия здания под действием ветра или иных факторов определяется по [4, п. 10.6], принимаемое по п.10.7 [4]:

Для пологих (с уклонами до 12%) покрытий однопролетных и многопролетных зданий, проектируемых на местности типов А или В и имеющих характерный размер в плане не более 100 м, а также для покрытий высотных зданий допускается учитывать коэффициент сноса снега, принимаемый по формуле:

$$c_e = (1,4 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c)$$

где

k - принимается по таблице 11.2[4]

$l_c = 2b - \frac{b^2}{l}$ - характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

b - наименьший размер покрытия в плане;

l - наибольший размер покрытия в плане.

Тогда $c_e = 0,829$.

c_t – термический коэффициент определяется по [4, п. 10.10], принимаемое равным 1, т.к. здание отапливаемое.

Инв. № подл	Подп. и дата				Лист			
Инв. № докл.	Взам. инв. №				17			
Инв. № подл	Подп. и дата				c34f2d8d7561b625			
Ли					Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

формуле:

$$c_e = (1,4 - 0,4\sqrt{k})(0,8 + 0,002l_c)$$

где

k - принимается по таблице 11.2[4]

$l_c = 2b - \frac{b^2}{l}$ - характерный размер покрытия, принимаемый не более 100 м;

b - наименьший размер покрытия в плане;

l - наибольший размер покрытия в плане.

Тогда $c_e = 0,829$.

c_t – термический коэффициент определяется по [4, п. 10.10], принимаемое равным 1, т.к. здание отапливаемое.

S_g – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м² горизонтальной поверхности земли, принимаем 1,5 кПа для III снегового района, определяется по [4, табл. 10.1].

μ – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие определяется по [4, п. 10.4] в зависимости от схемы снеговых нагрузок:

- Для зданий с односкатными покрытиями при $\alpha < 30^\circ$ - $\mu = 1$



$$S_{\text{расч}} = S_0 \cdot 1,4 = 1,5 \cdot 1,4 = 1,869 \text{ кПа}$$

- Снеговую нагрузку на покрытие возле парапетов следует принимать по схеме, приведенной на рисунке 5, при $h > \frac{S_0}{2}$

$$\mu = \frac{2h}{S_0}, \text{ но не более } 3.$$

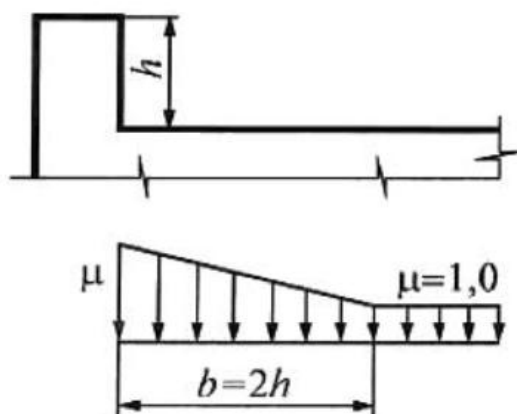


Рисунок 4.5. Распределение снеговой нагрузки возле парапетов

Для рассчитываемого здания $h = 0,8 \text{ м} > \frac{1,5}{2} = 0,75$, тогда

$$\mu = \frac{2 \cdot 0,8}{1,5} = 1,067$$

$$S_{\text{расч}} = S_0 \cdot 1,4 \cdot \mu = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,067 = 1,99 \text{ кПа}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

18

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

$$w = w_m + w_g$$
$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c$$

w_0 – нормативное значение ветрового давления

Нормативное значение ветрового давления w принимается в зависимости от ветрового района.

$w_0=0,23\text{кН/м}^2$ – нормативное значение ветрового давления, принимаемое в соответствии с п. 11.1.4 СП 20.13330.2016 для I ветрового района.

Ветер вдоль здания:

Для проектируемого здания: $d=15,2$ м; $h=16,45$ м. При $d < h \leq 2d$ для определения эквивалентной высоты z_e руководствуемся п.11.1.5.(б) [4]:

для $z \geq h - d \rightarrow z_e = h$.

для $0 < z < h-d \rightarrow z_e = d$.

для $z \geq 16,45 - 15,2 = 1,25$ $z_p = h$

для $0 \leq z \leq 1,25$ $z_e = d = 15,2$

По табл. 11.4 [1] определяем $k(z_e)$:

$$k(15,2) = 0,754$$

$$k(5) = 0,5$$

$$k(10) = 0,65$$

$$k(15,45) = 0,76$$

$$k(16,45) = 0,78$$

Тогда средняя составляющая ветровой нагрузки на разных высотах:

— С наветренной стороны:

$$w(1,25) = 0,23 \cdot 0,754 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,194 \text{ кН/м}^2$$

$$w(5) = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,129 \text{ кН/м}^2$$

$$w(10) = 0,23 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,167 \text{ кН/м}^2$$

$$w(15,45) = 0,23 \cdot 0,76 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,196 \text{ кН/м}^2$$

— С подветренной стороны:

$$w(1,25) = 0,23 \cdot 0,754 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,121 \text{ кН/м}^2$$

$$w(5) = 0,23 \cdot 0,5 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,08 \text{ кН/м}^2$$

$$w(10) = 0,23 \cdot 0,65 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,104 \text{ кН/м}^2$$

$$w(15,45) = 0,23 \cdot 0,76 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,122 \text{ кН/м}^2$$

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата					
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625				
					Лист				
					20				

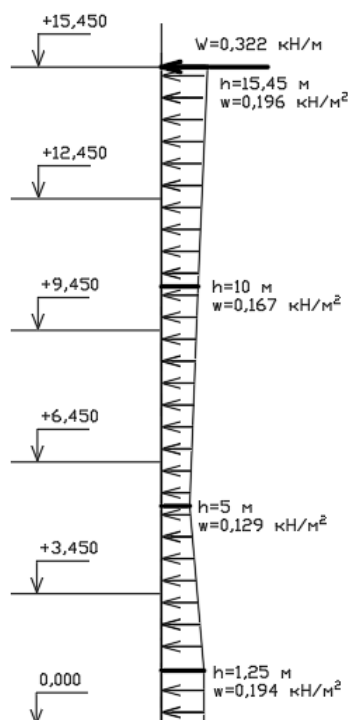


Рисунок 4.6. К определению ветровой нагрузки по оси X

Ветер поперек здания:

Для проектируемого здания: $d=53,45$ м; $h=16,8$ м. Для определения эквивалентной высоты z_e руководствуемся п.11.1.5.(а) [4]:

при $h \leq d \rightarrow z_e = h$

Тогда средняя составляющая ветровой нагрузки на разных высотах:

— С наветренной стороны:

$$w(5) = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,129 \text{ кН/м}^2$$

$$w(10) = 0,23 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,167 \text{ кН/м}^2$$

$$w(15,65) = 0,23 \cdot 0,76 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,196 \text{ кН/м}^2$$

— С подветренной стороны

$$w(5) = 0,23 \cdot 0,5 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,08 \text{ кН/м}^2$$

$$w(10) = 0,23 \cdot 0,65 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,104 \text{ кН/м}^2$$

$$w(15,65) = 0,23 \cdot 0,76 \cdot (-0,5) \cdot 1,4 = -0,122 \text{ кН/м}^2$$

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

21

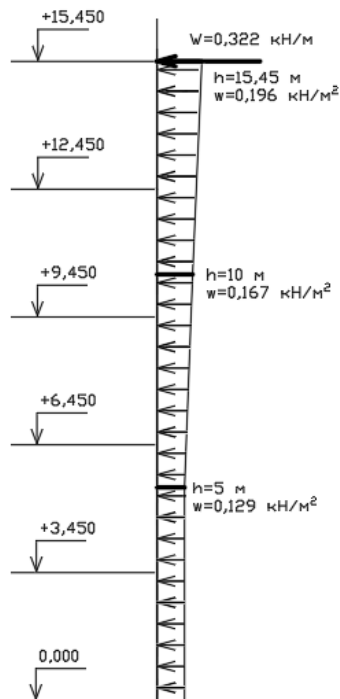


Рисунок 4.7. К определению ветровой нагрузки по оси Y

Расчетные значения W определяем следующим образом:

$$W = 0,5 \cdot (k_n + k_b) \cdot (c_e + c_{e3}) \cdot H_n \cdot \gamma_f \cdot w_0$$

$$W = 0,5 \cdot (0,76 + 0,78) \cdot (0,8 + 0,5) \cdot 1 \text{ м} \cdot 1,4 \cdot 0,23 \text{ кПа} = 0,322 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Пульсационная составляющая собирается автоматически программой, путем преобразования статических нагрузок в массы (рис. 8).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625	Лист 22
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----	------	----------	-------	-----	------------------	------------

Параметры динамических воздействий

Общие данные | Пульсационная составляющая ветровой нагрузки (СП 20.13330.2011)

Параметры [СНиП 2.01.07-85]

Число учитываемых форм собственных колебаний: 5

Ветровое статическое нагружение: 8 Ветер (Y)

Координата нижнего узла расчетной схемы, на который воздействует ветер: -1,8

Поправочный коэффициент: 1

Ширина здания по фронту обдуваемой поверхности: 53,45

Длина здания вдоль действия ветра: 15,2

☐ Учет форм с частотой выше предельной по пункту 11.1.10 СП

Ветровой район (см. табл. 5): Район 1

Тип местности (см. пункт 6.5): Тип B

Тип сооружения (см. пункт 6.7): Любой тип здания

Логарифмический декремент (см. пункт 6.8): Ж/б и каменные сооруже

Направление ветра: ☐ Вдоль оси X ☒ Вдоль оси Y

Расстояние между дневной поверхностью и началом общей системы координат: -1,8

Все размеры задаются в м

OK Отмена Справка

Параметры динамических воздействий

Общие данные | Пульсационная составляющая ветровой нагрузки (СП 20.13330.2011)

Параметры [СНиП 2.01.07-85]

Число учитываемых форм собственных колебаний: 5

Ветровое статическое нагружение: 7 Ветер(по X)

Координата нижнего узла расчетной схемы, на который воздействует ветер: -1,8

Поправочный коэффициент: 1

Ширина здания по фронту обдуваемой поверхности: 15,2

Длина здания вдоль действия ветра: 53,45

☐ Учет форм с частотой выше предельной по пункту 11.1.10 СП

Ветровой район (см. табл. 5): Район 1

Тип местности (см. пункт 6.5): Тип B

Тип сооружения (см. пункт 6.7): Любой тип здания

Логарифмический декремент (см. пункт 6.8): Ж/б и каменные сооруже

Направление ветра: ☒ Вдоль оси X ☐ Вдоль оси Y

Расстояние между дневной поверхностью и началом общей системы координат: -1,8

Все размеры задаются в м

OK Отмена Справка

Рисунок 4.8. Задание пульсационной составляющей ветровой нагрузки в SCAD

Изм. № подл	Подп. и дата	Изм. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

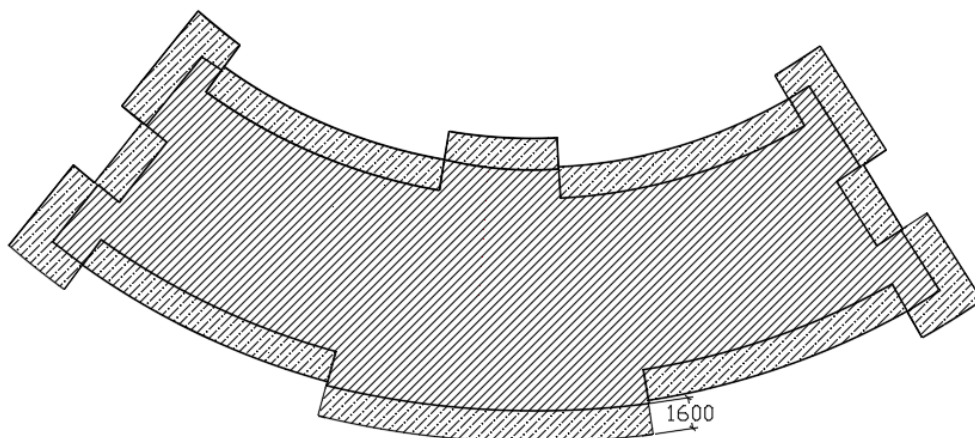
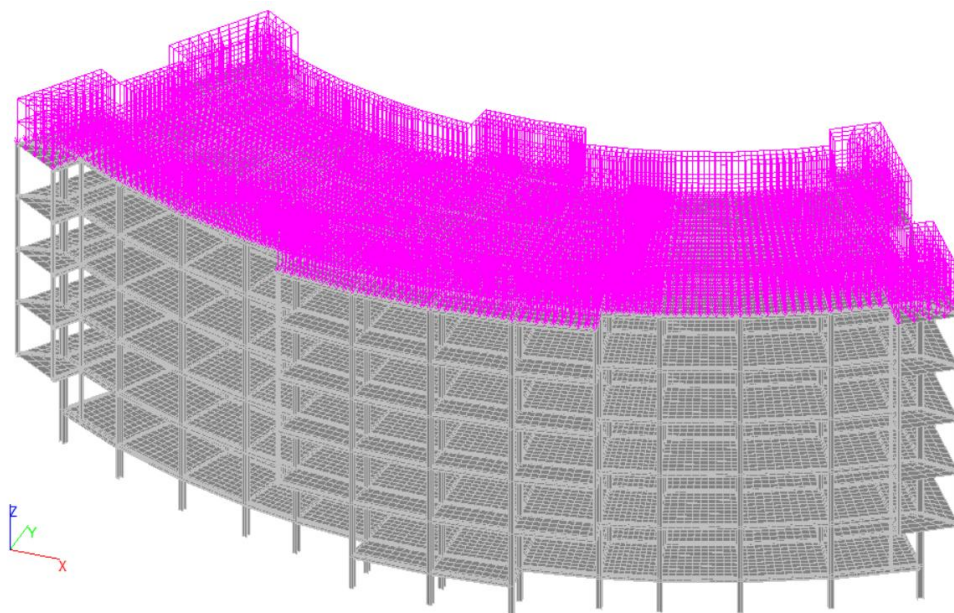
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

23

4.3 Схемы приложения нагрузок



- Снеговая нагрузка - 1,87 кПа
- Снеговая нагрузка - 1,99 кПа

Рисунок 4.9. Схема приложения снеговой нагрузки

Инв. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

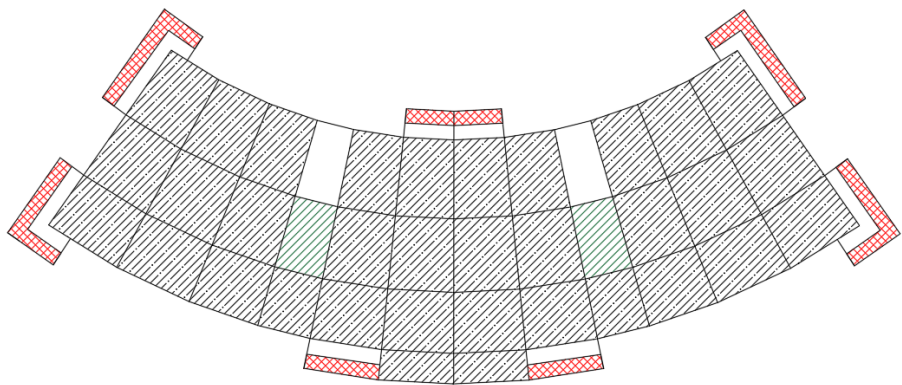
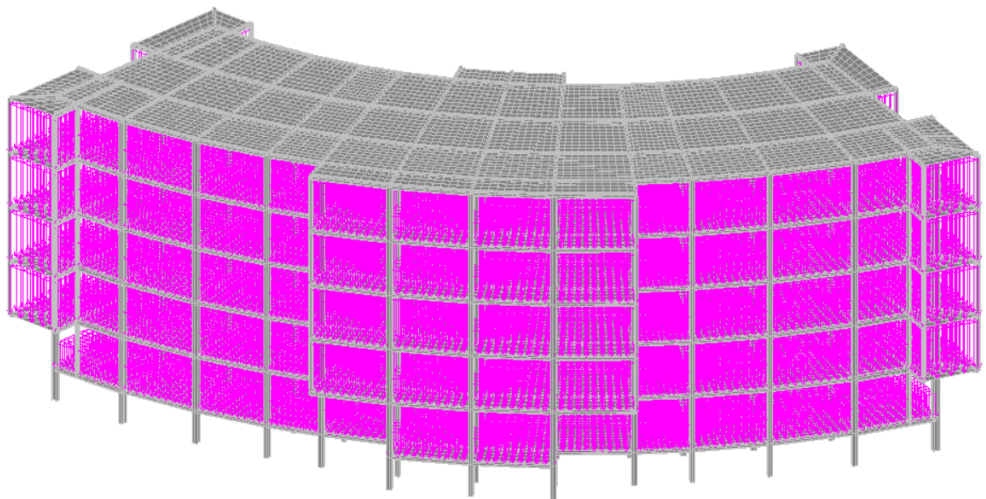
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

24

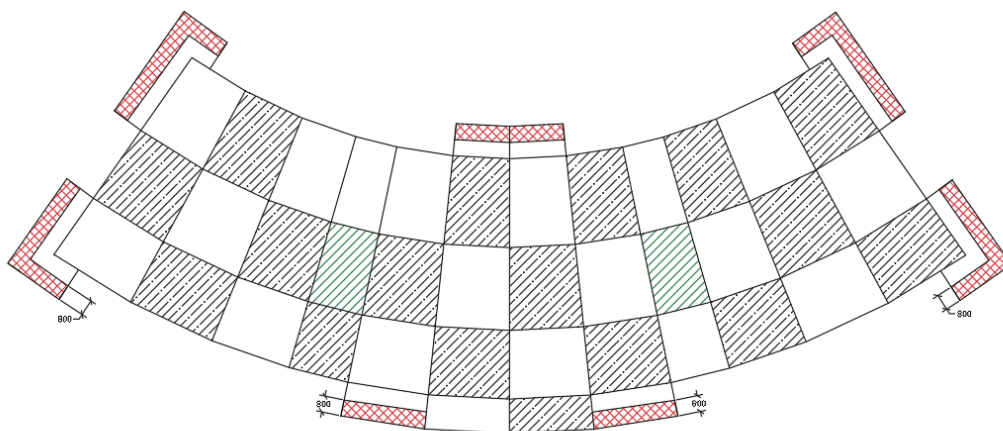
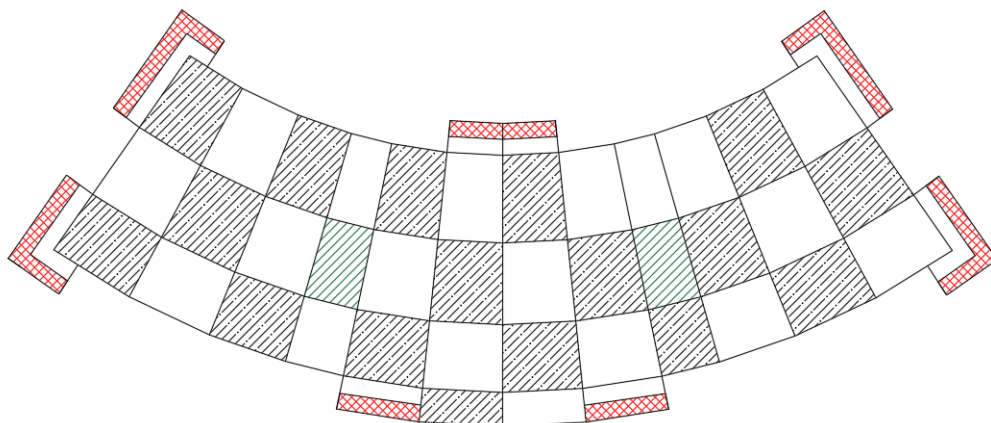
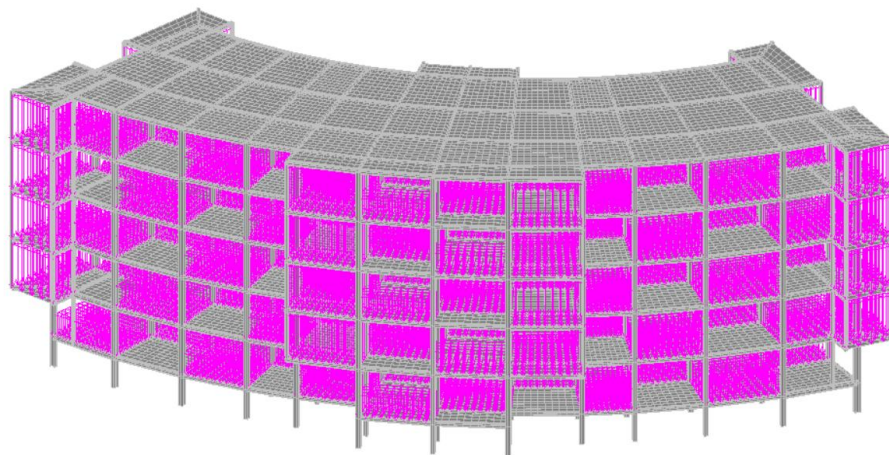
Полезная нагрузка прикладывается в двух вариантах: равномерно и в «шахматном» порядке.



-  Полезная нагрузка- 1,95 кПа
-  Полезная нагрузка - 4,8 кПа
-  Полезная нагрузка - 3,6 кПа

Рисунок 4.10. Схемы приложения полезной нагрузки равномерно

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата



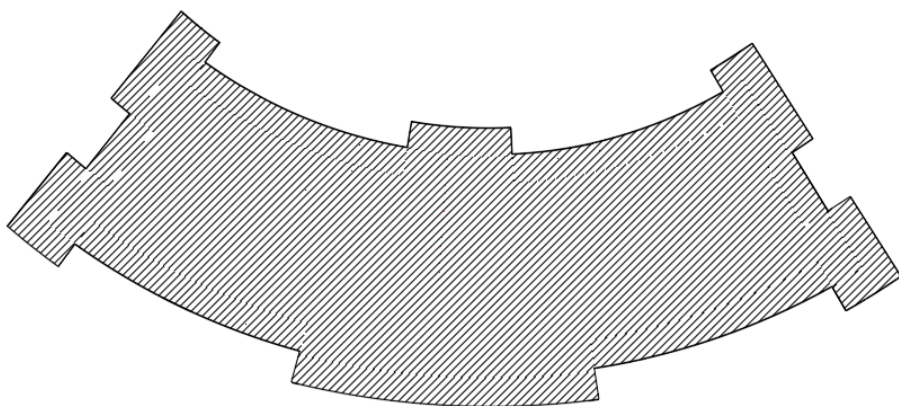
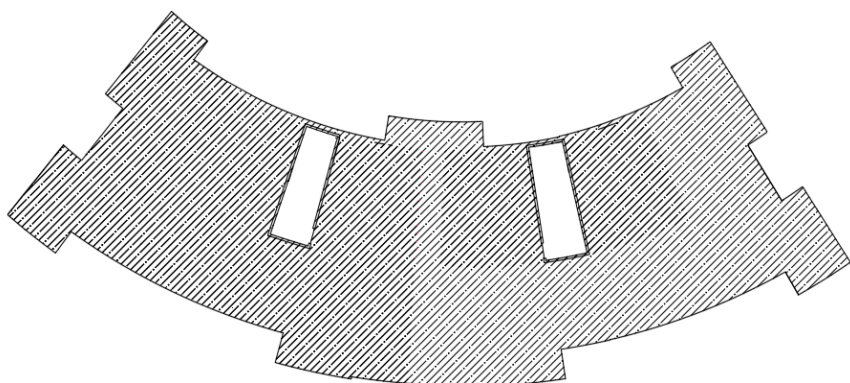
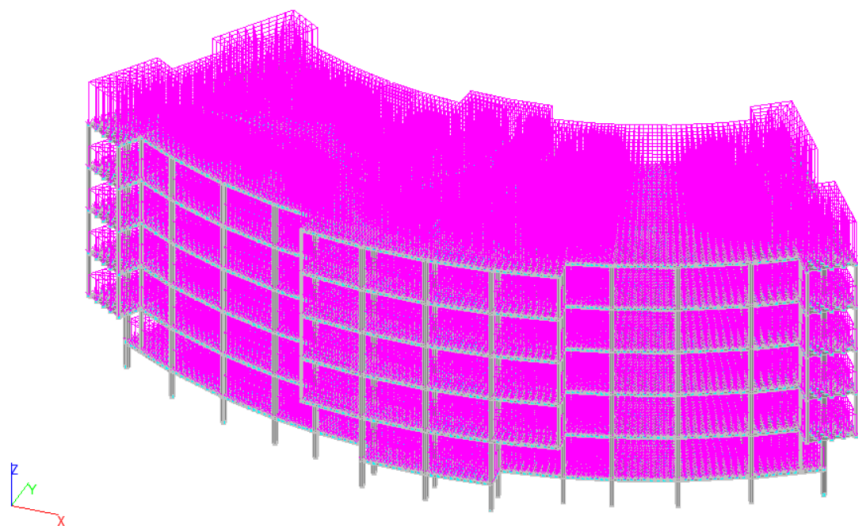
-  Полезная нагрузка - 1,95 кПа
-  Полезная нагрузка - 4,8 кПа
-  Полезная нагрузка - 3,6 кПа

Рисунок 4.11. Схемы приложения полезной нагрузки в «шахматном» порядке

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625



- ⊗ Постоянная нагрузка от кровельного покрытия - 7,34 кПа
- ⊗ Постоянная нагрузка от перекрытия типового этажа - 7,08 кПа

Рисунок 4.12. Схемы приложения постоянной нагрузки от кровельного покрытия и перекрытий этажей

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

27

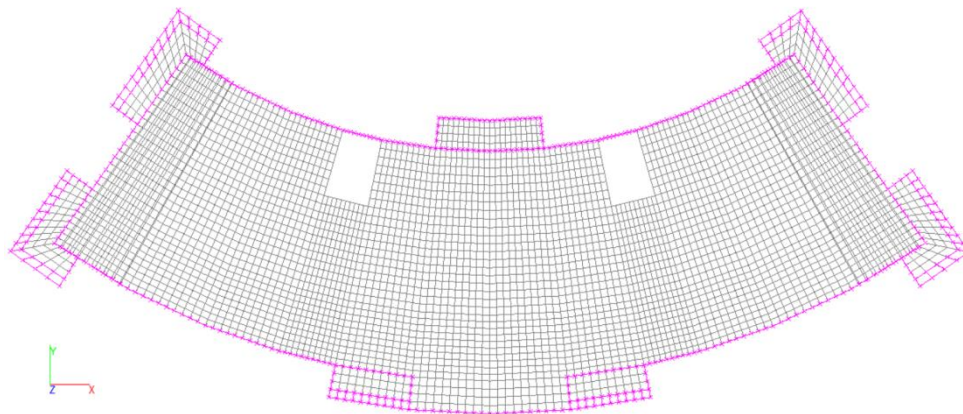


Рисунок 4.13. Схема приложения постоянной нагрузки от наружных ограждающих конструкций

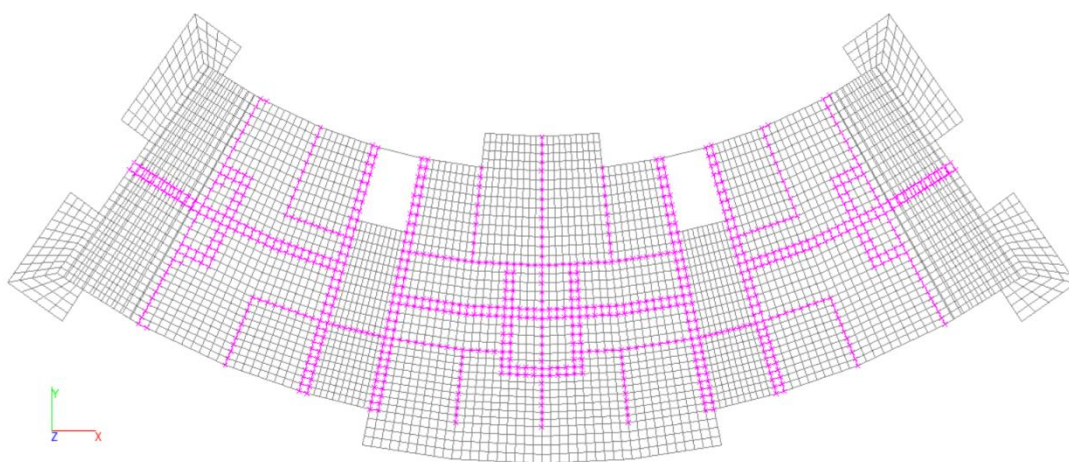
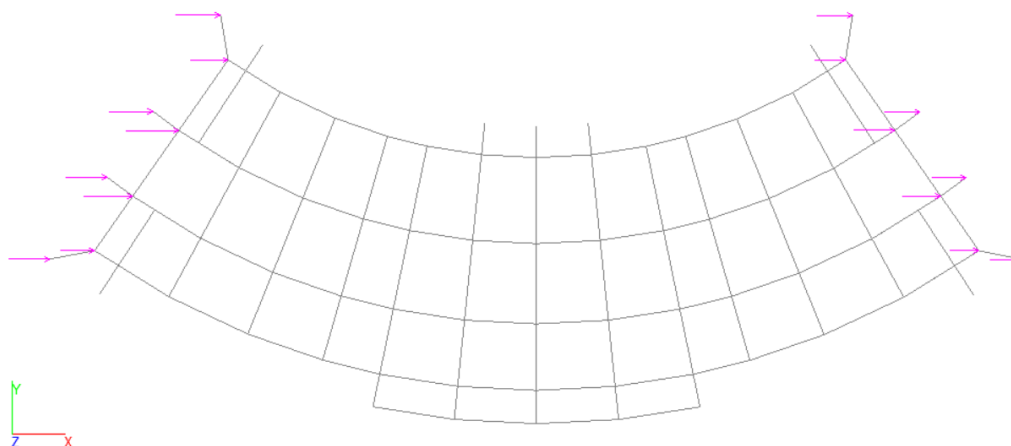


Рисунок 4.14. Схема приложения нагрузки от межкомнатных и межквартирных перегородок



Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

28

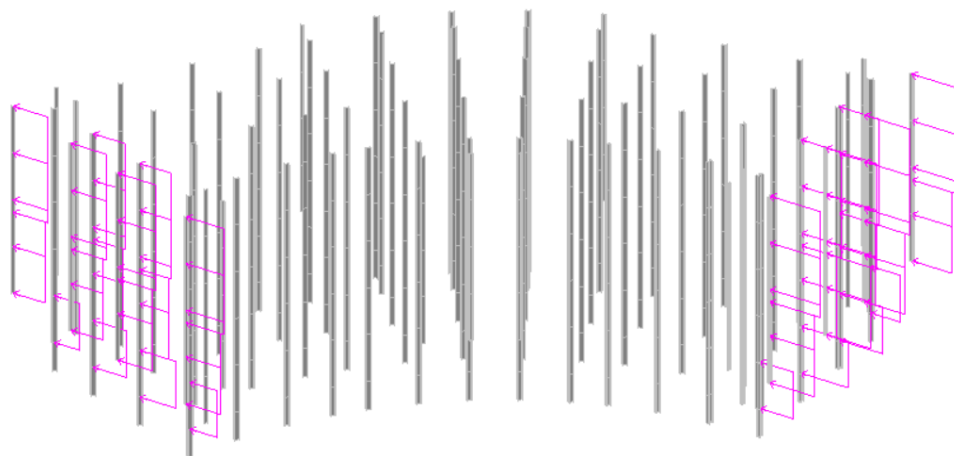


Рисунок 4.15. Схема приложения ветровой нагрузки по оси X

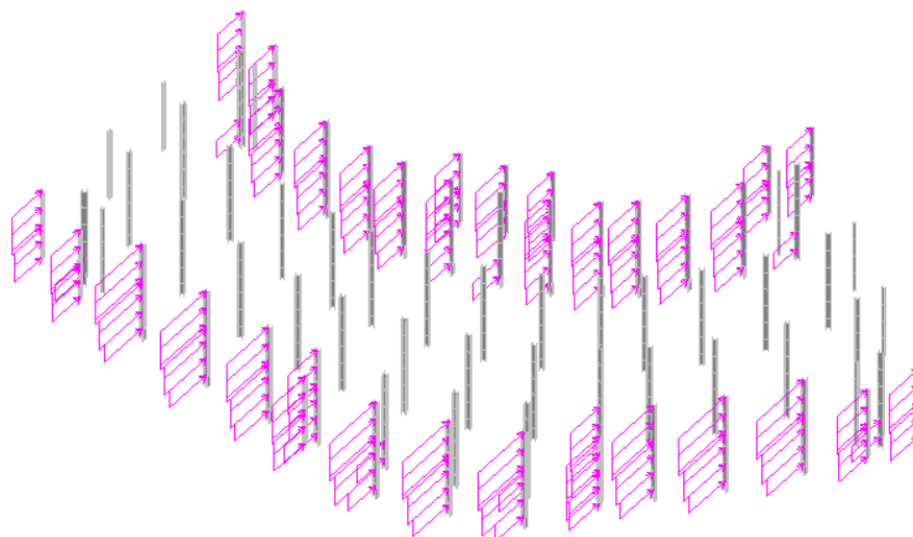
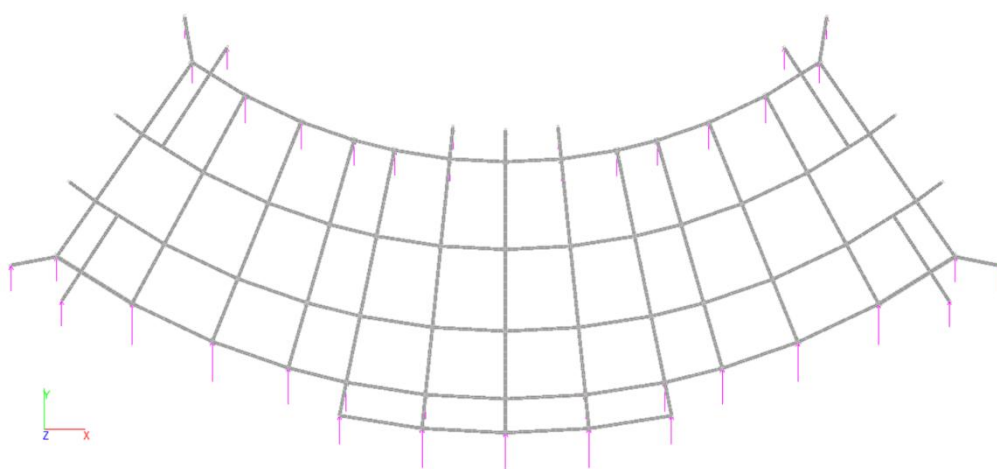


Рисунок 4.16. Схема приложения ветровой нагрузки по оси Y

Инв. № подл	Подп. и дата			
	Взам. инв. №			
Инв. № подл	Подп. и дата			
	Инв. № дубл.			
Инв. № подл	Подп. и дата			
	Взам. инв. №			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

5 РАСЧЁТНАЯ СХЕМА

Расчёт каркаса производился в программе SCAD 21.1.1.1. Вычислительный комплекс реализует метод конечных элементов и предоставляет возможность выполнять расчеты согласно нормативным нормам Российской Федерации. Задачами расчета являются подбор сечений элементов здания и проверка их по 1 и 2 группам предельных состояний.

5.1 Расчётная модель здания

Расчётная схема здания представляет собой пространственную модель, состоящую из стержневых и пластинчатых элементов. Колонны заданы цельными стержневыми конечными элементами типа 5. Ригели – разбитыми на несколько одинаковых по длине участков стержневыми конечными элементами типа 5. В местах деления участков ригеля к нему крепятся плитные элементы, которыми представлена монолитная железобетонная плита. Для учёта податливости этого соединения, а так же для того, чтобы обеспечить запас по жёсткости и прочности горизонтальных конструкций, железобетонная плита представлена разбитыми на большое количество отдельных элементов 44 типа, пластинами с малой высотой сечения. Вес плит учитывается через внешнюю постоянную нагрузку, приложенную к этим элементам.

Сопряжение ригелей с колоннами - жёсткое во всех направлениях. Узел сопряжения колонн с фундаментом - так же жёсткий. Так же присутствуют стойки – они так же представлены цельными элементами типа 5, однако крепятся к каркасу шарнирно с обоих концов.

Стоит так же отметить, что из-за радиальной формы здания, местные оси конечных элементов стоек и колонн ориентированы соответствующим образом. Это необходимо для наилучшего использования прочностных и жесткостных характеристик сечений при работе каркаса.

5.2 Жесткостные характеристики

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625				Лист
									30

5.3 Расчётные длины стержней

Общая устойчивость ригелей обеспечена сплошными железобетонными плитами, поэтому проверка по общей устойчивости не требуется. В связи с этим расчётные длины ригелей приняты условно пренебрежимо малыми.

Для нахождения расчётных длин колонн используем программный комплекс Кристалл.

Первично каркас был рассчитан приближённо, с коэффициентом расчётной длины равным $\mu = 1$ для колонн (для схемы из рис. 3.1 согласно [2]). При этом расчёте было определено, что среди колонн можно выделить 2 группы по требуемой несущей способности:

- 1 группа) наиболее нагруженные – угловые колонны (рис. 3.2);
- 2 группа) значительно менее нагруженные- остальные колонны (рис. 3.3).

Из соображений экономии было решено разделить колонны по этому признаку с целью использования увеличенных сечений только там, где это необходимо.

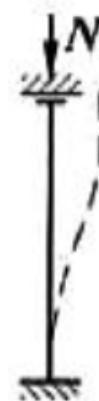


Рисунок 5.1
упрощённая расчётная
схема колонн



Рисунок 5.2.
Схема колонн 1 группы (наиболее нагруженные) – угловые

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

31

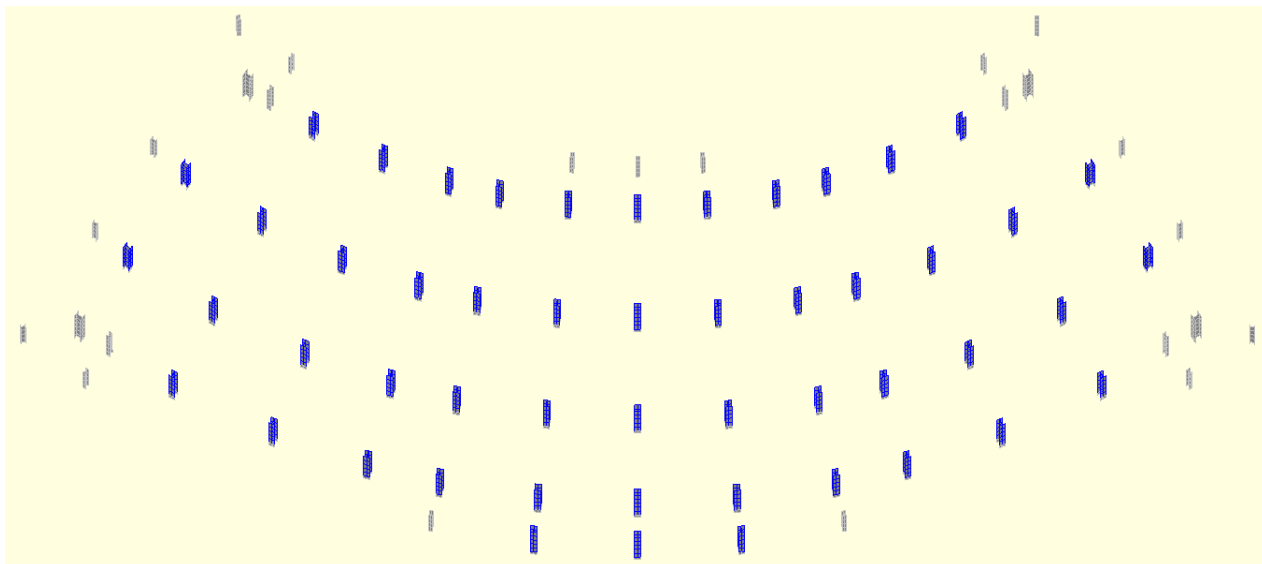


Рисунок 5.3.
Схема колонн 2 группы (менее нагруженные)

Далее уже внутри каждой из этих групп отдельно выделим подгруппу нижних колонн (от уровня пола 1 этажа до фундамента). Это связано с тем, что их геометрическая длина меньше, чем у межэтажных колонн, а значит и расчётная длина должна быть меньше.

Итого – 4 группы колонн для расчёта и унификации, а так же ещё одна группы вертикальных стержней – стоек. Они крепятся к каркасу шарнирно и при их схеме работы (рис. 3.4) коэффициент расчётной длины равен $\mu = 1$.

Стоит отметить, что стойки принимаются с двутавровым сечением 20Ш1 по ГОСТ Р 57837-2017, и по ходу расчёта каркаса, если их несущая способность достаточна, не изменяются даже при большом недонапряжении. Это необходимо, поскольку при уменьшении характеристик сечения их использование в обозначенных целях будет невозможным.



Рисунок 5.4
Расчётная схема стоек

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

32

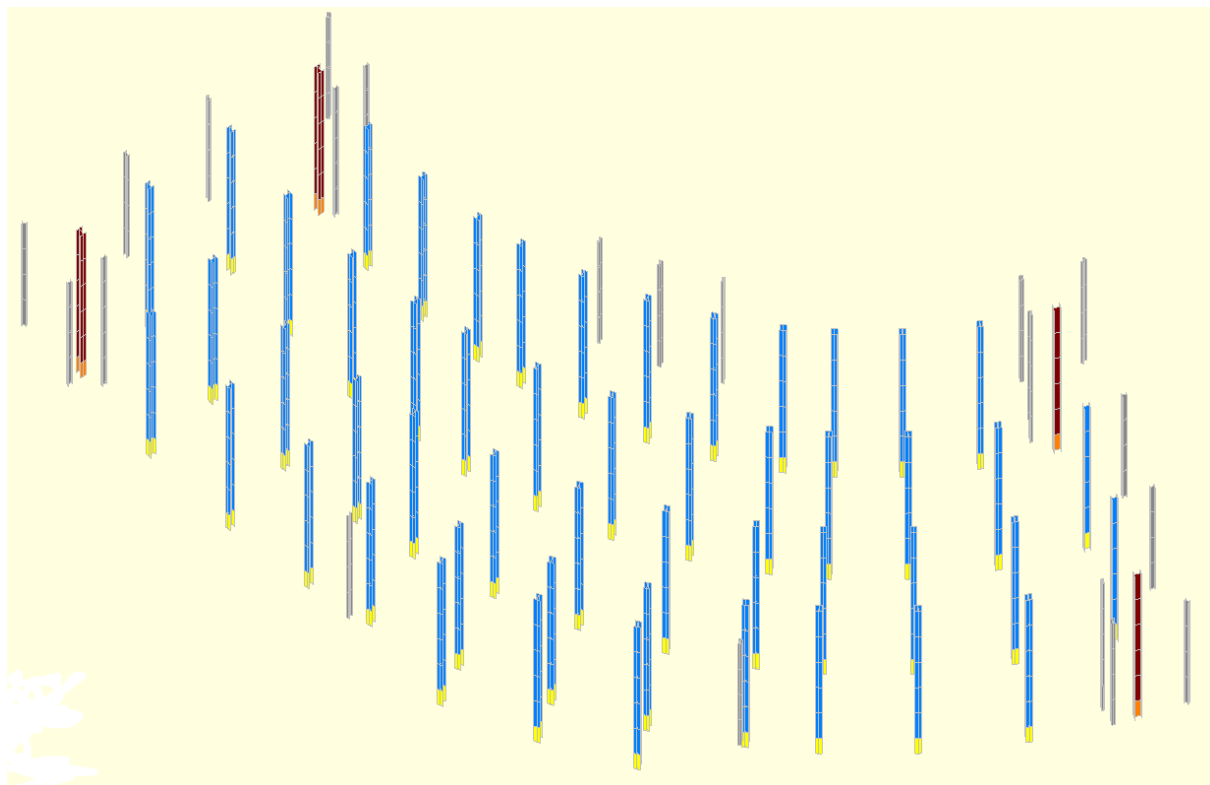


Рисунок 5.5

Схема расположения групп вертикальных элементов

- 1) красным – межэтажные колонны в углах здания;
- 2) синим – остальные межэтажные колонны;
- 3) оранжевым – нижние колонны в углах здания;
- 4) жёлтым – нижние колонны в остальных частях здания;
- 5) серым – стойки.

Теперь для обозначенных групп по первичному приближённому расчёту определим самые нагруженные элементы, чтобы с помощью программы Кристалл определить их расчётные длины и распространить эти значения по соответствующим группам в целях унификации расчёта, а так же для обеспечения запаса менее нагруженных элементов по устойчивости.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Инв. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

33

наиболее нагружен-
ный столб угловых
колонн

наиболее
нагружен-
ный столб
неугловых
колонн

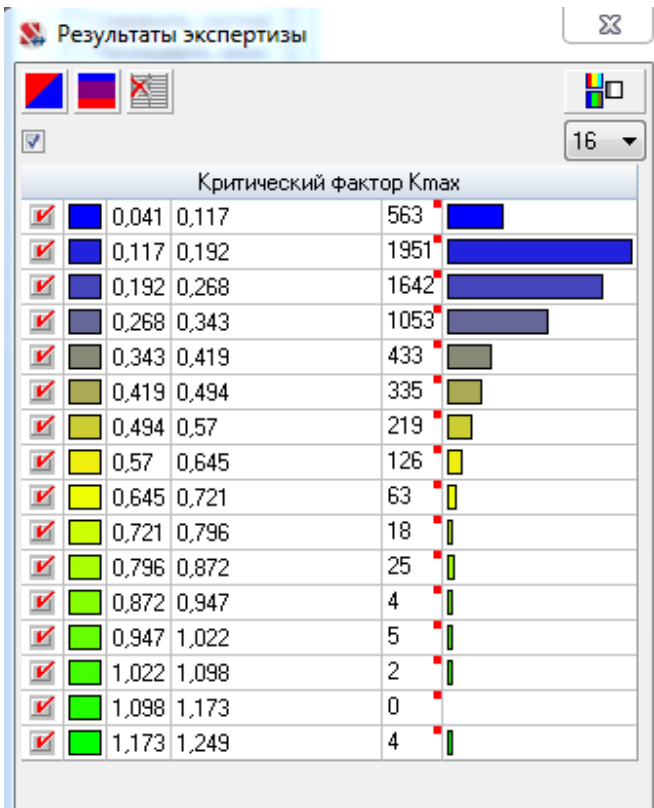


Рисунок 5.6

Результат расчёта критического фактора для колонн при РСУ

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

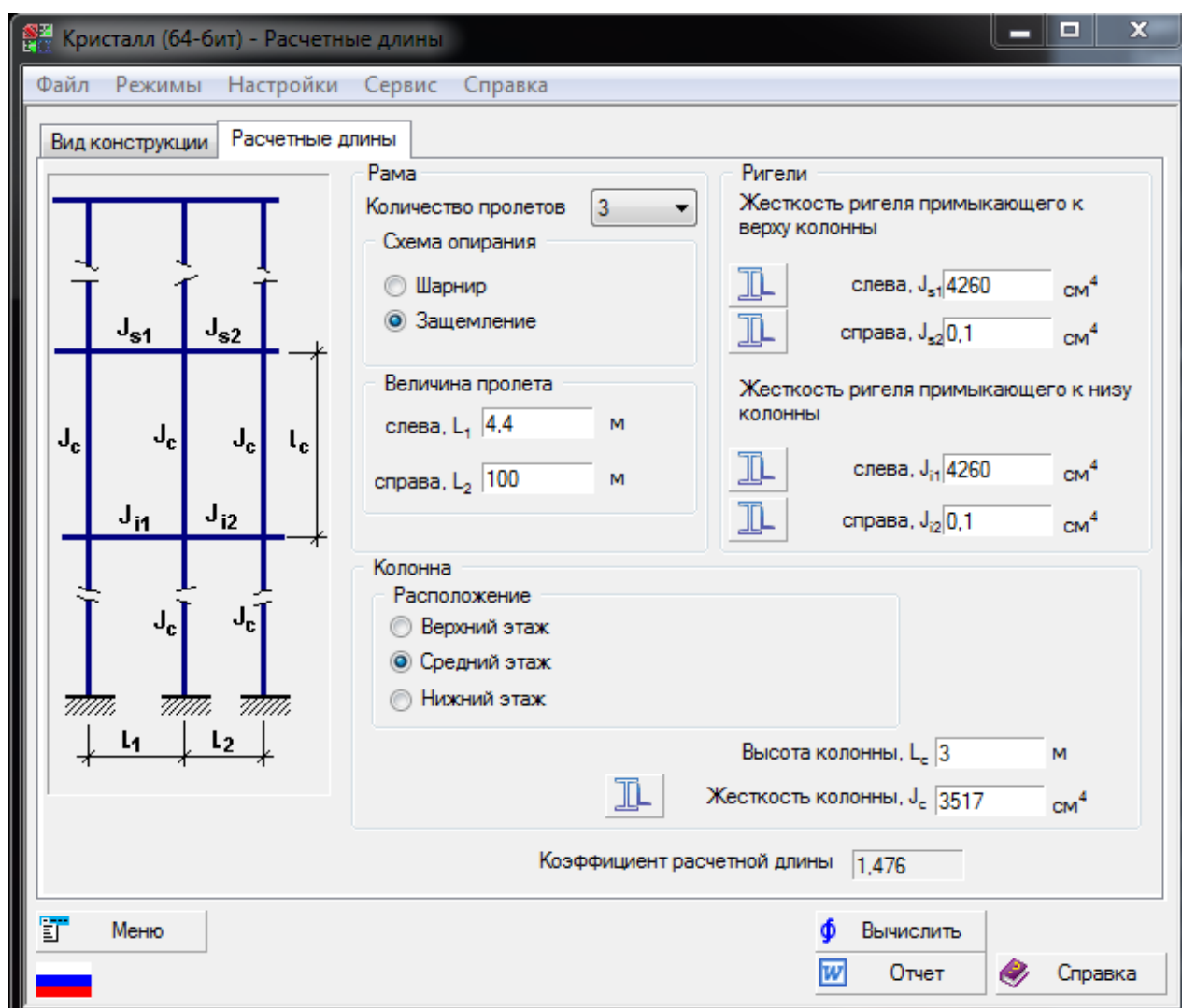
Видим, что наиболее нагруженными являются нижние колонны в каждом из столбов

Теперь для всех групп колонн необходимо определить наибольшие расчётные длины по выбранным наиболее нагруженным:

Для 1 группы – межэтажных колонн в углах здания

– В плоскости X_1OY_1 колонны:

Так как справа от данной колонны располагаются консоли, принимаем их влияние на расчётную длину колонны минимальным, считая жёсткость ригелей справа малой, а длину правого пролёта - большой.



– В плоскости X_1OZ_1 колонны:

Так как уже в этой плоскости слева от данной колонны располагаются консоли, принимаем их влияние на расчётную длину колонны минимальным, считая жёсткость ригелей слева малой, а длину правого пролёта - большой.

Кристалл (64-бит) - Расчетные длины

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Вид конструкции Расчетные длины

Рама

Количество пролетов 10

Схема опирания

☐ Шарнир

☒ Защемление

Величина пролета

слева, L_1 100 м

справа, L_2 3,18 м

Ригели

Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны

слева, J_{s1} 0,1 см^4

справа, J_{s2} 4260 см^4

Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны

слева, J_{i1} 0,1 см^4

справа, J_{i2} 4260 см^4

Колонна

Расположение

☐ Верхний этаж

☒ Средний этаж

☐ Нижний этаж

Высота колонны, L_c 3 м

Жесткость колонны, J_c 10300 см^4

Коэффициент расчетной длины 1,784

Меню

Вычислить

Отчет

Справка

Для 2 группы – остальных межэтажных колонн

– В плоскости X_1OY_1 колонны:

Кристалл (64-бит) - Расчетные длины

Файл Режимы Настройки Сервис Справка

Вид конструкции Расчетные длины

Рама

Количество пролетов 10

Схема опирания

☐ Шарнир

☒ Защемление

Величина пролета

слева, L_1 4,5 м

справа, L_2 4,515 м

Ригели

Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны

слева, J_{s1} 4260 см^4

справа, J_{s2} 4260 см^4

Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны

слева, J_{i1} 4260 см^4

справа, J_{i2} 4260 см^4

Колонна

Расположение

☐ Верхний этаж

☒ Средний этаж

☐ Нижний этаж

Высота колонны, L_c 3 м

Жесткость колонны, J_c 3517 см^4

Коэффициент расчетной длины 1,211

Меню

Вычислить

Отчет

Справка

c34f2d8d7561b625

Лист

36

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

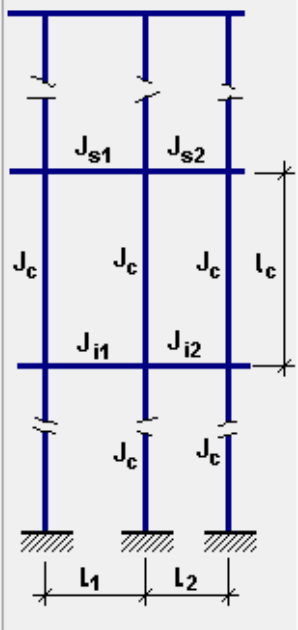
Подп. и дата

Инв. № подл.

Ли Изм. № докум. Подп. Да-

– В плоскости X_1OZ_1 колонны:

В данной плоскости колонна является крайней по отношению к зданию, поэтому так же характеристики ригелей с одной из сторон занижены



Рама
 Количество пролетов: 3
 Схема опирания:
☐ Шарнир
☒ Защемление
 Величина пролета:
 слева, L_1 : 100 м
 справа, L_2 : 3,4 м

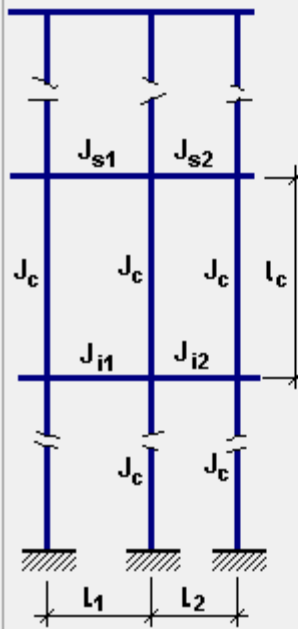
Ригели
 Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны:
 слева, J_{s1} : 0,1 см⁴
 справа, J_{s2} : 4260 см⁴
 Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны:
 слева, J_{i1} : 0,1 см⁴
 справа, J_{i2} : 4260 см⁴

Колонна
 Расположение:
☐ Верхний этаж
☒ Средний этаж
☐ Нижний этаж
 Высота колонны, L_c : 3 м
 Жесткость колонны, J_c : 10300 см⁴
 Коэффициент расчетной длины: 1,98

Для 3 группы – нижних колонн в углах здания

– В плоскости X_1OY_1 колонны:

Расчёт выполняется аналогично, что и для 1 и 2 группы соответственно, только при другой высоте колонны и другом расположении.



Рама
 Количество пролетов: 3
 Схема опирания:
☐ Шарнир
☒ Защемление
 Величина пролета:
 слева, L_1 : 4,4 м
 справа, L_2 : 100 м

Ригели
 Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны:
 слева, J_{s1} : 4260 см⁴
 справа, J_{s2} : 0,1 см⁴
 Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны:
 слева, J_{i1} : 0,1 см⁴
 справа, J_{i2} : 4260 см⁴

Колонна
 Расположение:
☐ Верхний этаж
☐ Средний этаж
☒ Нижний этаж
 Высота колонны, L_c : 2,35 м
 Жесткость колонны, J_c : 3517 см⁴
 Коэффициент расчетной длины: 1,26

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

37

– В плоскости X_1OZ_1 колонны:

Рама

Количество пролетов: 10

Схема опирания: ☒ Шарнир ☒ Защемление

Величина пролета: слева, L_1 100 м; справа, L_2 3,18 м

Колонна

Расположение: ☐ Верхний этаж ☐ Средний этаж ☒ Нижний этаж

Высота колонны, L_c 2,35 м

Жесткость колонны, J_c 10300 см⁴

Ригели

Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны: слева, J_{s1} 0,1 см⁴; справа, J_{s2} 4260 см⁴

Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны: слева, J_{i1} 0,1 см⁴; справа, J_{i2} 4260 см⁴

Коэффициент расчетной длины 1,422

Для 4 группы – нижних колонн в остальных частях здания

– В плоскости X_1OY_1 колонны:

Рама

Количество пролетов: 10

Схема опирания: ☐ Шарнир ☒ Защемление

Величина пролета: слева, L_1 4,5 м; справа, L_2 4,515 м

Колонна

Расположение: ☐ Верхний этаж ☐ Средний этаж ☒ Нижний этаж

Высота колонны, L_c 2,35 м

Жесткость колонны, J_c 3517 см⁴

Ригели

Жесткость ригеля примыкающего к верху колонны: слева, J_{s1} 4260 см⁴; справа, J_{s2} 4260 см⁴

Жесткость ригеля примыкающего к низу колонны: слева, J_{i1} 0,1 см⁴; справа, J_{i2} 4260 см⁴

Коэффициент расчетной длины 1,119

– В плоскости X_1OZ_1 колонны:

Полученные коэффициенты расчётной длины далее будут использованы в расчёте. Сечения, использованные для их получения, были найдены прикидочным расчётом и в дальнейшем, при определении сечений посредством компьютерного расчёта, характеристики этих сечений будут только увеличиваться. Значит, расчётные длины элементов в будущем либо останутся такими, которые были приняты, либо будут уменьшены, что в свою очередь поведёт за собой более благоприятные условия для работы сечений элементов. В связи с этим далее повторный расчёт коэффициентов расчётной длины с целью уточнения не выполняется.

5.4 Предельные перемещения

При расчете строительных конструкций должно быть выполнено условие:

$$f \leq f_u,$$

где f – прогиб (выгиб) и перемещение элемента конструкции (или конструкции в целом), определяемые с учетом факторов, влияющих на их значения, в соответствии с приложением Д [4];

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625	Лист
						39

f_u – предельный прогиб (выгиб) или перемещение, устанавливаемые нормами [4].

Расчет необходимо производить исходя из следующих требований:

а) технологических (обеспечение условий нормальной эксплуатации технологического и подъемно-транспортного оборудования, контрольно-измерительных приборов и т.д.);

б) конструктивных (обеспечение целостности примыкающих друг к другу элементов конструкций и их стыков, обеспечение заданных уклонов);

в) физиологических (предотвращение вредных воздействий и ощущений дискомфорта при колебаниях);

г) эстетико-психологических (обеспечение благоприятных впечатлений от внешнего вида конструкций, предотвращение ощущения опасности).

Каждое из указанных требований должно быть выполнено при расчете независимо от других.

Предельные прогибы элементов конструкций покрытий и перекрытий, ограничиваемые исходя из технологических, конструктивных и физиологических требований, следует отсчитывать от изогнутой оси, соответствующей состоянию элемента в момент приложения нагрузки, от которой вычисляется прогиб, а ограничиваемые исходя из эстетико-психологических требований - от прямой, соединяющей опоры этих элементов.

В данном проекте технологических и конструктивных ограничений по предельным прогибам не установлено.

Остальные вертикальные предельные прогибы элементов конструкций в соответствии с таблицей Д.1 в Прил. Д.2 [4] показаны в табл. 4.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625					40

Таблица 5.1

Вертикальные предельные прогибы элементов

Элементы кон- струкций	Предъявляемые требования	Вертикальные пре- дельные прогибы f_u	Нагрузки для оп- ределения верти- кальных прогибов
Ригели	Эстетико- психологические	при $l \leq 1$ м: $l / 120$	Постоянные и длительные
		при $l = 3$ м: $l / 150$	
		при $l = 6$ м: $l / 200$	
	Физиологические	Определяются в соответствии с Д.2.2 [4]	
Консоли (элементы лоджий)	Эстетико- психологические	при $l \leq 1$ м: $l / 120$	Постоянные и длительные
		при $l = 3$ м: $l / 150$	
		при $l = 6$ м: $l / 200$	
	Физиологические	Определяются в соответствии с Д.2.2 [4]	

Стоит отметить, что, так как под элементами лоджий подразумеваются консоли, их пролёт l принимается в 2 раза больше их вылета.

Так как конструктивная схема выбранного здания имеет большое количество ригелей и консолей с разными пролётами и вылетами соответственно, первично, для упрощения найдём предельные прогибы для тех элементов, для которых данное ограничения является наиболее жёстким, нежели для других элементов. Ими в данном случае являются ригели с наименьшими пролётами. Если абсолютные прогибы всех элементов будут не более абсолютного предельного прогиба для наиболее короткого элемента, то данное условие невыполнения предельных прогибов можно считать выполненным для всего каркаса. Если же хоть для одного из элементов данное условие выполняться не будет – сначала более точно определим ограничение для него, затем проверим, и если уже точно определённое ограничение не будет соблюдаться, то расценим проверку по предельным деформациям невыполненной.

Согласно эстетико-психологическим требованиям к ригелям (не в лоджиях):

Ине. № подл.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

с34f2d8d7561b625

Лист

41

наименьший пролёт ригеля в здании – 1,65 м. Соответственно по табл.4.1, используя интерполяцию определяем предельный прогиб, равный

$$f_u^p = 0,0127 \text{ м.}$$

Согласно эстетико-психологическим требованиям к консолям (в лоджиях):

наименьший вылет консоли – 1,6 м, соответственно пролёт определяется как $l = 2 \times 1,6 = 3,2 \text{ м}$, тогда наименьший предельный прогиб консолей равен

$$f_u^k = 0,0210 \text{ м.}$$

Согласно физиологическим требованиям к ригелям предельные прогибы определяются по формуле:

$$f_u = \frac{g(p + p_l + q)}{30n^2(bp + p_l + q)},$$

где $g=9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

p – нормативное значение нагрузки от людей, возбуждающих колебания, принимаемое по таблице Д.2 [4], и в данном случае равное 0,25 кПа;

p_l – пониженное нормативное значение нагрузки на перекрытия, принимаемое по таблице Д.2 [4], здесь принимаемое равным 0,525 кПа;

q – нормативное значение нагрузки от веса рассчитываемого элемента и опирающихся на него конструкций, равное для жилых комнат и конкретного ригеля 1,27 кПа;

n – частота приложения нагрузки при ходьбе человека, принимаемая по таблице Д.2 [4], и здесь равная 1,5 Гц.

b – коэффициент, принимаемый по таблице Д.2 [4]:

$$b = \sqrt[125]{\frac{Q}{\alpha p a l}},$$

Q – вес одного человека, принимаемый равным 0,8 кН;

α – коэффициент, принимаемый равным 1,0 для элементов, рассчитываемых по балочной схеме;

a – шаг ригелей, равный 4,6 м;

l – расчетный пролет элемента конструкции, равный 1,65 м.

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625	Лист
						42

$$b = \sqrt[125]{\frac{Q}{\alpha p a l}} = \sqrt[125]{\frac{0,8}{1 \times 1,5 \times 4,6 \times 1,65}} = 0,979.$$

Тогда

$$f_u^p = \frac{g(p + p_l + q)}{30n^2(bp + p_l + q)} = \frac{9,8(0,25 + 0,525 + 1,27)}{30 \times 1,5^2(0,979 \times 0,25 + 0,525 + 1,27)} = 0,1454 \text{ м}$$

Согласно физиологическим требованиям к консолям лоджий предельные прогибы определяются аналогично, однако заменяются некоторые величины:

- p принимается равным 0,5 кПа;
- p_l принимается равным 0,7 кПа;
- q принимается равным 1,14 кПа;
- b так же пересчитывается:

$$b = \sqrt[125]{\frac{Q}{\alpha p a l}} = \sqrt[125]{\frac{0,8}{1 \times 1,5 \times 2,5 \times 1,60}} = 0,984.$$

Тогда

$$f_u^k = \frac{g(p + p_l + q)}{30n^2(bp + p_l + q)} = \frac{9,8(0,5 + 0,7 + 1,14)}{30 \times 1,5^2(0,984 \times 0,5 + 0,7 + 1,14)} = 0,1457 \text{ м}$$

Среди ограничений по эстетико-психологическим и по физиологическим требованиям наиболее жёсткими являются первые, в связи с чем в дальнейшем будем оценивать только их нарушение.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата						Лист 43
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625					

6 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТА

Расчёт выполнялся в программе SCAD 21.1. Элементы конструкции при рассматриваемых нагрузках испытывают разнообразные усилия, среди которых и изгибающие моменты в разных направлениях, и продольные и поперечные усилия, и крутильные моменты. Такое сложное объёмное напряженно-деформированное состояние обусловлено рамностью каркаса во всех направлениях, а так же сложной изгибной формой здания. В связи с этим вывод результатов расчёта трёхмерной схемы каркаса будет включать эпюры по усилиям $N, M_y, M_z, Q_y, Q_z, M_k$, показанные относительно местных осей элементов.

Отдельно были заданы следующие загрузки:

	Загрузки/Комбинации
1	Снеговая
2	Полезная(целиком)
3	Перегородки
4	Полезная(шахматное)
5	Постоянная(покрытие)
6	Собств.вес
7	Ветер(по X)
8	Ветер (Y)
9	Стены(наружные)
10	Снеговая(мешки)
11	Лестницы
12	Пульсация по X
13	Пульсация по Y

Согласно условию конкурса из этих загрузжений были составлены комбинации, от которых необходимо показать эпюры усилий. Такими комбинациями являются:

1. Постоянные и временные (без ветра):

$$(L3) \cdot 1 + (L5) \cdot 1 + (L6) \cdot 1 + (L9) \cdot 1 + (L11) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L10) \cdot 0,9$$

В комбинации учитывалась полезная нагрузка, распределённая равномерно на этаже, так как в ходе анализа было установлено, что она, в основном, вызывает большие усилия в элементах каркаса, чем при «шахматных» ее расположениях.

- ## 2. Постоянные и временные (с ветром по оси X)

$$(L3) \cdot 1 + (L5) \cdot 1 + (L6) \cdot 1 + (L9) \cdot 1 + (L11) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L10) \cdot 0,9 + (L15) \cdot 0,7$$

3. Постоянные и временные (с ветром по оси Y)

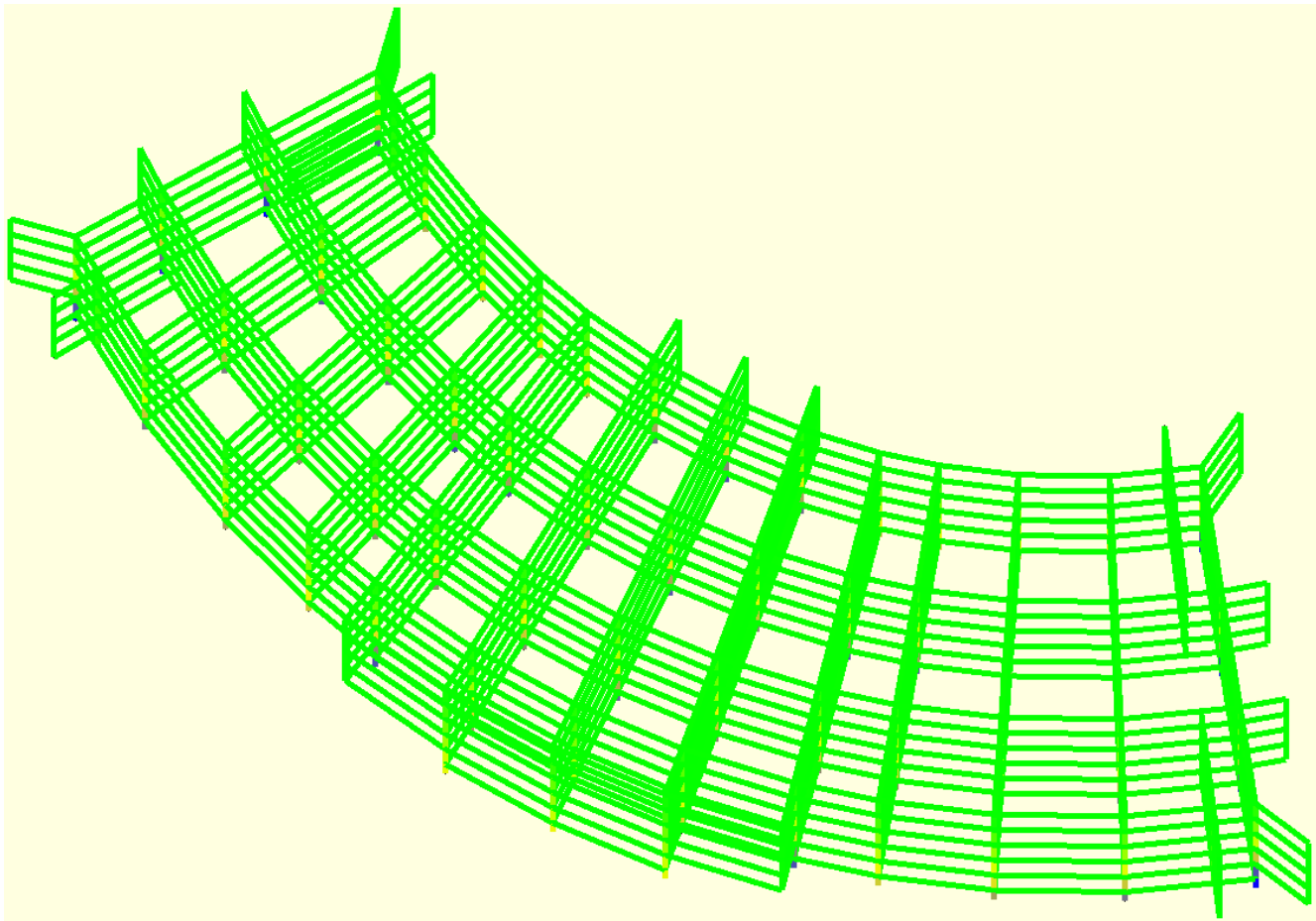
$$(L3) \cdot 1 + (L5) \cdot 1 + (L6) \cdot 1 + (L9) \cdot 1 + (L11) \cdot 1 + (L2) \cdot 1 + (L10) \cdot 0,9 + (L16) \cdot 0,7$$

При включении в комбинацию загрузжений «Пульсация по X/Y» рассматривается полное динамическое загрузжение от ветровой нагрузки.

Далее показаны эпюры усилий в трёхмерном каркасе от соответствующих загрузжений.

1. Постоянные и временные (без ветра)

Инв. № подл.	Подп. и дата					Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625					Лист
										45



		N		
		кН	кН	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1357	-1271	6
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1271	-1185	2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1185	-1099,1	11
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1099,1	-1013,1	14
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1013,1	-927,1	16
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-927,1	-841,2	21
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-841,2	-755,2	30
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-755,2	-669,2	22
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-669,2	-583,3	29
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-583,3	-497,3	34
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-497,3	-411,3	23
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-411,3	-325,4	30
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-325,4	-239,4	27
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-239,4	-153,4	27
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-153,4	-67,5	51
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-67,5	18,5	6142

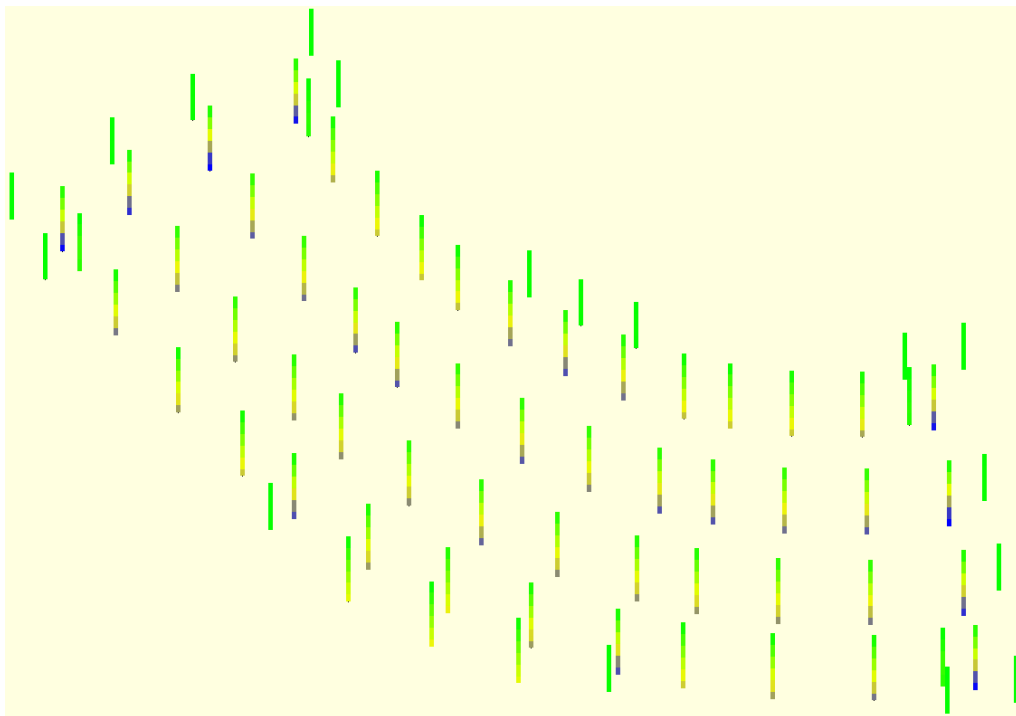


Рисунок 6.1
Эпюра продольных сил N
(на нижней части рисунка показаны продольные силы только в вертикальных стержнях)

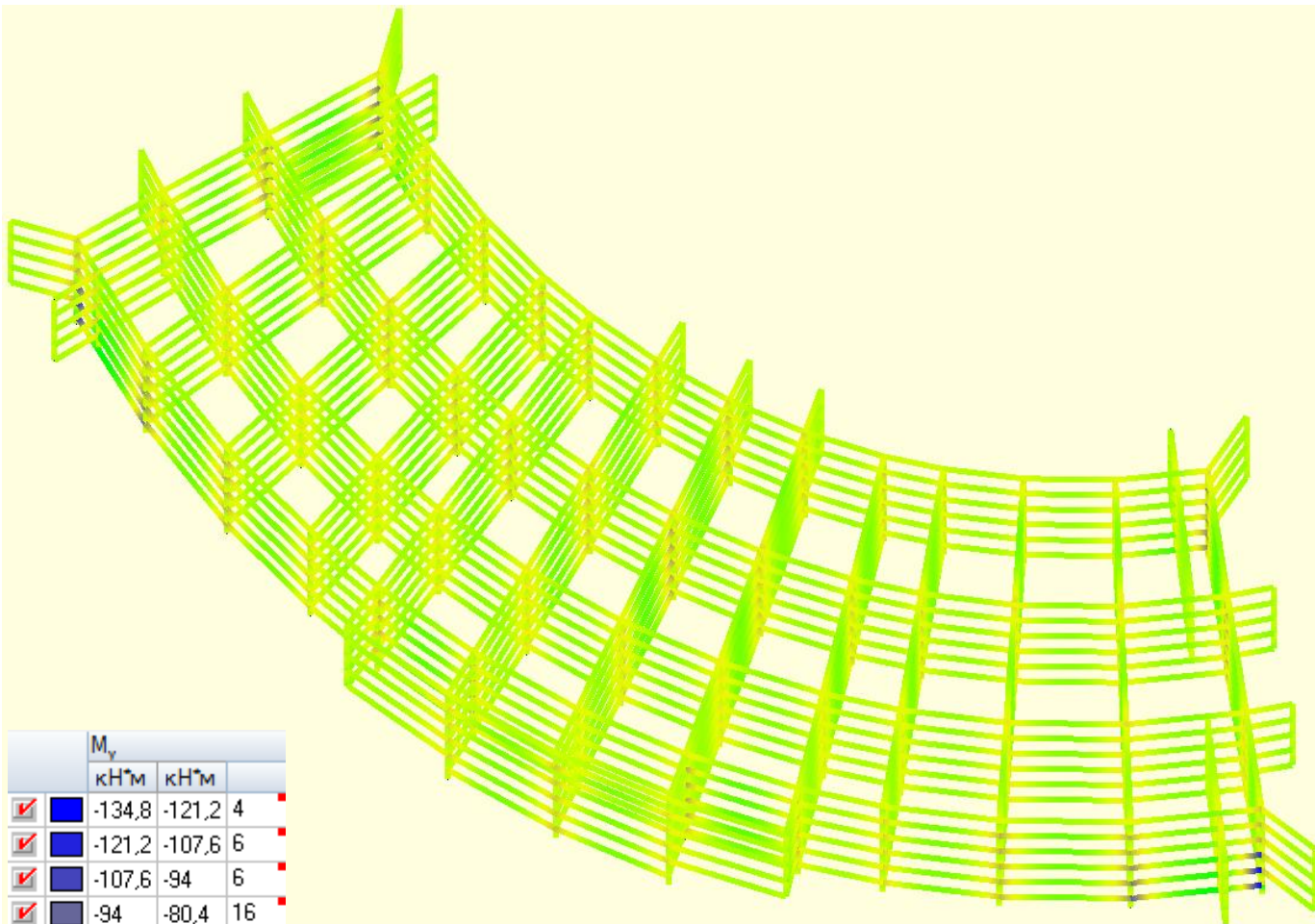
Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Име. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

46



M_y				
		кН*м	кН*м	
<input checked="" type="checkbox"/>		-134,8	-121,2	4
<input checked="" type="checkbox"/>		-121,2	-107,6	6
<input checked="" type="checkbox"/>		-107,6	-94	6
<input checked="" type="checkbox"/>		-94	-80,4	16
<input checked="" type="checkbox"/>		-80,4	-66,8	30
<input checked="" type="checkbox"/>		-66,8	-53,2	114
<input checked="" type="checkbox"/>		-53,2	-39,7	429
<input checked="" type="checkbox"/>		-39,7	-26,1	931
<input checked="" type="checkbox"/>		-26,1	-12,5	2031
<input checked="" type="checkbox"/>		-12,5	1,1	3087
<input checked="" type="checkbox"/>		1,1	14,7	3395
<input checked="" type="checkbox"/>		14,7	28,3	1566
<input checked="" type="checkbox"/>		28,3	41,9	241
<input checked="" type="checkbox"/>		41,9	55,5	47
<input checked="" type="checkbox"/>		55,5	69	16
<input checked="" type="checkbox"/>		69	82,6	11

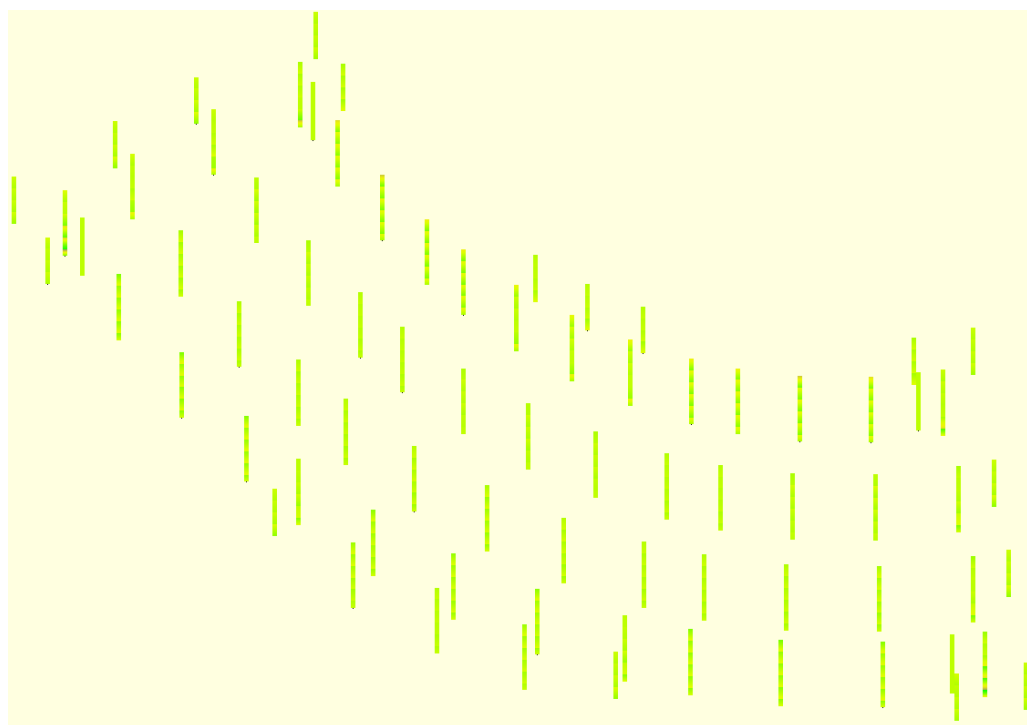


Рисунок 6.2

Эпюра изгибающих моментов M_y

(на нижней части рисунка показаны изгибающие моменты только в вертикальных стержнях)

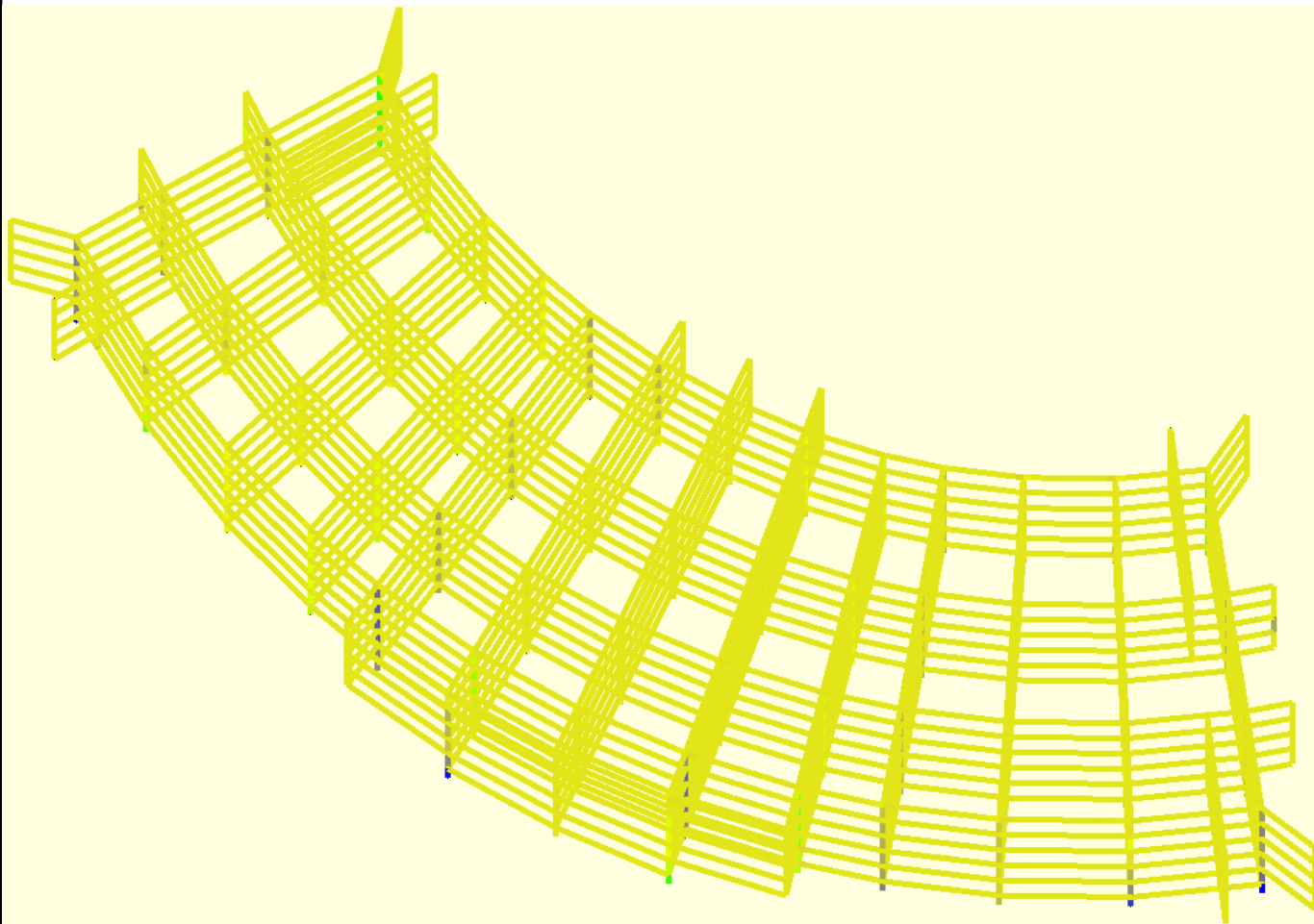
Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

47



		Q_y		
		кН	кН	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-22,7	-20,1	2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-20,1	-17,5	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-17,5	-14,9	6
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-14,9	-12,2	2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-12,2	-9,6	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-9,6	-7	8
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-7	-4,4	18
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4,4	-1,7	47
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1,7	0,9	6238
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,9	3,5	77
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3,5	6,1	42
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6,1	8,7	14
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8,7	11,4	9
<input checked="" type="checkbox"/>	■	11,4	14	1
<input checked="" type="checkbox"/>	■	14	16,6	0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	16,6	19,2	3

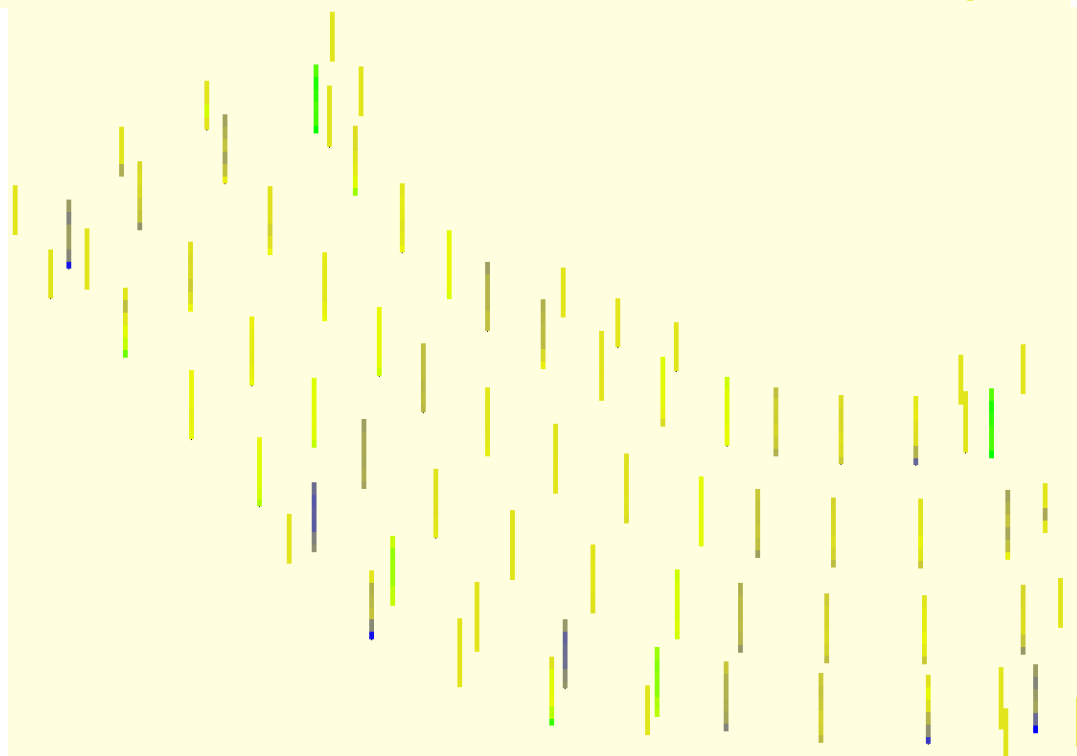


Рисунок 6.3

Эпюра поперечных сил Q_y

(на нижней части рисунка показаны поперечные силы только в вертикальных стержнях)

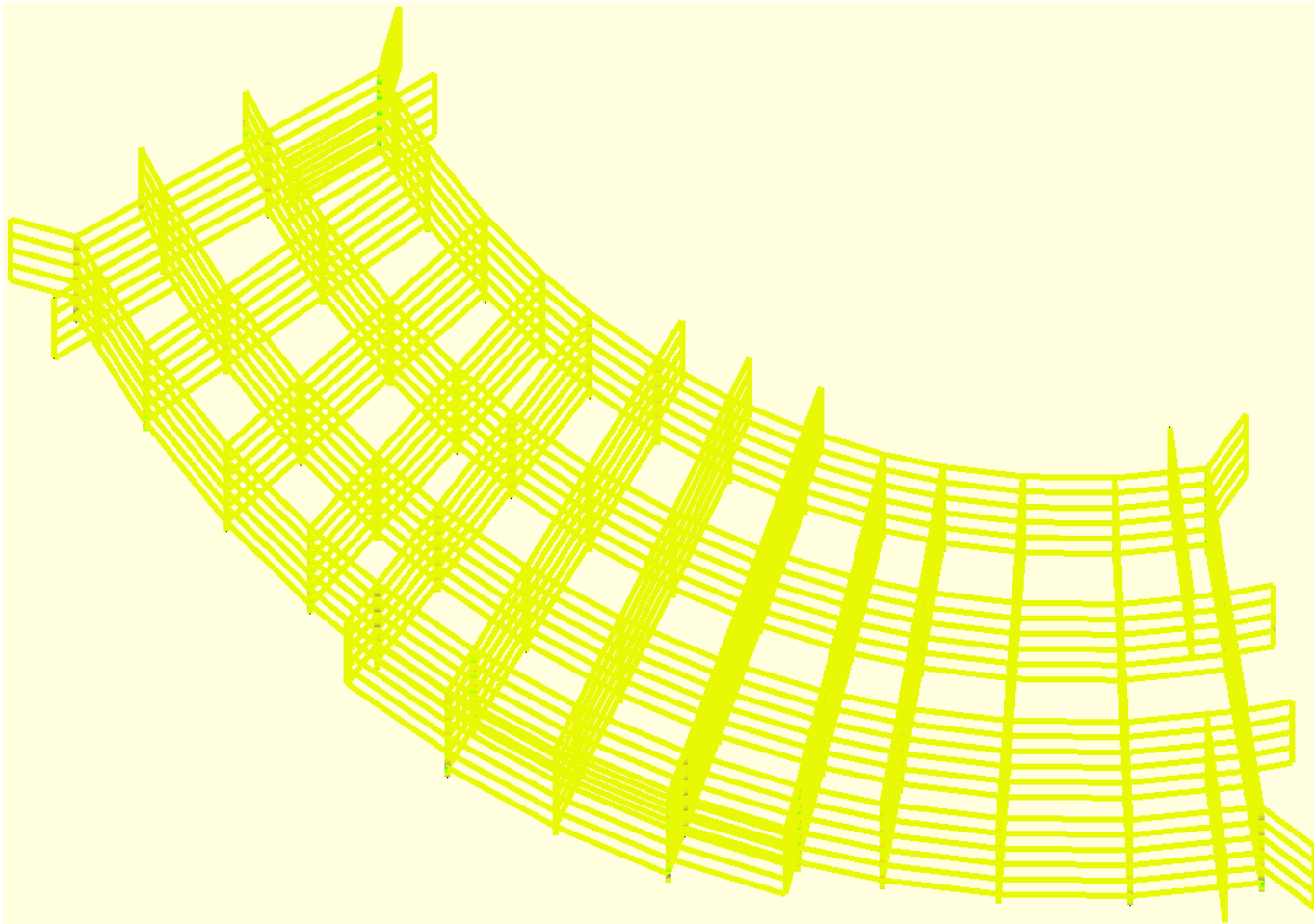
Име. № подл.	Подп. и дата	Име. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

48



		M_z		
		кН*м	кН*м	
<input checked="" type="checkbox"/>		-28,4	-24,7	7
<input checked="" type="checkbox"/>		-24,7	-21	11
<input checked="" type="checkbox"/>		-21	-17,3	13
<input checked="" type="checkbox"/>		-17,3	-13,6	27
<input checked="" type="checkbox"/>		-13,6	-9,9	41
<input checked="" type="checkbox"/>		-9,9	-6,2	95
<input checked="" type="checkbox"/>		-6,2	-2,5	194
<input checked="" type="checkbox"/>		-2,5	1,2	6473
<input checked="" type="checkbox"/>		1,2	4,9	243
<input checked="" type="checkbox"/>		4,9	8,6	132
<input checked="" type="checkbox"/>		8,6	12,3	53
<input checked="" type="checkbox"/>		12,3	15,9	32
<input checked="" type="checkbox"/>		15,9	19,6	18
<input checked="" type="checkbox"/>		19,6	23,3	13
<input checked="" type="checkbox"/>		23,3	27	9
<input checked="" type="checkbox"/>		27	30,7	4

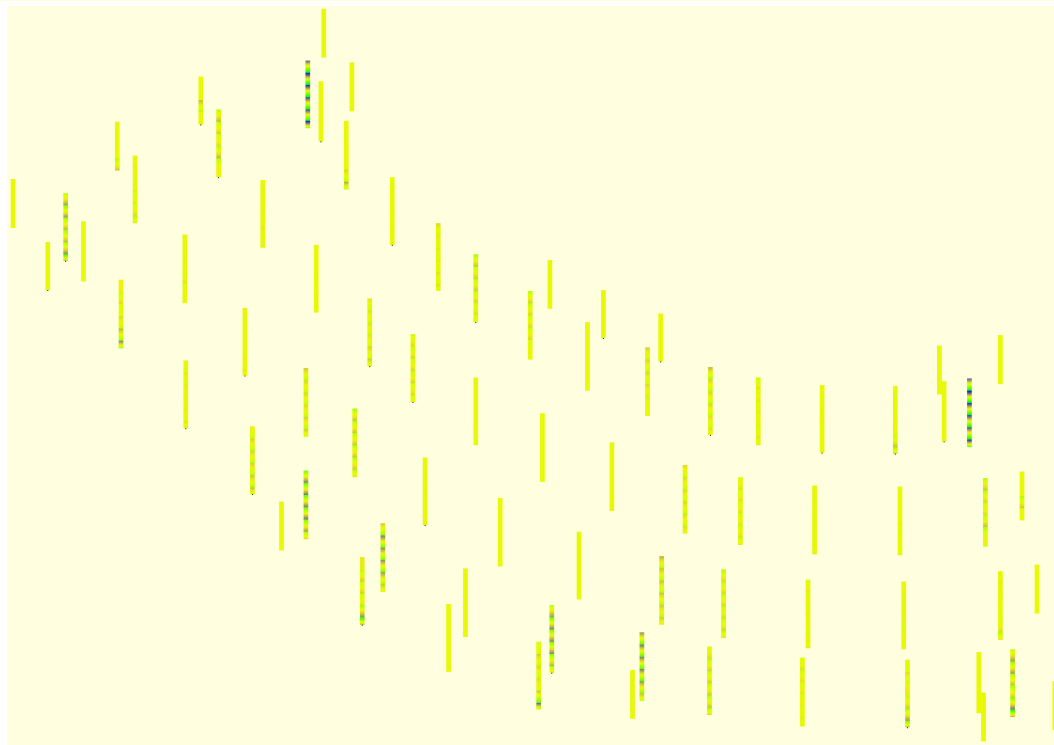


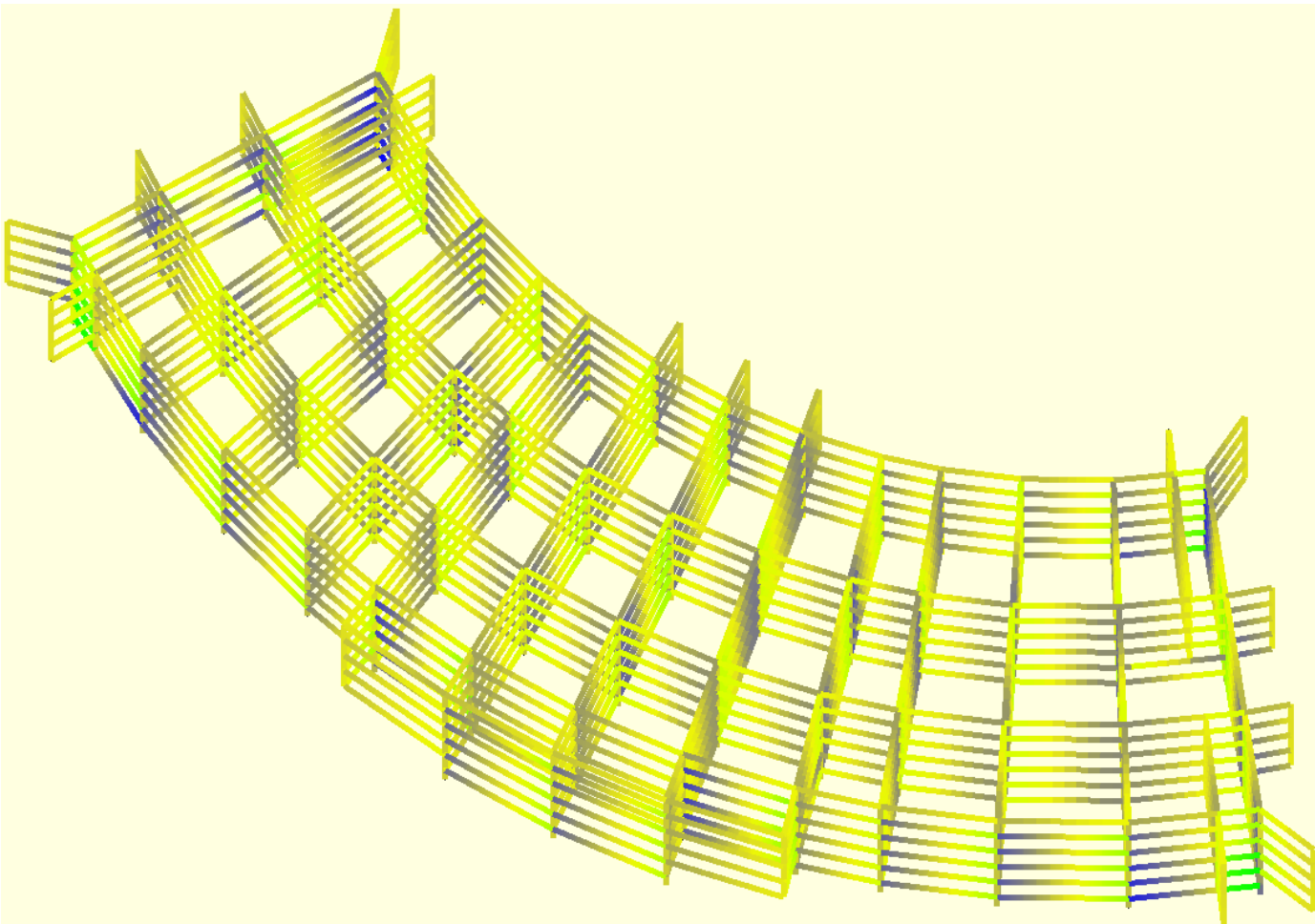
Рисунок 6.4
Эпюра изгибающих моментов M_z

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

49



		Q_z		
		кН	кН	
✓		-170	-151,3	7
✓		-151,3	-132,6	10
✓		-132,6	-113,9	15
✓		-113,9	-95,2	9
✓		-95,2	-76,5	39
✓		-76,5	-57,8	190
✓		-57,8	-39,1	705
✓		-39,1	-20,4	1292
✓		-20,4	-1,7	1299
✓		-1,7	17	1309
✓		17	35,7	1313
✓		35,7	54,4	859
✓		54,4	73,1	242
✓		73,1	91,8	46
✓		91,8	110,5	18
✓		110,5	129,2	4

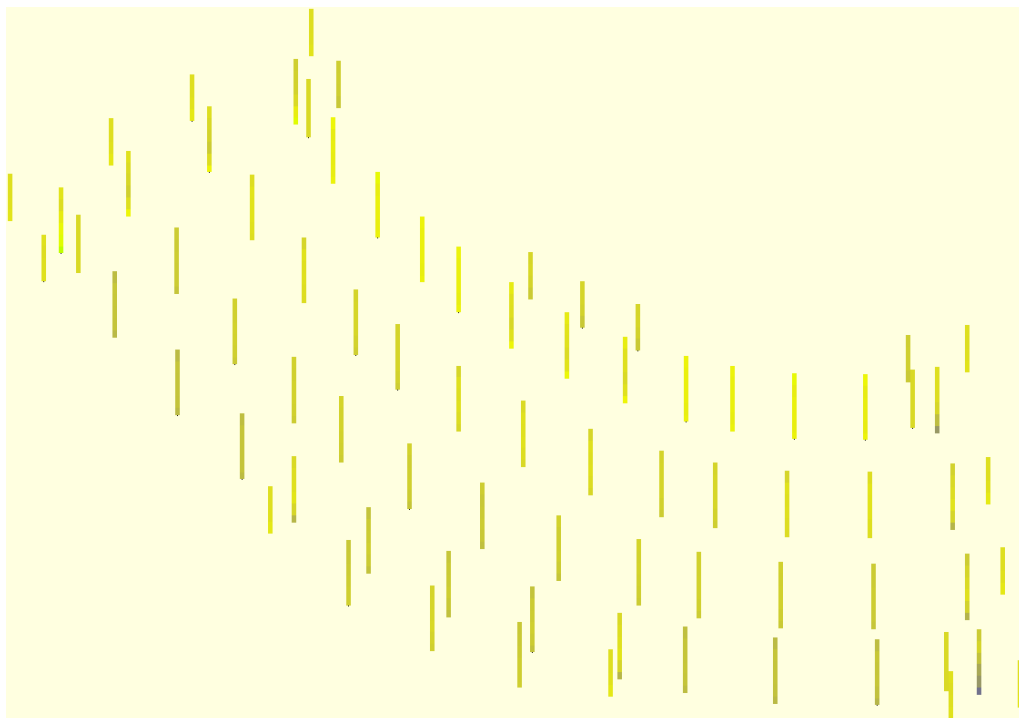


Рисунок 6.5
Эпюра поперечных сил Q_z

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

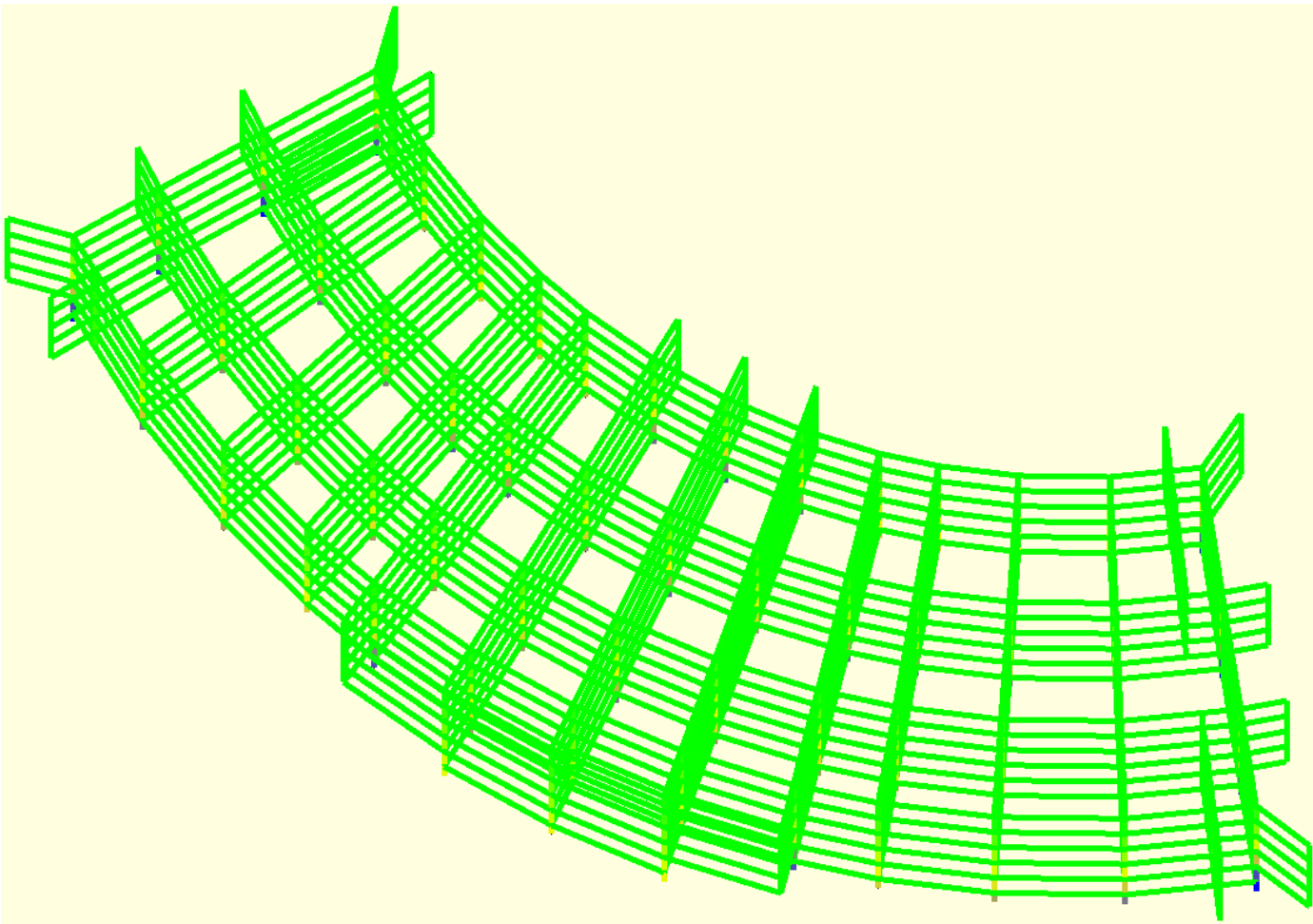
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

50

2. Постоянные и временные (с ветром по оси X)



		N		
		кН	кН	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1319,7	-1236	6
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1236	-1152,4	2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1152,4	-1068,7	8
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1068,7	-985	14
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-985	-901,3	10
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-901,3	-817,7	28
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-817,7	-734	27
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-734	-650,3	23
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-650,3	-566,7	31
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-566,7	-483	32
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-483	-399,3	24
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-399,3	-315,7	27
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-315,7	-232	30
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-232	-148,3	28
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-148,3	-64,7	47
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-64,7	19	6142

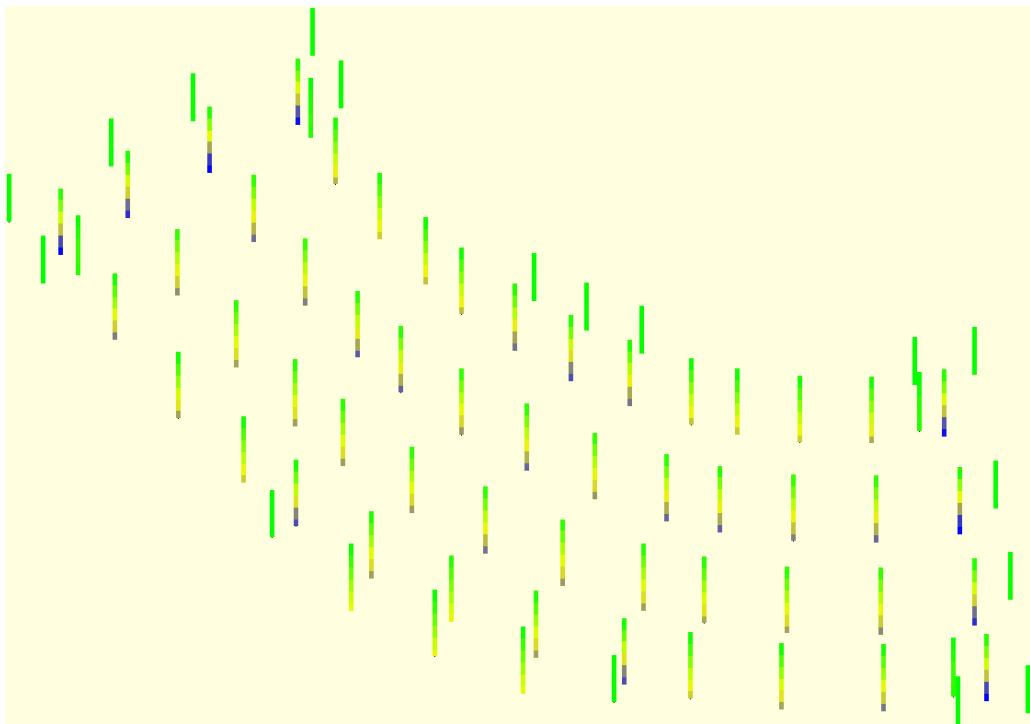
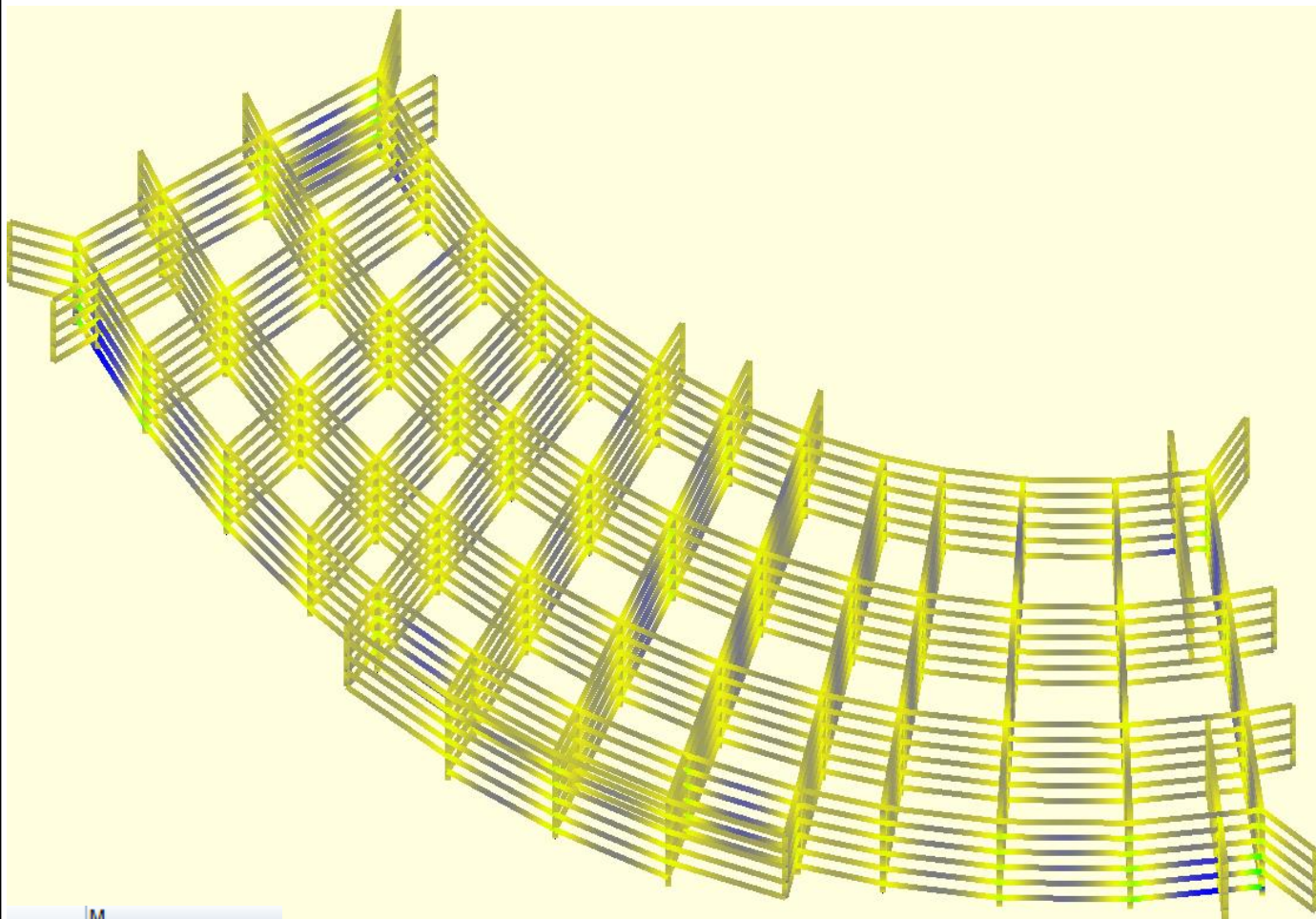


Рисунок 6.7
Эпюра продольных сил N

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	



		M_y		
		кН*м	кН*м	
✓	■	-132,2	-118,8	4
✓	■	-118,8	-105,5	6
✓	■	-105,5	-92,1	6
✓	■	-92,1	-78,8	15
✓	■	-78,8	-65,4	32
✓	■	-65,4	-52,1	104
✓	■	-52,1	-38,7	384
✓	■	-38,7	-25,3	909
✓	■	-25,3	-12	2049
✓	■	-12	1,4	3130
✓	■	1,4	14,7	3429
✓	■	14,7	28,1	1466
✓	■	28,1	41,4	192
✓	■	41,4	54,8	47
✓	■	54,8	68,1	16
✓	■	68,1	81,5	10

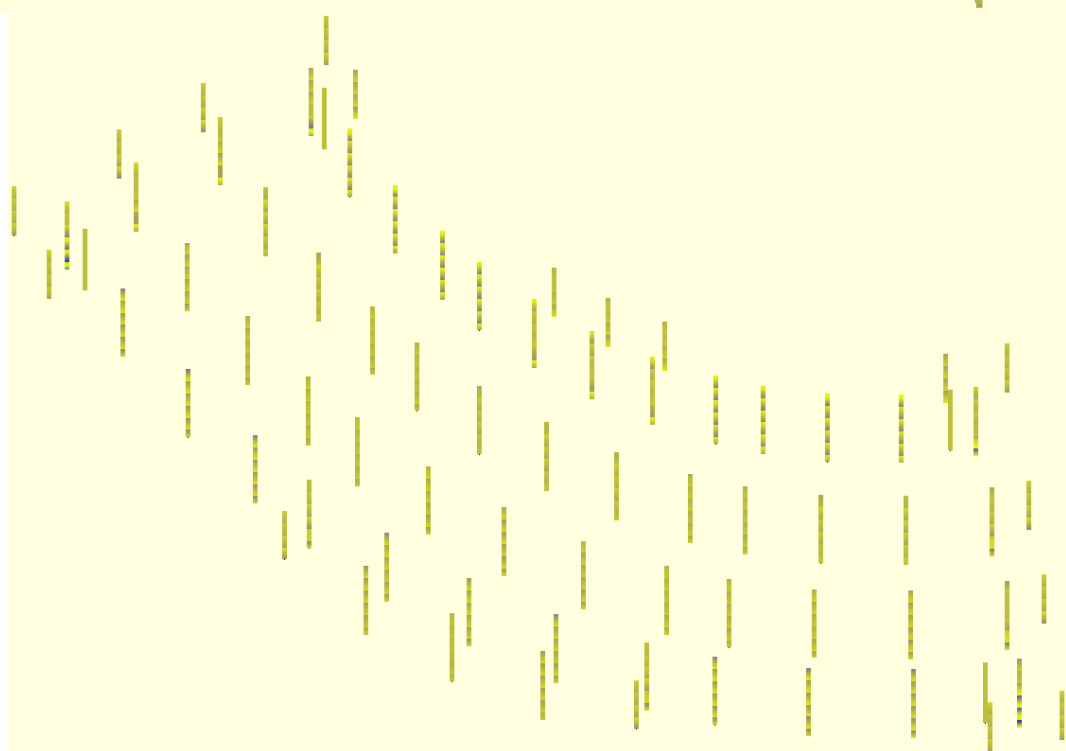


Рисунок 6.8
Эпюра изгибающих моментов M_y

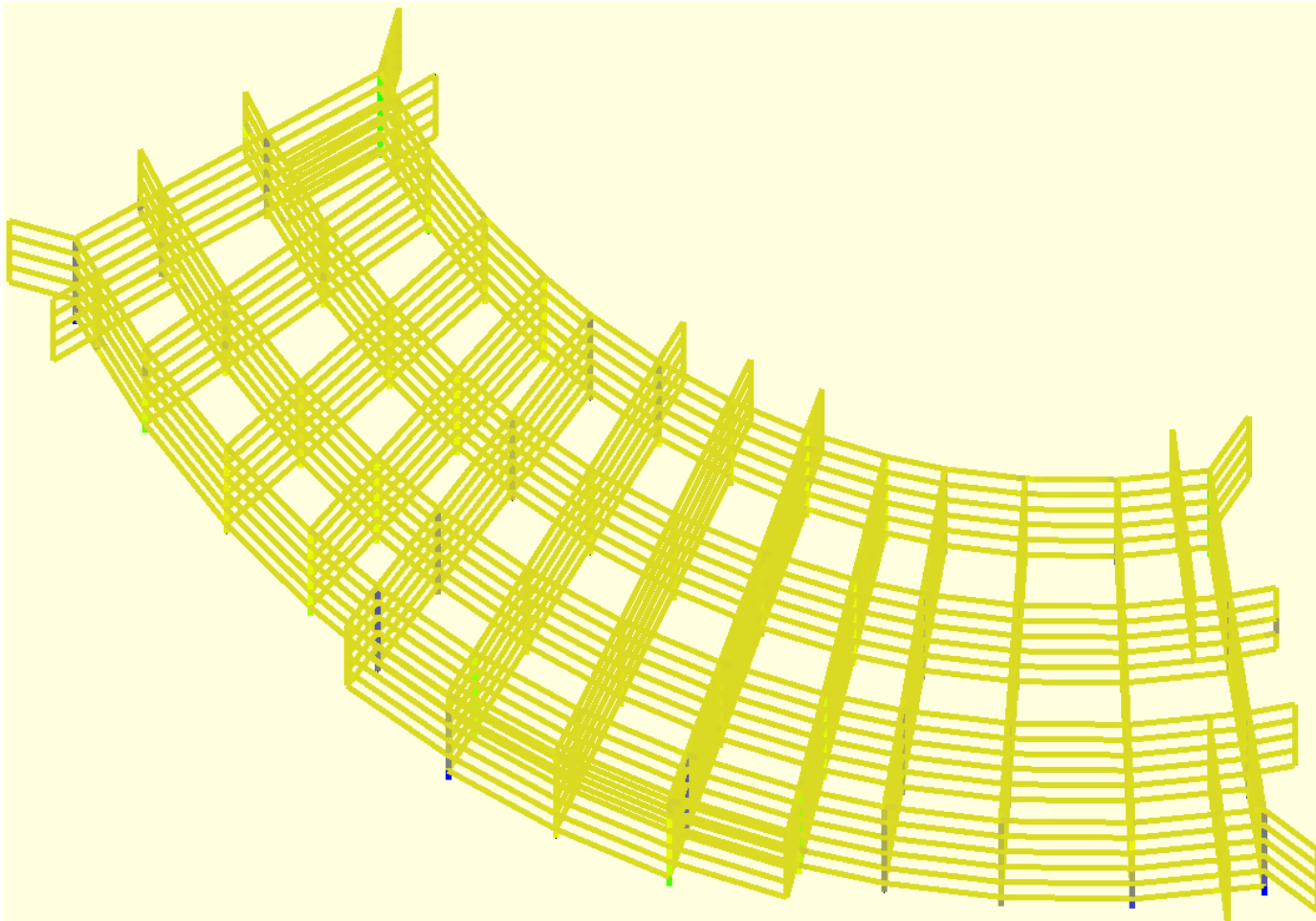
Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

53



		Q_y		
		кН	кН	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-23,4	-20,8	1
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-20,8	-18,2	3
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-18,2	-15,6	5
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-15,6	-13,1	5
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-13,1	-10,5	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-10,5	-7,9	7
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-7,9	-5,3	12
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-5,3	-2,7	45
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-2,7	-0,2	319
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,2	2,4	6015
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2,4	5	49
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	7,6	22
<input checked="" type="checkbox"/>	■	7,6	10,2	9
<input checked="" type="checkbox"/>	■	10,2	12,7	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	12,7	15,3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	15,3	17,9	3

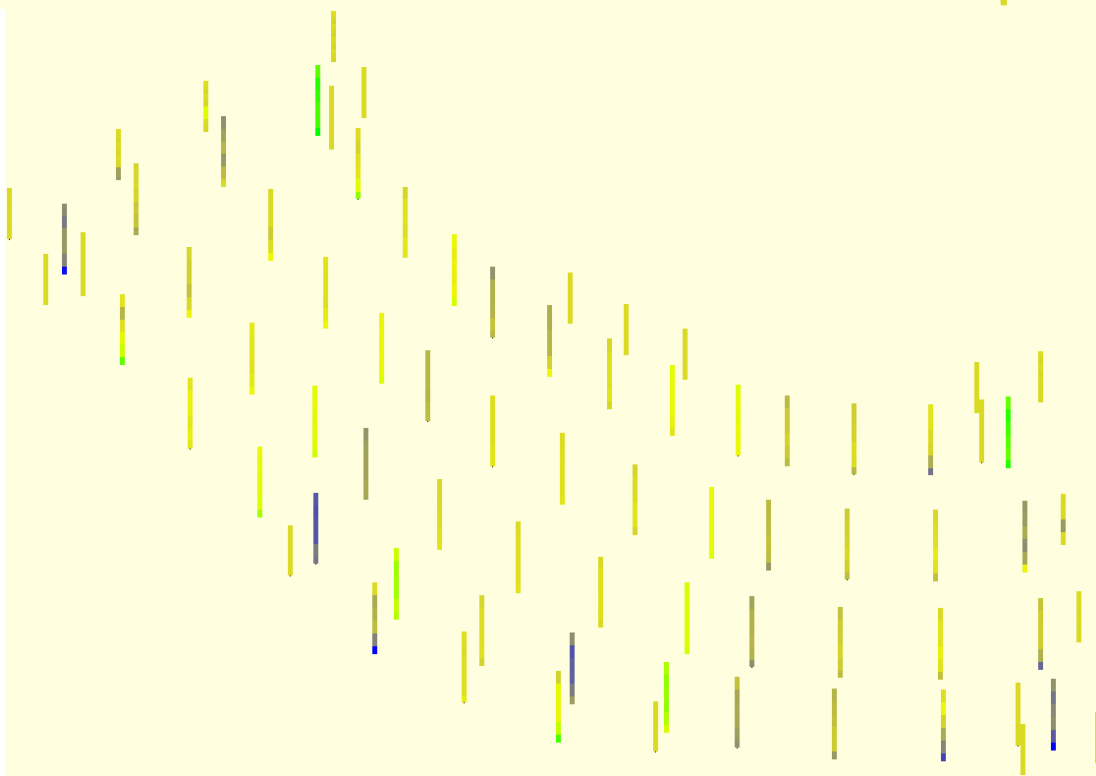
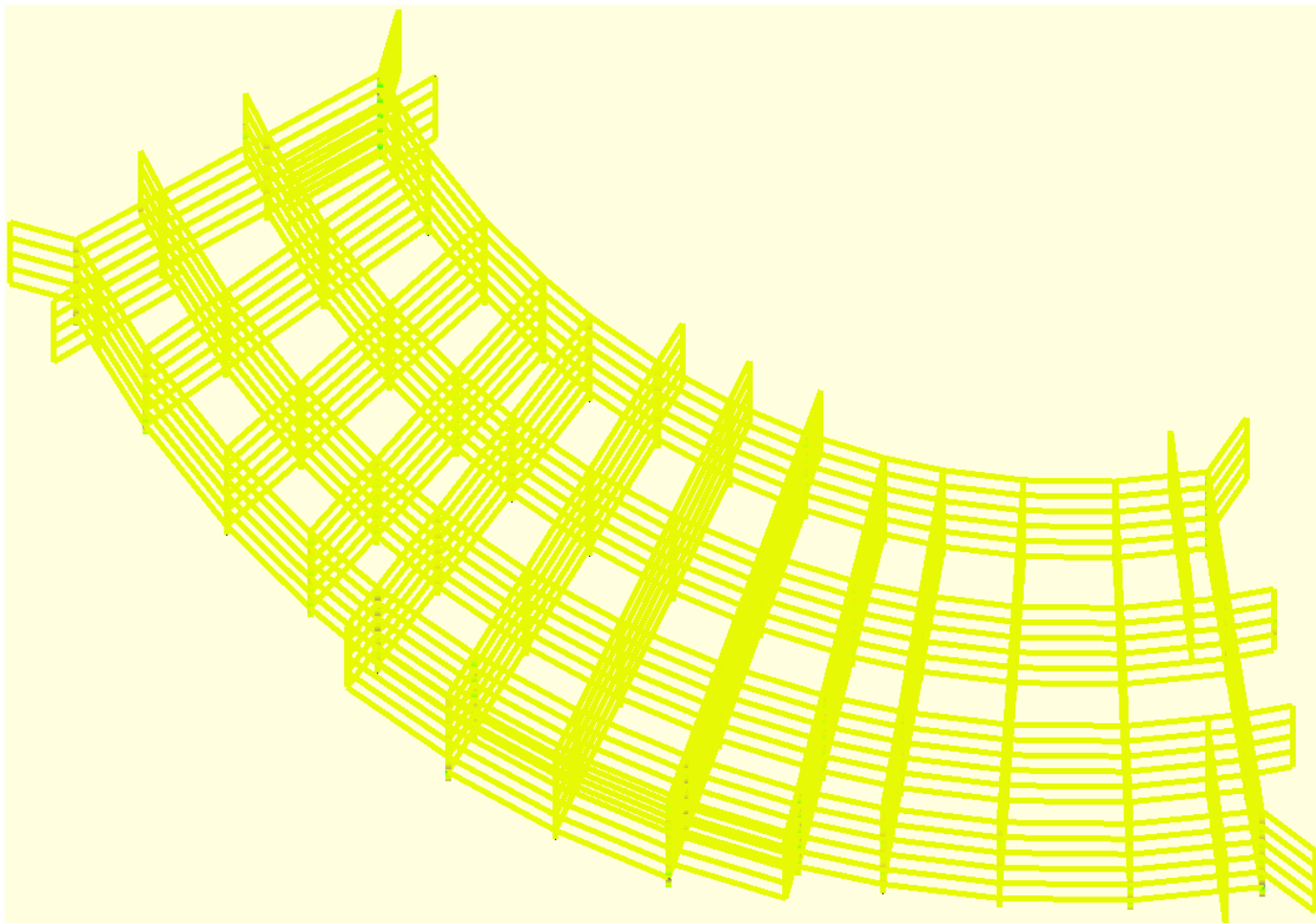


Рисунок 6.9
Эпюра поперечных сил Q_y

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625



		M_z		
		кН*м	кН*м	
<input checked="" type="checkbox"/>		-28,1	-24,4	6
<input checked="" type="checkbox"/>		-24,4	-20,7	13
<input checked="" type="checkbox"/>		-20,7	-17	15
<input checked="" type="checkbox"/>		-17	-13,3	29
<input checked="" type="checkbox"/>		-13,3	-9,6	45
<input checked="" type="checkbox"/>		-9,6	-5,9	96
<input checked="" type="checkbox"/>		-5,9	-2,2	195
<input checked="" type="checkbox"/>		-2,2	1,4	6474
<input checked="" type="checkbox"/>		1,4	5,1	225
<input checked="" type="checkbox"/>		5,1	8,8	118
<input checked="" type="checkbox"/>		8,8	12,5	50
<input checked="" type="checkbox"/>		12,5	16,2	31
<input checked="" type="checkbox"/>		16,2	19,9	17
<input checked="" type="checkbox"/>		19,9	23,6	10
<input checked="" type="checkbox"/>		23,6	27,3	8
<input checked="" type="checkbox"/>		27,3	31	3

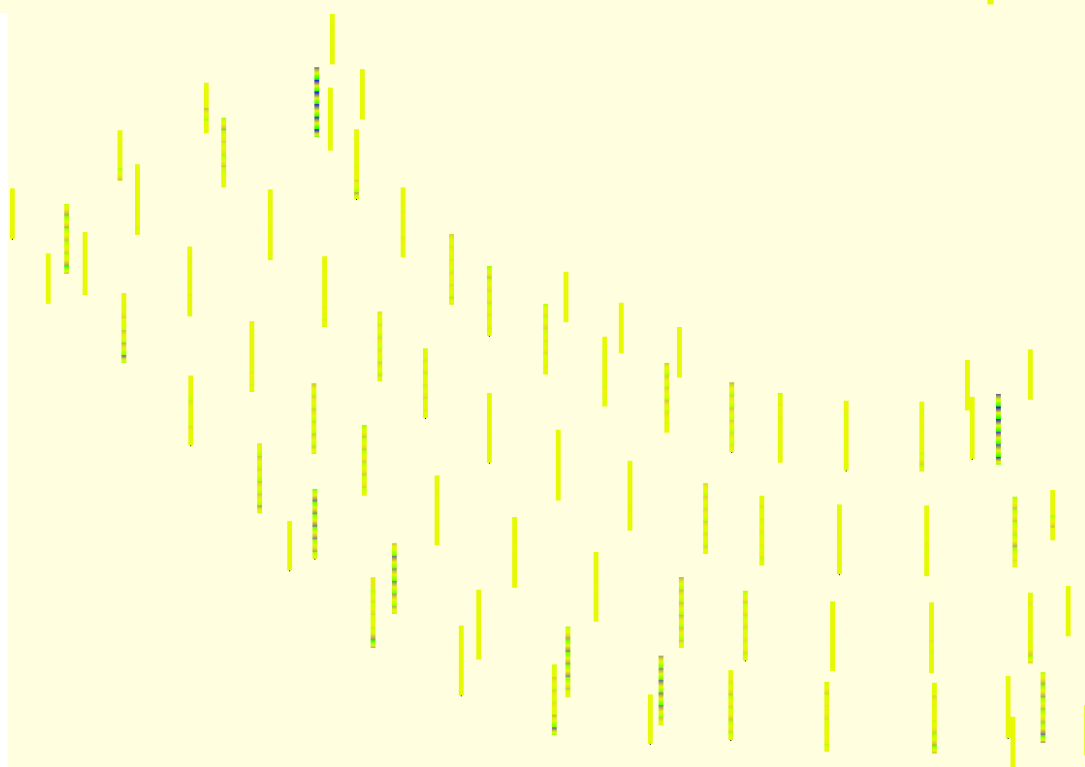


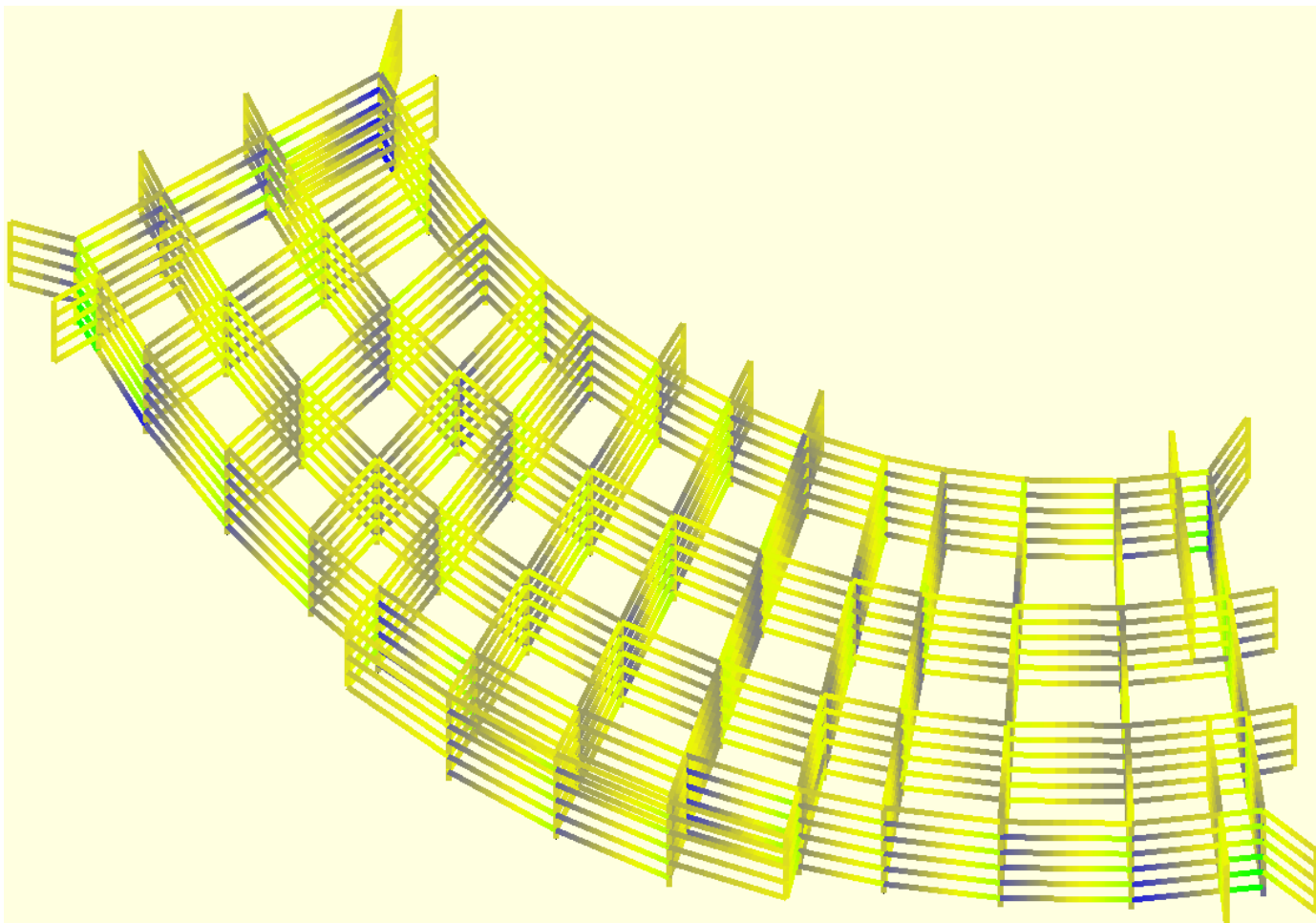
Рисунок 6.10
Эпюра изгибающих моментов M_z

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

55



		Q_z		
		кН	кН	
✓	■	-165,9	-147,7	8
✓	■	-147,7	-129,6	11
✓	■	-129,6	-111,4	15
✓	■	-111,4	-93,2	9
✓	■	-93,2	-75,1	43
✓	■	-75,1	-56,9	175
✓	■	-56,9	-38,7	584
✓	■	-38,7	-20,6	1297
✓	■	-20,6	-2,4	1374
✓	■	-2,4	15,8	1345
✓	■	15,8	33,9	1356
✓	■	33,9	52,1	851
✓	■	52,1	70,3	238
✓	■	70,3	88,4	51
✓	■	88,4	106,6	18
✓	■	106,6	124,8	4

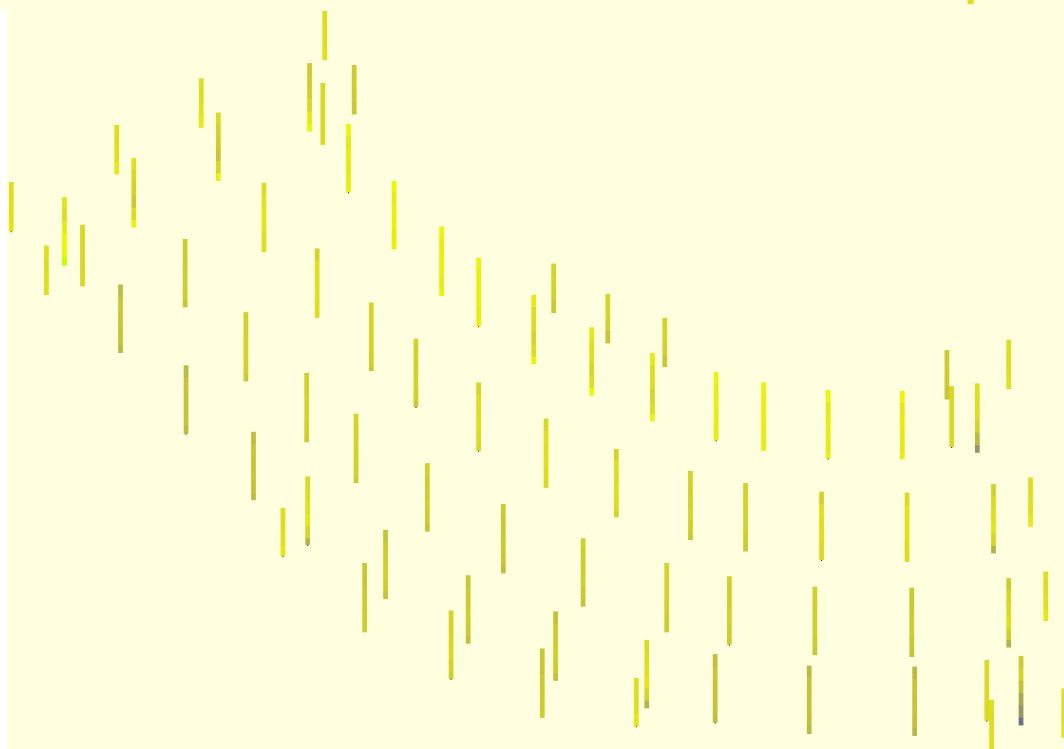


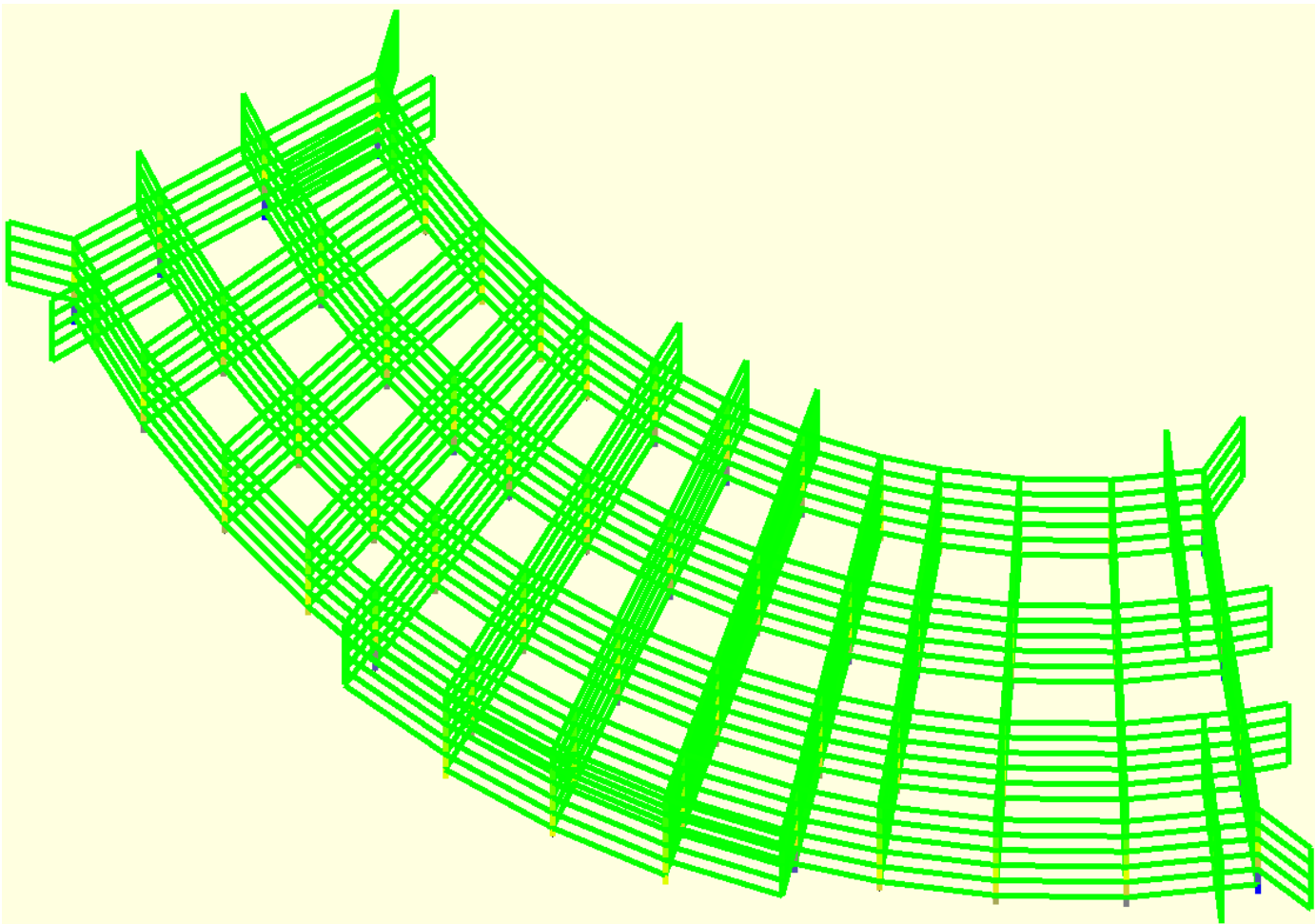
Рисунок 6.11
Эпюра поперечных сил Q_z

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

3. Постоянные и временные (с ветром по оси Y)



		N		
		кН	кН	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1322,3	-1238,4	6
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1238,4	-1154,6	2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1154,6	-1070,8	9
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1070,8	-987	12
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-987	-903,2	10
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-903,2	-819,4	28
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-819,4	-735,6	27
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-735,6	-651,8	25
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-651,8	-568	30
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-568	-484,2	32
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-484,2	-400,4	24
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-400,4	-316,6	31
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-316,6	-232,7	31
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-232,7	-148,9	28
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-148,9	-65,1	48
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-65,1	18,7	6142

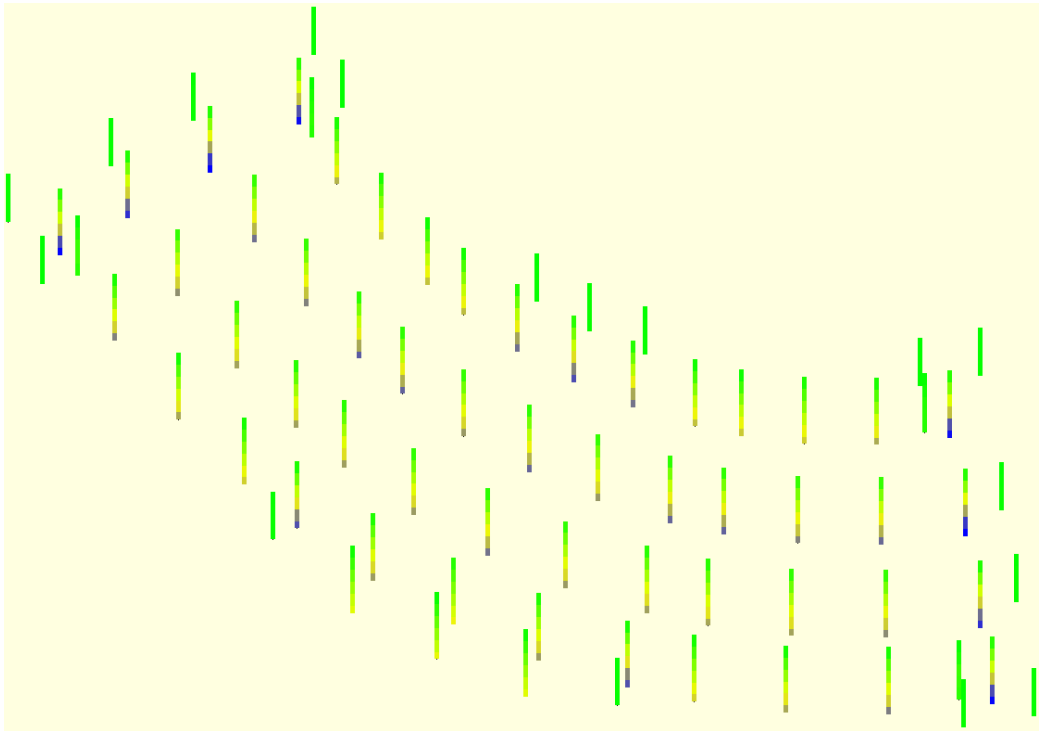
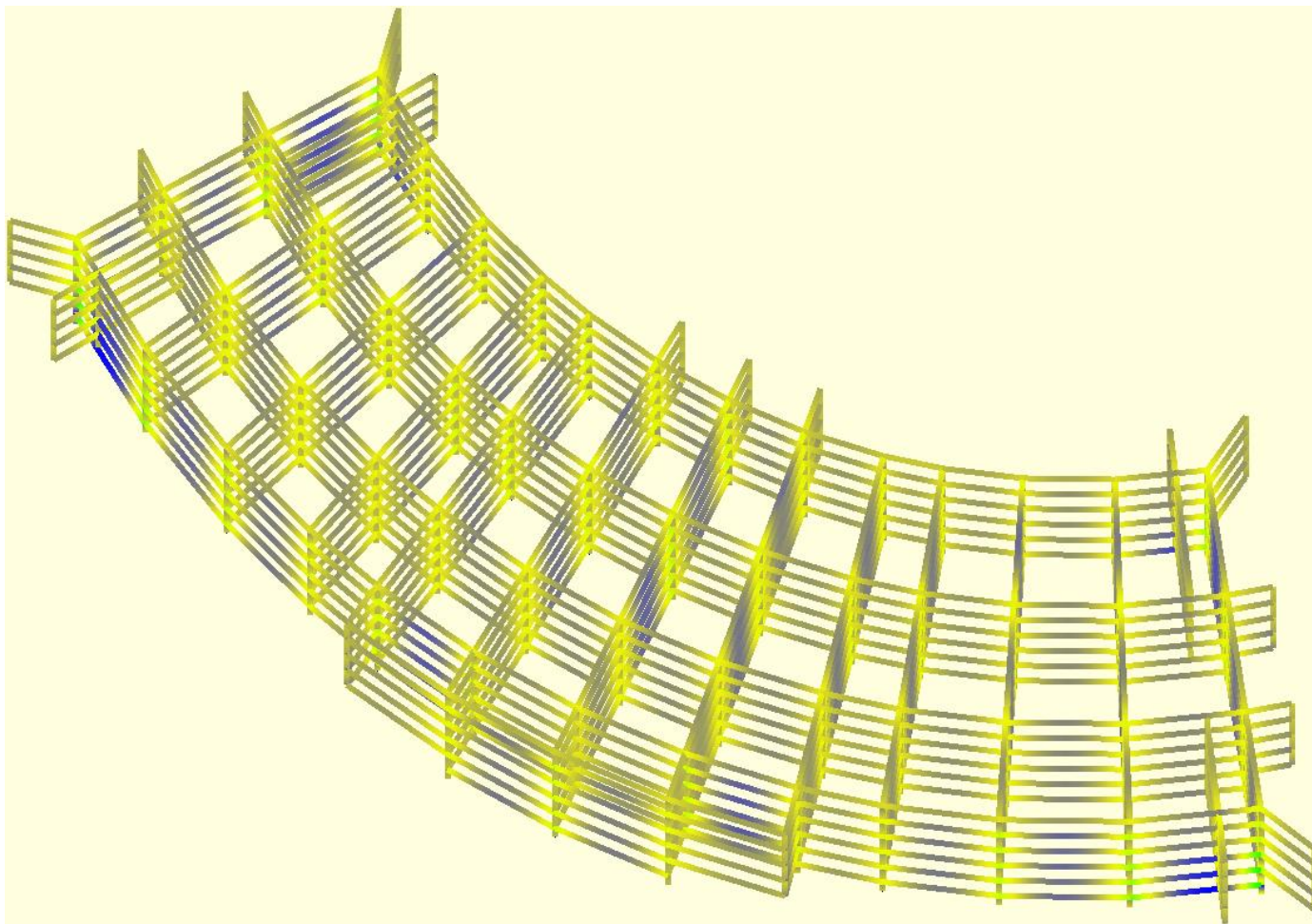


Рисунок 6.13
Эпюра продольных сил N

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	



M_y				
	кН*м	кН*м		
<input checked="" type="checkbox"/>	-134,6	-121,2	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	-121,2	-107,7	6	
<input checked="" type="checkbox"/>	-107,7	-94,3	6	
<input checked="" type="checkbox"/>	-94,3	-80,8	15	
<input checked="" type="checkbox"/>	-80,8	-67,4	26	
<input checked="" type="checkbox"/>	-67,4	-54	84	
<input checked="" type="checkbox"/>	-54	-40,5	335	
<input checked="" type="checkbox"/>	-40,5	-27,1	817	
<input checked="" type="checkbox"/>	-27,1	-13,7	1899	
<input checked="" type="checkbox"/>	-13,7	-0,2	2958	
<input checked="" type="checkbox"/>	-0,2	13,2	3503	
<input checked="" type="checkbox"/>	13,2	26,7	1715	
<input checked="" type="checkbox"/>	26,7	40,1	239	
<input checked="" type="checkbox"/>	40,1	53,5	49	
<input checked="" type="checkbox"/>	53,5	67	17	
<input checked="" type="checkbox"/>	67	80,4	11	

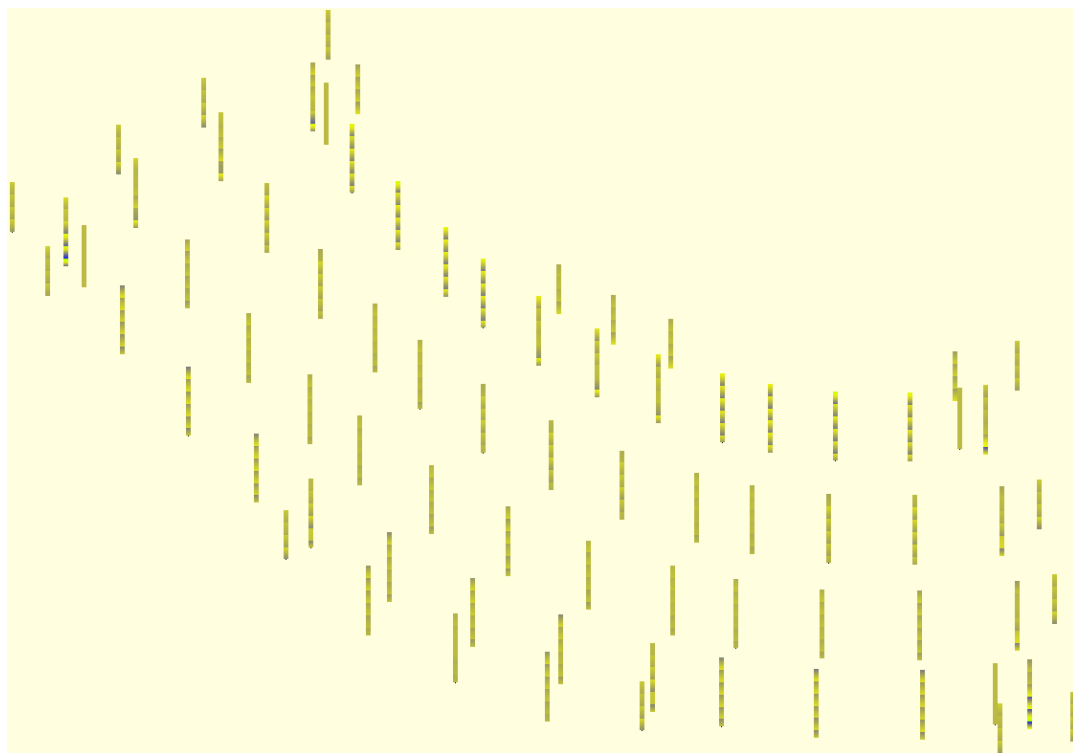


Рисунок 6.14
Эпюра изгибающих моментов M_y

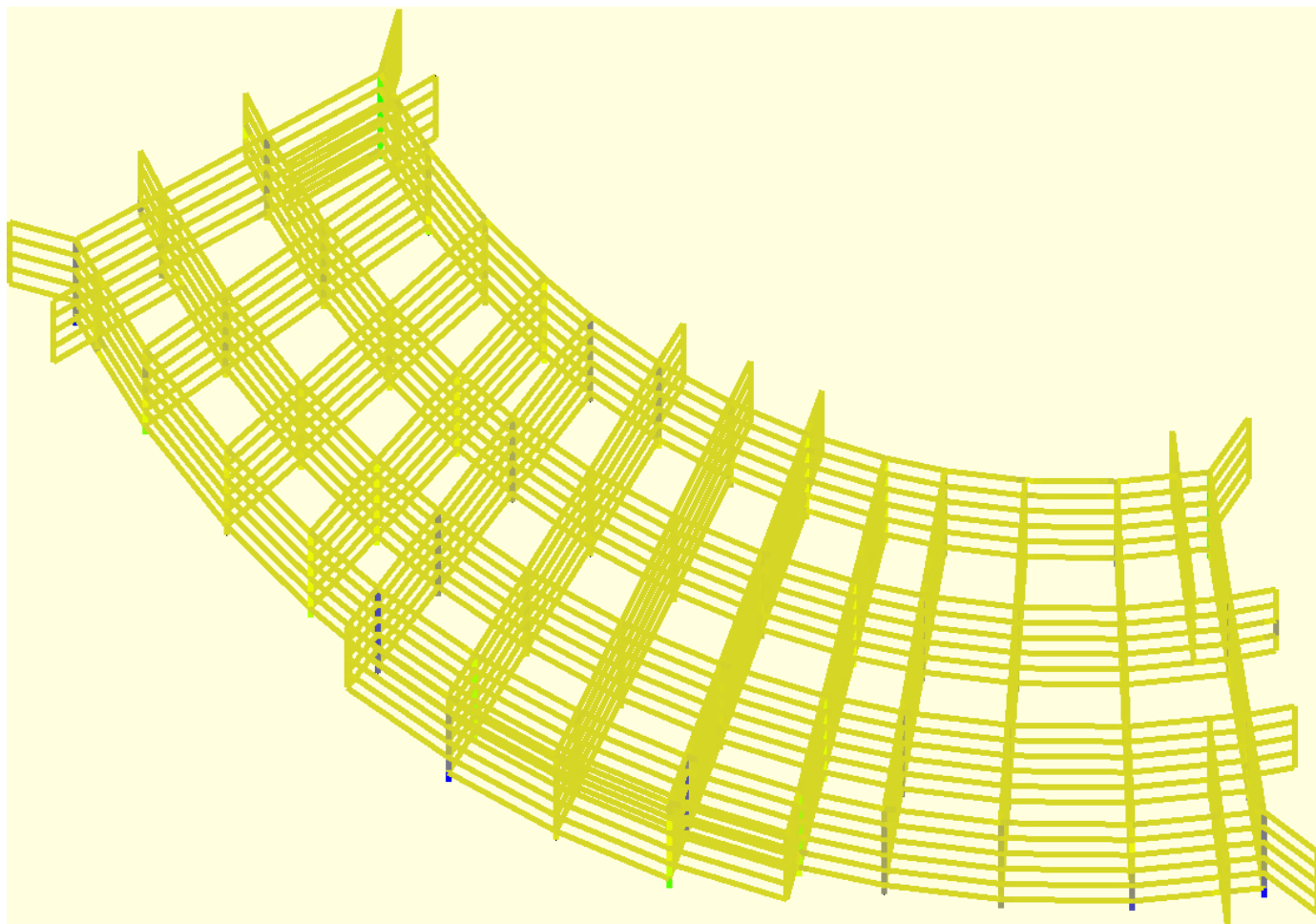
Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

59



Q_y				
		кН	кН	
✓	■	-23,7	-21,1	2
✓	■	-21,1	-18,6	2
✓	■	-18,6	-16	7
✓	■	-16	-13,4	3
✓	■	-13,4	-10,8	3
✓	■	-10,8	-8,2	8
✓	■	-8,2	-5,6	7
✓	■	-5,6	-3,1	37
✓	■	-3,1	-0,5	105
✓	■	-0,5	2,1	6214
✓	■	2,1	4,7	59
✓	■	4,7	7,3	25
✓	■	7,3	9,9	7
✓	■	9,9	12,4	6
✓	■	12,4	15	0
✓	■	15	17,6	3

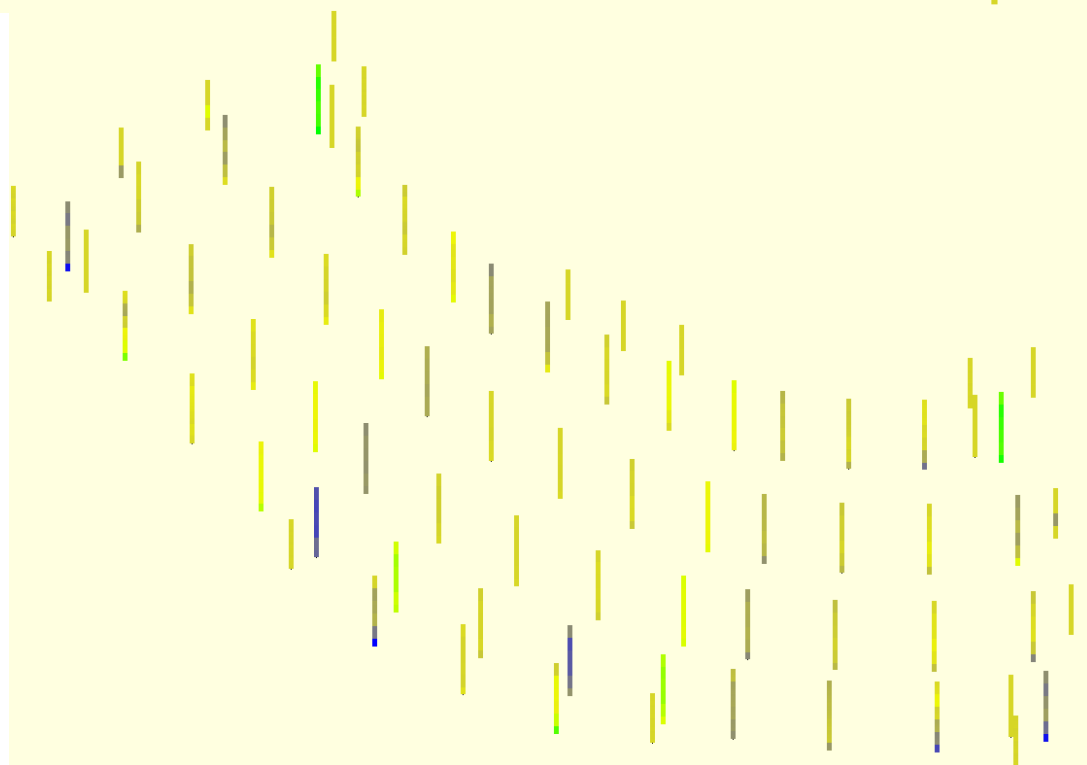


Рисунок 6.15
Эпюра поперечных сил Q_y

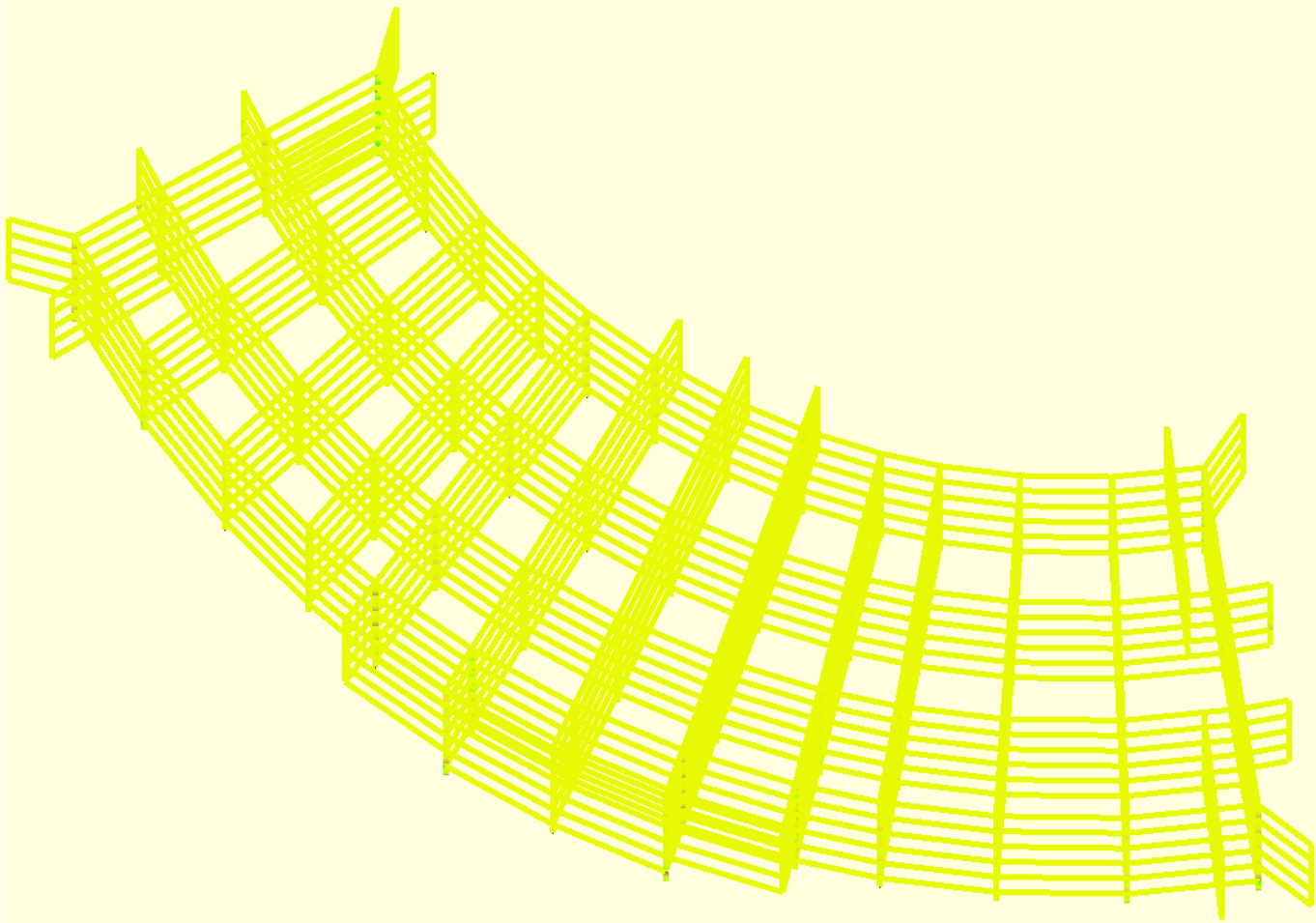
Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

60



		M_z		
		кН*м	кН*м	
<input checked="" type="checkbox"/>		-28,4	-24,7	8
<input checked="" type="checkbox"/>		-24,7	-21	11
<input checked="" type="checkbox"/>		-21	-17,3	14
<input checked="" type="checkbox"/>		-17,3	-13,5	27
<input checked="" type="checkbox"/>		-13,5	-9,8	39
<input checked="" type="checkbox"/>		-9,8	-6,1	84
<input checked="" type="checkbox"/>		-6,1	-2,4	189
<input checked="" type="checkbox"/>		-2,4	1,4	6474
<input checked="" type="checkbox"/>		1,4	5,1	217
<input checked="" type="checkbox"/>		5,1	8,8	114
<input checked="" type="checkbox"/>		8,8	12,5	47
<input checked="" type="checkbox"/>		12,5	16,3	31
<input checked="" type="checkbox"/>		16,3	20	16
<input checked="" type="checkbox"/>		20	23,7	10
<input checked="" type="checkbox"/>		23,7	27,4	9
<input checked="" type="checkbox"/>		27,4	31,2	4

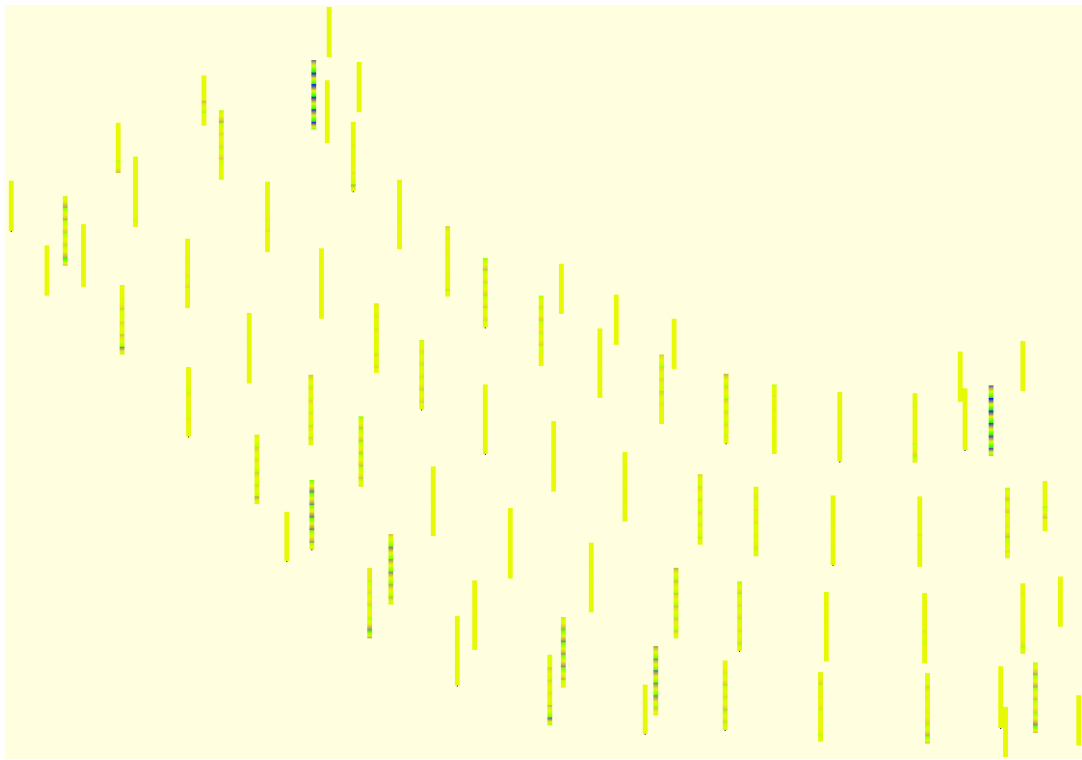
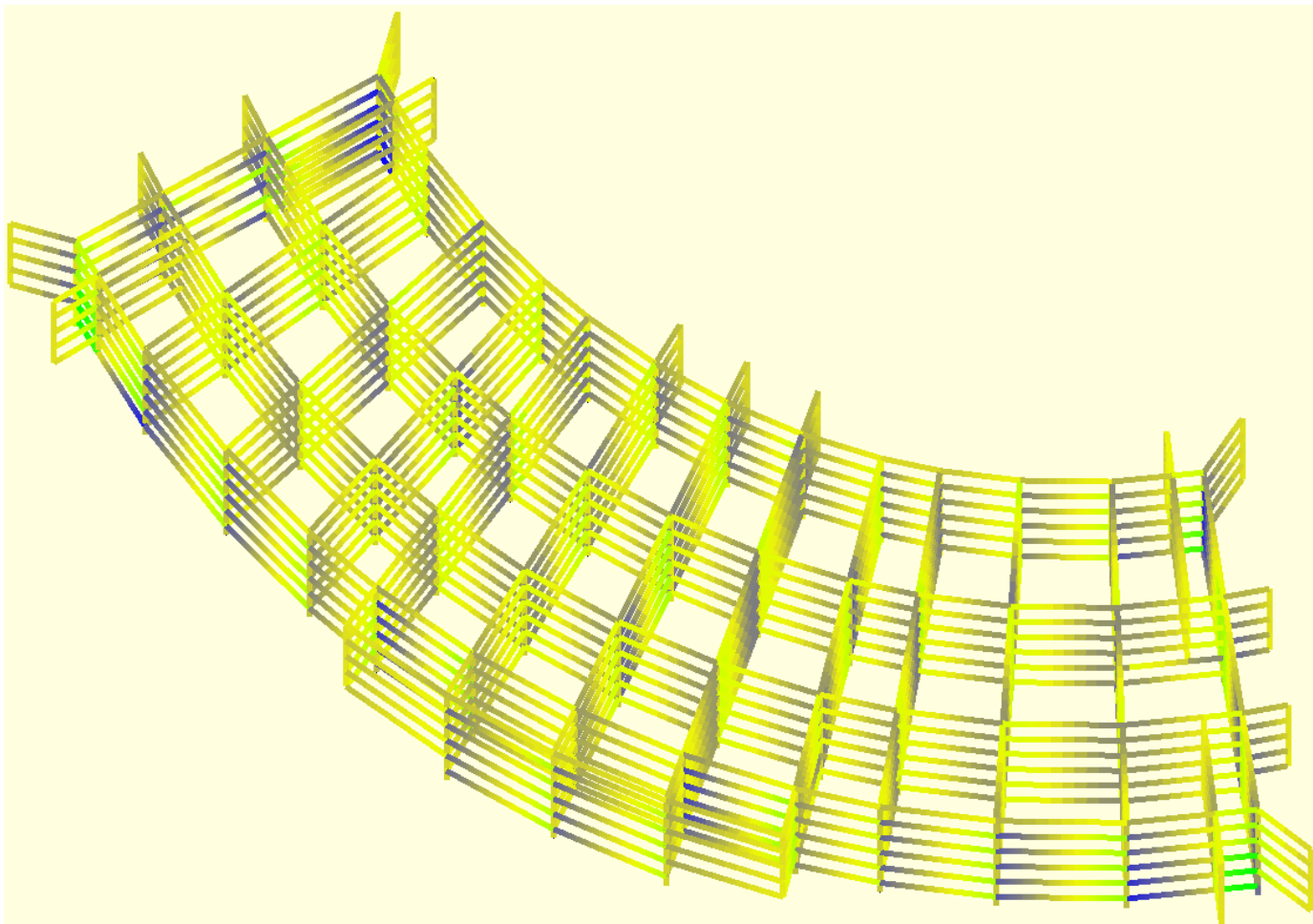


Рисунок 6.16
Эпюра изгибающих моментов M_z

Ине. № подп.	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625



Q_z			
	кН	кН	
✓	-166,7	-148,4	8
✓	-148,4	-130	11
✓	-130	-111,7	15
✓	-111,7	-93,4	9
✓	-93,4	-75,1	37
✓	-75,1	-56,7	178
✓	-56,7	-38,4	597
✓	-38,4	-20,1	1327
✓	-20,1	-1,8	1363
✓	-1,8	16,6	1358
✓	16,6	34,9	1411
✓	34,9	53,2	797
✓	53,2	71,5	221
✓	71,5	89,9	42
✓	89,9	108,2	17
✓	108,2	126,5	4

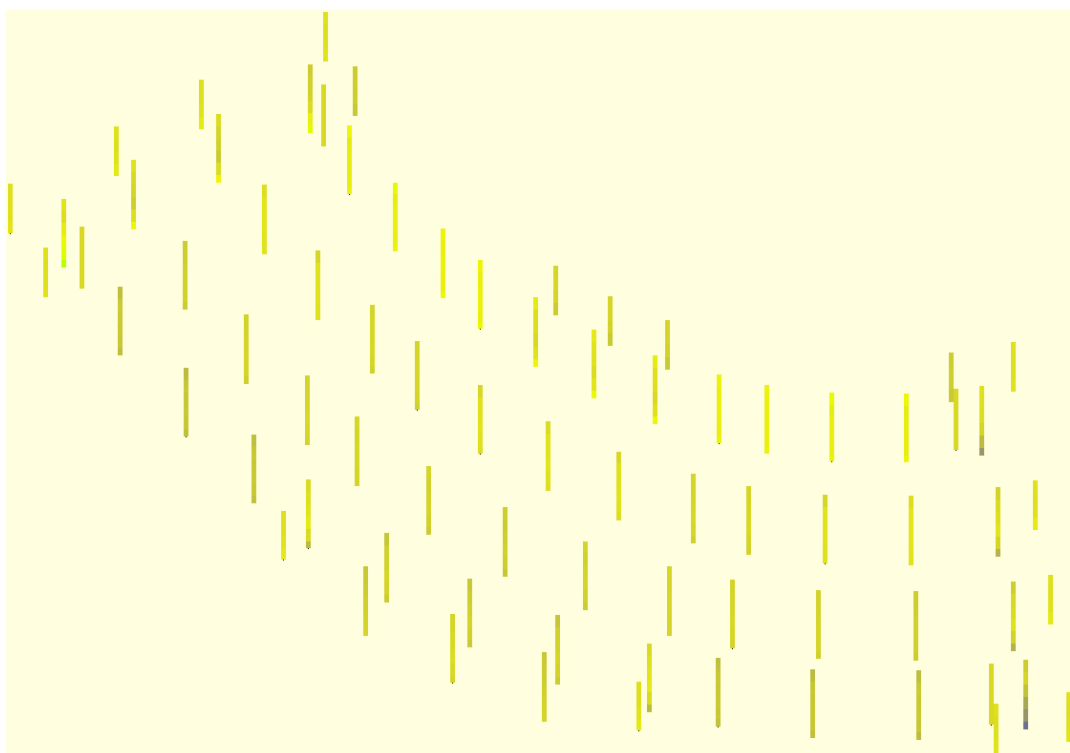


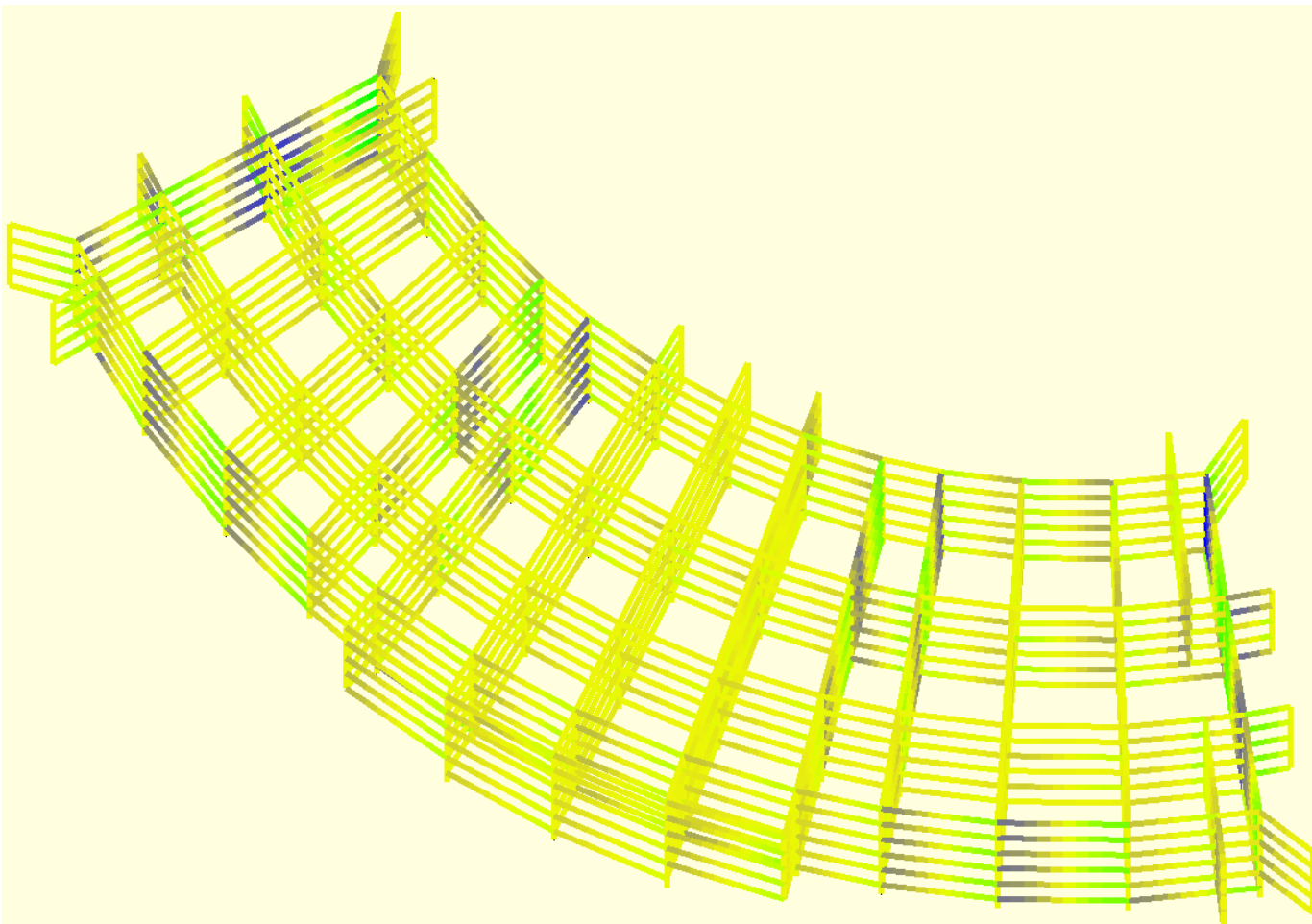
Рисунок 6.17
Эпюра поперечных сил Q_z

Ине. № подл	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

62



		M_k		
		кН*м	кН*м	
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-16,6	-14,5	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-14,5	-12,4	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-12,4	-10,4	18
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-10,4	-8,3	48
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-8,3	-6,2	154
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-6,2	-4,2	221
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4,2	-2,1	676
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-2,1	-0,1	1700
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,1	2	2492
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	4,1	701
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4,1	6,1	226
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6,1	8,2	140
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8,2	10,3	66
<input checked="" type="checkbox"/>	■	10,3	12,3	17
<input checked="" type="checkbox"/>	■	12,3	14,4	4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	14,4	16,5	4

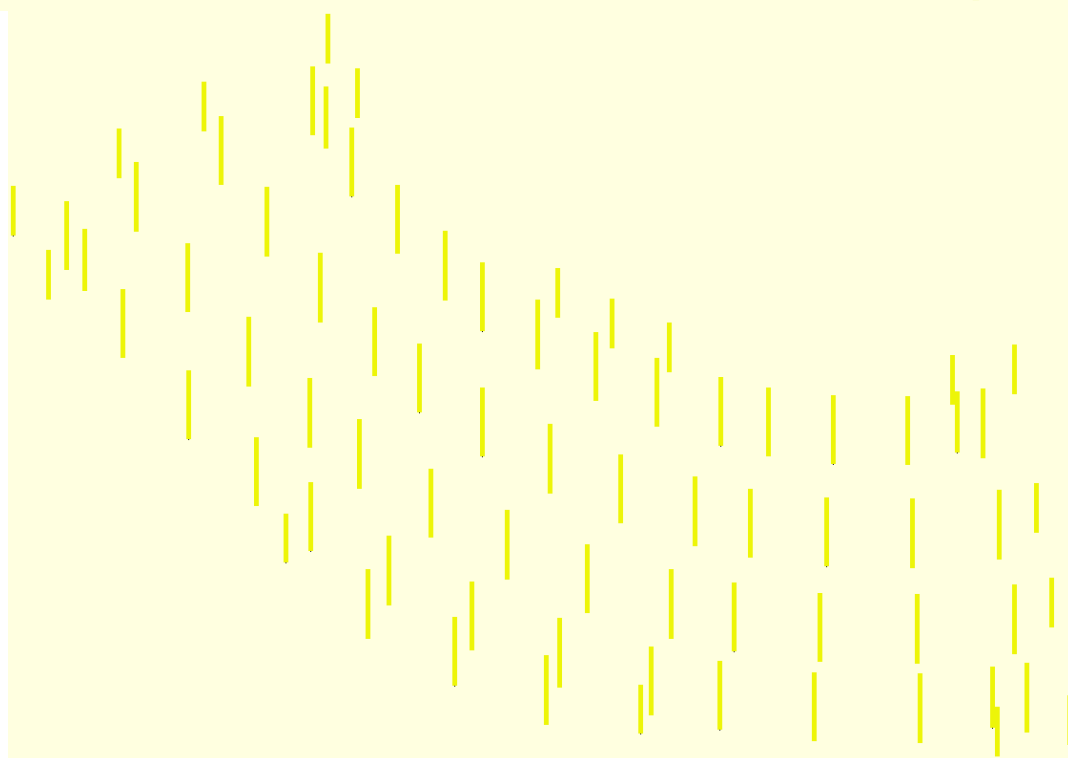


Рисунок 6.18
Эпюра крутящих моментов M_k

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

63

7 ПОДБОР СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА

7.1 Подбор по условию прочности и устойчивости

Для подбора сечений был выполнен первичный расчёт, при котором элементам прикидочно задавались схожие сечения:

Всем колоннам были заданы сечения в виде двутавров 25К2. А ригелям – 20Ш2. Посредством анализа РСУ программой SCAD 21.1 автоматически для всех элементов был найден «Критический фактор K_{max} », который показывает максимальное соотношение расчётного усилия в элементе к его предельной несущей способности по тем или иным критериям оценки прочности и устойчивости. Результат оценки критического фактора для полученной расчётной схемы показан на рис. 6.1.

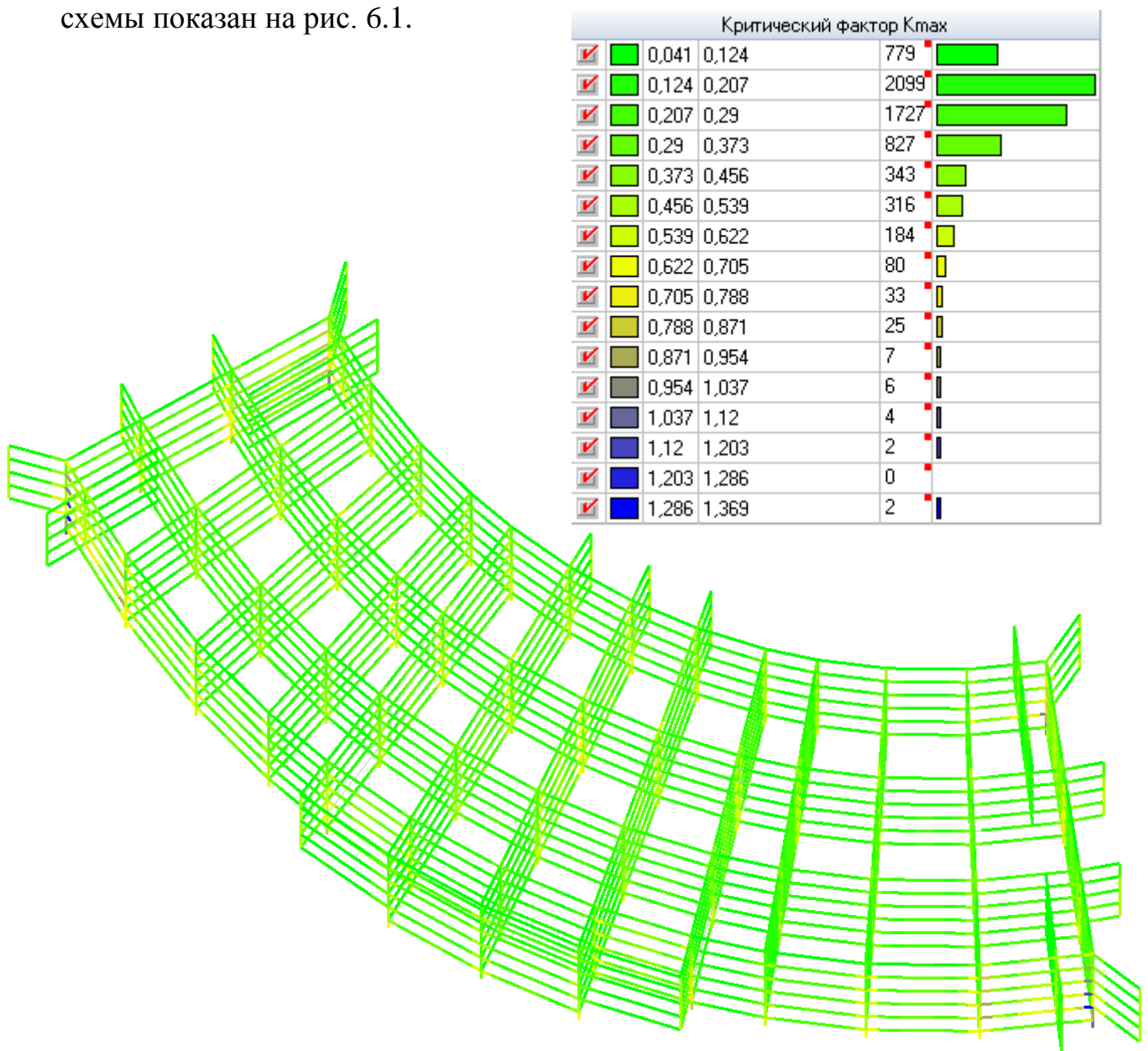


Рисунок 7.1. Результат оценки критического фактора для элементов каркаса

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

64

По данной схеме видно, что подавляющая часть элементов удовлетворяет прикладываемым нагрузкам. Однако очень малая часть элементов должна быть изменена из-за недостаточной несущей способности.

Стоит отметить, что хоть и численно большое количество элементов каркаса являются значительно недогруженными, это является лишь следствием разбивки конструктивных элементов на слишком большое количество участков для конечно-элементного расчёта и анализа. При детальном рассмотрении схемы становится ясно, что большое количество элементов (ригелей и колонн) являются достаточно нагруженными, чтобы не менять первично подобранное сечение. Если какие-то элементы и являются значительно недогруженными, уменьшение их сечений является невыгодным по другим, не менее важным критериям (неудобство монтажа меньших ригелей и железобетонных плит с ними, уменьшение унификации в проекте, и даже недопустимое увеличение деформативности каркаса).

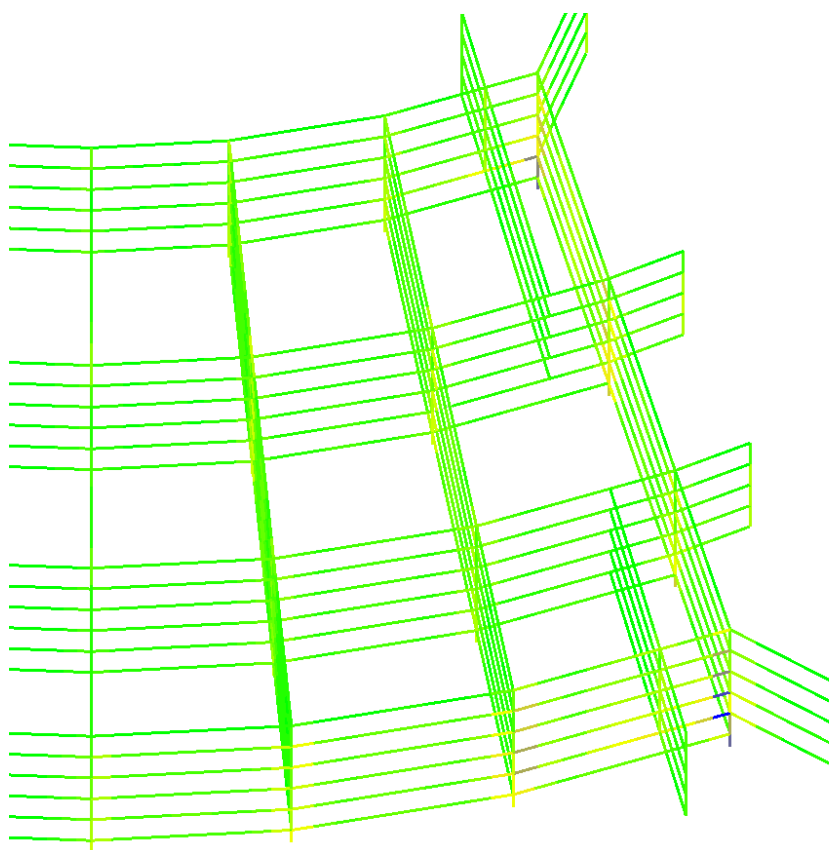


Рисунок 7.2

Фрагмент схемы здания при оценке критического фактора

Элементы, требующие усиления, в связи с особенностями их расположения и монтажа выделены в отдельную расчётную группу.

Отдельной группой вынесены и упомянутые в п.4.3 наиболее нагруженные – угловые колонны, и по три ригеля с каждой стороны здания. На рис. 6.2 их можно лучше уви-

деть, они расположены на краю здания, примыкают к угловой колонне и к

Ине. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № дубл.			
Ине. № инв.			
Ине. № инв.			

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

65

двум из них крепятся консоли лоджий. Усиленными являются ригели первого, второго и третьего горизонтального уровня каркаса (рис. 6.3).

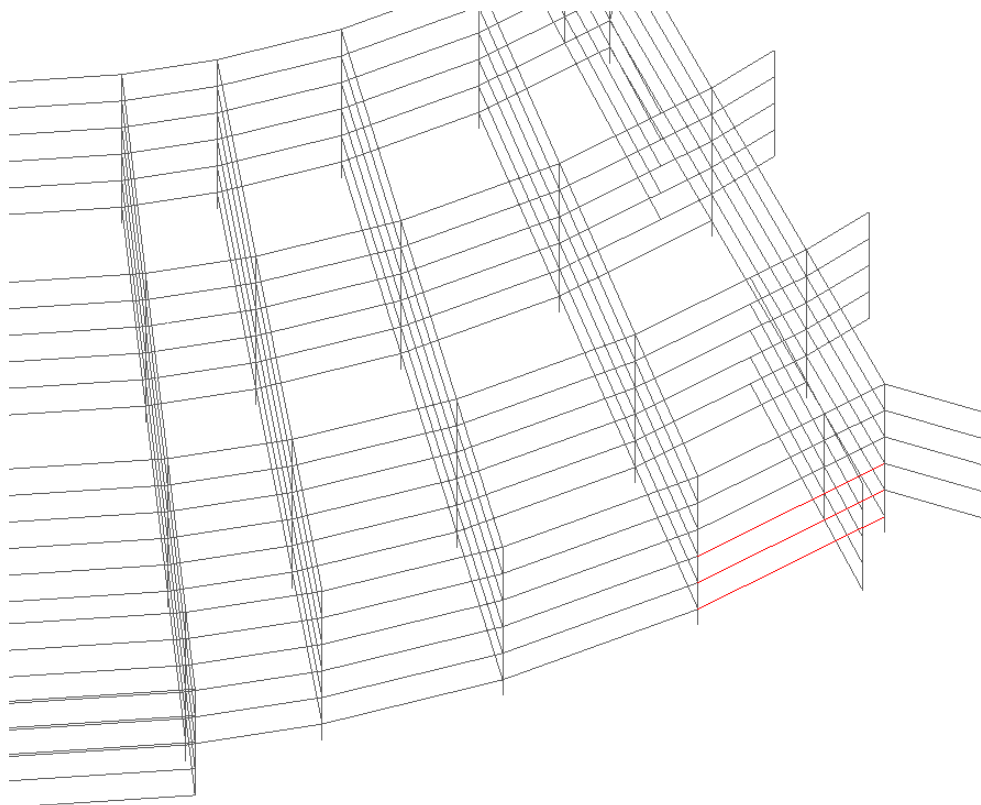


Рисунок 7.3
Выделенная красным цветом группа усиленных ригелей.

Далее был осуществлён подбор сечений элементов.

Не угловые колонны и ригели, которые не были выделены в отдельную усиленную группу, остались со своими «прикидочными» сечениями – 25К2 и 20Ш2 соответственно.

Сечение угловых колонн было увеличено до 30К3, а усиленных ригелей – до 20Ш5.

Однако, так как устройство узлов стыка колонны и ригелей 20Ш2 с одной и 20Ш5 с другой стороны – не оптимально и не экономично с точки зрения монтажа, сечения усиленных ригелей были увеличены до 30Ш1. Данная мера так же положительно сказывается и на увеличении жёсткости в месте крепления консолей лоджии (прогиб этой части лоджии значительно уменьшен).

Далее был произведён расчёт критического фактора при РСУ для каркаса с подобранными сечениями, результат предоставлен на рис. 6.4.

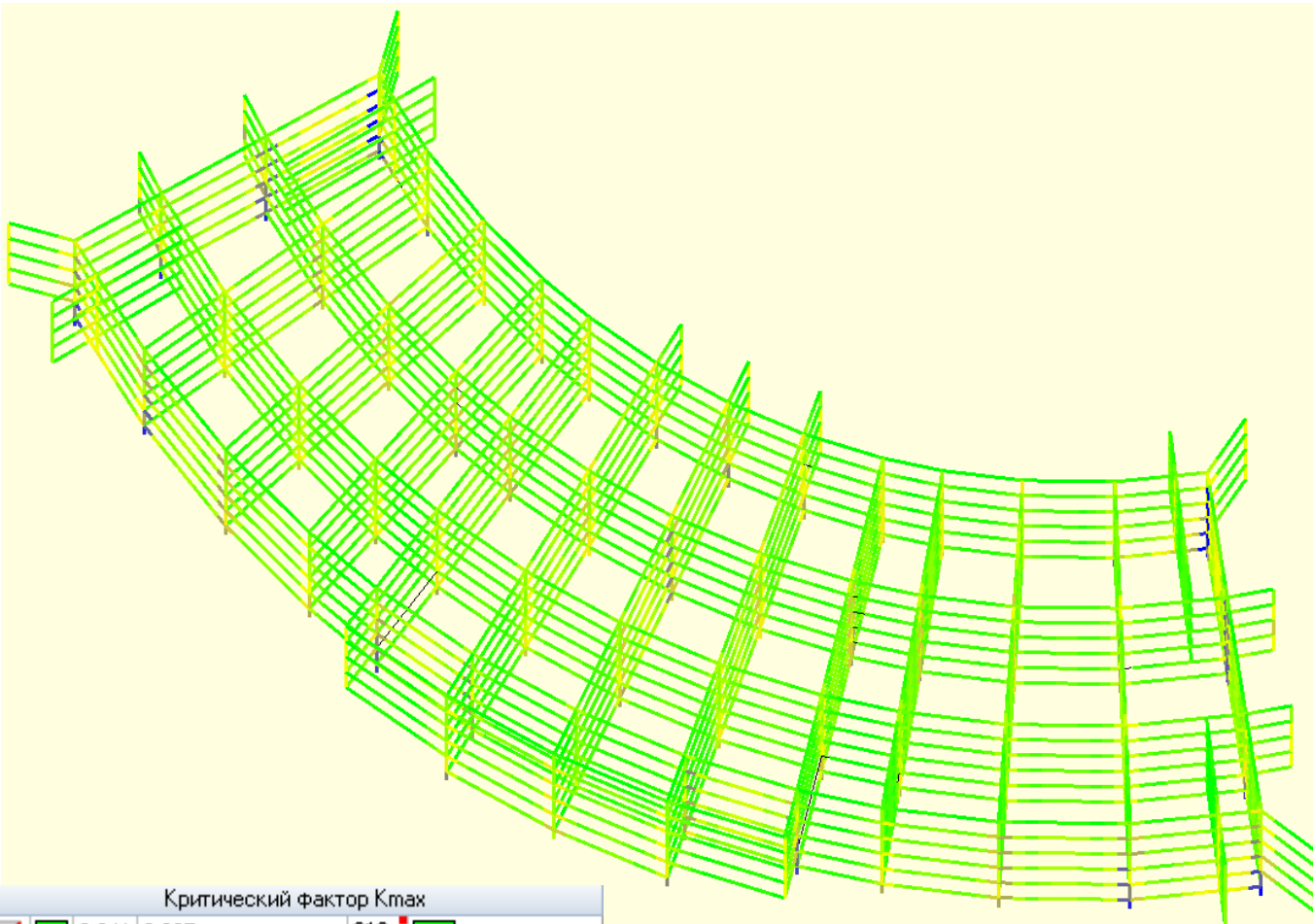
Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № инв.
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

66



Критический фактор Kmax				
✓	0,041	0,097	318	
✓	0,097	0,153	1030	
✓	0,153	0,21	1538	
✓	0,21	0,266	1135	
✓	0,266	0,322	965	
✓	0,322	0,378	502	
✓	0,378	0,434	222	
✓	0,434	0,49	266	
✓	0,49	0,546	163	
✓	0,546	0,602	140	
✓	0,602	0,658	71	
✓	0,658	0,715	40	
✓	0,715	0,771	24	
✓	0,771	0,827	9	
✓	0,827	0,883	10	
✓	0,883	0,939	10	

Рисунок 7.4
Результат оценки критического фактора для подобранных элементов каркаса.

7.2 Проверка деформативности каркаса

При анализе вертикальных перемещений комбинации постоянных и длительных нагрузжений (согласно табл. 4.1) были выявлены наибольшие прогибы элементов:

c34f2d8d7561b625

Лист

67

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

Инв. № подл

Ли Изм. № докум. Подп. Да-

– для ригелей: $f_{max}^p = 0,008$ м, что явно меньше предельного значения, равного $f_u^p = 0,0127$ м.

– для консолей $f_{max}^k = 0,006$ м, что также явно меньше предельного значения, равного $f_u^k = 0,0210$ м.

Стоит отметить, что деформации консоли отсчитывались относительно деформации её опоры – узла ригеля, как того и требуют нормы при оценке прогибов по эстетико-психологическим требованиям.



Рисунок 7.5

Результат расчёта деформаций каркаса с выделенными значениями деформаций одной консоли лоджий

Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №
Име. № подл.	Подп. и дата
Име. № дубл.	Взам. инв. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

68

8 РАСЧЕТЫ СОЕДИНЕНИЙ

8.1 Расчет и конструирование базы колонны

Расчет производим на комбинацию сил M и N , дающую наибольшее сжатие бетона у края плиты:

$$N = -1320,41 \text{ кН}; \quad M_y = 74,84 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_z = -22,97 \text{ кН}$$

Материал фундамента – бетон класса В15 $R_b = 0,85 \text{ кН/см}^2$. Локальное сопротивление смятию бетона $R_{b,loc}$ под подошвой фундамента принимается в зависимости от соотношения площади опорной плиты A_p и площади верхнего обреза фундамента A_f :

$$R_{b,loc} = \varphi_b \cdot R_b$$

Где $\varphi_b = \sqrt[3]{\frac{A_f}{A_p}}$, φ_b зададим примерно равным 1,3.

$$\text{Тогда: } R_{b,loc} = 1,3 \cdot 0,85 = 1,105 \text{ кН/см}^2$$

Определение размеров в плане и толщины опорной плиты

Ширину плиты обычно принимают на 100-200 мм шире колонны, тогда $B = 300 + 100 = 400 \text{ мм}$;

Толщина траверсы $t_{тр} = 16 \text{ мм}$;

Длину L находим по условию прочности бетона под плитой:

$$L = \frac{N_1}{2BR_{b,loc}} + \sqrt{\left(\frac{N_1}{2BR_{b,loc}}\right)^2 + \frac{6M_1}{BR_{b,loc}}} =$$
$$= \frac{1320,41}{2 \cdot 40 \cdot 1,105} + \sqrt{\left(\frac{1320,41}{2 \cdot 40 \cdot 1,105}\right)^2 + \frac{6 \cdot 74,84 \cdot 100}{40 \cdot 1,105}} = 50,1 \text{ см}$$

Окончательно принимаем $B = 40 \text{ см}$, и увеличиваем L из конструктивных соображений $L = 60 \text{ см}$.

Определим толщину плиты $t_{пл}$. Для этого найдем максимальный изгибающий момент $M_{пл,мах}$, возникающий в ней от отпора бетона фундамента.

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

69

Напряжения в бетоне фундамента под плитой:

$$\sigma_{\phi, \max} = \frac{N}{BL} - \frac{6M_y}{BL^2} - \frac{6M_z}{LB^2} = \frac{-1320,41}{60 \cdot 40} - \frac{6 \cdot 74,84 \cdot 100}{40 \cdot 60^2} + \frac{6 \cdot 22,97 \cdot 100}{60 \cdot 40^2} = -0,718 \text{ кН/см}^2;$$

$$\sigma_{\phi, \min} = \frac{N}{BL} + \frac{6M_y}{BL^2} + \frac{6M_z}{LB^2} = \frac{-1320,41}{60 \cdot 40} + \frac{6 \cdot 74,84 \cdot 100}{40 \cdot 60^2} - \frac{6 \cdot 22,97 \cdot 100}{60 \cdot 40^2} = -0,382 \text{ кН/см}^2.$$

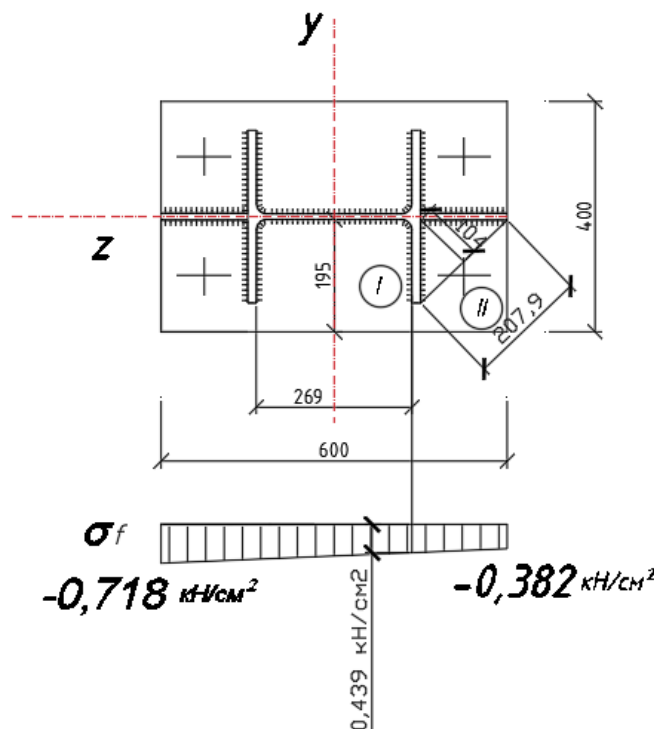


Рисунок 8.1. К определению напряжений в бетоне фундамента под плитой

Изгибающий момент на 1-м участке плиты, опертом на три канта:

$$M_{\text{пл},1} = a_1 \sigma_1 a^2 = 0,088 \cdot 0,439 \cdot 26,9^2 = 27,95 \text{ кНм}$$

где $a = 0,125$ по [2, табл. Е.2];

$a_1 = 26,9$ см – свободная сторона участка плиты;

$\sigma_1 = 0,439 \text{ кН/см}^2$ – наибольшее напряжение бетона под рассматриваемым участком плиты.

Для участка №2: $M_{\text{пл},2} = a_3 \sigma_1 a^2 = 0,06 \cdot 0,718 \cdot 20,8^2 = 18,64 \text{ кНм}$

где $a_3 = 0,06$ по [2, табл. Е.2];

$a = 20,8$ см – диагональ участка плиты.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № дубл.
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

70

$$M_{max} = 27,95 \text{ кН}$$

Материал плиты - сталь С255 ($R_y=230$ кПа для толщин 20-40 мм). Требуемая толщина плиты:

$$t_{пл} \geq \sqrt{\frac{6M_{пл,max}}{R_y \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 27,95}{23 \cdot 1,2}} = 2,46 \text{ см}$$

где $\gamma_c = 1,2$ по [2, табл.1].

Окончательно принимаем $t_{пл} = 4$ см, как минимальную величину.

Расчет анкерных болтов

Расчетное сочетание усилий для конструирования анкерных болтов:

$$N_{min} = -1060 \text{ кН}, M_y = -43,12 \text{ кН} \cdot \text{м}, M_z = -24,62 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Напряжения в бетоне фундамента под плитой:

$$\sigma_{\phi,max} = \frac{N_{min}}{BL} - \frac{6M_y}{BL^2} - \frac{6M_z}{LB^2} = -\frac{1060}{40 \cdot 80} + \frac{6 \cdot 43,12 \cdot 100}{40 \cdot 80^2} + \frac{6 \cdot 24,62 \cdot 100}{80 \cdot 40^2} = -0,114 \text{ кН/см}^2$$

$$\sigma_{\phi,min} = \frac{N_{min}}{BL} + \frac{6M_y}{BL^2} + \frac{6M_z}{LB^2} = -\frac{1060}{40 \cdot 80} - \frac{6 \cdot 43,12 \cdot 100}{40 \cdot 80^2} - \frac{6 \cdot 24,62 \cdot 100}{80 \cdot 40^2} = -0,548 \text{ кН/см}^2$$

При полученных сочетаниях усилий в базах колонн растягивающие усилия в болтах не возникают.

Принимаем анкерный болт с каждой стороны базы колонны.

По таблице данных для подбора анкерных болтов болт 09Г2С-4 диаметром 30 мм.

Расчет ребер

Ребра будем рассчитывать на комбинацию усилий:

$$N = -1320,41 \text{ кН}; M = 74,84 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q = 58,73 \text{ кН}$$

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

71

Ребра рассчитываем как консоли, опирающиеся на сварные швы и нагруженные давлением бетона (рис.2):

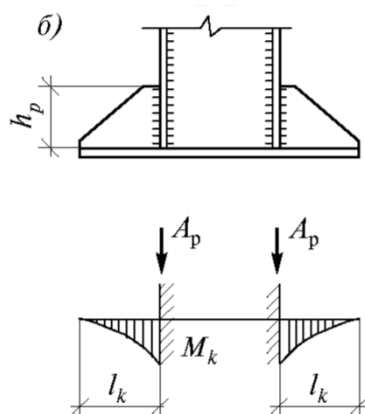


Рисунок 8.2. Расчетная схема ребер

Высоту ребра примем $h_p = 30$ см. Ширину грузовой площади давления бетона примем равной $B = 40$ см. Тогда $q_{max} = \sigma_{max} \cdot B = 0,718 \cdot 40 = 28,72 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$ - максимальное значение реактивного отпора фундамента по длине.

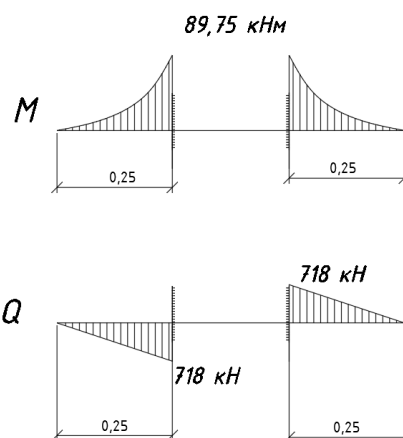


Рисунок 8.3. Усилия в ребрах

- 1) Проверка прочности ребер на изгиб

$$\sigma = \frac{6M_{max}}{t_{mp} \cdot h_{mp}^2} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$$\frac{6 \cdot 89,75 \cdot 10^6}{18 \cdot 400^2} = 186,98 \text{ МПа} \leq R_y \cdot \gamma_c = 240 \text{ МПа}$$

Прочность на изгиб обеспечена.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Инв. № подл.
Ли	Изм.
№ докум.	Подп.
Да-	

c34f2d8d7561b625

Лист

72

2) Проверка прочности ребер на срез

$$\tau = \frac{Q_{max}}{t_{mp} \cdot h_{mp}} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

$$\frac{718 \cdot 10^3}{18 \cdot 400} = 99,72 \text{ МПа} \leq 0,58 R_y \cdot \gamma_c = 0,58 \cdot 240 \cdot 1 = 139,2 \text{ МПа}$$

Материал ребер - сталь С255 ($R_y=240$ кПа для толщин 10-20 мм).

Прочность траверсы на срез обеспечена.

3) Проверка на совместное действие нормальных и касательных напряжений. Проверка проводится в сечении над опорой

$$\sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq 1,15R_y \cdot \gamma_c$$

$$\sigma_x = \frac{M_{on} \cdot 6}{t_{mp} \cdot h_{mp}^2} = \frac{6 \cdot 89,75 \cdot 10^6}{18 \cdot 400^2} = 186,98 \text{ МПа}$$

$$\tau_{xy} = \frac{Q_{on}}{t_{mp} \cdot h_{mp}} = \frac{718 \cdot 10^3}{18 \cdot 400} = 99,72 \text{ МПа}$$

$$\sqrt{186,98^2 + 3 \cdot 99,72^2} = 254,55 \text{ МПа}$$

$$254,55 < 1,15R_y \cdot \gamma_c = 1,15 \cdot 240 \cdot 1 = 276 \text{ МПа}$$

Неравенство выполняется. Проверка на совместное действие касательных и нормальных напряжений прошла.

Назначаем катеты $k_f = 14$ мм для швов крепления ребра к колонне.

Расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления:

$$R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 \text{ МПа} = 165,5 \text{ МПа} \text{ ([2, табл. 4])}.$$

Расчетное сопротивление по металлу шва:

$$R_{wf} = 180 \text{ МПа} \text{ ([2, табл. Г2])}, \beta_f = 0,8; \beta_z = 1 \text{ ([2, табл. 39])}.$$

$$R_{wf} \cdot \beta_f = 145,6 \text{ МПа} < R_{wz} \cdot \beta_z = 165,5 \text{ МПа}.$$

Расчет проводим по металлу шва.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подл.	Ине. № дубл.
Подп. и дата	Взам. инв. №
Ине. № подл.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
----	------	----------	-------	-----

c34f2d8d7561b625

Лист

73

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

74

Расчетное сопротивление шва по металлу границы сплавления:

$$R_{wz} = 0,45 R_{un} = 0,45 \cdot 370 \text{ МПа} = 165,5 \text{ МПа} \text{ ([2, табл. 4])}.$$

Расчетное сопротивление по металлу шва:

$$R_{wf} = 180 \text{ МПа} \text{ ([6, табл. Г2])}, \beta_f = 0,7; \beta_z = 1 \text{ ([2, табл. 39])}.$$

$$R_{wf} \cdot \beta_f = 126 \text{ МПа} < R_{wz} \cdot \beta_z = 165,5 \text{ МПа}.$$

Расчет проводим по металлу шва.

1. Определяем касательные напряжения в швах от действия поперечной силы:

$$\tau_f = \frac{Q_z}{2\beta_f \cdot k_f \cdot l_w} = \frac{57,773 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 7 \cdot 120} = 49,13 \text{ МПа}$$

2. Определяем нормальные напряжения в швах от действия изгибающего момента:

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot M_f}{2 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_w^2} = \frac{6 \cdot 45,29 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 7 \cdot 120^2} = 1,93 \text{ МПа}$$

3. Проверяем прочность шва:

Равнодействующая напряжений по металлу шва:

$$\sigma = \sqrt{1,93^2 + 49,13^2} = 49,17 \text{ МПа} < 126 \text{ МПа}$$

Расчет накладок и прикрепляющих их швов:

Момент раскладываем на пару сил с плечом, равным высоте второстепенной балки:

$$N = \frac{M_x}{h_{бб}} = \frac{45,29}{0,199} = 227,59 \text{ кН}$$

Получаем усилие, на которое рассчитываются горизонтальные сварные швы и накладка по полкам.

Требуемая площадь одной накладки (накладки из стали С245 с $R_y = 240 \text{ МПа}$ по [2, табл. В3]):

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	c34f2d8d7561b625					Лист	
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-						75	

$$A = \frac{N}{R_y \gamma_c} = \frac{227,59 \cdot 10^3}{240 \cdot 1} = 948,29 \text{ мм}^2$$

Требуемая ширина накладки:

$$b_{\text{тр}} = \frac{A}{t} = \frac{948,29}{10} = 94,8 \text{ мм}$$

Ширина накладки принимается из условий размещения стойки и уменьшается к краям, чтобы избежать монтажных сварных швов «потолочно-го» положения. Размеры накладки см. рис 4.

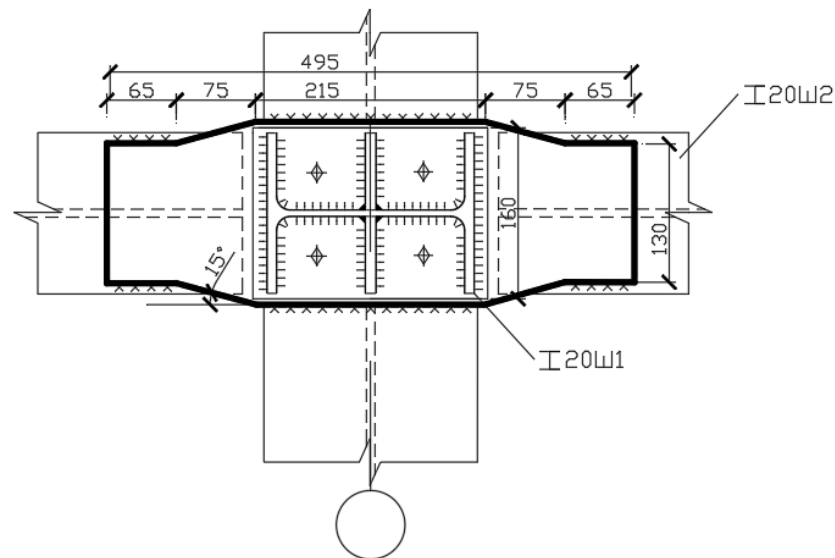


Рисунок 8.4. Размеры накладки по полкам балок

Толщина полки главной балки: $t_f = 12 \text{ мм}$.

Минимальный катет шва по [2, табл.38]: $k_f = 7 \text{ мм}$.

Максимальный катет шва согласно конструктивным требованиям [2, п.14.1.7]:

$$k_f = 1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 11,5 = 13,8 \text{ мм}.$$

Принимаем катет шва $k_f = 8 \text{ мм}$.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-

c34f2d8d7561b625

Лист

76

Расчет проводим по металлу шва:

Несущая способность металла сварного шва длиной 1 см:

$$\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c = 0,7 \cdot 8 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \frac{\text{кН}}{\text{см}}$$

Требуемая суммарная расчетная длина одного флангового шва:

$$l_w = \frac{N}{\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{227,59}{0,7 \cdot 8 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2} = 113,7 \text{ мм}$$

Конструктивная длина шва равна расчетной длине плюс 1 см:

Конструктивная длина шва: $L_w = 11,4 + 1 = 12,4 \text{ см}$.

Расчетная длина флангового шва должна быть не более $85 \cdot \beta_f \cdot k_f = 476 \text{ мм}$. Все условия выполняются.

8.3 Узел сопряжения колонны с ригелями.

Расчёт и конструирование стыка консоли колонны и ригеля P1.

Данный стык является аналогичным стыку двутавров, описанному в п. 17.1.3 [16]. В связи с этим многие параметры соединения принимаются аналогичными соответствующему сечению двутавра из условия равнопрочности стыка. Однако, чтобы избежать потолочного сварного шва, произведём перерасчёт верхней накладке по полкам. Необходимо уменьшить её ширину, чтобы сварной шов шёл поверх полки ригеля, а значит толщина накладки должна быть увеличена.

Требуемая площадь сечения накладки согласно [16]:

$$A^{\text{TP}} = b_1 \times t_1 = 180 \times 10 = 1800 \text{ мм}^2,$$

где b_1 и t_1 – ширина и толщина накладки согласно [16] для подобного двутавра соответственно.

Требуемая толщина накладки:

$$t^{\text{TP}} = \frac{A^{\text{TP}}}{b} = \frac{1800}{120} = 15 \text{ мм}.$$

Инв. № подл	Подп. и дата				
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Инв. № подл	Подп. и дата				
	Взам. инв. №				
	Инв. № дубл.				
	Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-	c34f2d8d7561b625
					Лист
					77

Округляем до прокатных толщин: $t = 16$ мм.

Расчёт и конструирование стыка консоли колонны и ригеля Р2.

Аналогичным способом рассчитываются и боковые накладки на стыке с ригелем Р2. За основу взяты накладки для двутавра 30Ш1 и произведён перерасчёт на уменьшенную высоту двутавра. При новой длине боковых накладок $l_2 = 140$ мм, полученные параметры:

- толщина боковых накладок: $t_2 = 10$ мм;
- катет шварного шва: $k_f = 10$ мм.

Далее таким же образом определяем толщину верхней накладки, шири-
ну которой решено уменьшить по тем же соображениям, что и для стыка ри-
геля Р1.

$$t^{тр} = \frac{b_1 \times t_1}{b} = \frac{230 \times 12}{170} = 16,2 \text{ мм.}$$

Округляем до прокатных толщин: $t = 18$ мм.

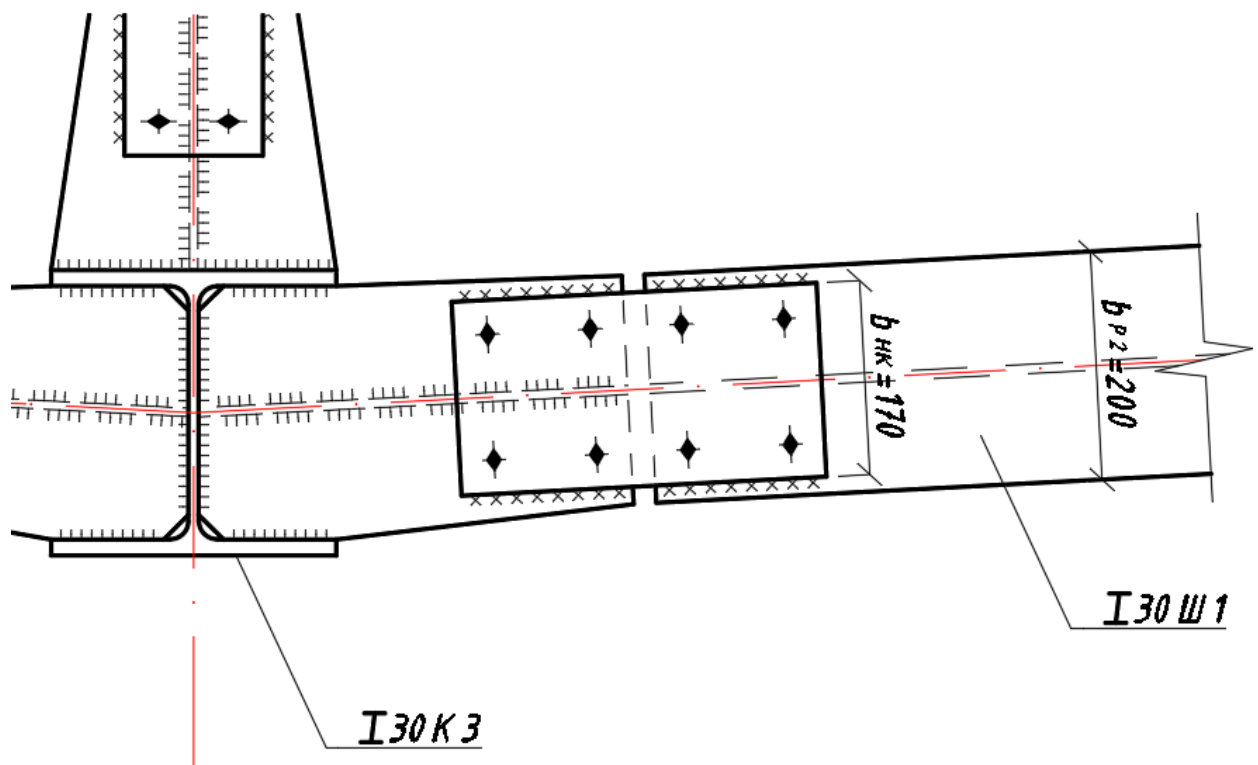


Рисунок 8.1.

К определению ширины накладки для соединения с ригелем Р2

Инв. № подл.	Подп. и дата			
	Взам. инв. №			
	Инв. № дубл.			
	Подп. и дата			
Инв. № подл.	Подп. и дата			
	Взам. инв. №			
	Инв. № дубл.			
	Подп. и дата			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Да-
c34f2d8d7561b625				
Лист				
78				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные
2. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»
3. СП 294.1325800.2017 «Конструкции стальные. Правила проектирования»
4. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»
5. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»
6. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»
7. ГОСТ Р 57837-2017 «Двутавры горячекатаные с параллельными гранями полок»
8. СП 266.1325800.2016 «Сталежелезобетонные конструкции. Правила проектирования»
9. СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования»
10. СП 2.13130.2012 «Обеспечение огнестойкости объектов защиты»
11. СП 4.13130.2013 «Ограничение распространения пожара на объектах защиты»
12. Пособие АРСС «Огнестойкость стальных несущих конструкций»
13. Брошюра АРСС «Эффективные жилые здания со стальным каркасом»
14. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»
15. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
16. «Металлические конструкции: Том 2»/ под ред. Кузнецова.

Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	11. СП 4.13130.2013 «Ограничение распространения пожара на объектах защиты»
					12. Пособие АРСС «Огнестойкость стальных несущих конструкций»
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	13. Брошюра АРСС «Эффективные жилые здания со стальным каркасом»
					14. СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии»
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	15. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
					16. «Металлические конструкции: Том 2»/ под ред. Кузнецова.
Инв. № подл	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	<div> <div> <div>Ли</div> <div>Изм.</div> <div>№ докум.</div> <div>Подп.</div> <div>Да-</div> </div> <div>с34f2d8d7561b625</div> <div>Лист 79</div> </div>