

МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНКУРС СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

2022



STEEL
2REAL'22

«Жилое многоэтажное здание из
стальных модульных конструкций»

Проект выполнили студенты
Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого

ЩЕРБАТЮК Павел ■
ТАЧКОВ Максим ■
ГАЖА Артём ■

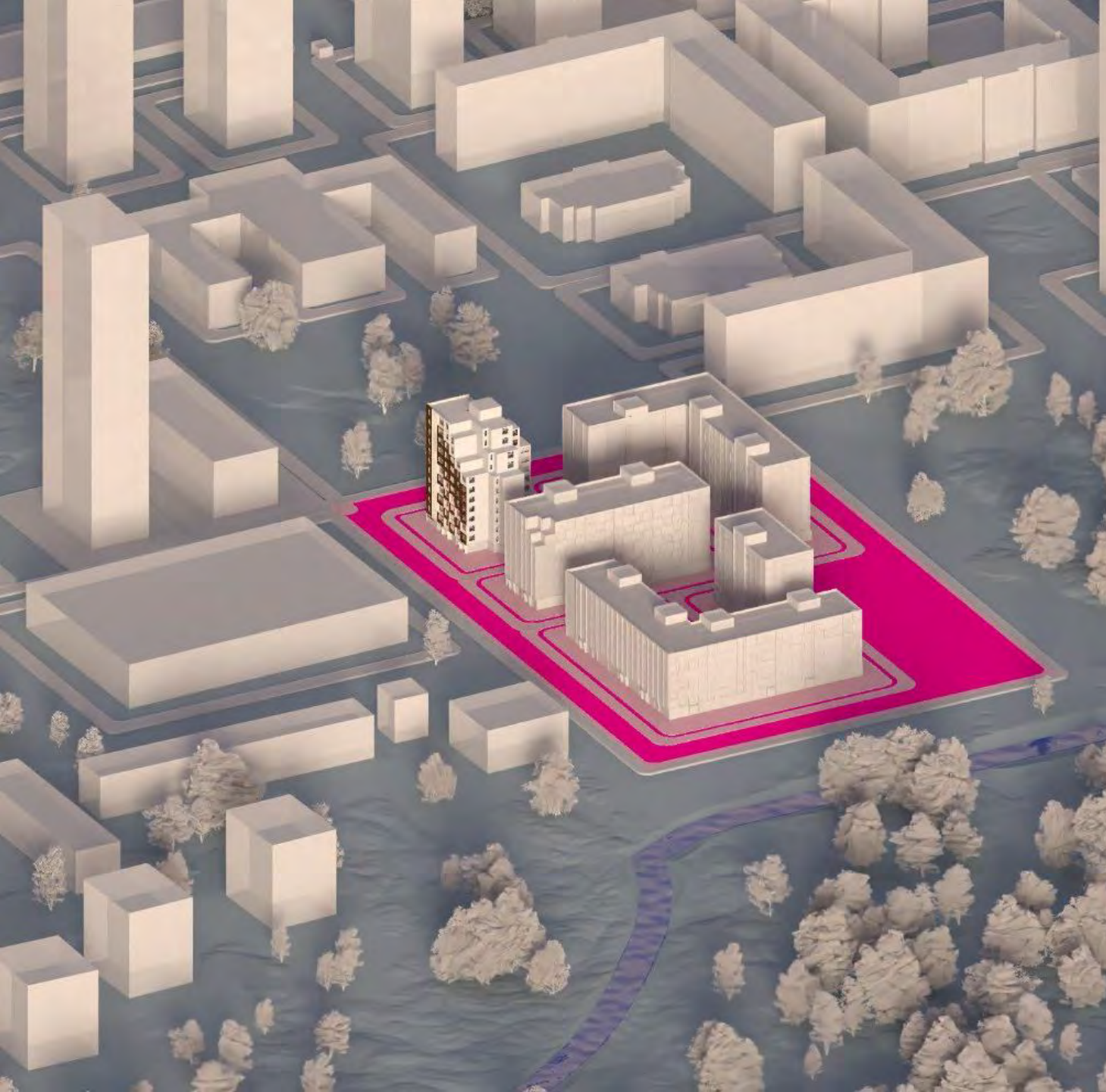
 ПОЛИТЕХ

Характеристика объекта



Жилой комплекс «Pine»

Коэффициент застройки	1,1
Общая площадь здания	7730 м ²
Общая площадь квартир	4070 м ²
Этажность	12
Высота	40 м
Количество типоразмеров блоков	5
Количество типов блоков	70
Общее количество блоков	269
Металлоемкость	91 (83) кг/м ²



Характеристика участка

Санкт-Петербург, Суздальское шоссе, участок 22

Зоны:

- ЗЖД (Генеральный план)
- ТЗЖ2 (ПЗЗ)

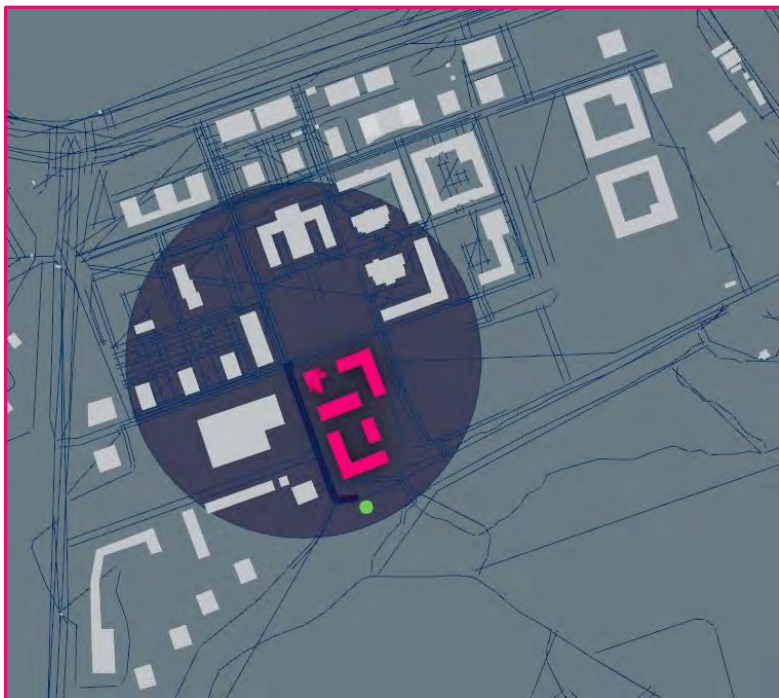
Окружение:

- Новоорловский лесопарк
- ЖК «Орловский парк»

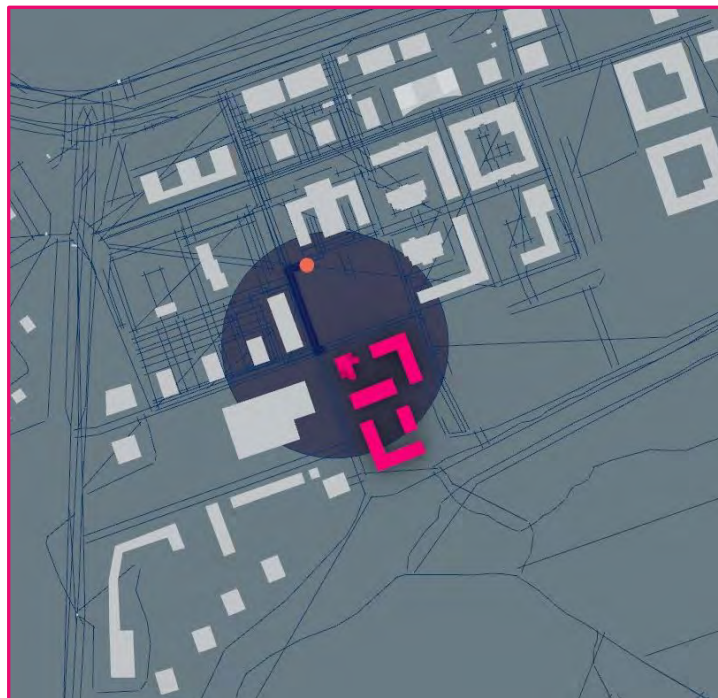
Размеры:

- 120 x 180 м
- 22 130 кв.м

Анализ территории



Лесопарк
250 м

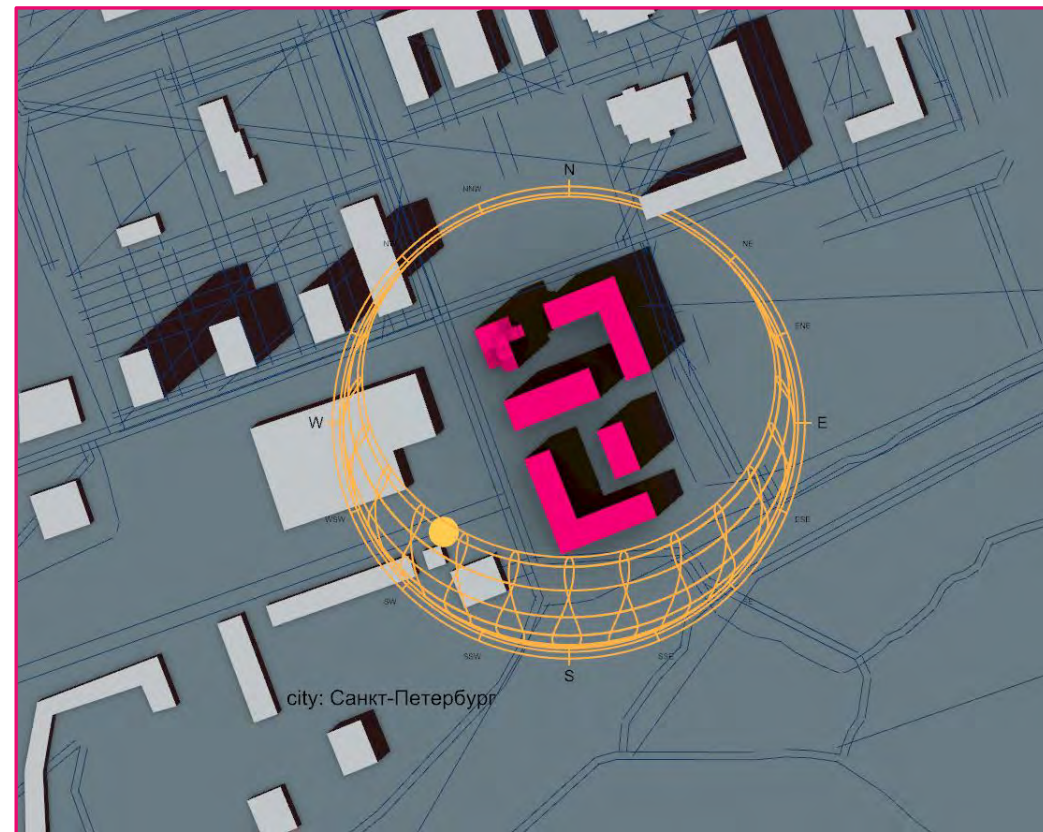
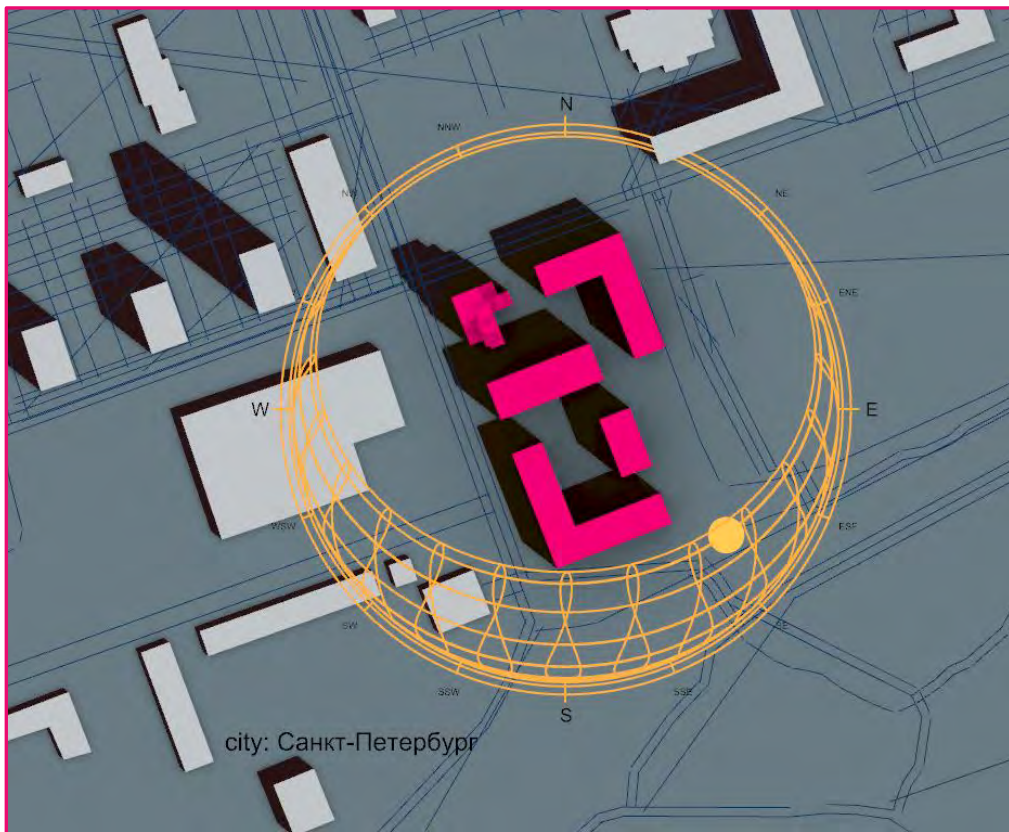


Школа
150 м



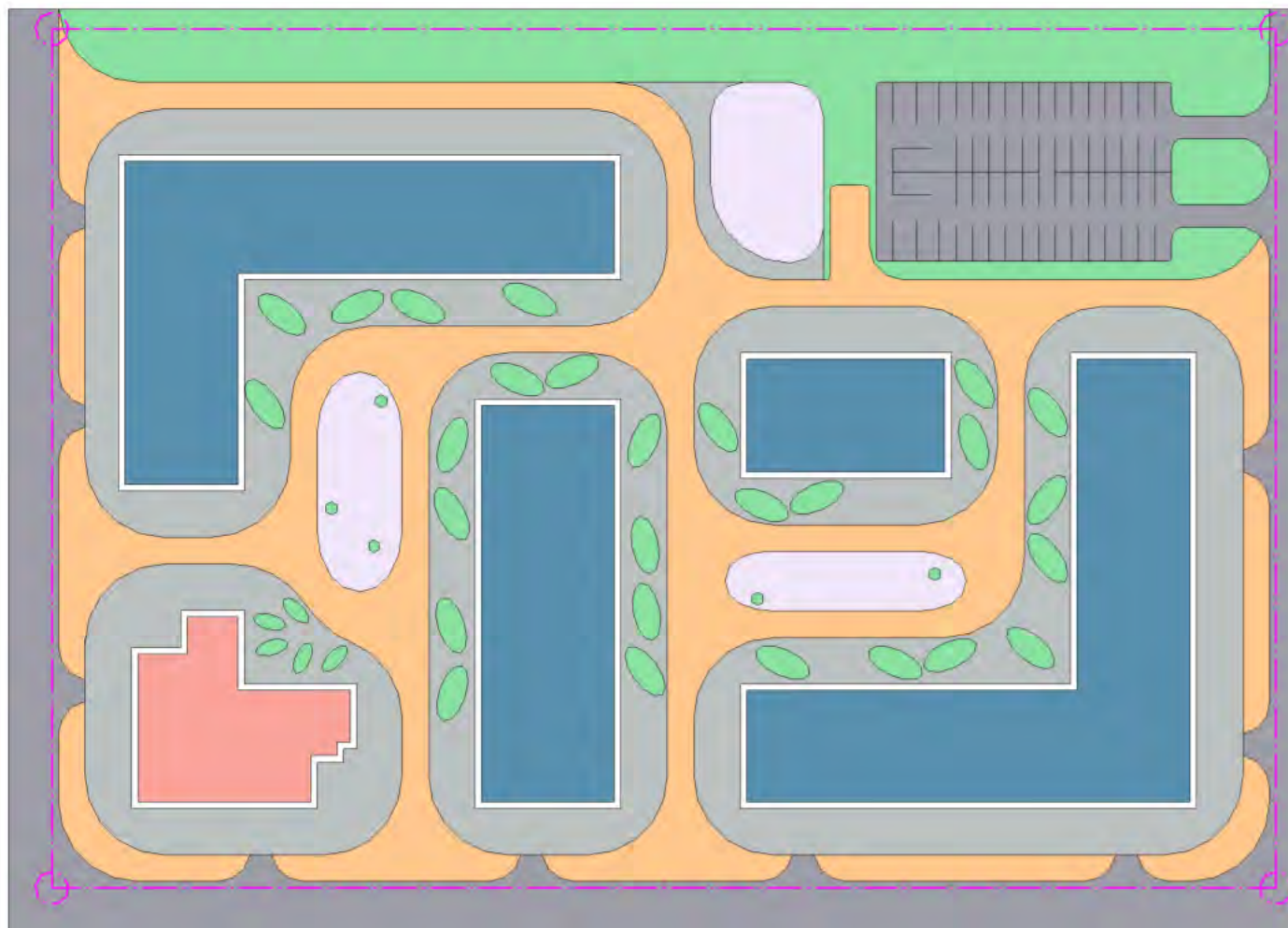
Автобусная
остановка
400 м

Анализ территории



Учет затенения от соседних зданий

Схема участка

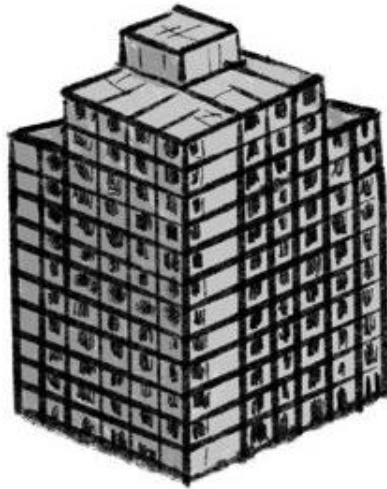


-  - проектируемое здание
-  - окружающая застройка
-  - газон
-  - тротуарное мощение
-  - укрепленное мощение
-  - резиновое покрытие
-  - асфальтовое покрытие

Архитектурная концепция



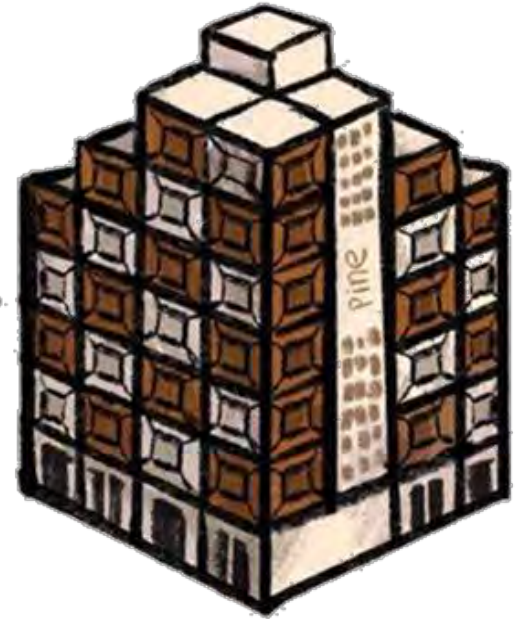
- Новоорловский
лесопарк
- Модульные
формы



Основной
объем



Предварительная
концепция



Сочетание с
окружающей
застройкой

Планировочные решения этажей



Типовой этаж

Тип квартиры	Кол-во
1-комнатная	4
2-комнатная	2
3-комнатная	1

Площади	
Общая площадь	725 кв.м
Площадь квартир	429 кв.м

Планировочные решения этажей



9 этаж

Тип квартиры	Кол-во
1-комнатная	2
2-комнатная	2
3-комнатная	1

Площади	
Общая площадь	585 кв.м
Площадь квартир	340 кв.м

Планировочные решения этажей

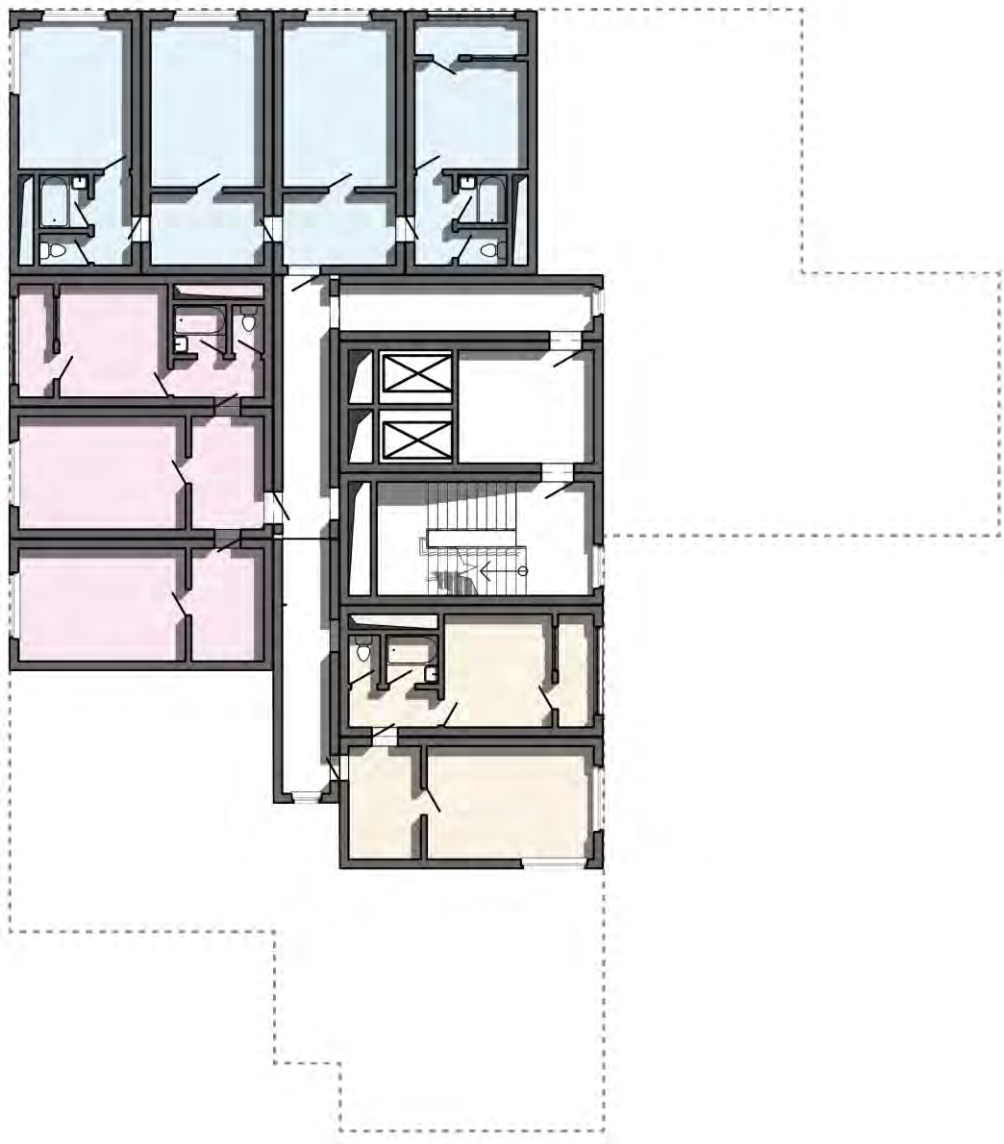


10 этаж

Тип квартиры	Кол-во
1-комнатная	-
2-комнатная	3
3-комнатная	1

Площади	
Общая площадь	555 кв.м
Площадь квартир	318 кв.м

Планировочные решения этажей



11 этаж

Тип квартиры	Кол-во
1-комнатная	1
2-комнатная	1
3-комнатная	1

Площади	
Общая площадь	410 кв.м
Площадь квартир	217 кв.м

Планировочные решения этажей



12 этаж

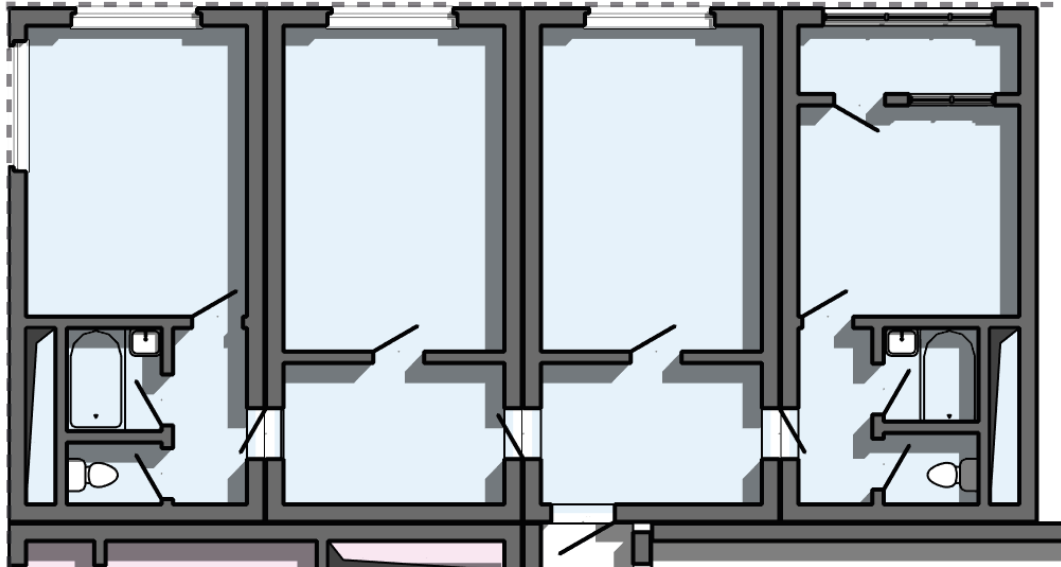
Тип квартиры	Кол-во
1-комнатная	2
2-комнатная	-
3-комнатная	1

Площади	
Общая площадь	380 кв.м
Площадь квартир	194 кв.м

Планировочные решения квартир

Функциональное зонирование

- Гостевая: прихожая, с/у, кухня, гостиная
- Приватная: спальни, с/у, детская, гардеробная



Планировочные решения этажей

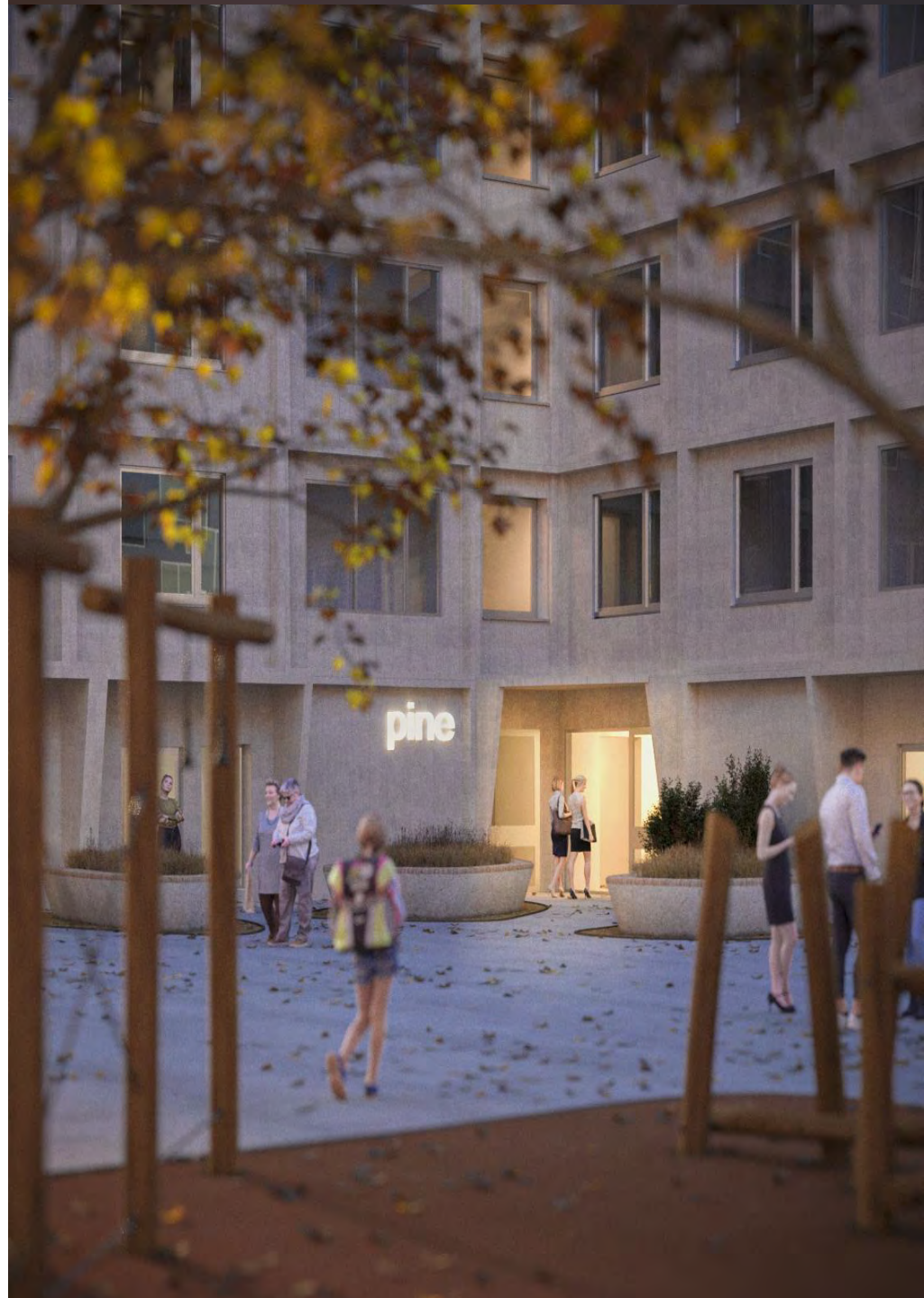
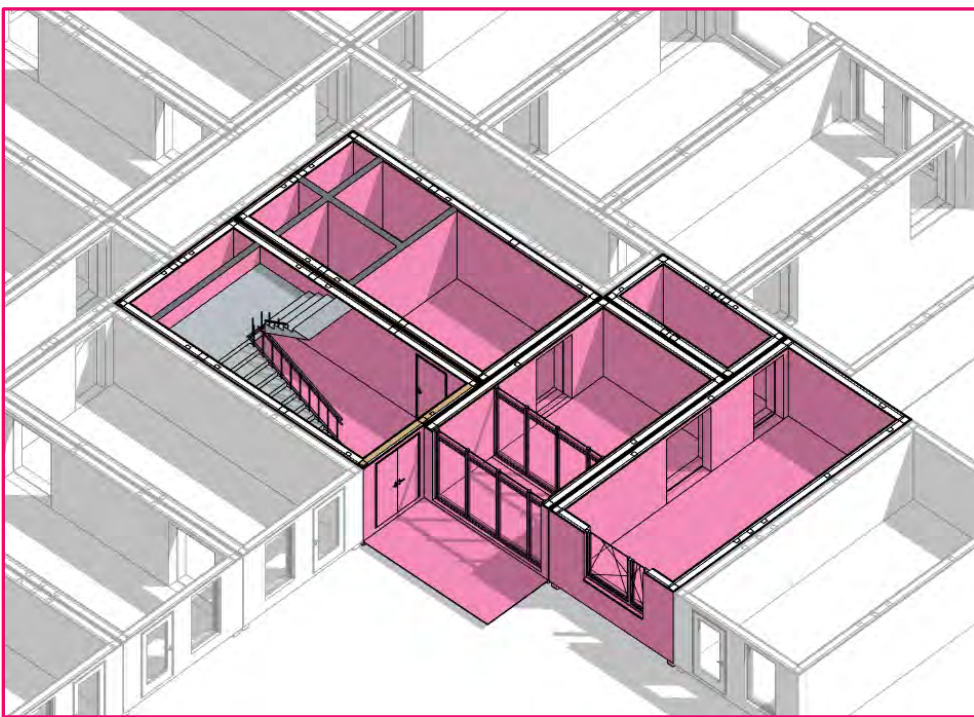


1 этаж

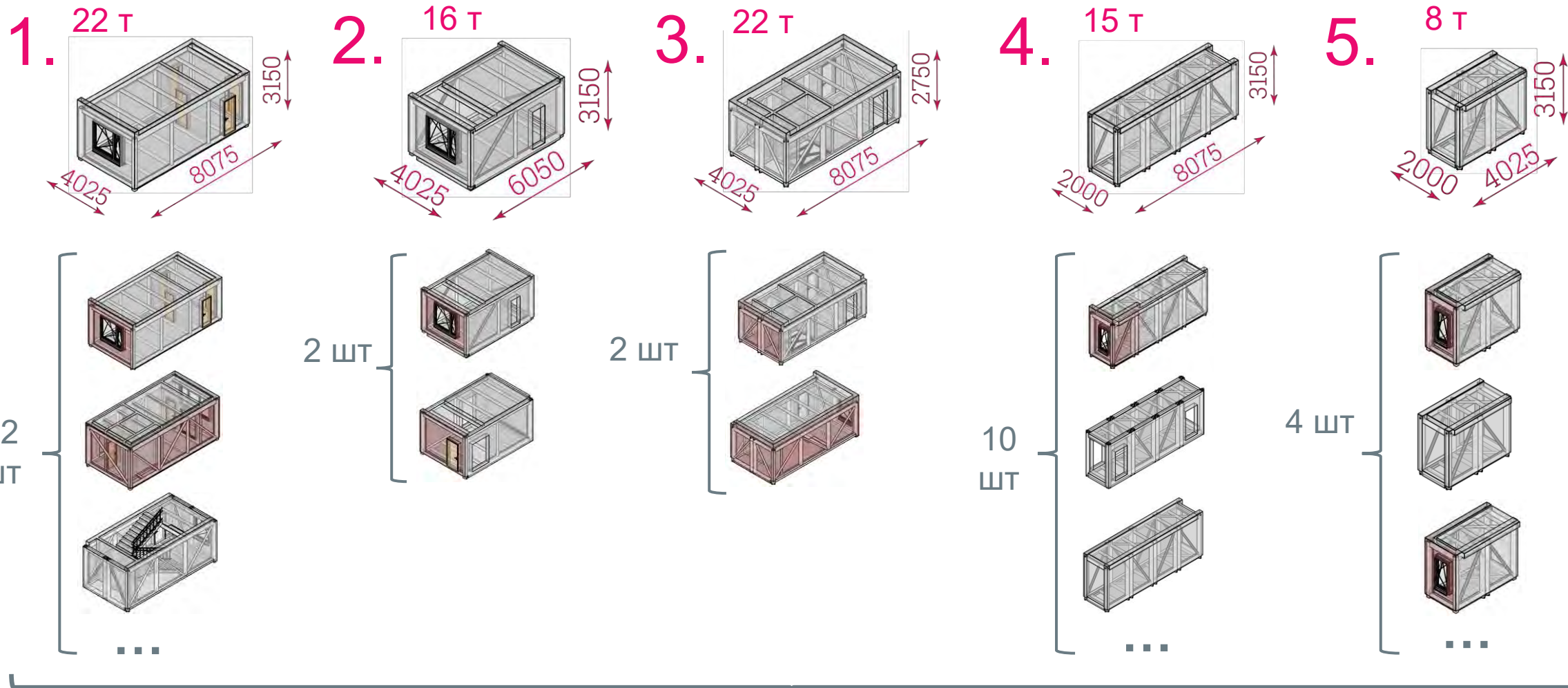
Площадь	Кол-во
26 кв.м	1
52 кв.м	4
78 кв.м	1
105 кв.м	1

Входная группа

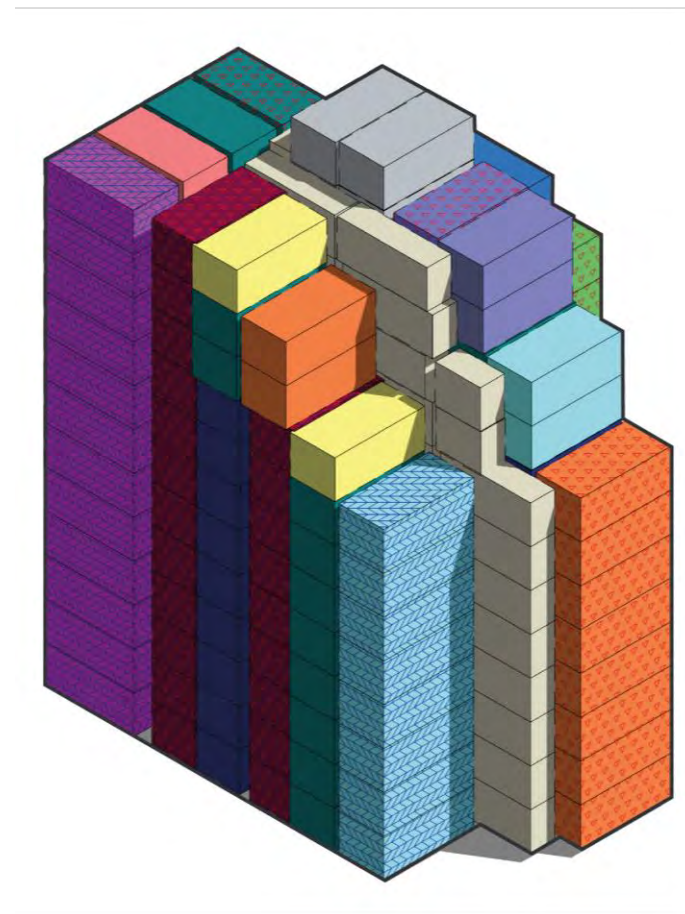
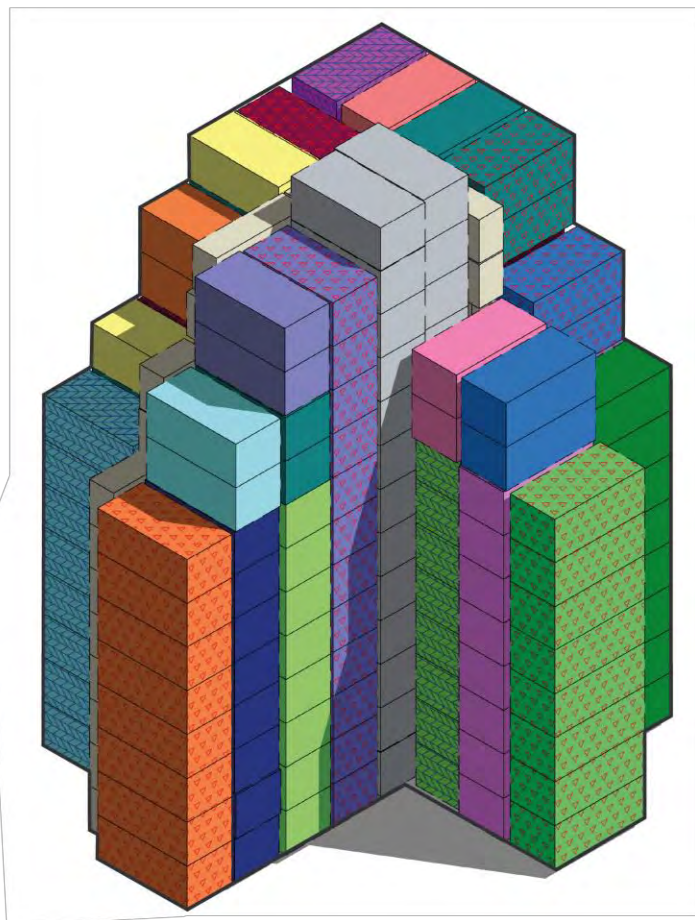
- Безбарьерность
- Просматриваемость
- Интуитивная планировка
- Комфортное пространство перед входом



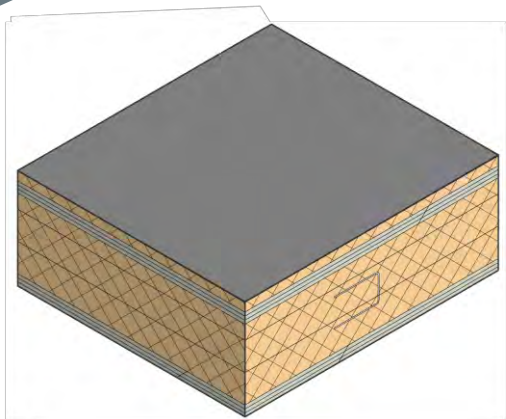
Типы блоков



Типы блоков

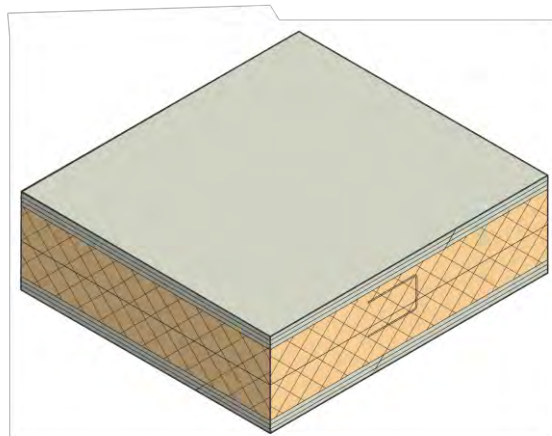


Пироги перекрытий



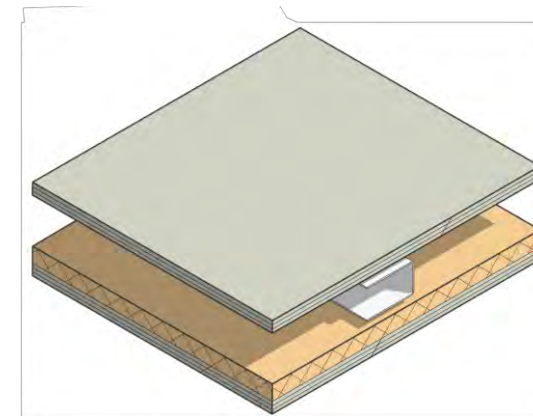
Кровельное покрытие

- Техноэласт ПЛАМЯ СТОП
- Техноэласт ФИКС
- Клиновидные плиты минераловатные ТЕХНОРУФ Ф Н ПРОФ КЛИН **30 мм**
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**
- Профиль направляющий
- Профиль несущий
- Минераловатный утеплитель ТеплоКНАУФ **250 мм**
- Профиль направляющий
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**



Перекрытие над подвалом

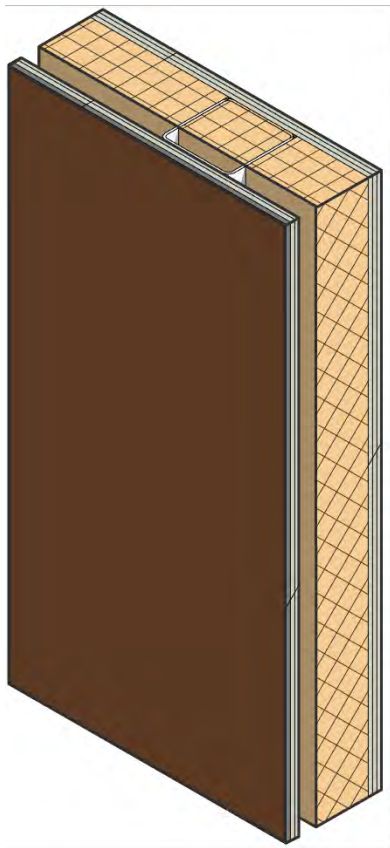
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**
- Профиль направляющий
- Профиль несущий
- Минераловатный утеплитель ТеплоКНАУФ **200 мм**
- Профиль направляющий
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**



Пол/потолок

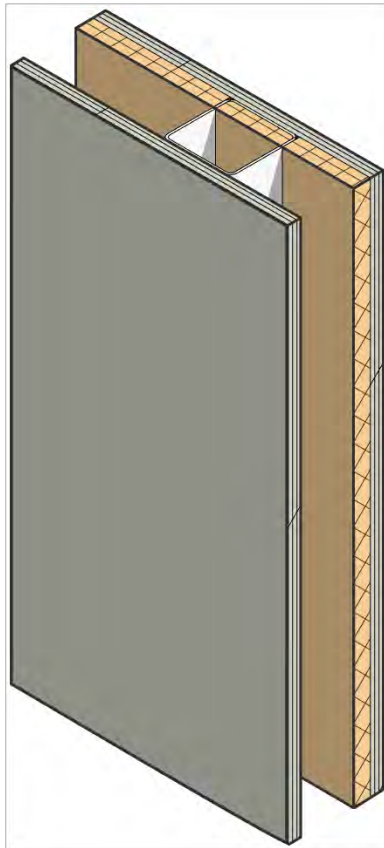
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**
- Профиль направляющий
- Профиль несущий
- Воздушный зазор **150 мм**
- Минераловатная звукоизоляция АкустиКНАУФ **50 мм**
- Профиль направляющий
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**

Пироги стен



Наружная стена

- Навесной металлический фасад GRADAS
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**
- Профиль направляющий
- Воздушный зазор **50 мм**
- Профиль несущий
- Минераловатный утеплитель ТеплоКНАУФ **150 мм**
- Профиль направляющий
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**



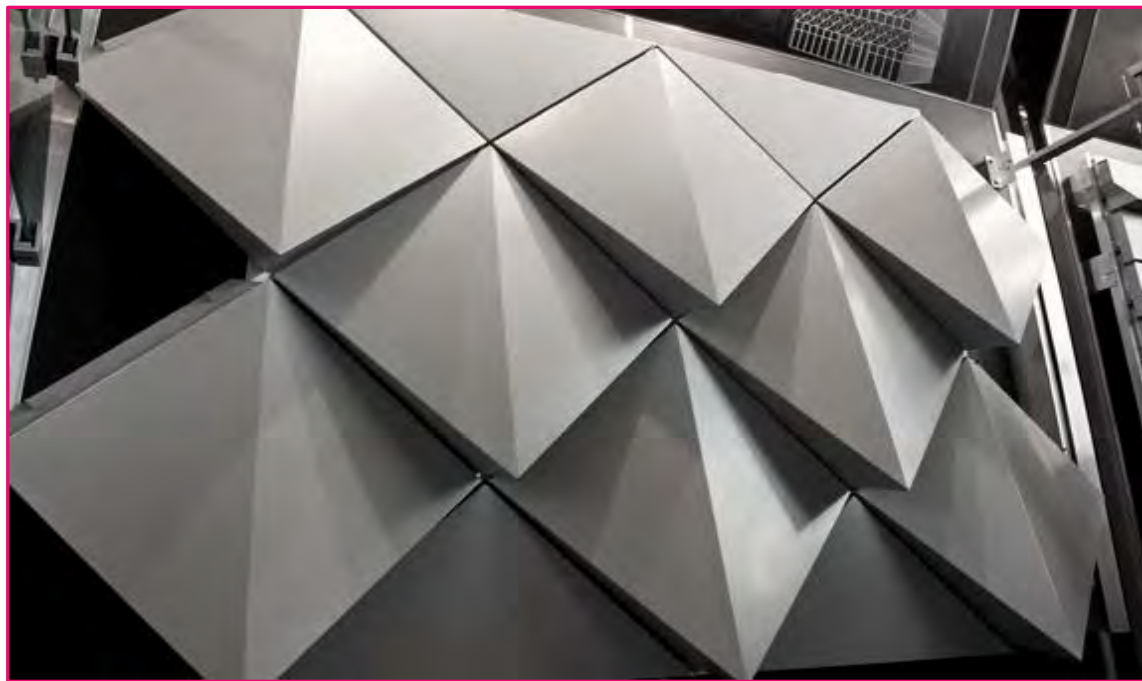
Внутренняя стена

- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**
- Профиль направляющий
- Воздушный зазор **150 мм**
- Профиль несущий
- Минераловатная звукоизоляция АкустиКНАУФ **50 мм**
- Профиль направляющий
- Гипсокартон КНАУФ ГВЛ **12,5 мм x 3**

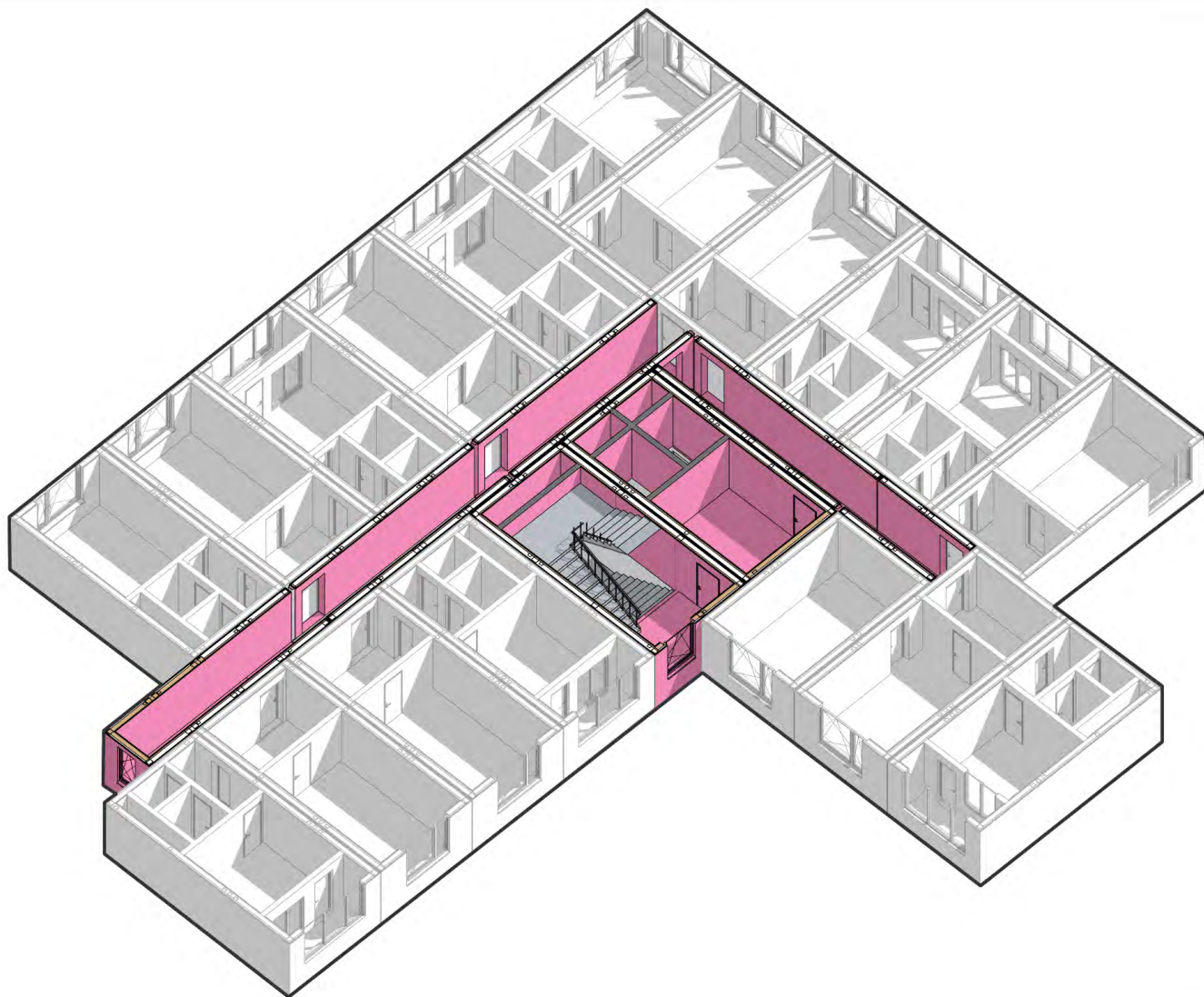
Фасадные решения

Типы **фасадных кассет**:

- 1) Объемные (по индивидуальным чертежам)
- 2) Объемные (типа «чешуя»)
- 3) Плоские

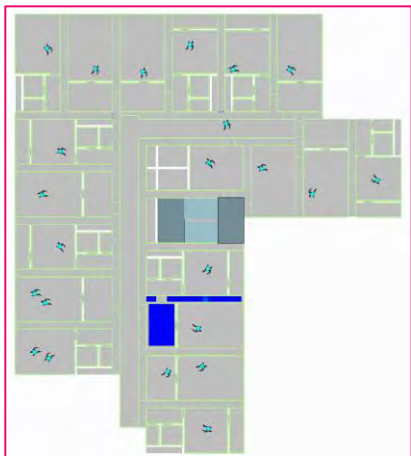


Пожарная безопасность



- Лестничная клетка **H2**
- Тамбур
- Пожарный лифт
- **Ф1.3, II, C0**
- Гипсокартон КНАУФ-суперлист (ГВЛ)
3 слоя 12,5 мм, **КМ1**
- **REI90**

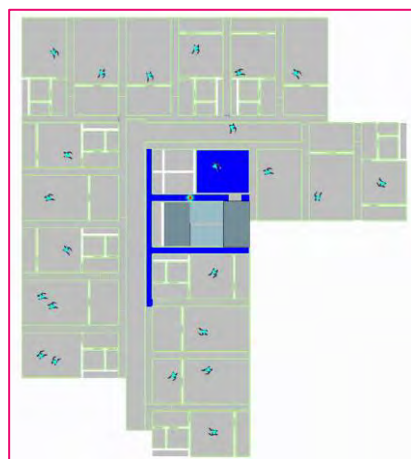
Расчёт в СИГМА ПБ



а)



б)



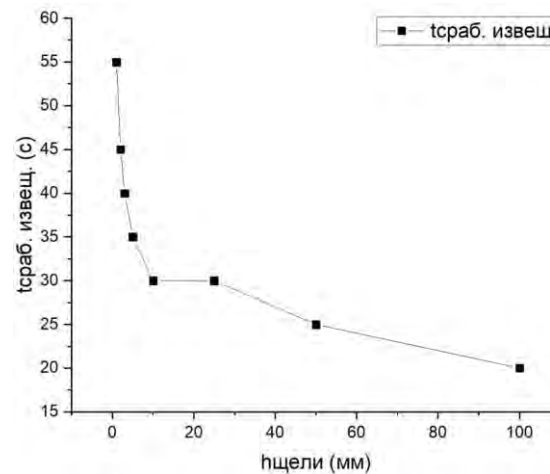
в)

Распространение ОФП, очаг

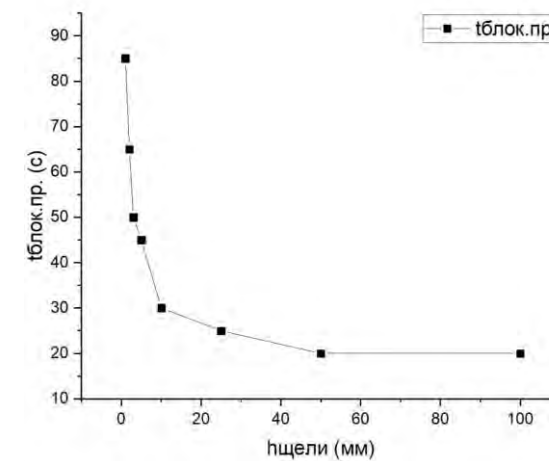
а) Межблочное пр-во

б) Кухня

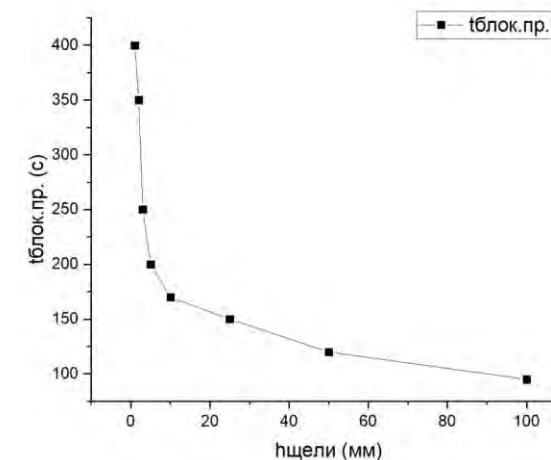
в) Межблочное пр-во



а)



б)



в)

График зависимости времени
(а, б, в) от размера щели

а) Срабатывания дымового
извещателя

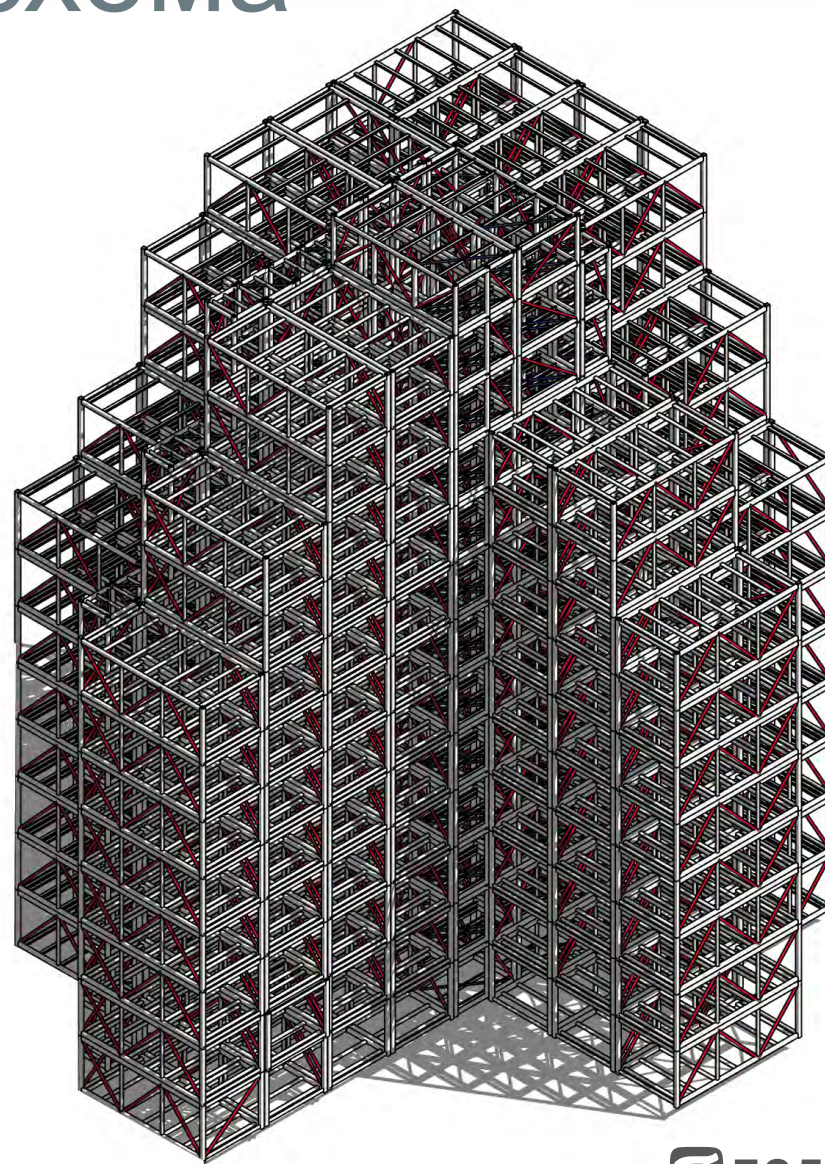
б) Блокирования пути
эвакуации

в) Блокирования пути
эвакуации

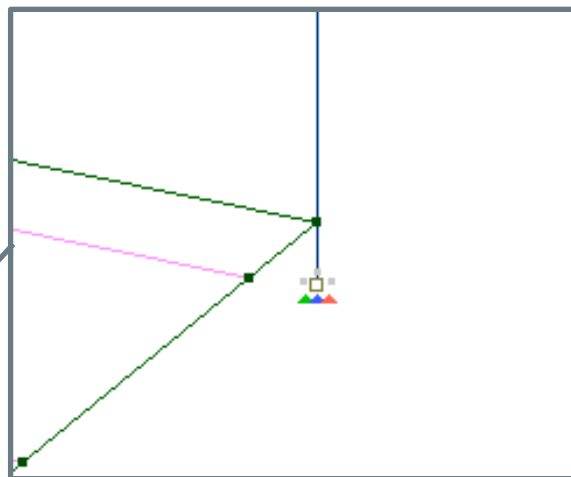
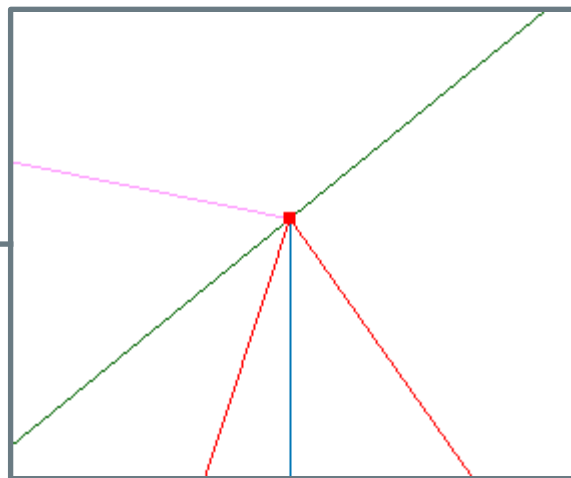
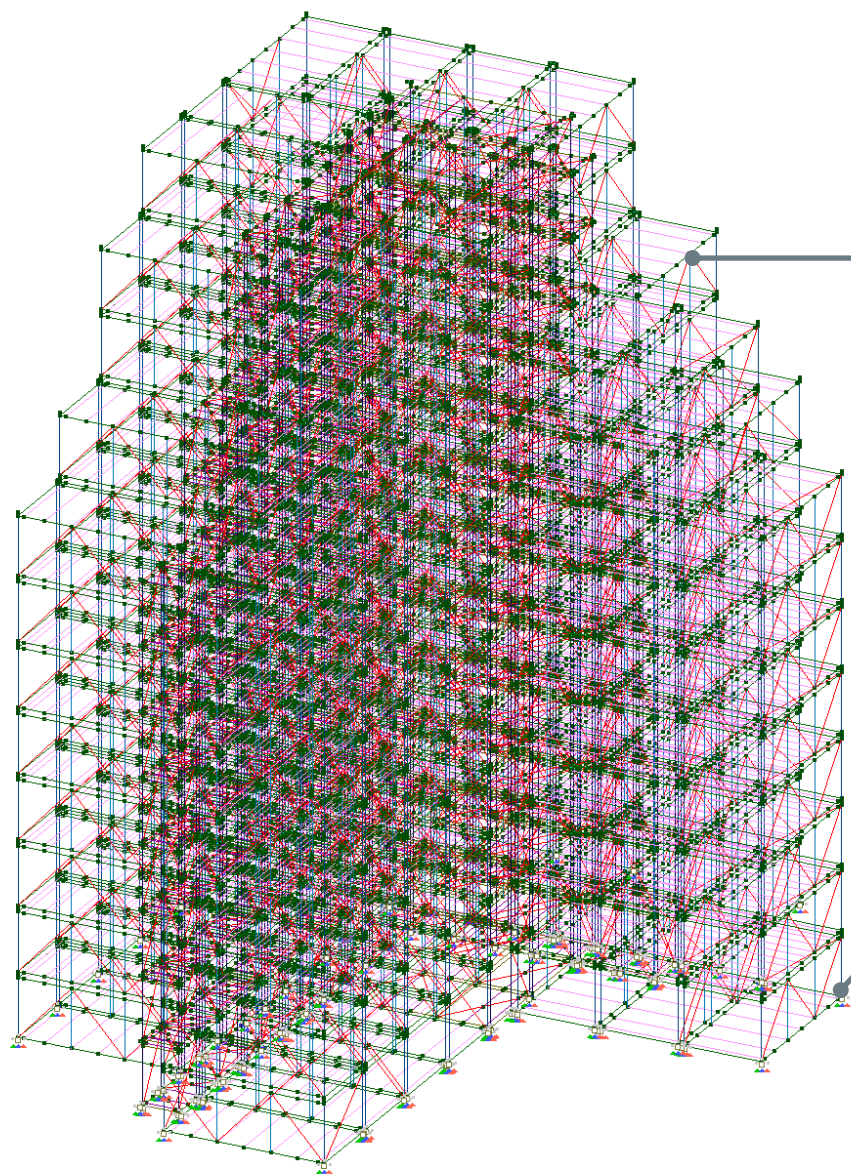
Эвакуация с этажа за 30 с

Конструктивная схема

- Стальные объёмные блоки образуют металлический каркас
- Соединение между блоками – жесткое
- Жёсткость блоков, жёсткость соединений, система связей



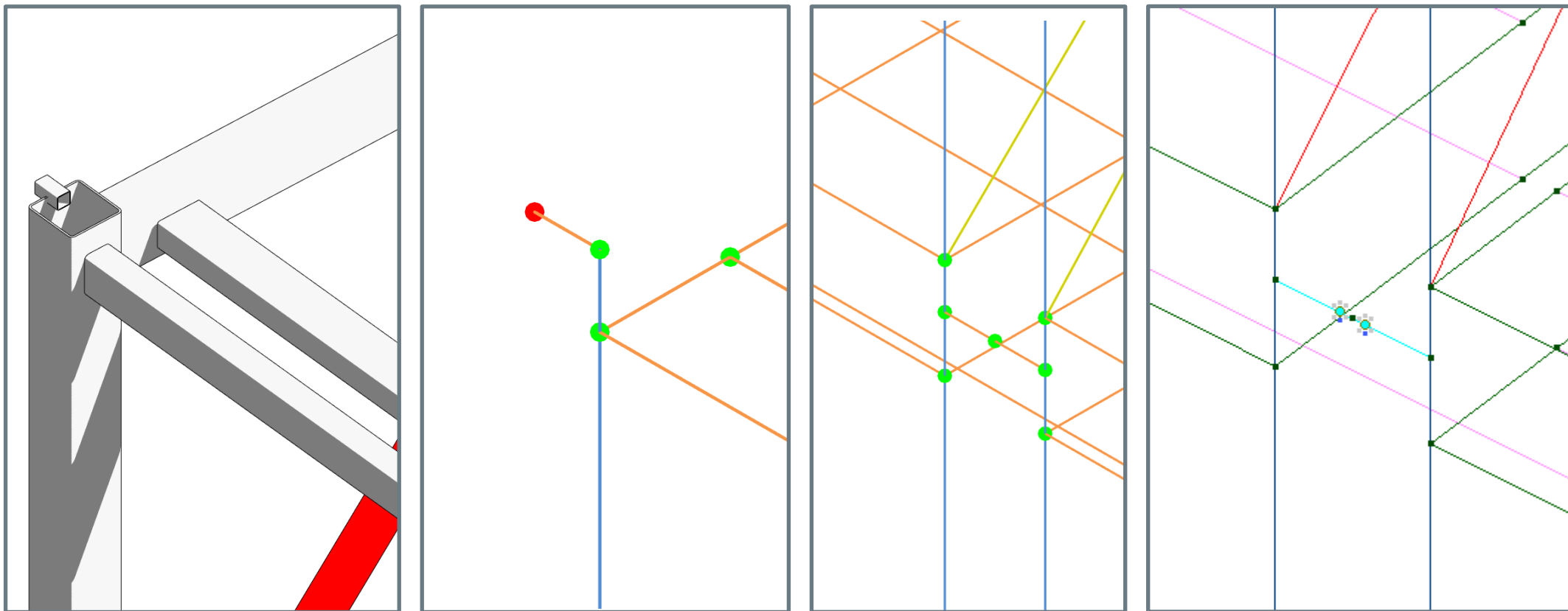
Расчётная схема



- Стержни— универсальный КЭ пространств. стержня **КЭ 10**
- Узлы сопряжения элементов **жёсткие**
- Опорные узлы **шарнирно неподвижные**

Соединение блоков

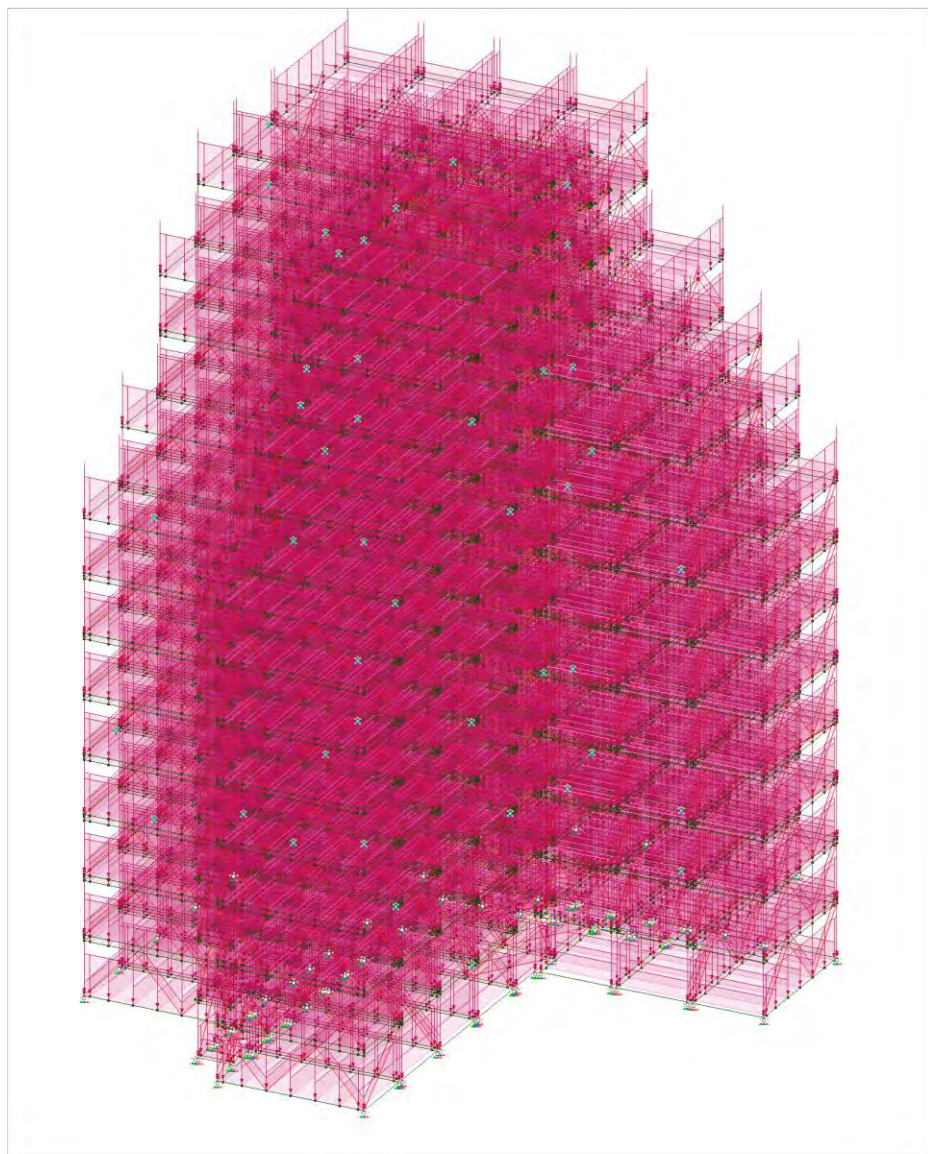
Шарнир UY



Revit

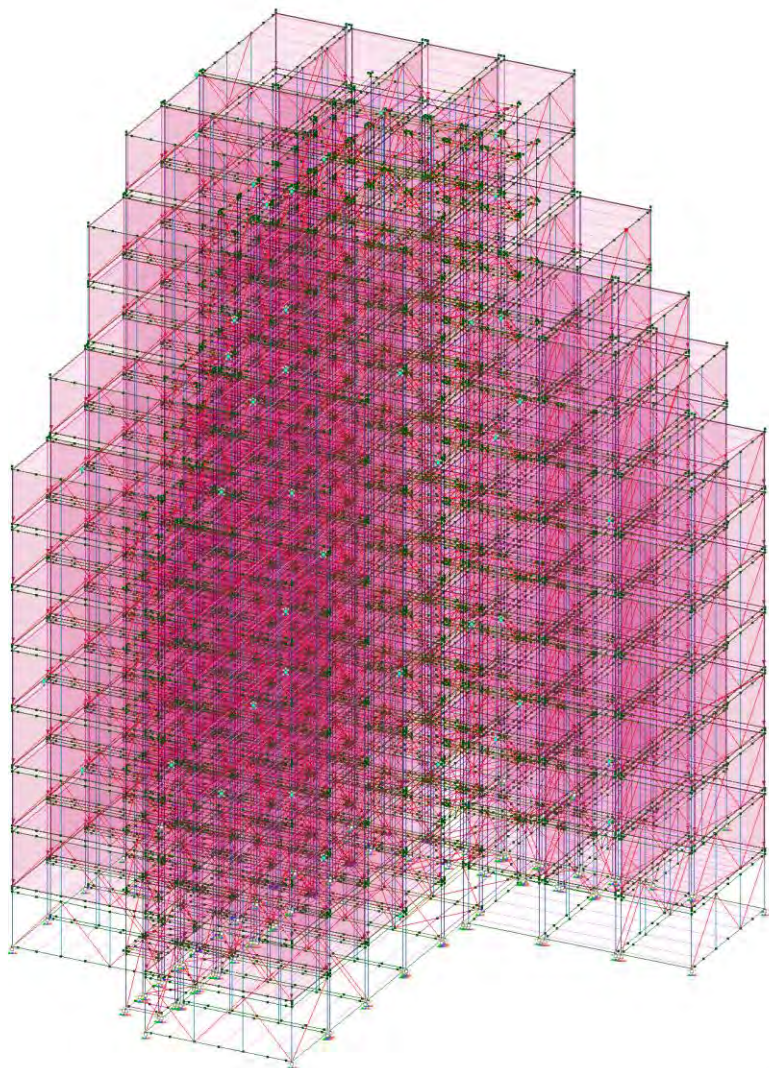
ЛИРА 10

Постоянные нагрузки



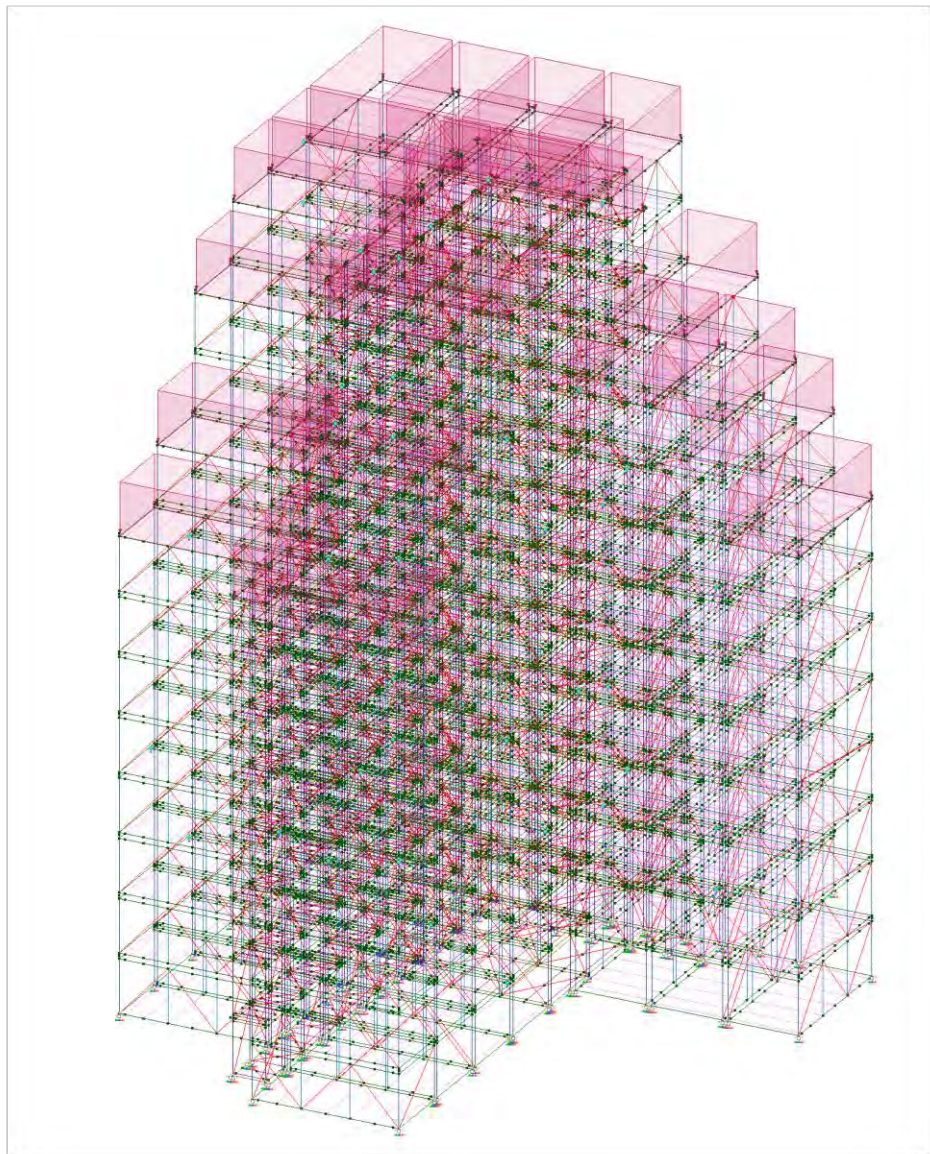
Нагрузка	P_n , кПа	γ_f	P , кПа
1. с.в. Несущих конструкций	ЛИРА 10	1,05	ЛИРА 10
2. с.в. Кровли	1,30	1,2	1,56
3. с.в. Подвального перекрытия	1,09	1,2	1,31
4. с.в. Полов/потолков	0,96	1,2	1,15
5. с.в. Наружных стен	1,20	1,2	1,45
6. с.в. Внутренних стен	0,96	1,2	1,15
7. с.в. Перегородок	1,15	1,2	1,38

Кратковременные нагрузки



Нагрузка	P_n , кПа	γ_f	P , кПа
1. Квартиры жилых зданий	1,5	1,3	1,8
2. Парикмахерские	2,0	1,2	2,4
3. Залы обеденные	3,0	1,2	3,6
4. Залы торговые	4,0	1,2	4,8
5. Вестибюли, фойе, коридоры, лестницы примыкающие к 1,2/3,4	3,0/4,0	1,2	3,6/4,8

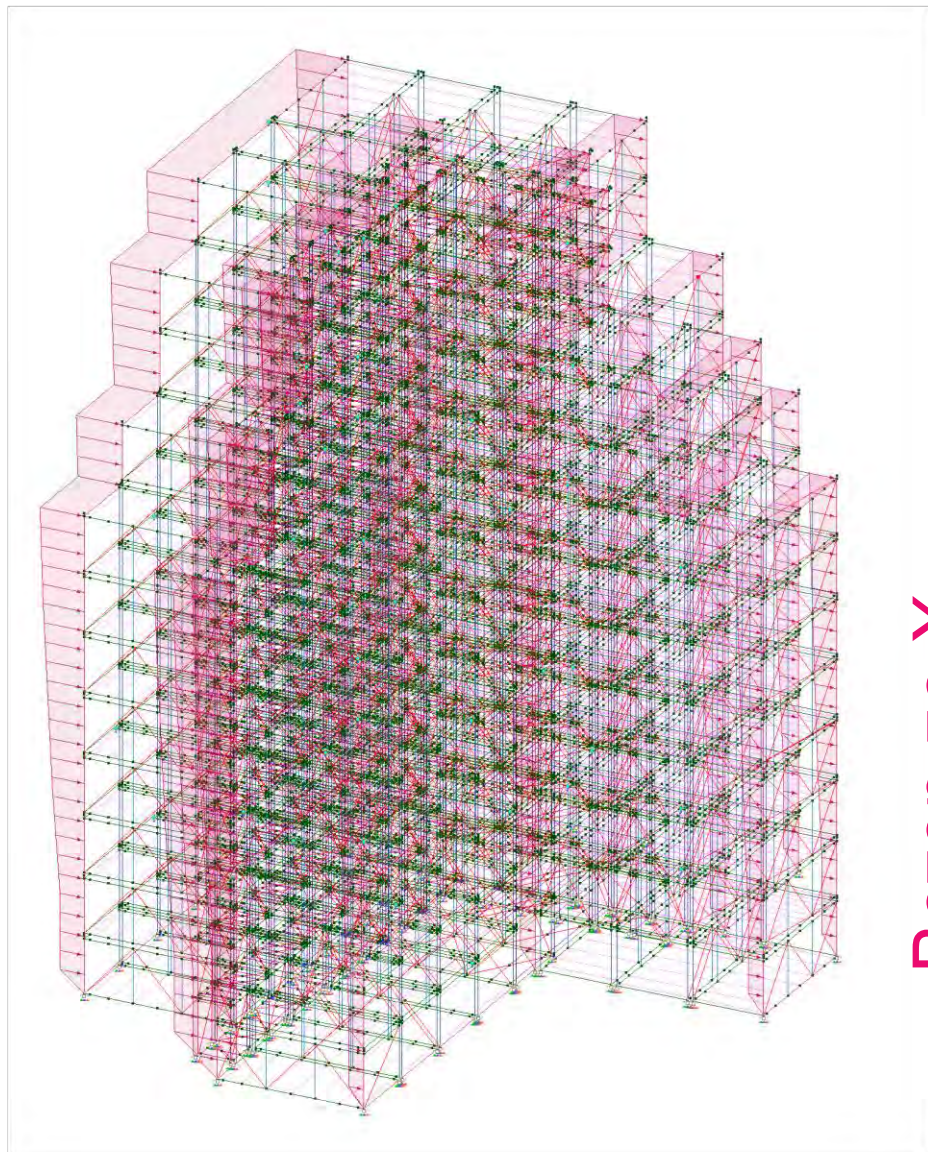
Снеговая нагрузка



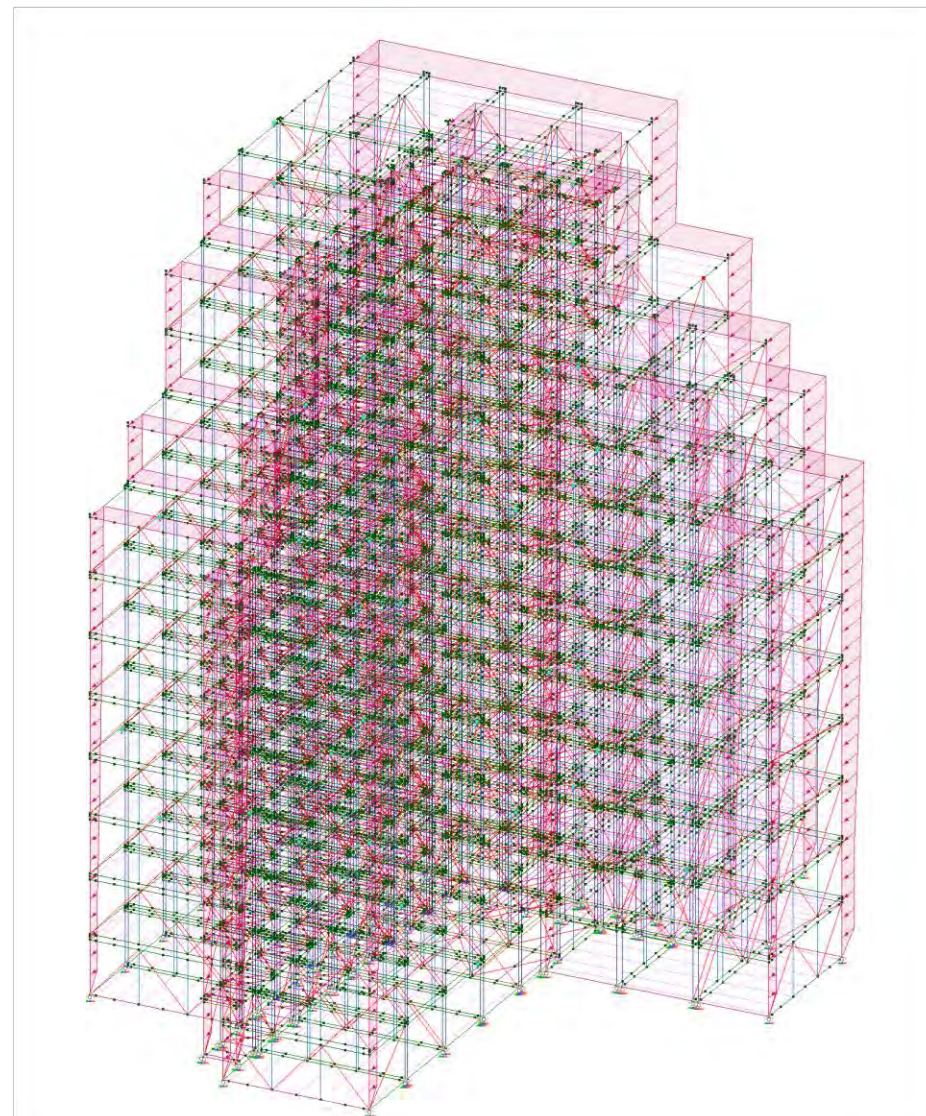
Нагрузка	P_n , кПа	γ_f	P , кПа
Снеговая рядовая	1,5	1,4	2,1
Снеговая вблизи парапетов	2,4	1,4	3,36

- Снеговой район – III
- Тип местности – В

Ветровая нагрузка



Ветер по X



Ветер по Y

Ветровая нагрузка



Угловая зона z, мм	LIRA 10 w _m , кПа	Ручной w _m , кПа	Отношение LIRA 10/ Ручной
3 150	0,168	0,150	1,12
9 450	0,206	0,191	1,08
25 200	0,306	0,282	1,09
37 800	0,359	0,332	1,08

Пример ручного расчёта:

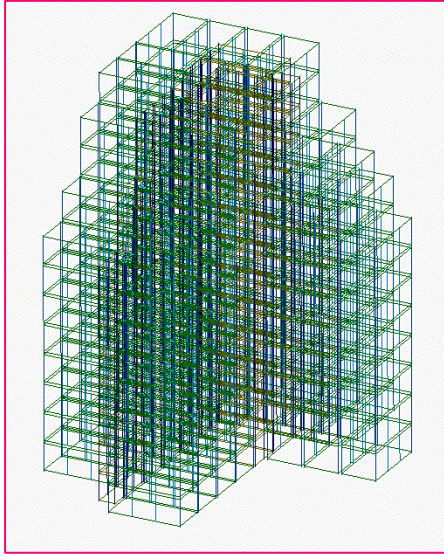
$$z = 37\,800 \text{ мм}$$

$$k(z_e) = k_{10}(z_e/10)^{2\alpha} = 0,65 \cdot \left(\frac{37,8}{10}\right)^{2 \cdot 0,2} = 1,106$$

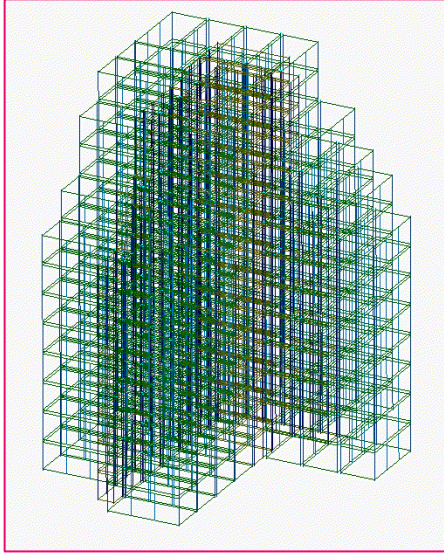
$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c = 0,3 \cdot 1,106 \cdot 1,0 = 0,332 \text{ кПа}$$

Формы колебаний

Пульсация
ветра по X

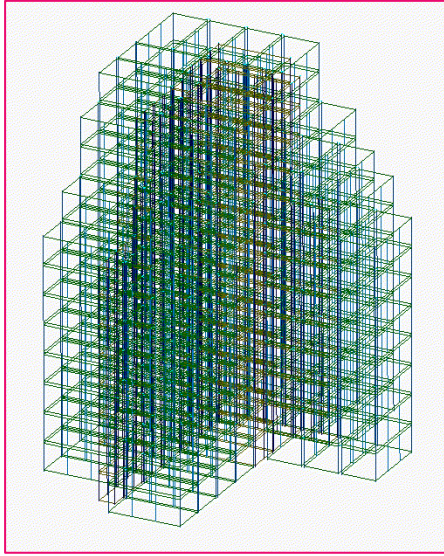


Форма 1
0,670 Гц

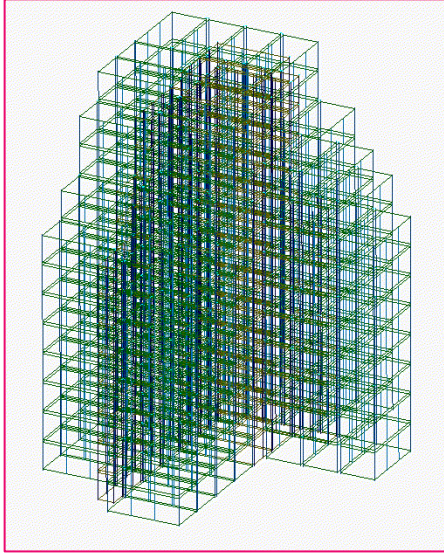


Форма 1
0,670 Гц

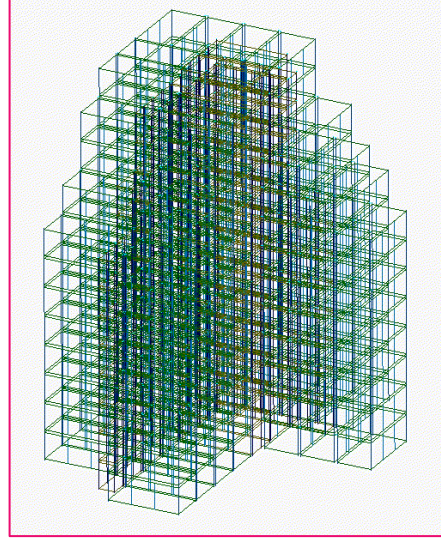
Пульсация
ветра по Y



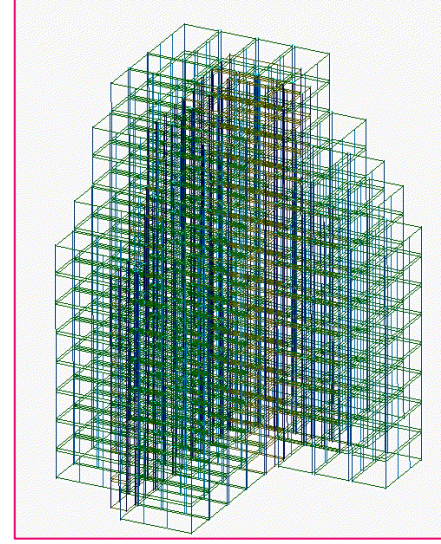
Форма 1
0,670 Гц



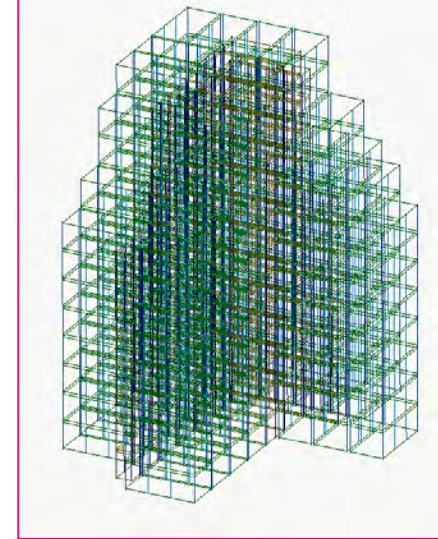
Форма 1
0,670 Гц



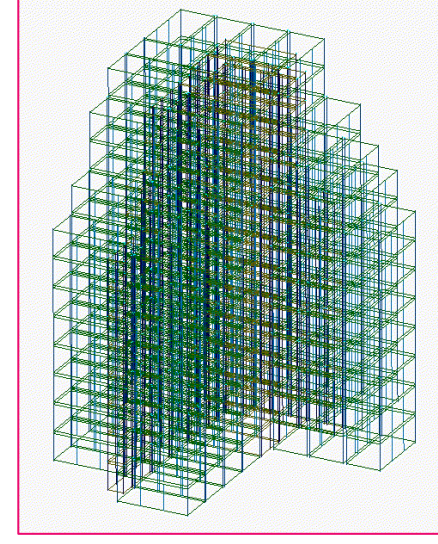
Форма 2
0,818 Гц



Форма 2
0,818 Гц

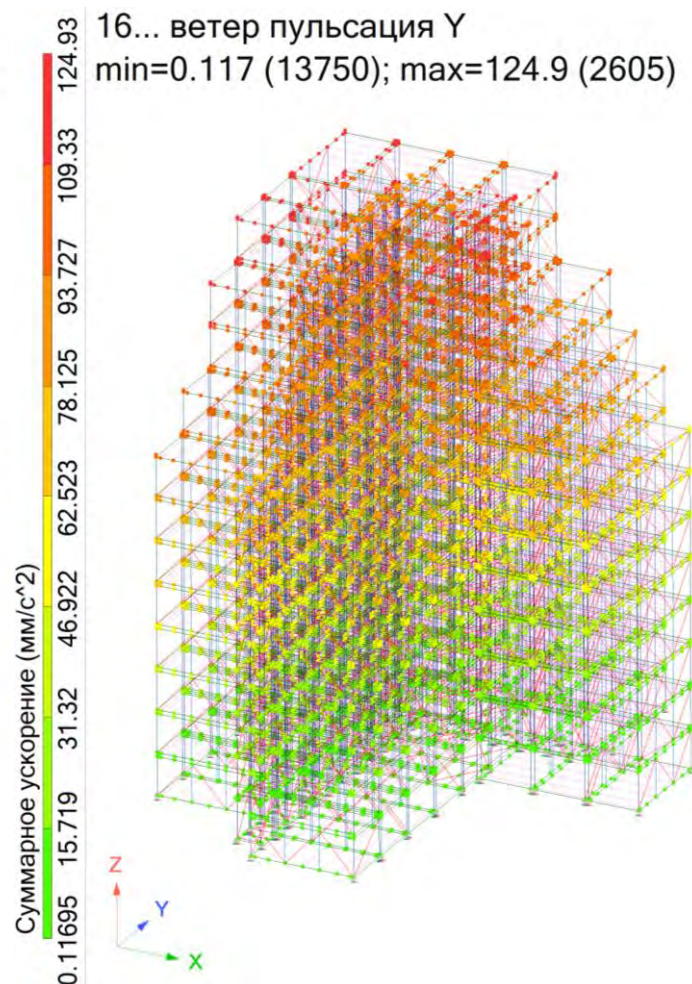
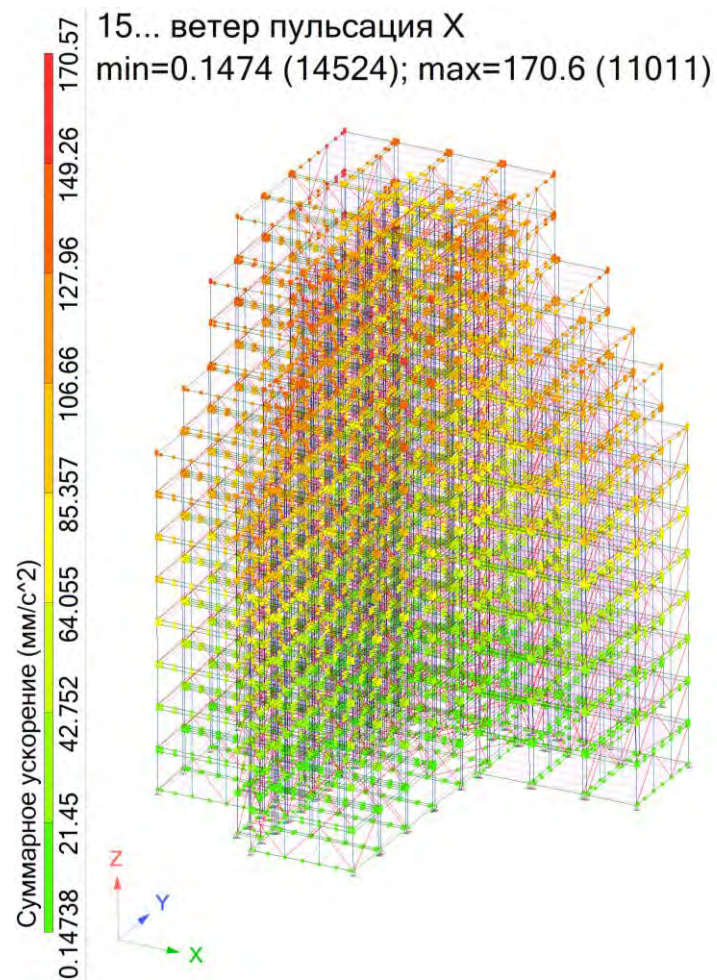


Форма 3
0,940 Гц



Форма 3
0,940 Гц

Динамическая комфортность



$$\frac{170}{1,4} = 121 \text{ мм/с}^2$$

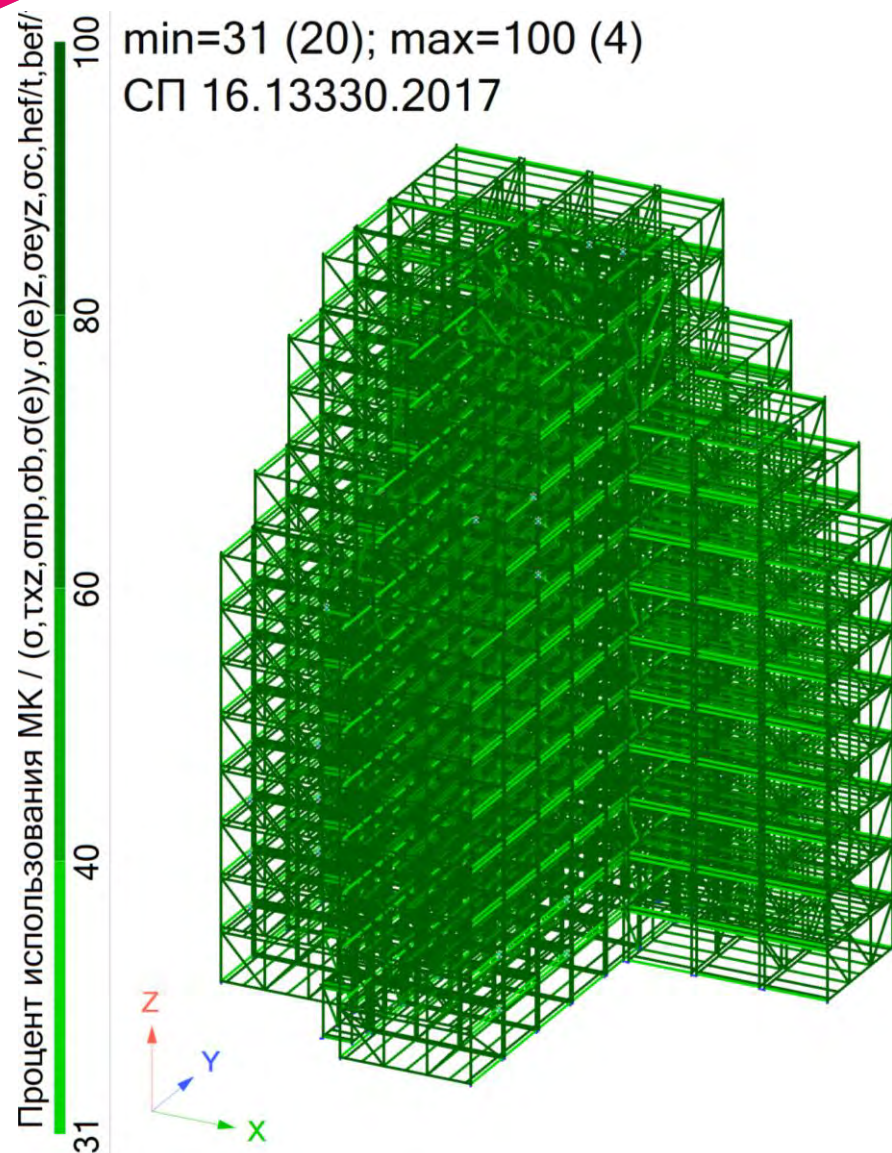
$$121 \leq 80$$

Условие не выполняется!

Мероприятия по уменьшению колебаний:

- Использование демпферов
- Использование ядра жесткости

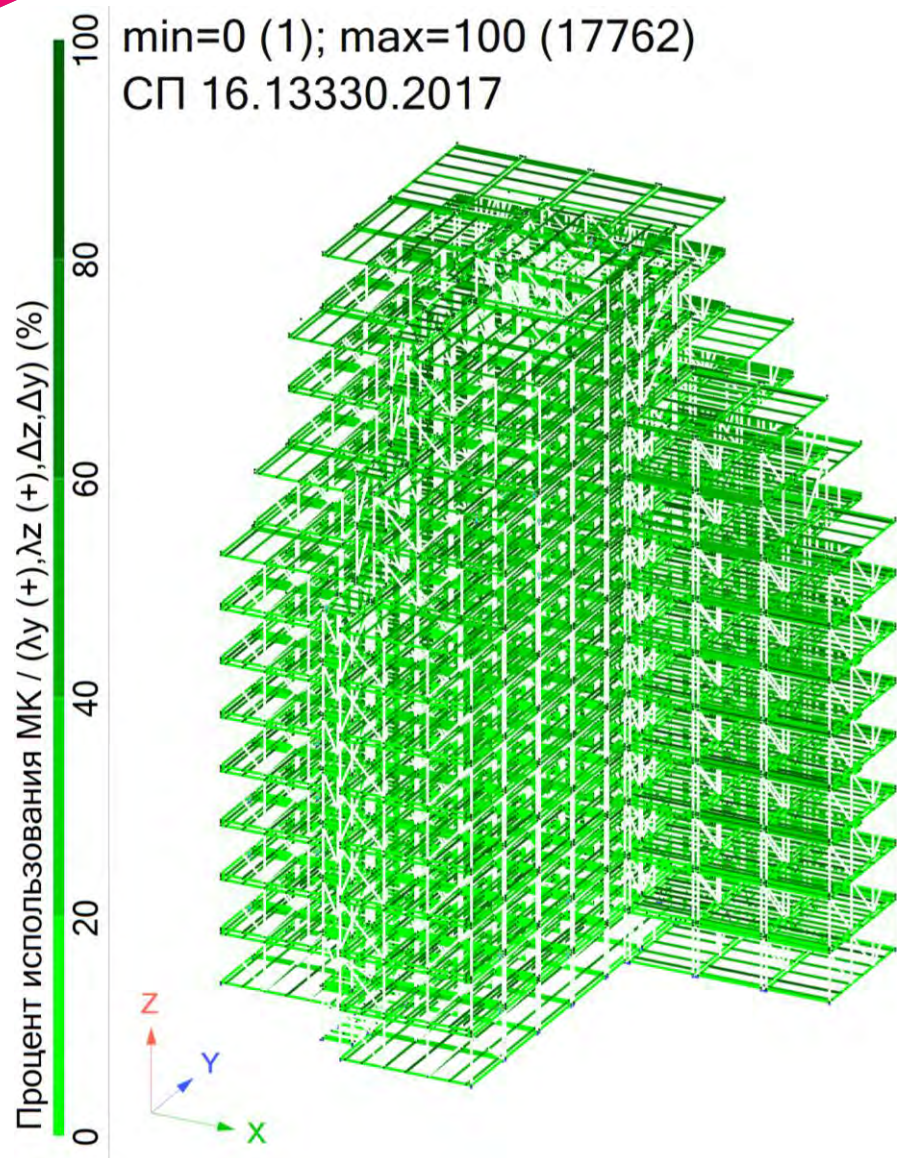
Результаты I гр. П.С.



Критические факторы

	Блоки квартир	Блоки ЛЛУ
Несущие колонны	Потеря общей устойчивости в плоскости действия момента M_y	Потеря общей устойчивости в плоскости действия момента M_z
Балки поперечные	Прочность под действием осевой силы с изгибом в двух плоскостях	
Балки продольные	Потеря общей устойчивости в плоскости действия момента M_z	
Стойки	Прочность под действием осевой силы с изгибом в двух плоскостях	Местная устойчивость полки
Связи	Потеря общей устойчивости в плоскости действия момента M_z	Потеря общей устойчивости в плоскости действия момента M_y
Второстепенные балки	Устойчивость сжатого пояса элементов, изгибаемых в плоскости стенки	

Результаты II гр. П.С.



$$f_{max} = 18,746 \text{ мм}$$

Для швеллера (балки перекрытий)
при пролёте до 6 м:

$$f_u = \frac{l}{200} = \frac{3750}{200} = 18,75$$

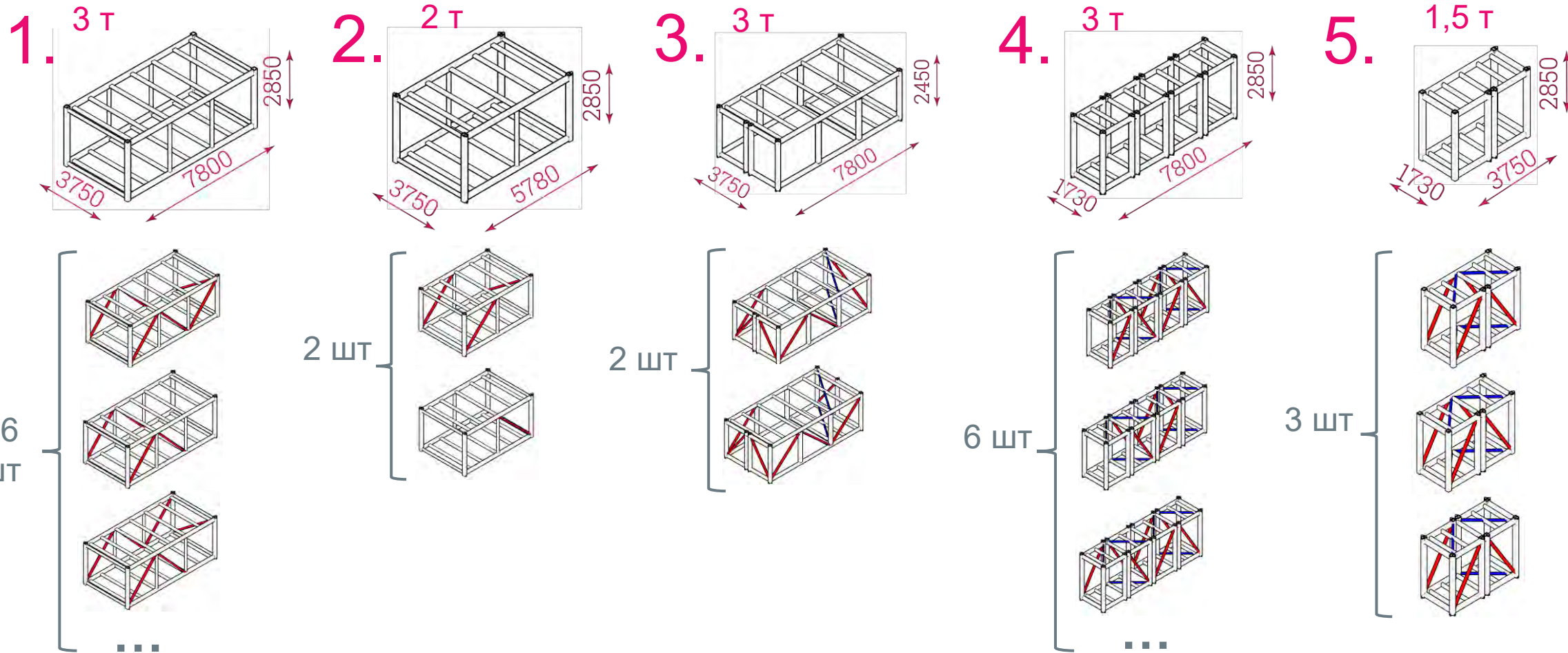
$$f_{max} \leq f_u$$

$$18,746 \leq 18,750$$

Подобранные сечения

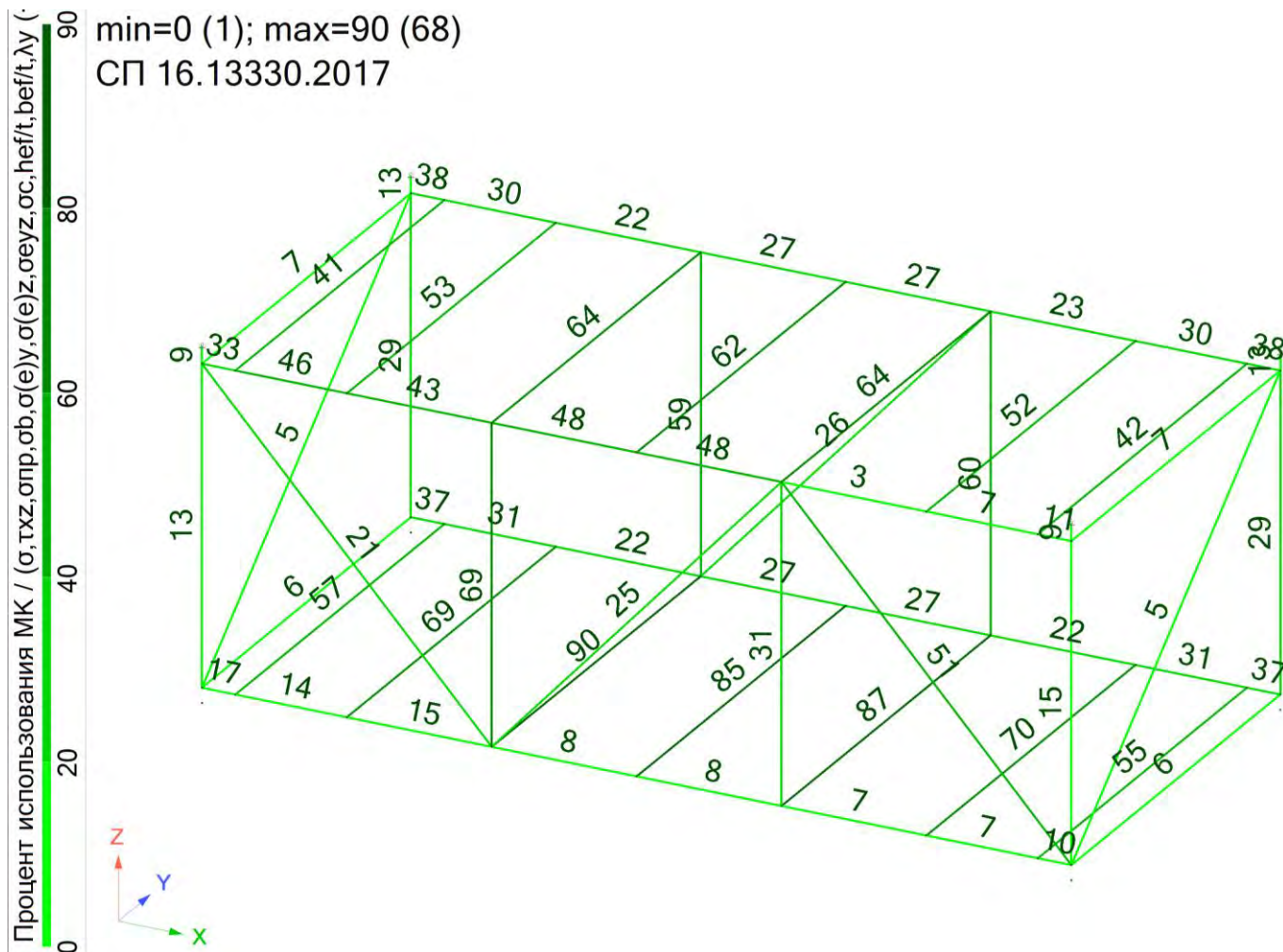
	Блоки квартир	Блоки ЛЛУ
Несущие колонны	□ 200 x 5,5 □ 200 x 7	□ 180 x 5,5 □ 160 x 5
Балки поперечные	□ 150 x 100 x 7	□ 180 x 140 x 5,5 □ 150 x 100 x 7
Балки продольные	□ 200 x 160 x 5,5 □ 200 x 160 x 5	□ 200 x 120 x 4,5 □ 180 x 120 x 4
Стойки	□ 120 x 3	□ 120 x 3
Связи горизонтальные	-	□ 70 x 3 -
Связи вертикальные	□ 100 x 3,5 □ 70 x 3,5	□ 90 x 3 □ 70 x 3,5
Второстепенные балки	□ 100 x 160 x 4	□ 160 x 80 x 5 □ 160 x 70 x 4
Металлоёмкость	91 кг/м ² 83 кг/м ²	

Типы каркасов

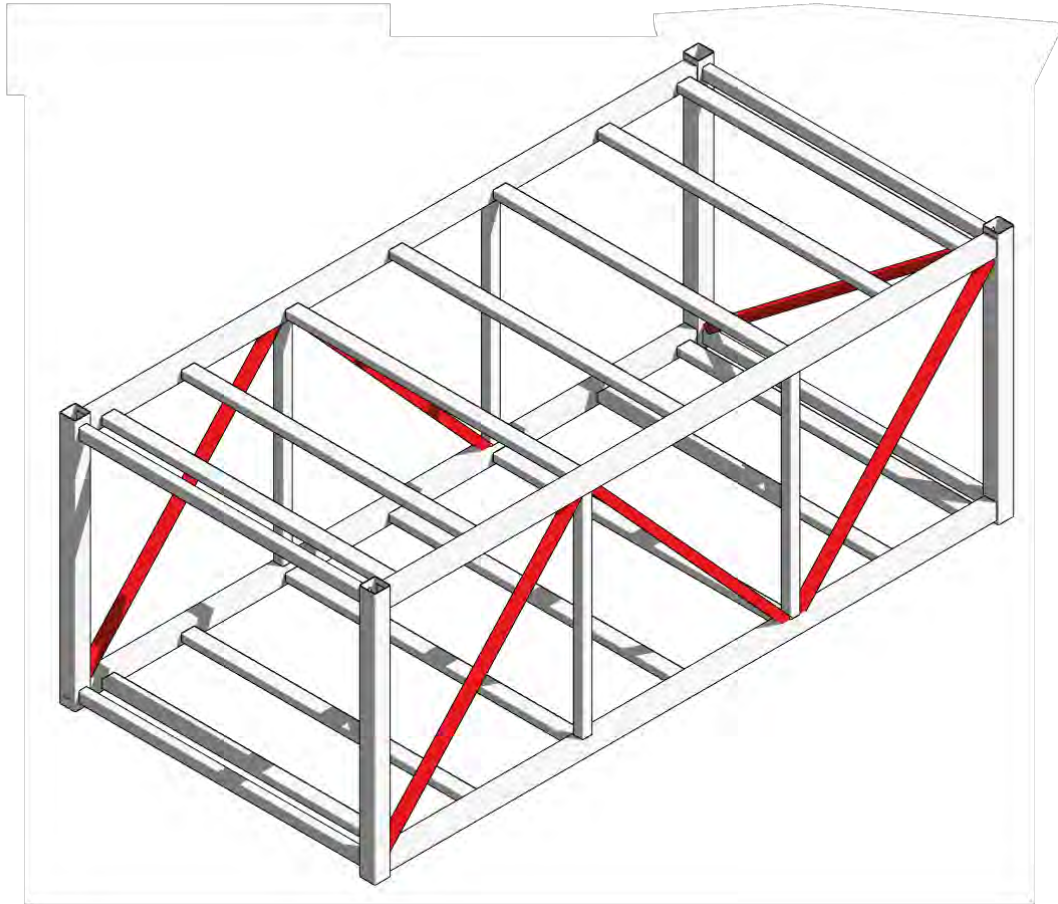


Монтаж блоков

- Траверса
- Монтаж «с колес»



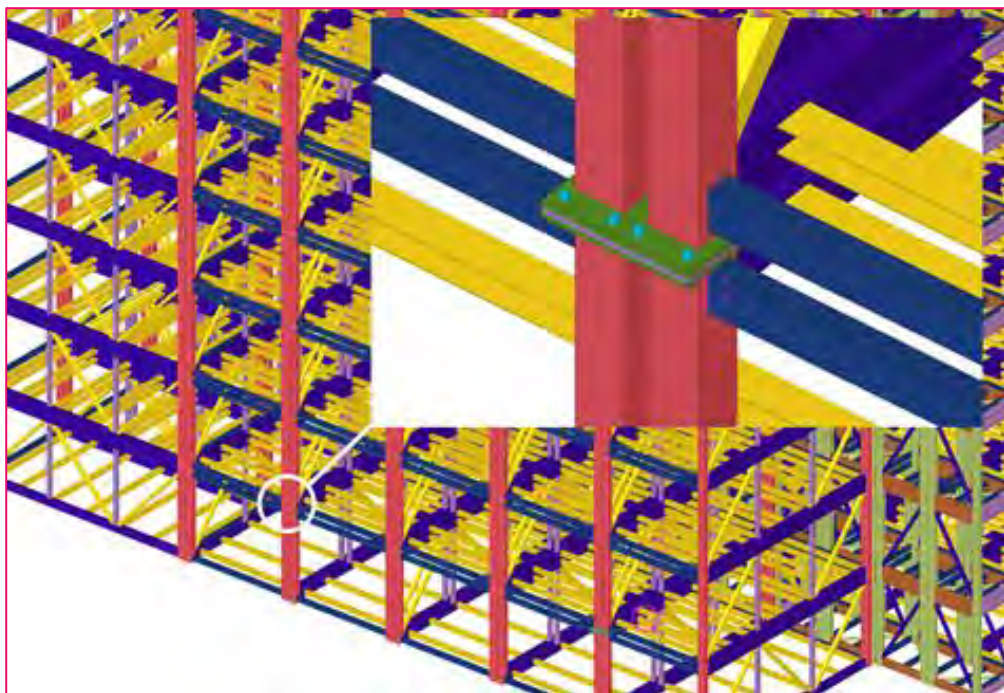
Узлы сопряжения элементов блока



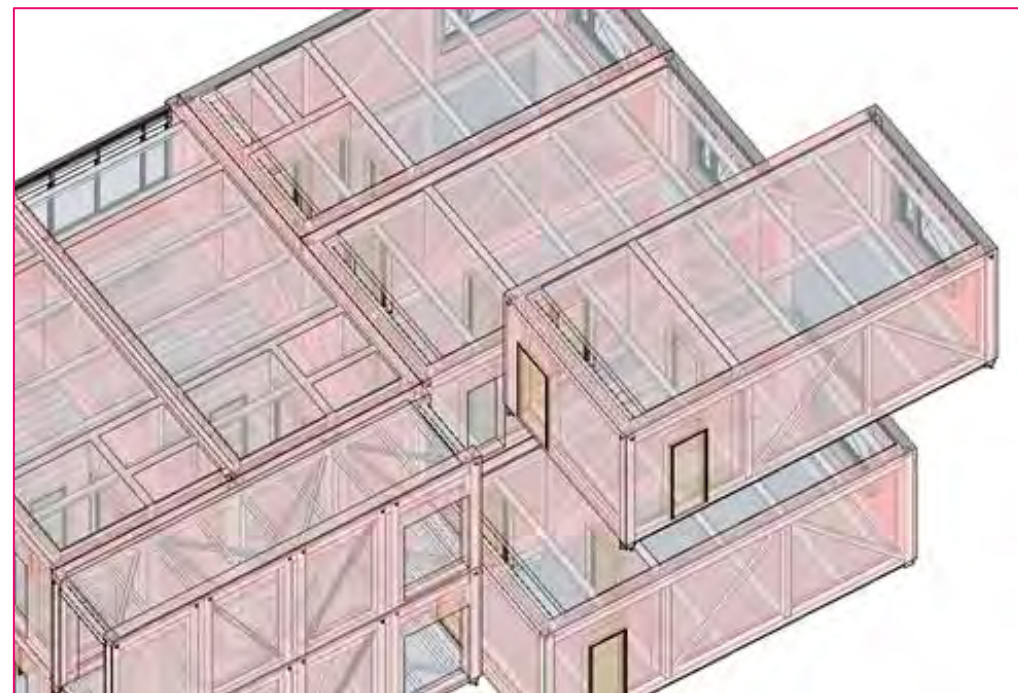
Катет сварного шва – $1,2t$

t – толщина самой тонкой детали свариваемых элементов

Узлы сопряжения между блоками



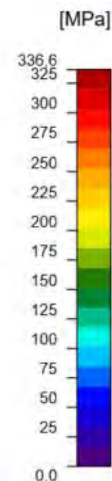
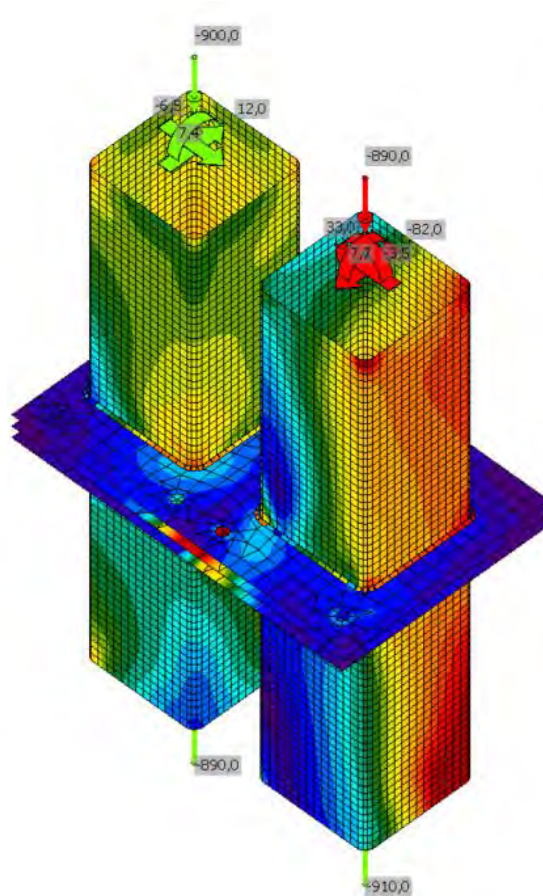
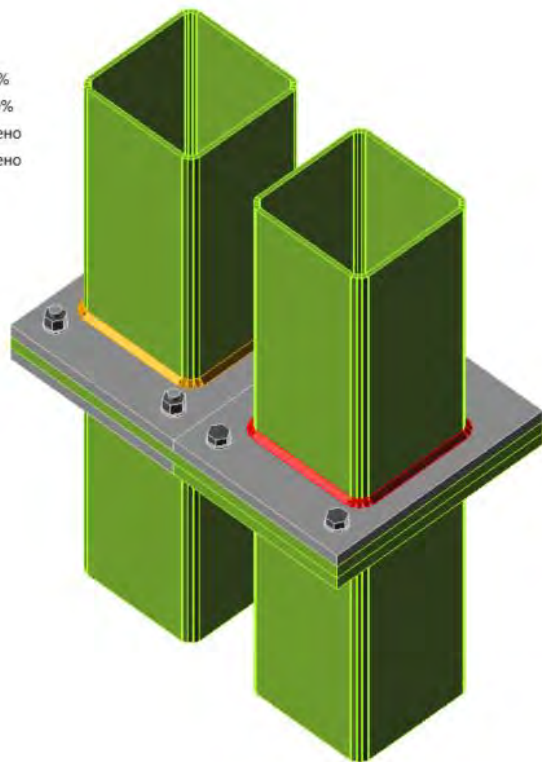
Используемое
соединение



Место стыковки
8 блоков

Узлы сопряжения 4 блоков

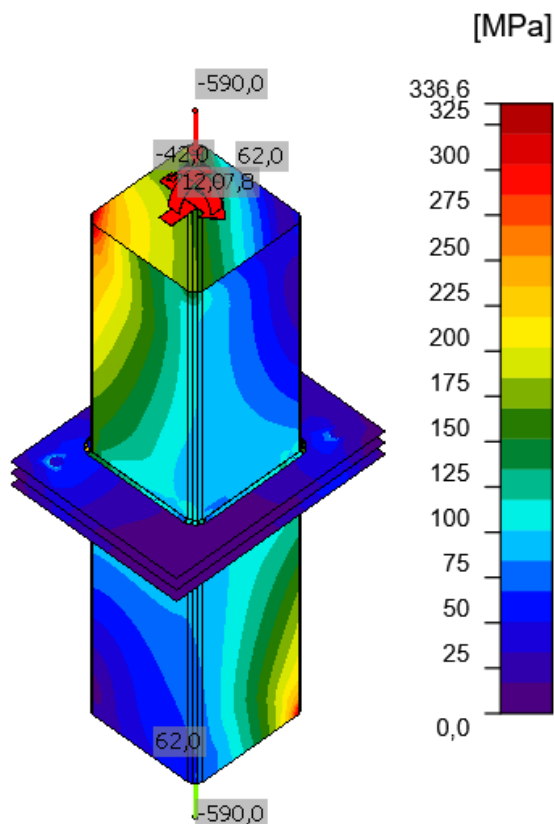
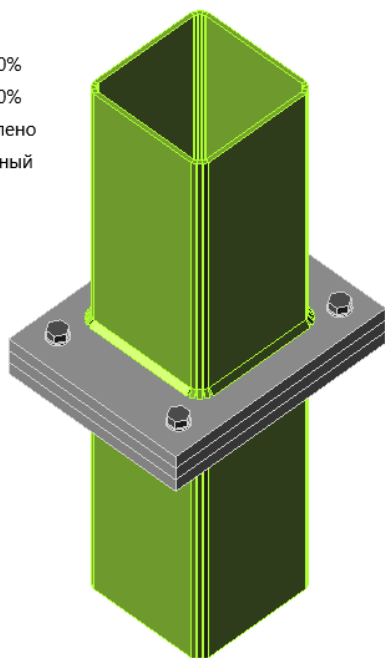
Расчёт ✓ 100,0%
 Пластины ✓ 0,4 < 5%
 Болты ✓ 53,1 < 100%
 Сварные швы ✗ 109,3 > 100%
 Устойчивость Не вычислено
 GMNA Не вычислено



Параметр	Значение
Тип соединения	Срезное
Толщина фланцев	20 мм
Толщина соединительной пластины	20 мм
Материал пластин	Сталь С355
Размер фланцев	290x365 мм
Размер соединительной пластины	580x365 мм
Болты	M16 10.9
Кол-во болтов на фланец	3 шт
Расстояние от кромок до болтов	40 мм
Катет сварного шва	8 мм
Электрод	Э50

Узлы сопряжения 2 блоков

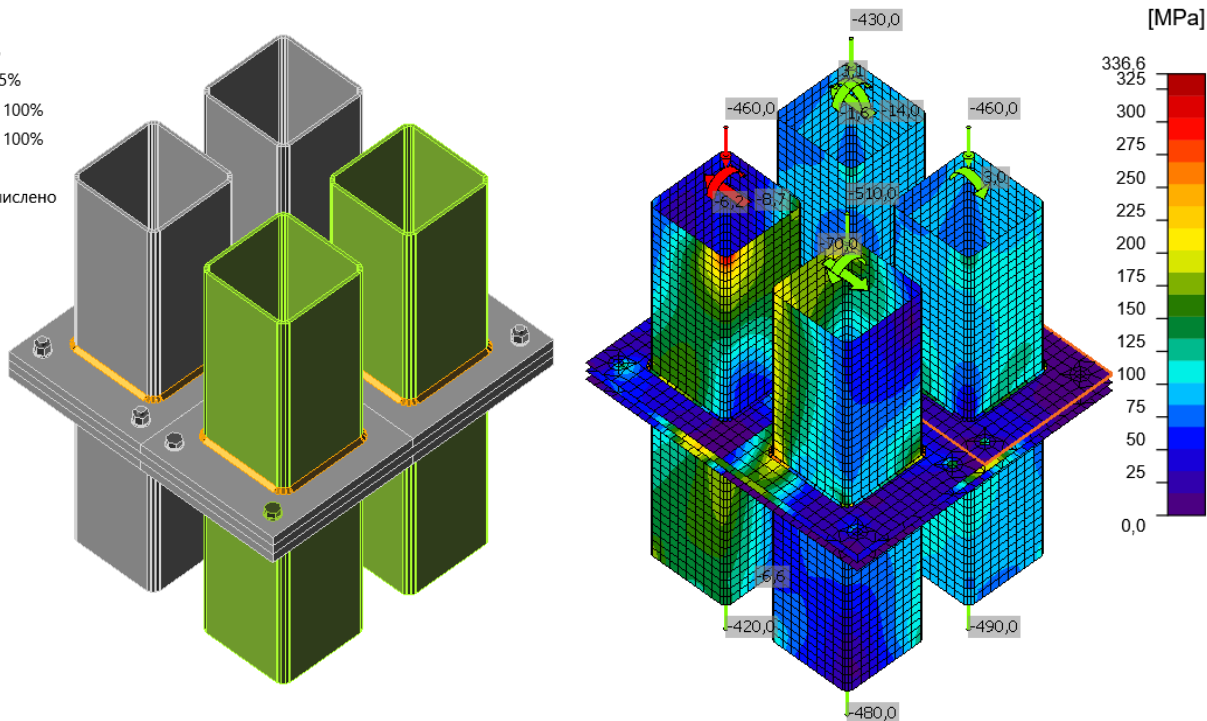
Расчёт ✓ 100,0%
 Пластины ✓ 0,0 < 5%
 Болты ✓ 40,1 < 100%
 Сварные швы ✓ 94,7 < 100%
 Устойчивость Не вычислено
 GMNA Вычисленный



Параметр	Значение
Тип соединения	Срезное
Толщина фланцев	20 мм
Толщина соединительной пластины	20 мм
Материал пластин	Сталь С355
Размер фланцев	290x365 мм
Размер соединительной пластины	290x365 мм
Болты	M16 10.9
Кол-во болтов на фланец	3 шт
Расстояние от кромок до болтов	40 мм
Катет сварного шва	8 мм
Электрод	Э50

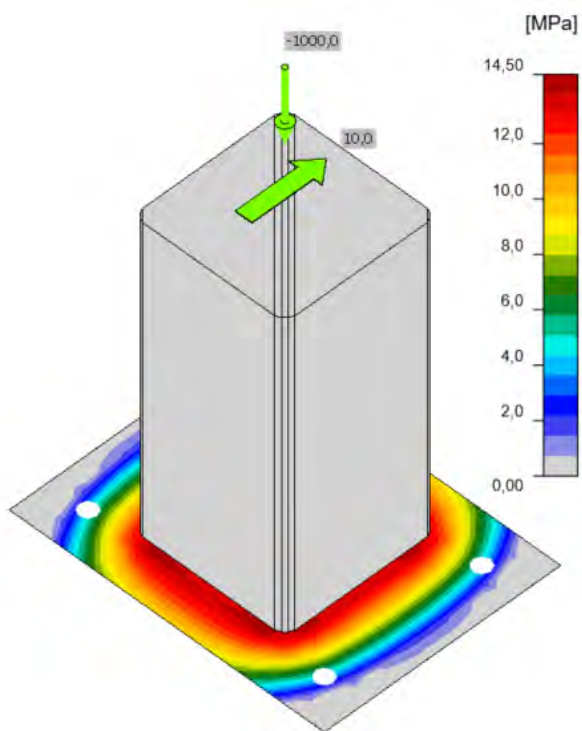
Узлы сопряжения 8 блоков

Расчёт ✓ 100,0%
 Пластины ✓ 0,0 < 5%
 Болты ✓ 69,2 < 100%
 Сварные швы ✓ 98,6 < 100%
 Устойчивость 7,05
 GMNA Не вычислено

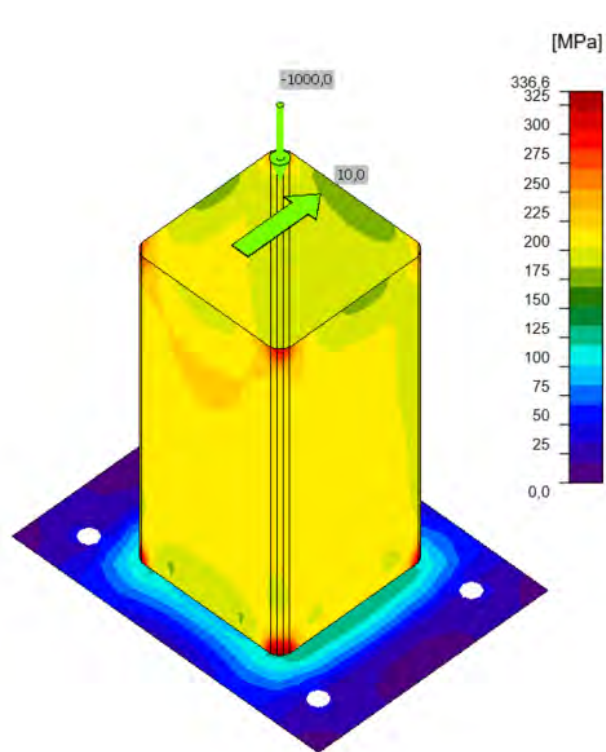


Параметр	Значение
Тип соединения	Срезное
Толщина фланцев	20 мм
Толщина соединительной пластины	20 мм
Материал пластин	Сталь С355
Размер фланцев	315x335 мм
Размер соединительной пластины	630x670 мм
Болты	M16 10.9
Кол-во болтов на фланец	2 шт
Расстояние от кромок до болтов	40 мм
Катет сварного шва	8 мм
Электрод	Э50

Узел базы колонны



Давление
(бетонный блок)



Давление
(опорная плита)

Параметр	Значение
Тип соединения	Шарнирное
Толщина опорной плиты	20 мм
Размер опорной плиты	300x400 мм
Количество болтов	4
Болты	M20 8.8.
Катет сварного шва	6 мм

Выводы и рекомендации к дальнейшему проектированию

- Полученная **металлоемкость** (83 кг/кв.м) с учетом сокращения издержек при возведении предварительно оценивается оптимальной и выигрышной с экономической точки зрения относительно стандартных жилых зданий
- В дальнейшем необходимо провести **расчет на огнестойкость** ограждающих конструкций, что может уменьшить толщину слоёв гипсокартона, привести к снижению нагрузки и **уменьшению расхода металла**.
- Для остальных зданий в квартале предполагается большая **унификация блоков** за счет более простых форм