

**ИНЖ-РУ 2026**

**Знакомство с МКЭ подсистемой**

**СтадиКон (СДК)**

**Пособие по расчету  
железобетонных каркасных зданий  
на сейсмические воздействия  
(определение требуемого  
армирования)**

**Часть I**

**Пособие подготовлено В.А.Семеновым и Р.Байгожиным**



ТЕХСОФТ

06.04.2026



## Содержание

Содержание .....	2
Введение .....	3
1. Описание задачи .....	6
1.1. Исходные данные.....	6
1.2. Сейсмическая опасность площадки строительства .....	9
1.3. Расчетная модель здания.....	9
1.4. Используемые нагрузки и соответствующие коэффициенты.....	10
1.5. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам Еврокода.....	11
2. Позиционный 3D POS-проект с использованием колонн.....	12
2.1. Геометрия .....	13
2.2. Нагрузки .....	25
2.3. Установка связей.....	32
2.4. Переход к FEA-проекту.....	33
2.5. Редактирование FEA-проекта.....	35
3. Позиционный 3D POS-проект с использованием стен .....	52
4. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода .....	76
5. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП.....	108
6. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода.....	124
7. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием стержневых элементов по нормам СП.....	129
8. Результаты армирования колонн .....	132
9. Результаты армирования подбалок и плит .....	136
10. Сравнение результатов армирования .....	140

## Введение

Настоящее пособие составлено на основе расчета пятиэтажного монолитного здания на сейсмические воздействия (определение требуемого армирования). Для здания проведен анализ расчетной (требуемой) арматуры от используемых норм проектирования. Подробно рассмотрены расчеты по Европейским нормам [1] (с которыми гармонизированы Государственные нормативы Республики Казахстан [2]) и нормам Российской Федерации [3]. Рассматриваемое здание имеет прямоугольную форму в плане. Габаритные размеры в крайних осях 30 м × 12 м (шаг колонн 6 м). Высоты всех этажей 3,3 м. Подробное описание исходных данных для расчетов здания приведено в [4]. Динамические характеристики здания (собственные частоты и формы колебаний здания) определены методом конечных элементов для двух вариантов расчетных схем: оболочечная схема (плиты – оболочечные КЭ, ребра жесткости – оболочечные многослойные КЭ, колонны – оболочечные КЭ - пилоновая схема, **длины колонн/пилонов - от нижних и до верхних граней плит, упругий контакт с гранями плит по области сечения колонн-пилонов**); оболочечно-стержневая (плиты – оболочечные КЭ, ребра жесткости – оболочечные многослойные КЭ, колонны – стержневые КЭ, **длины колонн - от нижних и до верхних граней плит, упругий контакт с гранями плит по области сечения колонн**). Таким образом, определение напряжённо-деформированного состояния (НДС) по 1-й расчетной схеме проведено с использованием несогласованных сеток и учетом зон опирания плит/колонн-пилонов с подрезкой вертикальных несущих элементов для моделирования реальных размеров строительных конструкций в местах сопряжения колонн-пилонов с плитами. По 2-й расчетной схеме расчет НДС проведен с использованием несогласованных сеток и учетом зон опирания плит/колонн-стержней с подрезкой вертикальных несущих элементов для моделирования реальных размеров строительных конструкций в местах сопряжения колонн-стержней с плитами. Стержневое армирование для ребер жесткости осуществлялось с использованием специальных инструментов конструктивных расчетов «подбалка», для колонн-пилонов - с использованием специальных инструментов конструктивных расчетов «пилон». Специальные инструменты типа «пилон» и «подбалка» используются для расчета стержневых конструктивных элементов, моделируемых двумерными конечными элементами. Все расчеты выполнялись в ПК ИНЖ-РУ 2026. В 2025 г. ПК ИНЖ-РУ (в том числе и расчетные схемы с несогласованными сетками типа 1, 2 и специальные инструменты конструктивных расчетов «пилон», «подбалка» «пилястра», «перемычка»)

был аттестован Экспертным советом по аттестации программ для ЭВМ при Ростехнадзоре.

При расчете на сейсмические воздействия в рамках линейно-спектрального метода для схем 1 и 2 были определены квазистатические нагрузки для первых форм свободных колебаний системы относительно положения равновесия и расчетной ориентации воздействия. Для рассчитываемого здания расчетными ориентациями воздействия являются воздействие по продольной оси (ОХ) и воздействие поперек здания (ОУ). Суммарные квазистатические нагрузки для этих форм равны:  $F_x = 3,5 M\varphi_2(\varphi_2 T M r_x)$  и  $F_y = 3,1 M\varphi_1(\varphi_1 T M r_y)$  для [3] и  $F_x = 3,1 M\varphi_2(\varphi_2 T M r_x)$  и  $F_y = 3,1 M\varphi_1(\varphi_1 T M r_y)$  для [1,2]. Таким образом, квазистатические нагрузки для Российских норм на 13% больше, чем для Европейских и норм РК. Значения этих нагрузок будем считать базовыми. Кроме этого для [3] учитывались положения п.5.16 об учете крутящего момента со значением расчетного эксцентриситета 0,1 В, а для [1, 2] учитывались положения п.4.3.2 и п.4.3.3.3 об учете эффектов случайного кручения со значением расчетного эксцентриситета 0,05 L. Здесь В и L – размеры здания/перекрытия в направлении перпендикулярном действию сил  $F_x, y$ . Эффекты воздействия, обусловленные одновременным действием двух горизонтальных компонент сейсмического воздействия, учитывались с использованием п.6.6.2 [2]. Ниже приведено сравнение площади армирования некоторых колонн в нижнем сечении при использовании расчетной схемы 1.

Для колонны (6,0,0) - EN 1998 (РК) – 34,86 см<sup>2</sup>; СП 14 – 35,16 см<sup>2</sup>.

Для колонны (30,6,0) - EN 1998 (РК) – 73,34 см<sup>2</sup>; СП 14 – 75,59 см<sup>2</sup>.

Для колонны (6,6,0) - EN 1998 (РК) – 12,79 см<sup>2</sup>; СП 14 – 7,13 см<sup>2</sup>.

При использовании расчетной схемы 2.

Для колонны (6,0,0) - EN 1998 (РК) – 32,32 см<sup>2</sup>; СП 14 – 31,54 см<sup>2</sup>.

Для колонны (30,6,0) - EN 1998 (РК) – 69,24 см<sup>2</sup>; СП 14 – 69,73 см<sup>2</sup>.

Для колонны (6,6,0) - EN 1998 (РК) – 10,35 см<sup>2</sup>; СП 14 – 4,10 см<sup>2</sup>.

В п.10 приведено сравнение расхода арматуры подбалок и плит для EN 1998 (РК) и СП 14 и различных расчетных схем. Сравнение проводилось с учетом результатов еще по одной расчетной схеме: оболочечно-стержневая (плиты – оболочечные КЭ, ребра жесткости – оболочечные многослойные КЭ, колонны – стержневые КЭ, длины колонн - от срединной плоскости нижней плиты и до срединной плоскости верхней плиты, упругий контакт с плитами по оси стержней колонн).

### **Список источников**

1. EN 1998-1 Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance Part 1. General rules, seismic actions and rules for buildings.
2. СП РК EN 1998-1:2004/2012 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ КОНСТРУКЦИЙ (НТП РК-08-01.2-2021, Астана 2024.
3. СП 14.13330.2018. Свод правил. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81.
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ Часть: Здания из монолитного железобетона НТП РК-08-01.3-2021 (к СП РК EN 1998-1:2004/2012), Астана 2025.

# 1. Описание задачи

## 1.1. Исходные данные

По своему назначению рассматриваемое здание относится к категории общественных зданий. Класс ответственности здания – II. Схематические план, разрез и общий вид каркаса здания представлены на рисунке 1.1.

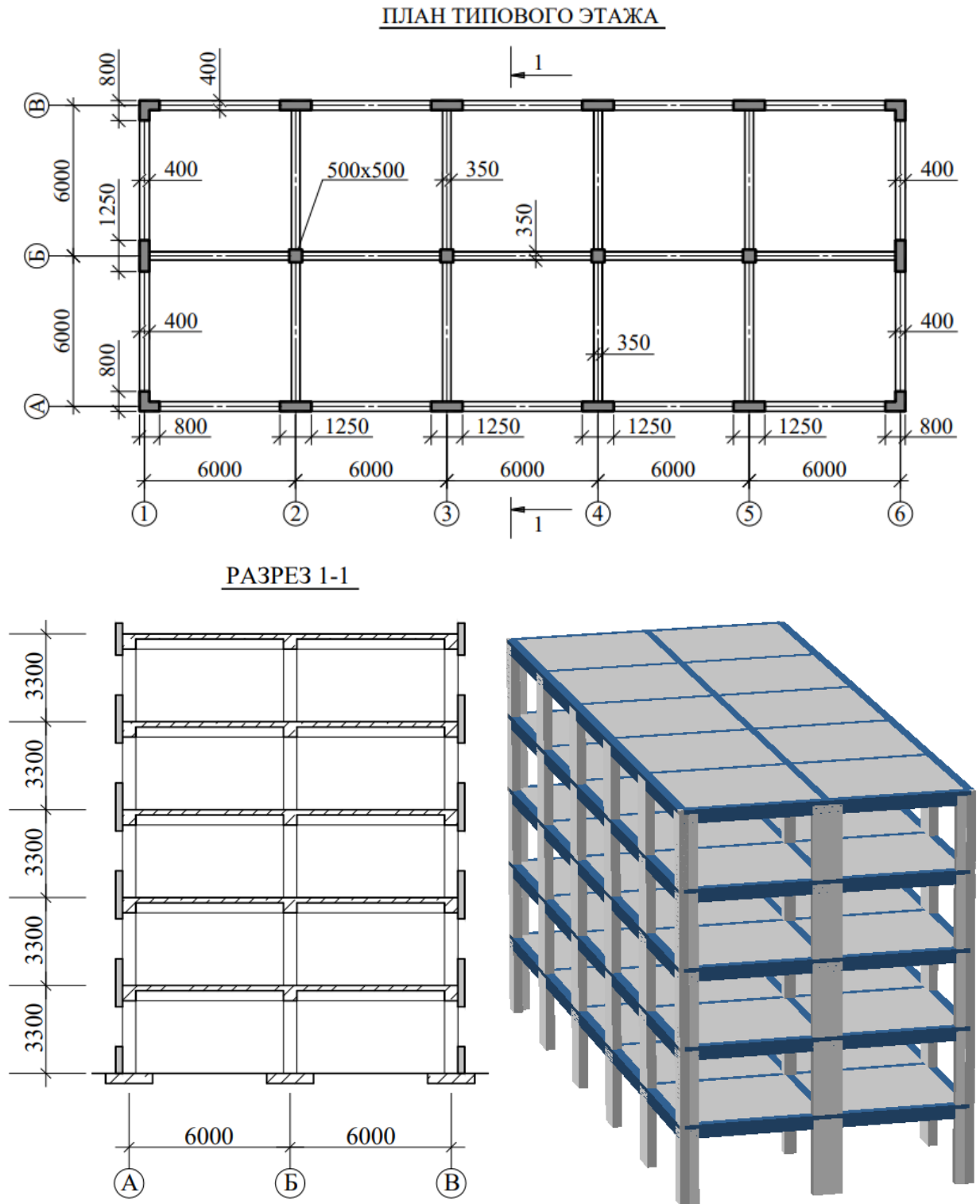


Рис. 1.1.1 - Схематический план, разрез и общий вид каркаса здания.

Рассматриваемое здание имеет прямоугольную форму в плане. Габаритные размеры в крайних осях 30 м× 12 м (шаг колонн 6 м). Высоты всех этажей 3,3 м.

Конструктивная система здания – рамный каркас.

Колонны – монолитные железобетонные:

– по внутренней продольной оси Б – прямоугольного поперечного сечения с размером 500х500 мм;

– по периметру здания (кроме угловых колонн) – прямоугольного поперечного сечения размером 1250х400 мм;

– угловые – L-образного поперечного сечения со сторонами длиной по 800 мм и толщиной по 400 мм.

Ригели – монолитные железобетонные:

– по внутренним осям – прямоугольного поперечного сечения с размером 350х400(h) мм;

– по периметру здания – прямоугольного поперечного сечения с размером 400х400(h) мм;

Перекрытие и покрытие – монолитные железобетонные толщиной 180 мм.

Перегородки – каркасной конструкции из легких эффективных материалов.

Наружные стеновые ограждения – витражные переплеты из алюминиевых профилей с заполнением стеклопакетами.

Крыша здания – совмещенная, из рулонных материалов.

Материал несущих конструкций по нормам Еврокода:

– тяжелый бетон класса C25/30;

– арматура периодического профиля из стали класса С (S500,  $f_{tk}=500$  МПа).

Материал несущих конструкций по нормам СП:

– тяжелый бетон класса В30;

– арматура периодического профиля из стали класса А500 ( $f_{tk}=500$  МПа).

Для балок каркаса расчетные значения модуля упругости бетона были приняты с понижающим коэффициентом 0,7.

Таблица 1.1.1 – Ведомость нагрузок (указаны нормативные значения).

Элементы здания	Удельный вес $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Толщина материала $t$ , м	G, кН/м <sup>2</sup>
<b>Постоянные нагрузки</b>			
На покрытие:			
– цементно-песчаный раствор	19,0	0,05	0,95
– теплоизоляция	1,0	0,05	0,05
– рулонные кровельные материалы	6,0	0,006	0,036
– ограждающие конструкции (витражи)	–	–	0,693 кН/м.п.
– плита покрытия железобетонная	25	–	–
<b>ИТОГО</b> (без учета плиты и ограждающих конструкций)			<b>1,036</b>
На перекрытия			
– внутренние перегородки	–	–	1,2
– цементно-песчаный раствор (стяжка)	19,0	0,05	0,95
– подвесные потолки	0,25	0,05	0,0125
– полы (ламинат)	4,5	0,01	0,045
– ограждающие конструкции (витражи)	–	–	1,386 кН/м.п.
– плита перекрытия железобетонная	25	–	–
<b>ИТОГО</b> (без учета плиты и ограждающих конструкций)			<b>2,208</b>
<b>Приложенные переменные нагрузки Q</b>			
– на междуэтажные перекрытия эксплуатируемых помещений	–	–	2,0
– эксплуатационные на покрытие	–	–	1,0
– снеговая на покрытие	–	–	1,7

## 1.2. Сейсмическая опасность площадки строительства

Для зоны, в которой расположена площадка строительства здания, принято:

- сейсмичность зоны – 9 баллов;
- значение горизонтального расчетного ускорения  $a_g = 0,495g$

## 1.3. Расчетная модель здания

В качестве расчетной модели были рассмотрены два варианта схем:

- колонны заданы как стержневые элементы (рис. 1.3.1);
- колонны заданы как элементы стен (рис. 1.3.2)

Для каждой из схем расчеты проводились по нормам СП и нормам Еврокода.

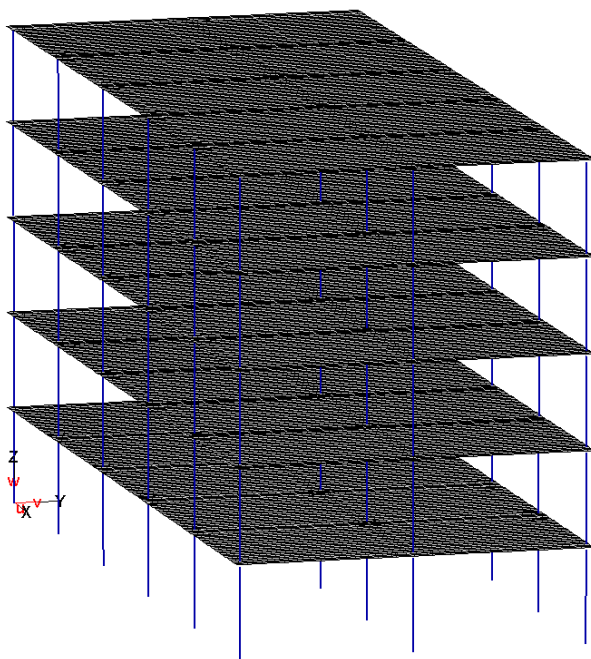


Рис. 1.3.1 – Схема с использованием стержневых элементов.

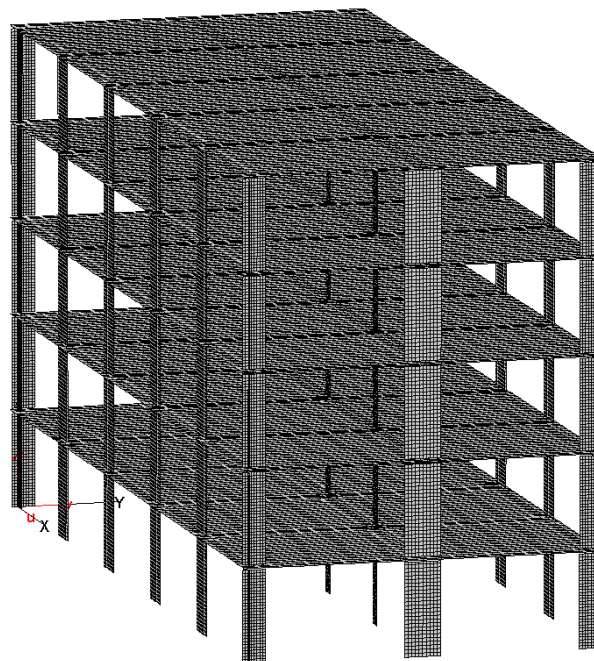


Рис. 1.3.2 – Схема с использованием элементов стен.

При определении масс здания постоянные и переменные нагрузки комбинируются в соответствии с выражением (1.3.1):

$$\sum_k \frac{G_{k,j}}{g} + \sum_i \left[ \psi_{E,i} \cdot \frac{Q_{k,i}}{g} \right], \quad (1.3.1)$$

где:

$G_{k,j}$  – характеристическое значение  $j$ -й постоянной нагрузки;

$Q_{k,i}$  – характеристическое значение  $i$ -й переменной нагрузки;

$g$  – ускорение силы тяжести ( $9,81 \text{ м/с}^2$ );

$\psi_{E,i}$  – коэффициент комбинаций для переменного воздействия  $i$ , используемый при определении эффектов расчетного сейсмического воздействия (вычисления масс здания).

Коэффициенты комбинаций  $\psi_{E,i}$ , принятые в выражении (1.3.1) для вычисления эффектов сейсмических воздействий, рассчитывались с использованием следующего выражения:

$$\psi_{E,i} = \varphi \cdot \psi_{2i} , \quad (1.3.2)$$

где  $\varphi$  – коэффициент, учитывающий отсутствие жесткой связи между конструкцией и действующей на нее переменной нагрузкой.

Величины коэффициента  $\varphi$  были приняты равными:

- для переменных нагрузок на междуэтажные перекрытия – 0,8;
- для переменных нагрузок на покрытие – 1,0.

Величины коэффициента  $\psi_{2i}$  были приняты:

- для переменных нагрузок на междуэтажные перекрытия – 0,3;
- для переменных нагрузок на покрытие (в том числе снеговых) – 0.

В соответствии с выражением (1.3.2) коэффициенты  $\psi_{E,i}$  имеют следующие значения:

- для переменных нагрузок на междуэтажные перекрытия – 0,24;
- для переменных нагрузок на покрытие (в том числе снеговых) – 0.

#### **1.4. Используемые нагружения и соответствующие коэффициенты**

Таблица 1.4.1 – Наименования нагружений и используемые коэффициенты для расчета по нормам СП.

Номер нагружения	Название нагружения (пояснение)	Коэф-т надежности $\gamma_f$ (Кн)	Длительная часть (Кд)
1	Собственный вес	1.1	–
2	Пост перекрытия (итоговые постоянные нагрузки на перекрытия)	1.1	–
3	Пост покрытие (итоговые постоянные нагрузки на покрытие)	1.1	–
4	Перем перекрытия (переменные нагрузки на перекрытия)	1.2	0.35
5	Перем покрытие (переменные нагрузки на покрытие)	1.05	–
6	Перем снег (переменная снеговая нагрузка на покрытие)	1.4	0.7

## 1.5. Определение параметров расчетного сейсмического воздействия при расчетах по нормам Еврокода

Сейсмические нагрузки на здание определялись «модально-спектральным методом».

Горизонтальное сейсмическое воздействие на рассматриваемое здание принято двухкомпонентным. Обе компоненты характеризовались одинаковыми спектрами реакции.

Расчетный спектр реакций  $S_d(T)$ , характеризующий горизонтальные компоненты сейсмического воздействия, определялся следующими выражениями:

$$0 \leq T \leq T_B: \quad S_d(T) = a_g \cdot \left[ \frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left( \frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right], \text{ но не менее } a_g \cdot \frac{2.5}{q}; \quad (1.5.1)$$

$$T_B \leq T \leq T_C: \quad S_d(T) = a_g \cdot \frac{2.5}{q}; \quad (1.5.2)$$

$$T \geq T_C: \quad S_d(T) = a_g \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[ \frac{T_C}{T} \right], \text{ но не менее } \beta \cdot a_g, \quad (1.5.3)$$

где

$S_d(T)$  – расчетный спектр для горизонтальной составляющей сейсмического воздействия;

$T$  – период колебаний линейной системы, с;

$a_g$  – расчетное ускорение основания при грунтовых условиях типа IА;

$T_B$  – минимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений, принят  $T_B = 0.25$  с;

$T_C$  – максимальное значение периода на постоянном участке графика спектральных ускорений, принят  $T_C = 0.64$  с;

$q$  – коэффициент поведения, принят равным 3.9;

$\beta$  – показатель нижней границы расчетного спектра для горизонтальных составляющих, принимаемый равным  $0.2 \cdot S$ .

Расчетный спектр реакций, характеризующий сейсмические воздействия на рассматриваемое здание при  $q = 3,9$ , показан на рисунке 1.5.1.

При расчете здания, помимо горизонтальных сейсмических нагрузок учитывались эффекты кручения здания в плане, обусловленные неопределенностями в расположении масс и пространственной вариацией сейсмического движения.

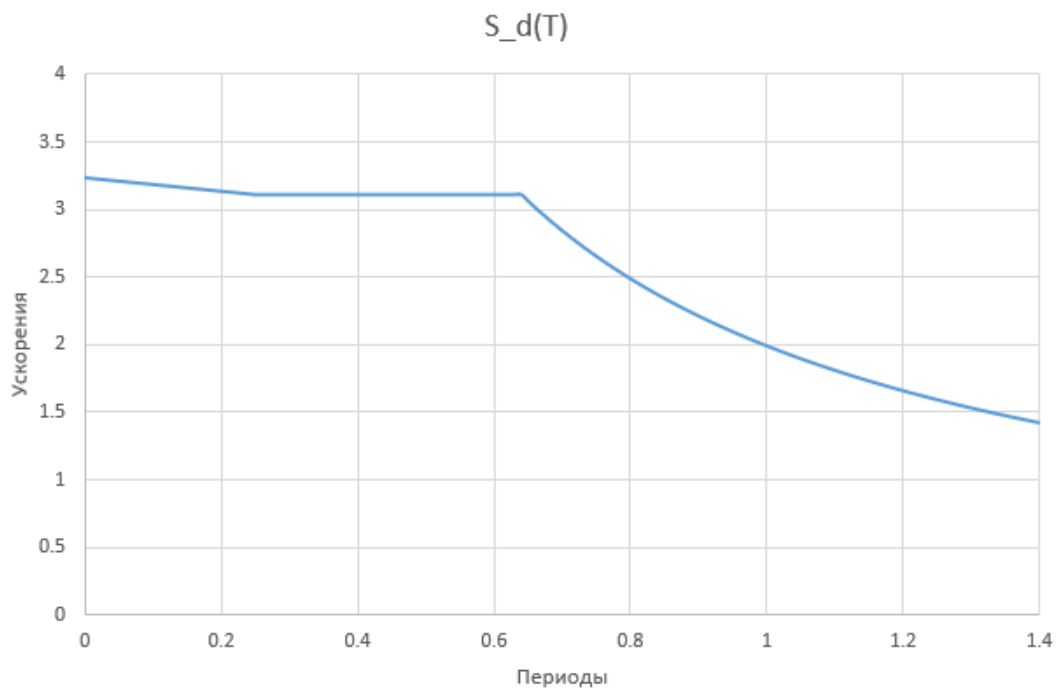
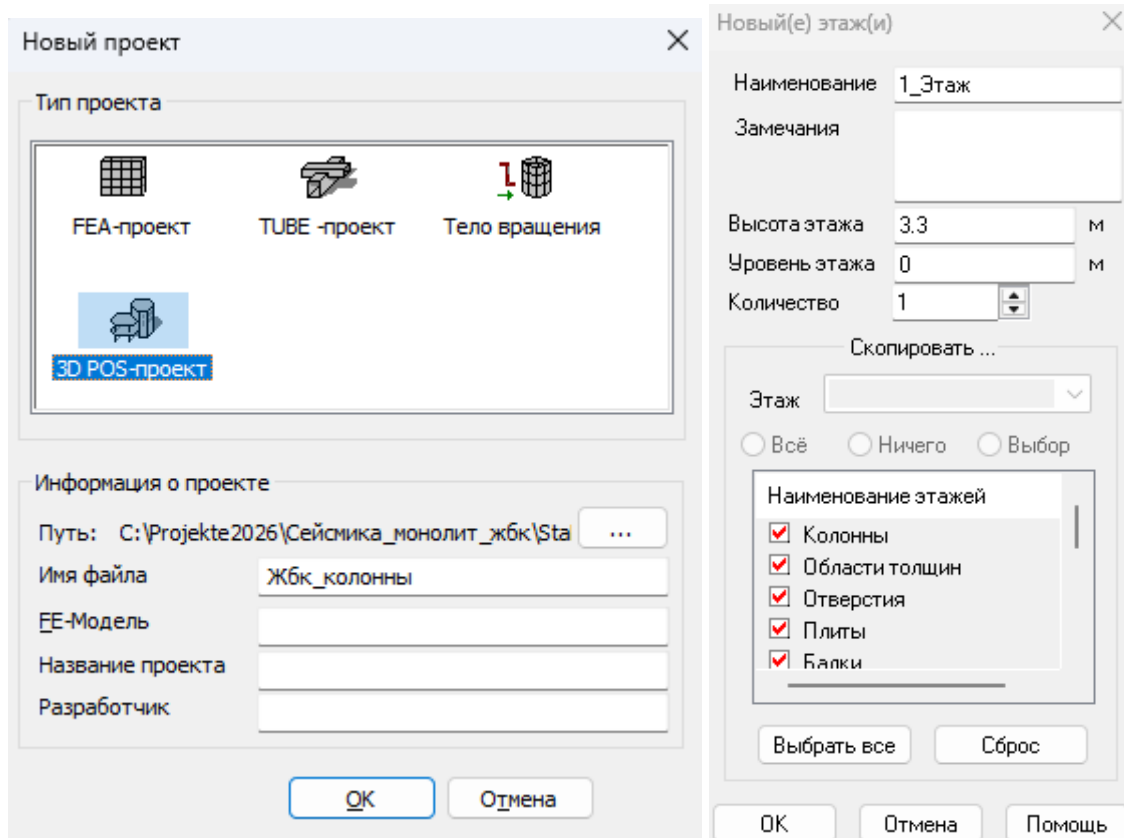


Рис. 1.5.1 – Расчетный спектр реакций при коэффициенте поведения  $\eta = 3.9$

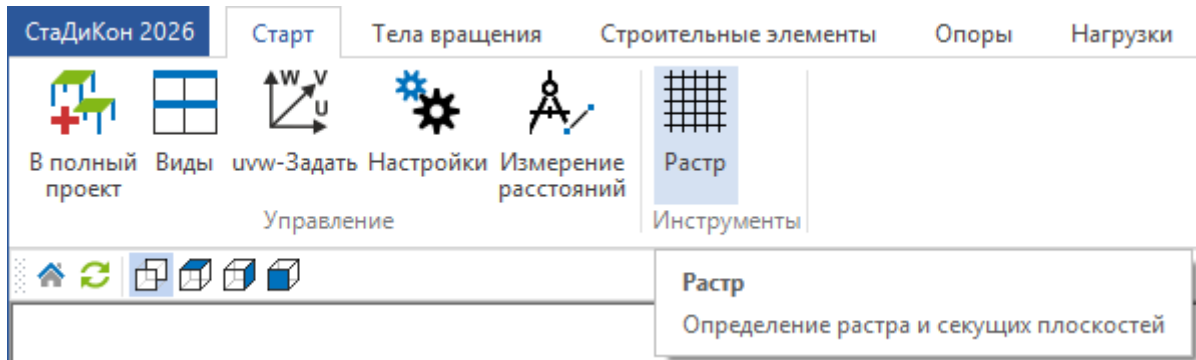
## 2. Позиционный 3D POS-проект с использованием колонн

Создаем новый проект. Выбираем тип проекта «3D POS-проект». В следующем окне устанавливаем высоту этажа 3.3м и уровень этажа 0м и нажимаем «OK».

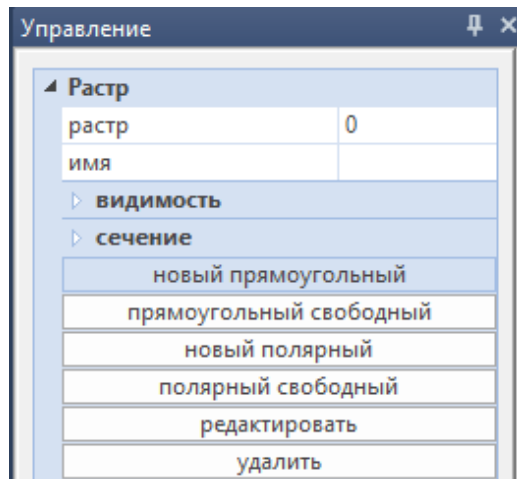


## 2.1. Геометрия

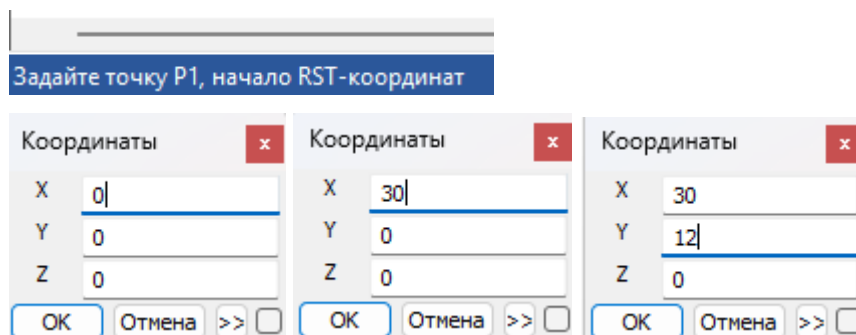
Для удобства дальнейшей работы установим несколько растров. На вкладке «Старт» выбираем «Растр».



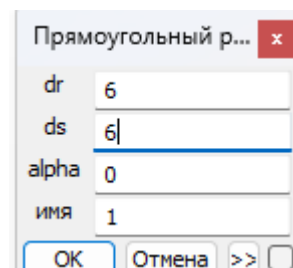
После в окне «Управление» нажимаем «новый прямоугольный».



Согласно подсказкам по командам в левом нижнем углу, устанавливаем характерные точки растра.

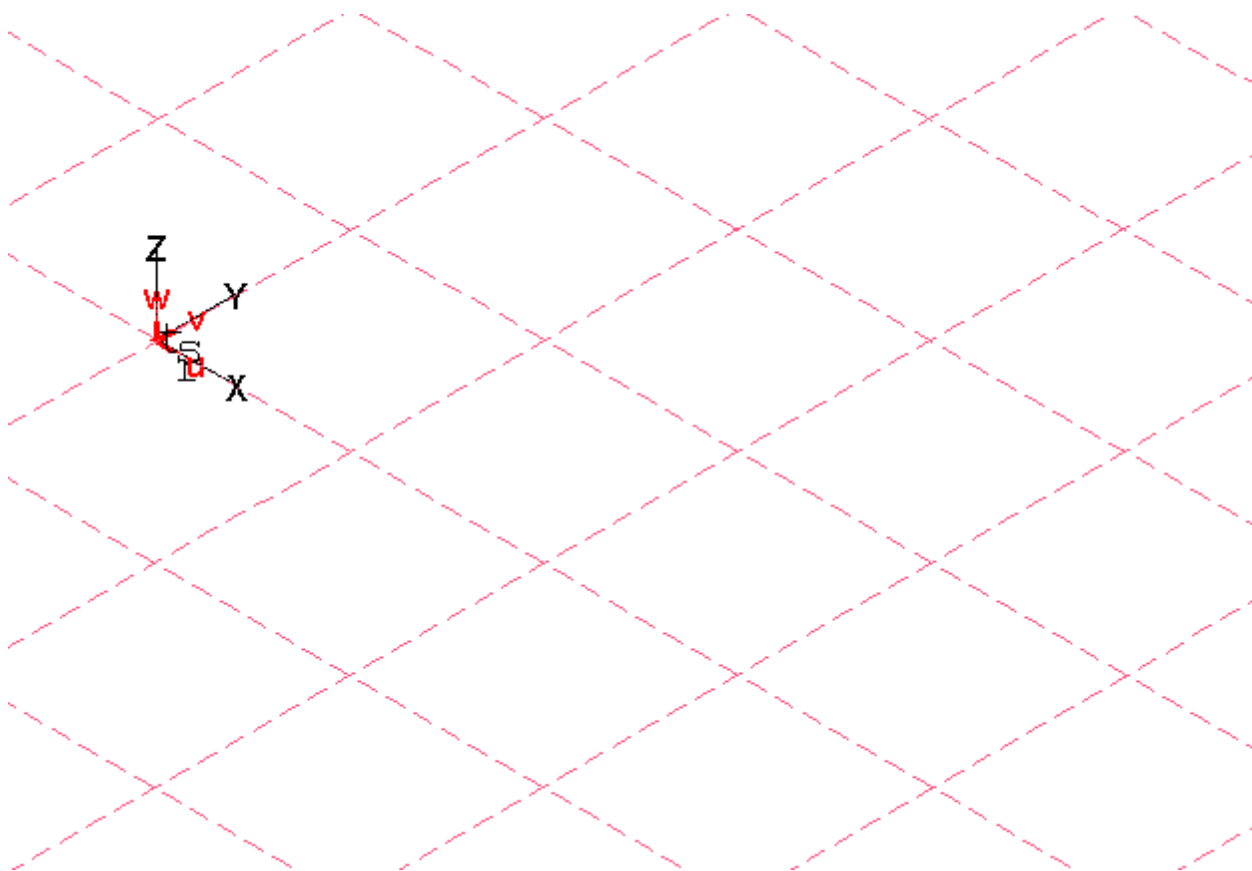


После устанавливаем шаги по осям равными 6 м.

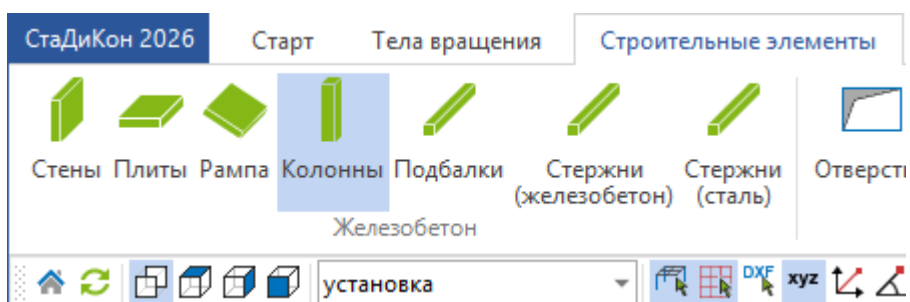


После создадим еще один аналогичный растр, но уже на высоте 3.3 м (координата Z везде равна 3.3 м).

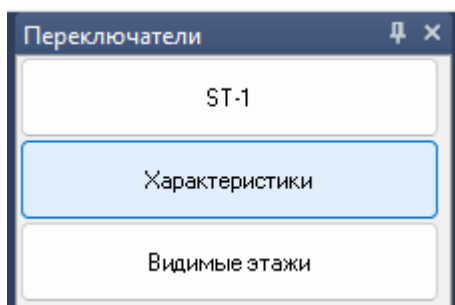
Получаем следующие растры на разных высотах. Переключаться между ними можно нажатием на клавишу «Пробел».



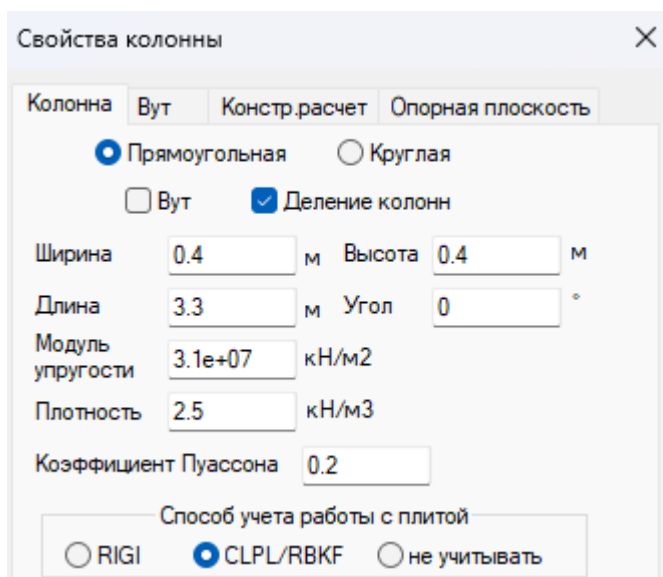
Для установки колонн переходим на вкладку «Строительные элементы» и выбираем «Колонны» - «установка».



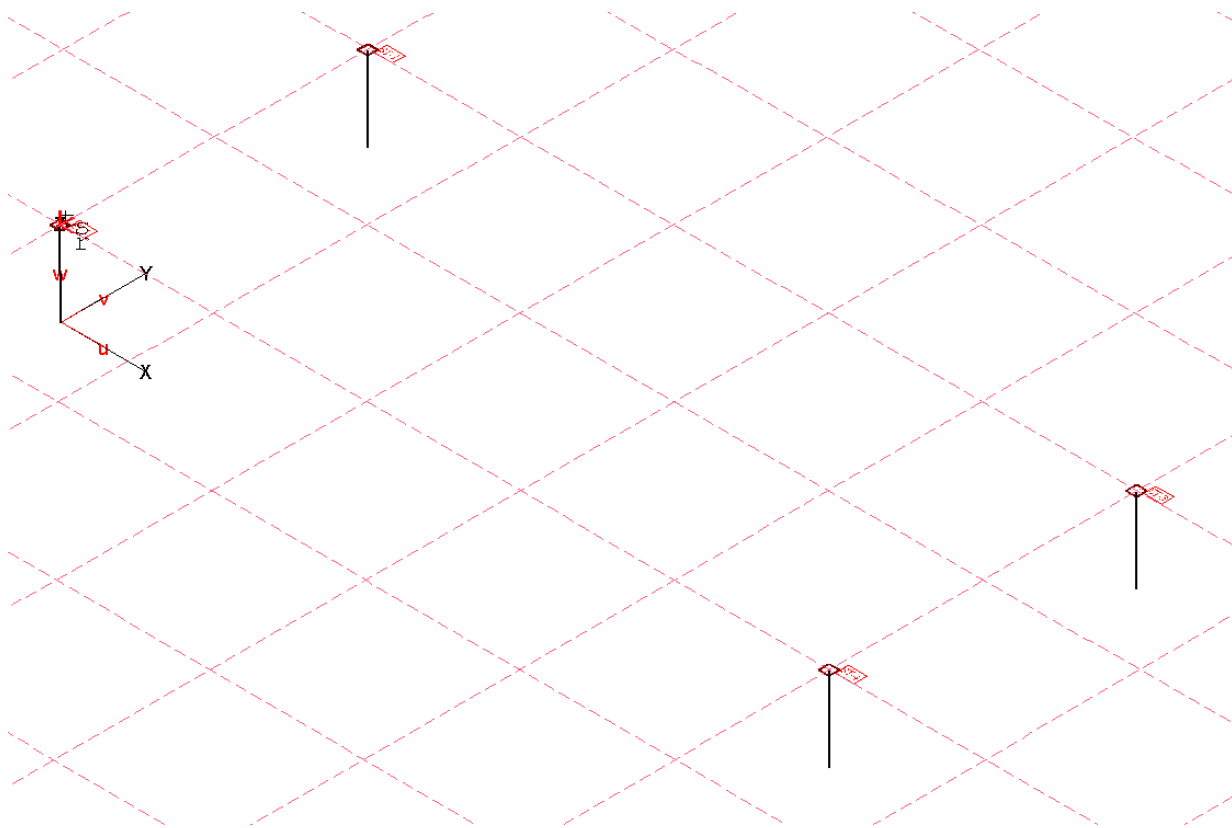
Выбираем «Характеристики».



Для угловых колонн по периметру установим следующие параметры. Сечение им пока что зададим квадратное (уголок назначим позже).



Переключившись на растр с высотой 3.3м устанавливаем колонны.



Изменяем сечение для установки следующих колонн.

Свойства колонны

Колонна Вут Констр.расчет Опорная плоскость

Прямоугольная  Круглая

Вут  Деление колонн

Ширина  м Высота  м

Длина  м Угол  °

Модуль упругости  кН/м<sup>2</sup>

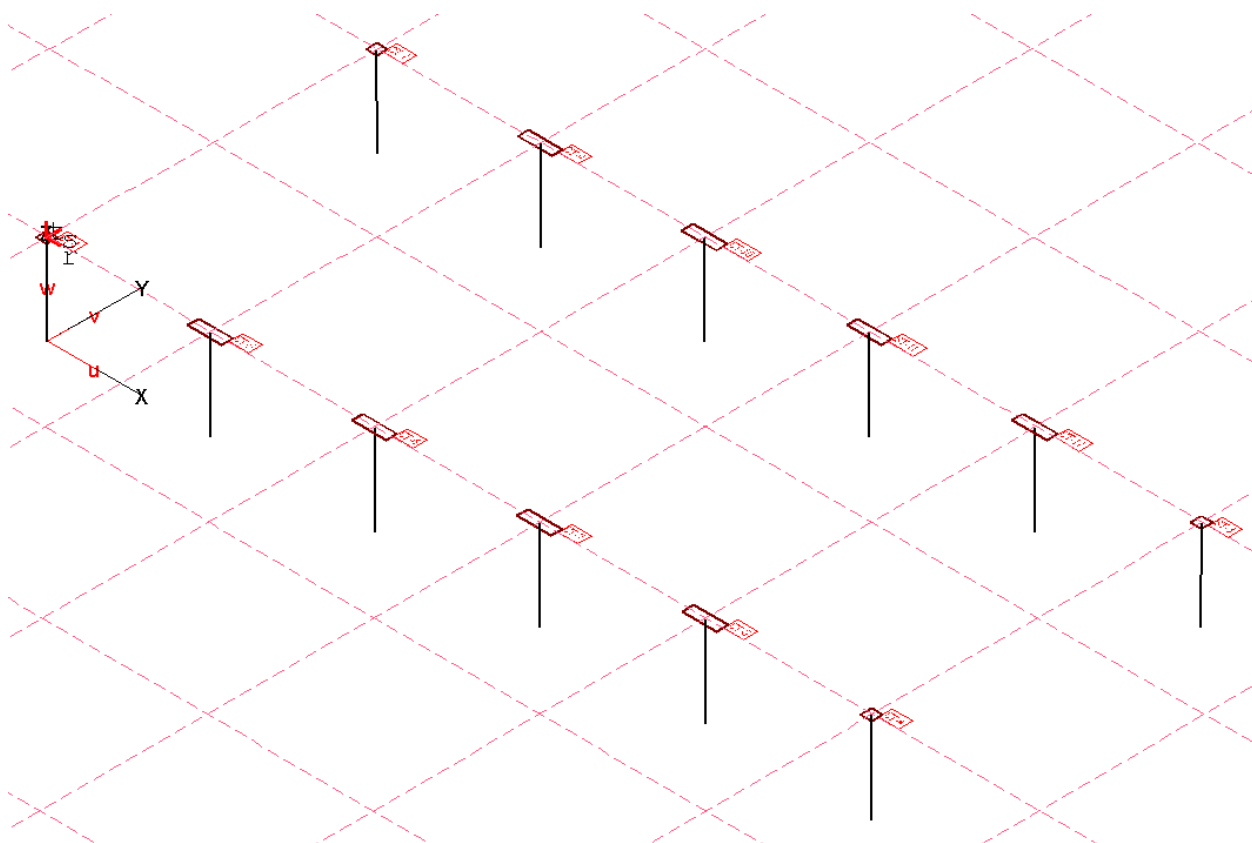
Плотность  кН/м<sup>3</sup>

Коэффициент Пуассона

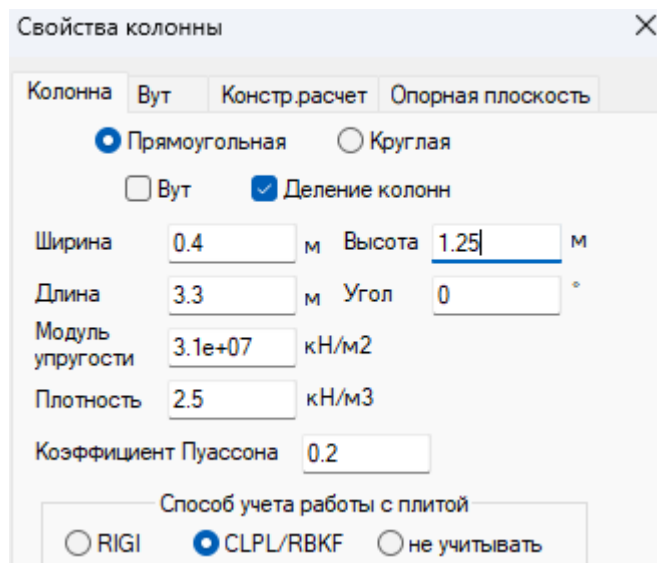
Способ учета работы с плитой

RIGI  CLPL/RBKF  не учитывать

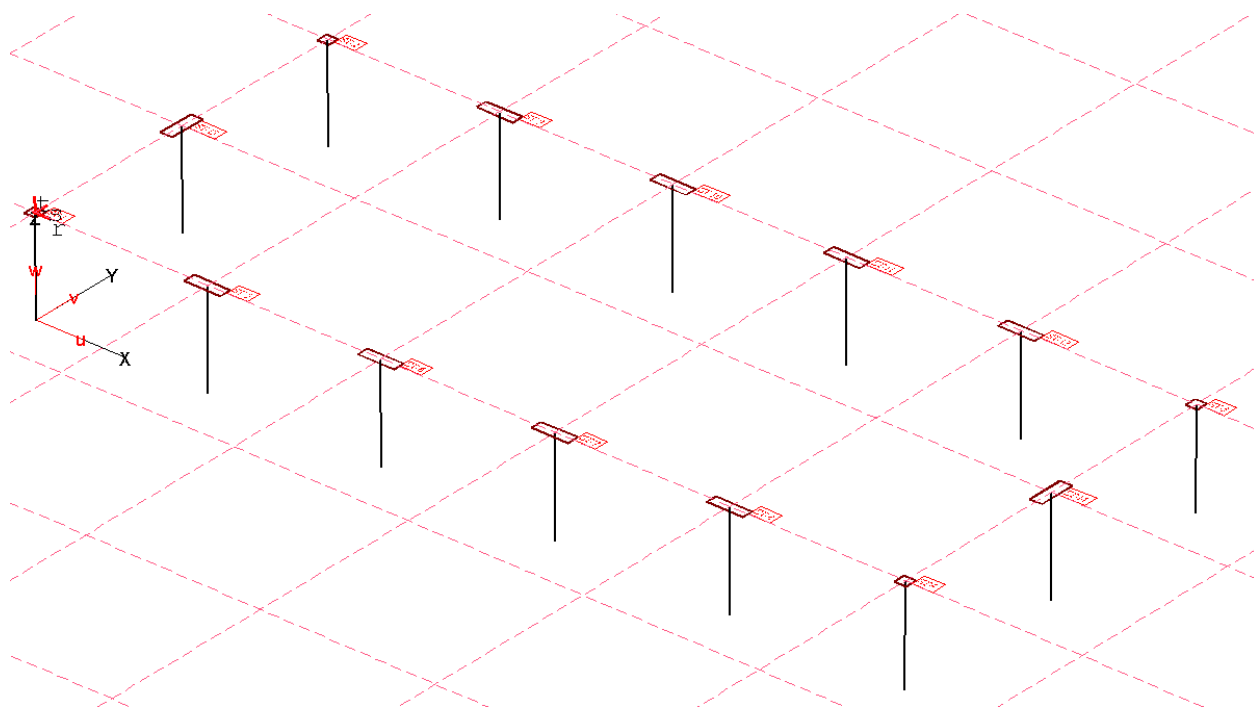
И устанавливаем колонны по периметру.



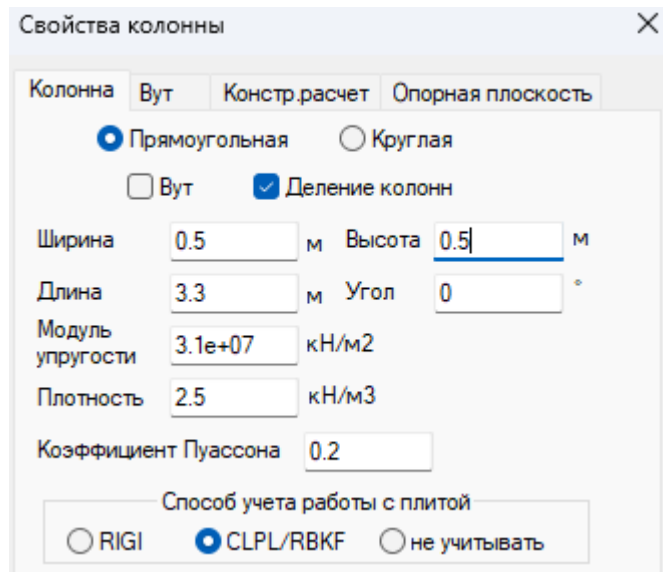
Меняем местами размеры сечения.



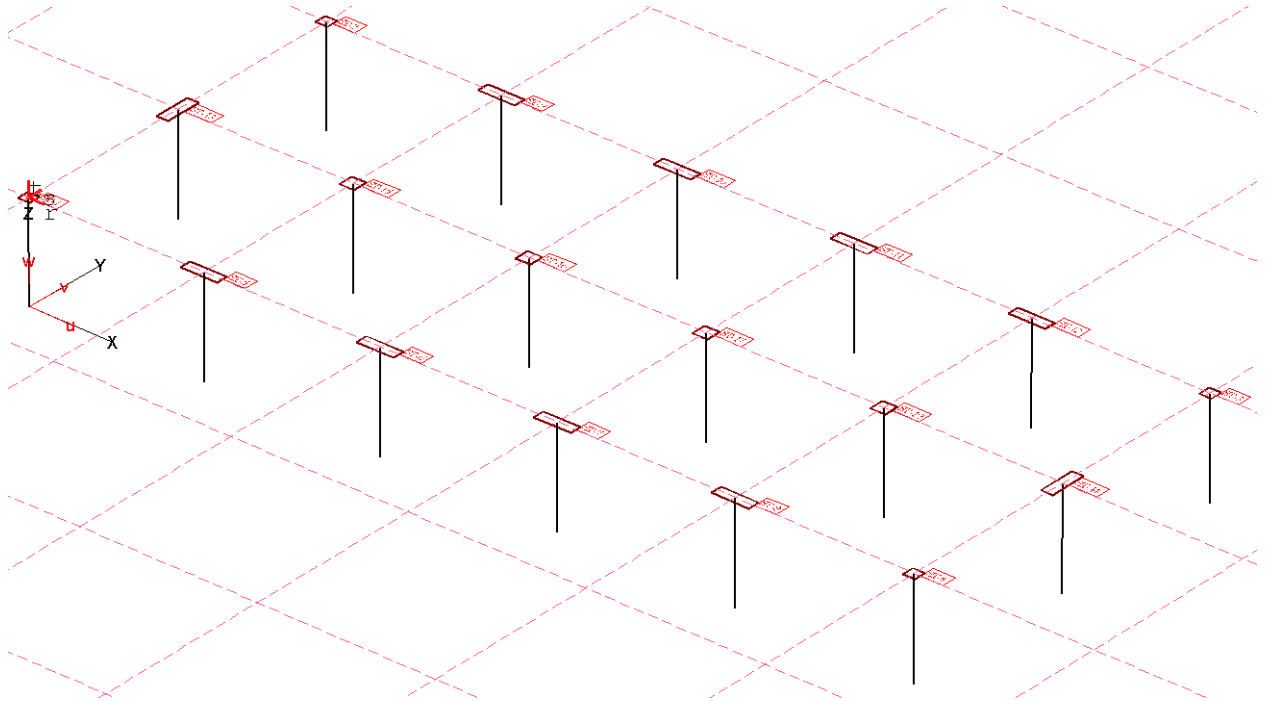
И устанавливаем боковые колонны.



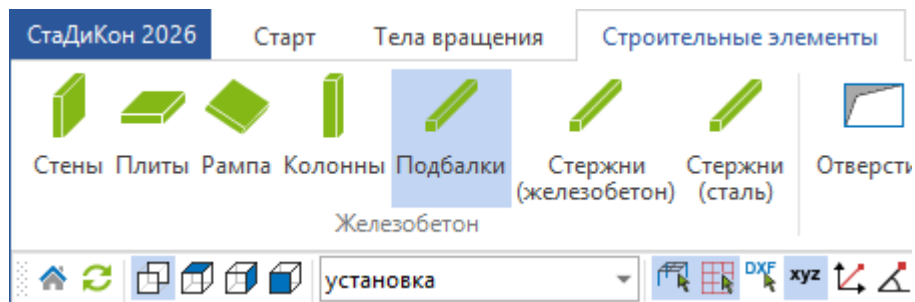
Также изменяем сечение для установки внутренних колонн.



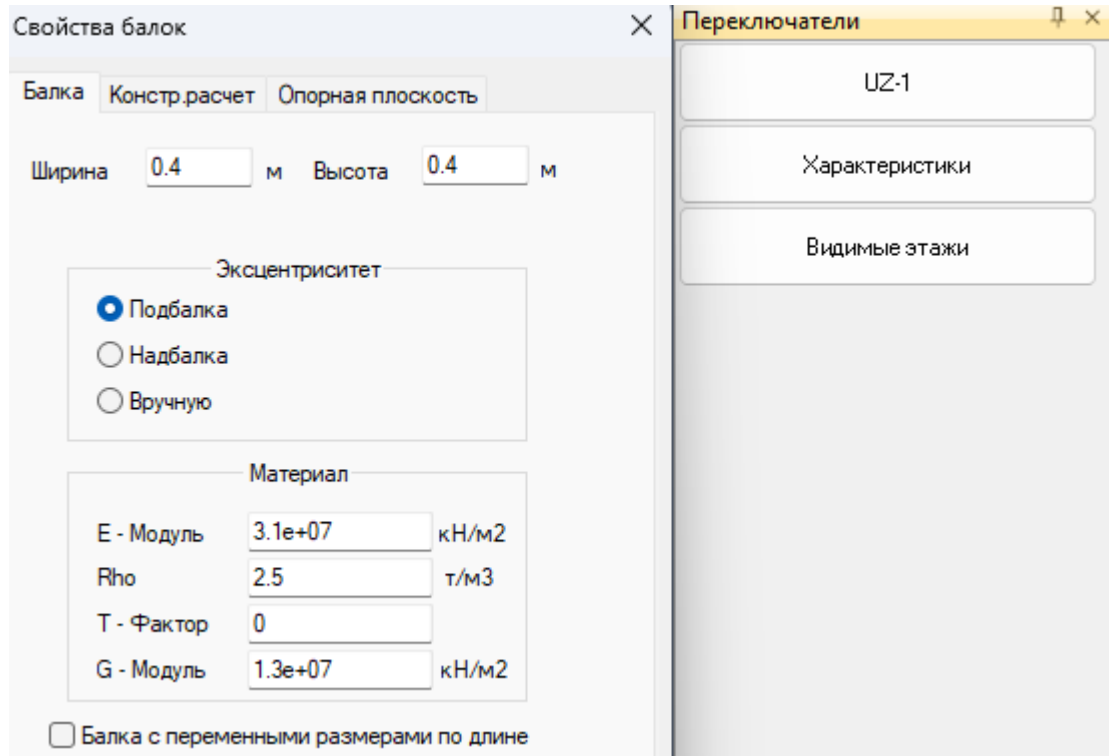
И устанавливаем их.



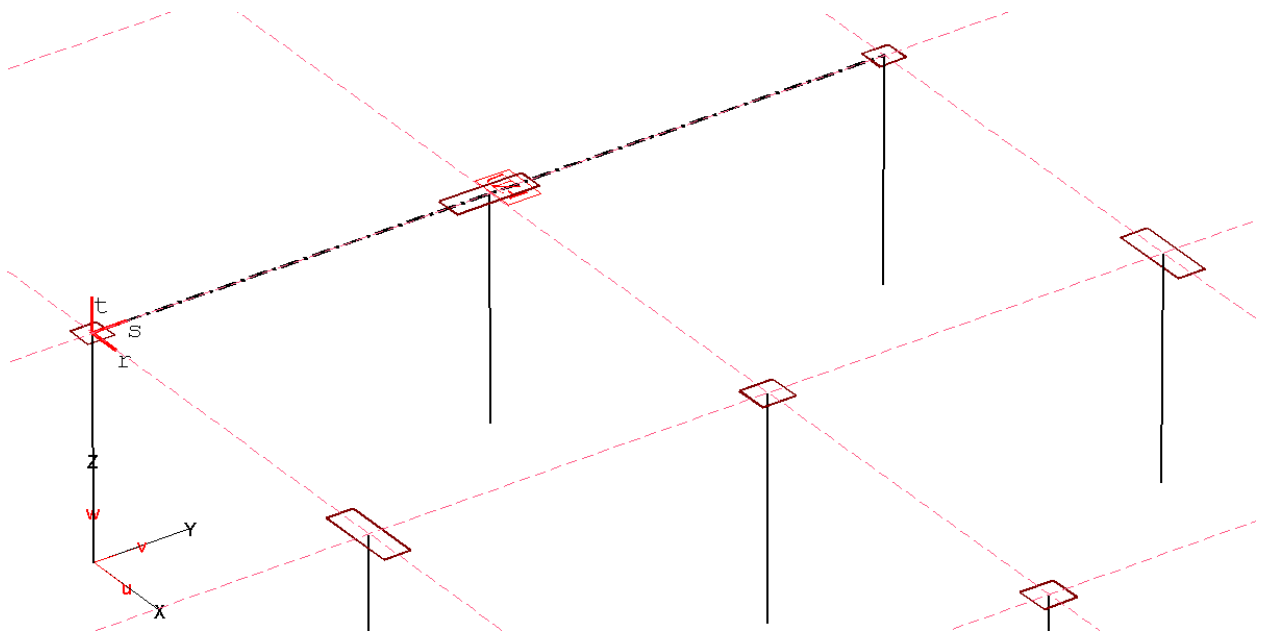
Теперь выбираем «Подбалки» - «установка».



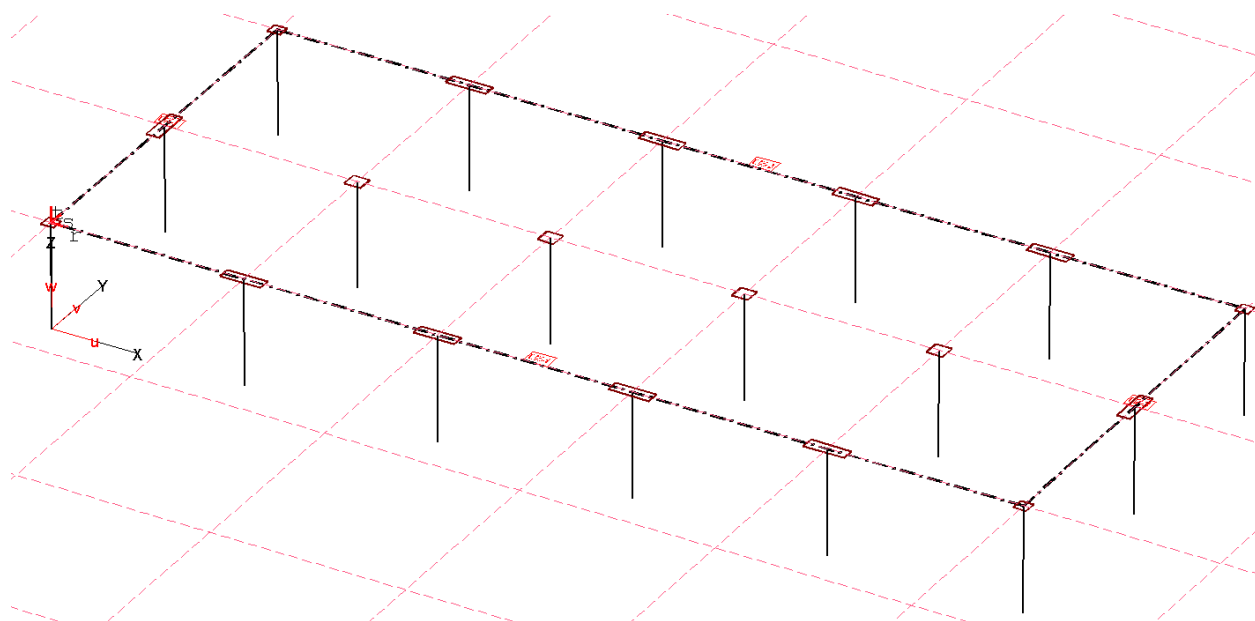
Аналогично колоннам задаем следующие характеристики.



Устанавливаются подбалки выбором изначальной точки, конечной и еще одним нажатием на конечную точку для завершения выбора.



Таким образом устанавливаем подбалки по периметру.



Для внутренних подбалок редактируем размеры сечения.

Свойства балок

Балка    Констр.расчет    Опорная плоскость

Ширина  м    Высота  м

Эксцентриситет

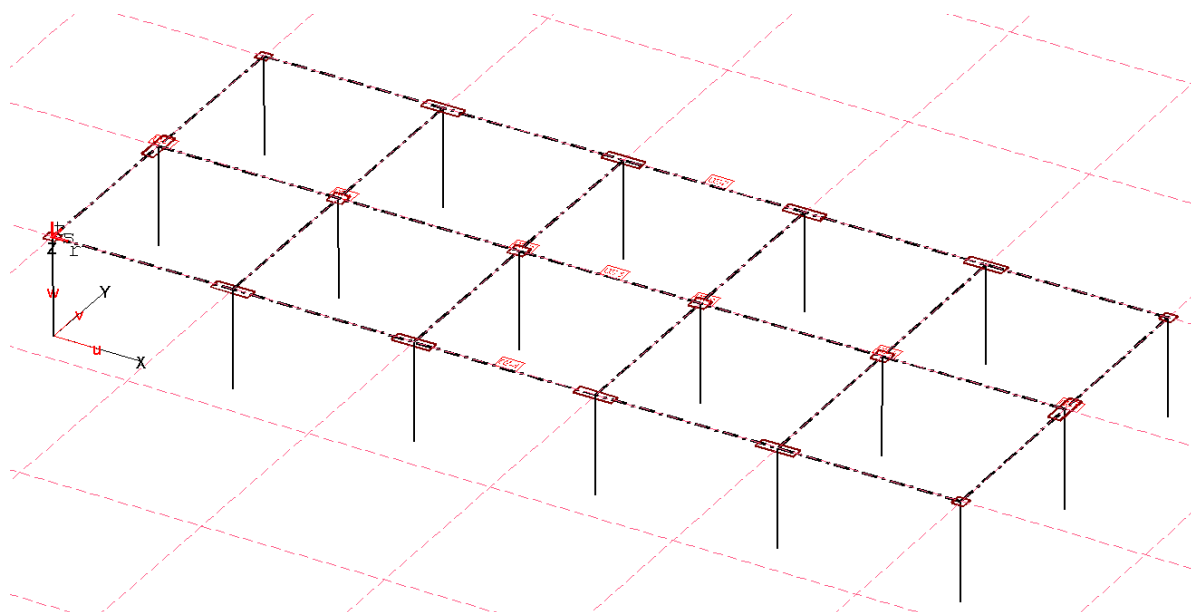
Подбалка  
 Надбалка  
 Вручную

Материал

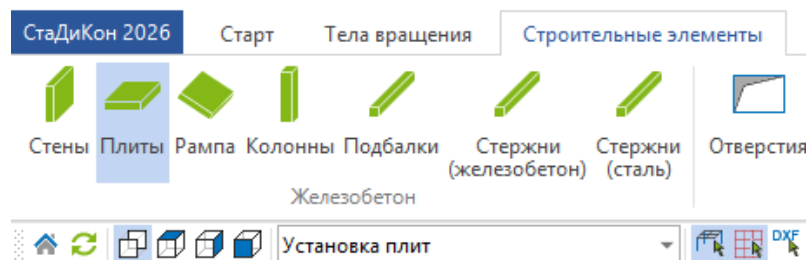
E - Модуль  кН/м<sup>2</sup>  
Rho  т/м<sup>3</sup>  
T - Фактор   
G - Модуль  кН/м<sup>2</sup>

Балка с переменными размерами по длине

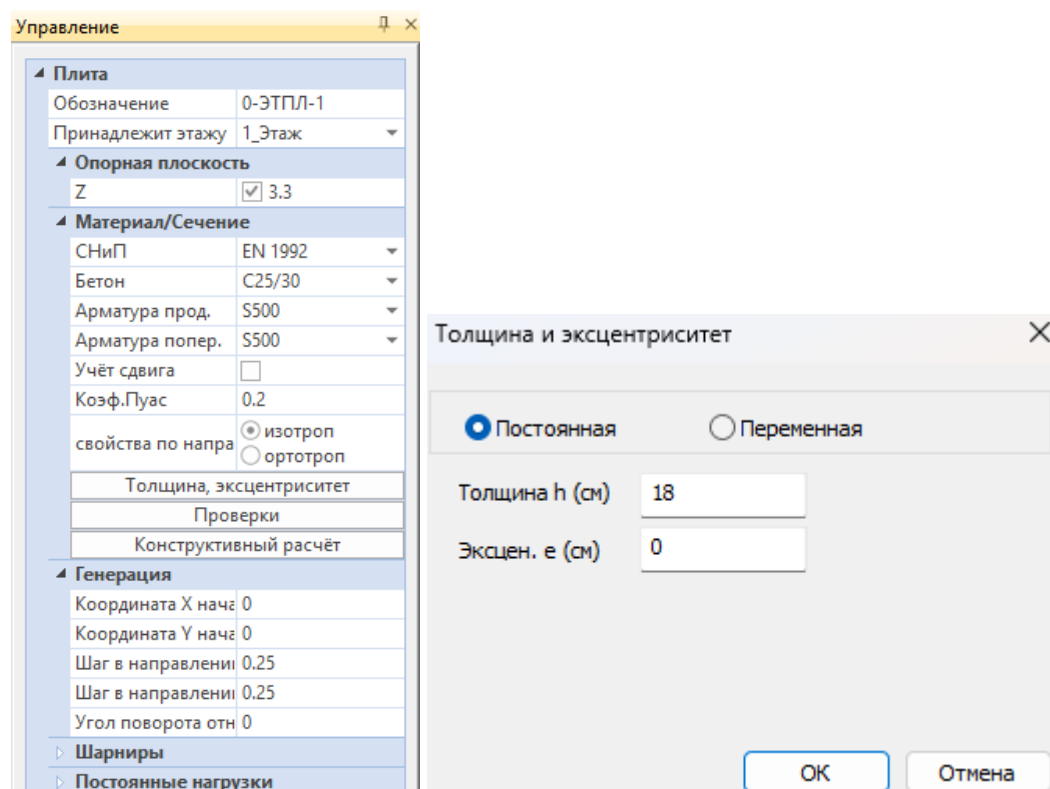
И устанавливаем их.



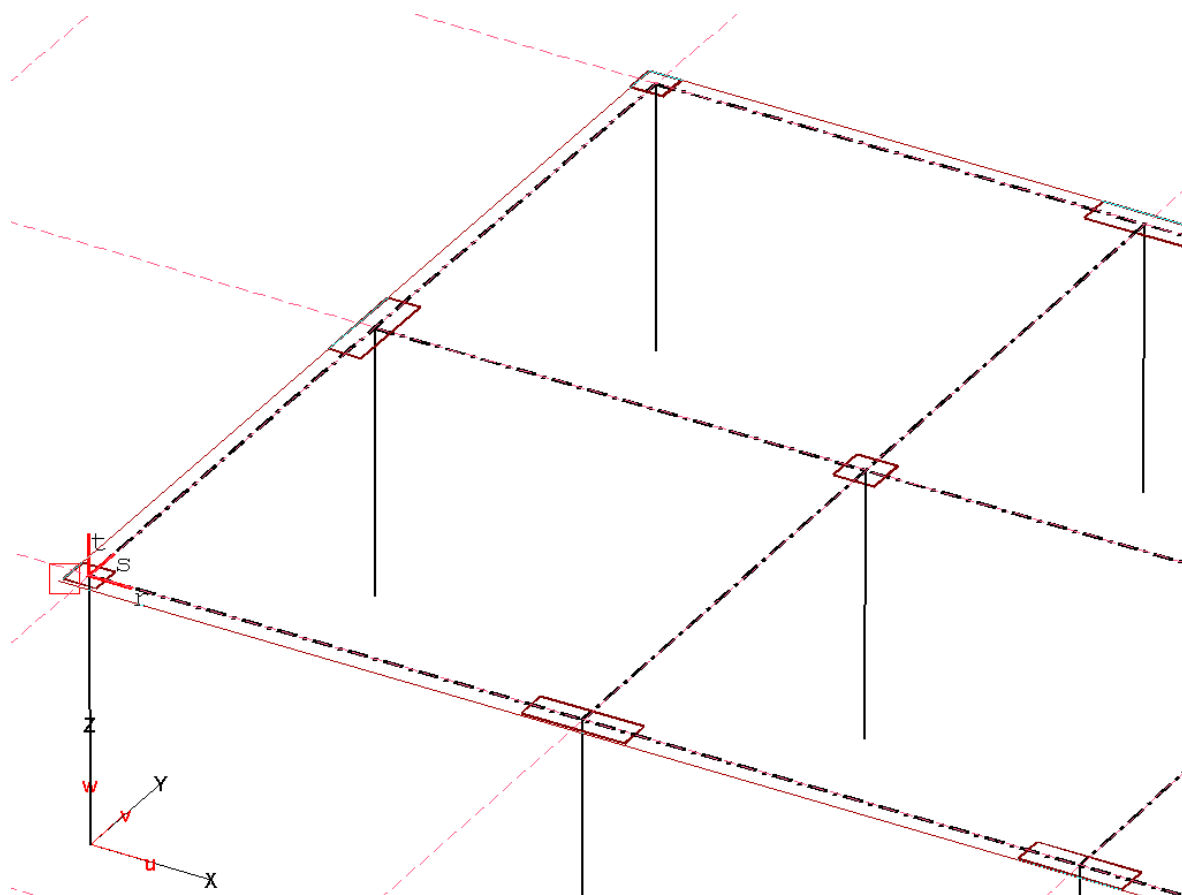
Теперь переходим на «Плиты» - «Установка плит».



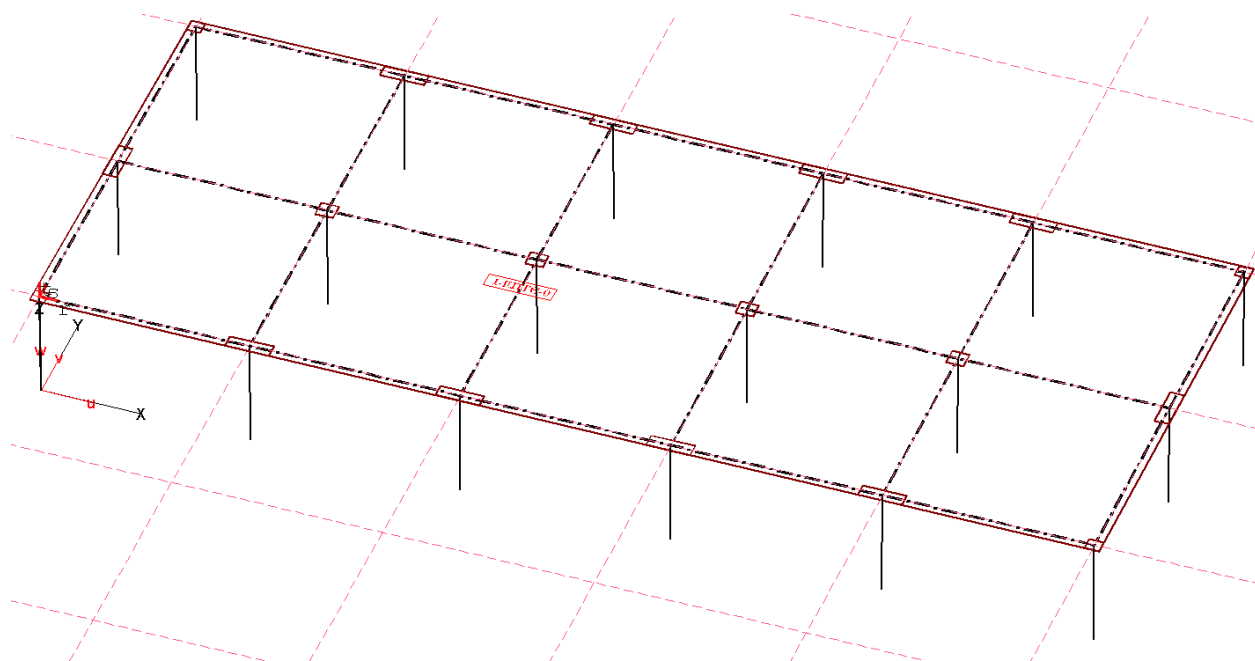
Во вкладке «Управление» установим следующие параметры. Откроем пункт «Толщина, эксцентриситет» для установки толщины плиты.



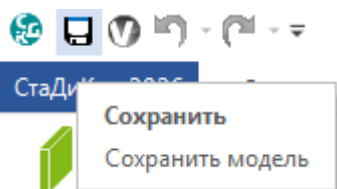
Задаем плиту по крайним точкам угловых колонн.



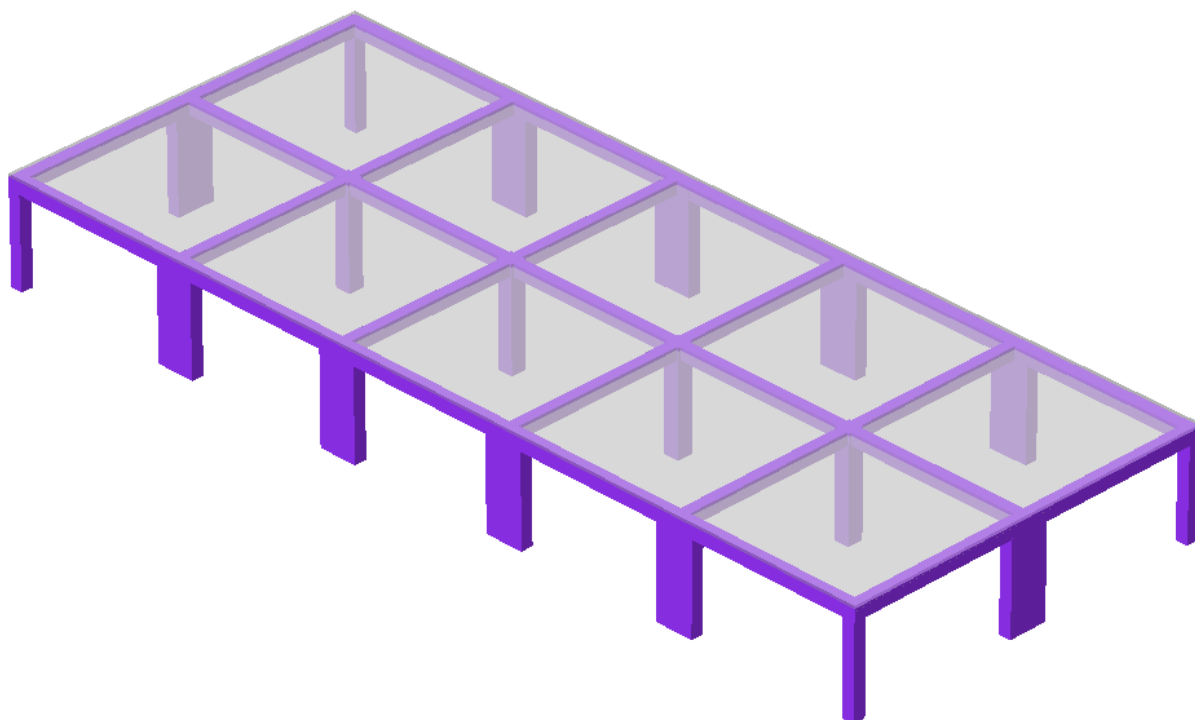
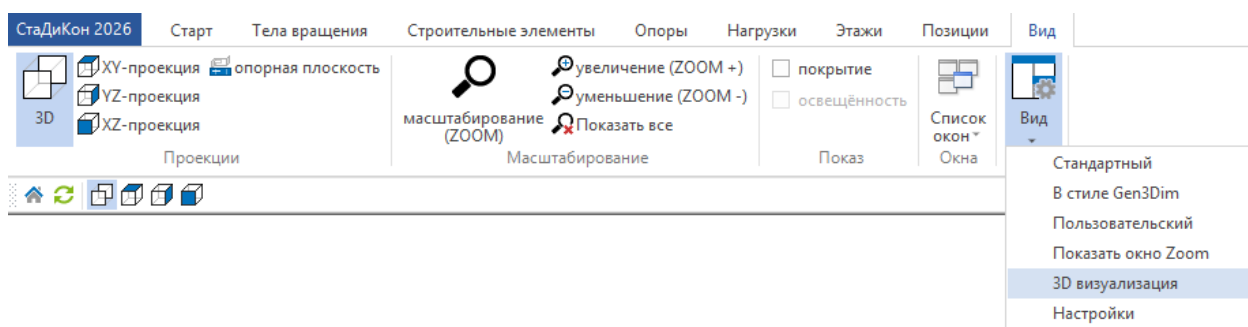
Получаем следующий результат.



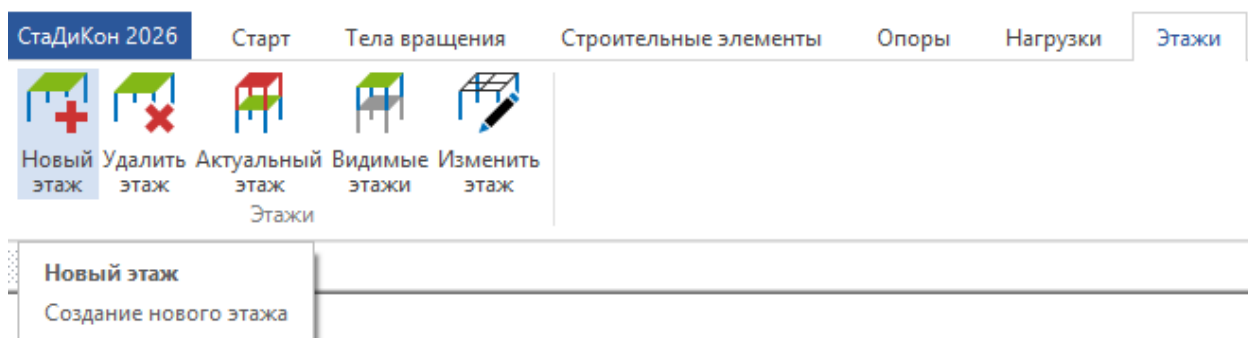
Не забывайте периодически сохранять модель.



На вкладке «Вид» можно выбрать «Вид» - «3D визуализация» для просмотра объемной 3D модели.



Теперь перейдем на вкладку «Этажи» и выбираем «Новый этаж».



Устанавливаем количество этажей равное 4 и ждем «OK».

Новый(е) этаж(и) X

Наименование 17\_Этаж

Замечания

Высота этажа 3.3 м

Уровень этажа 3.3 м

Количество 4

Скопировать ...

Этаж 1\_Этаж

Всё  Ничего  Выбор

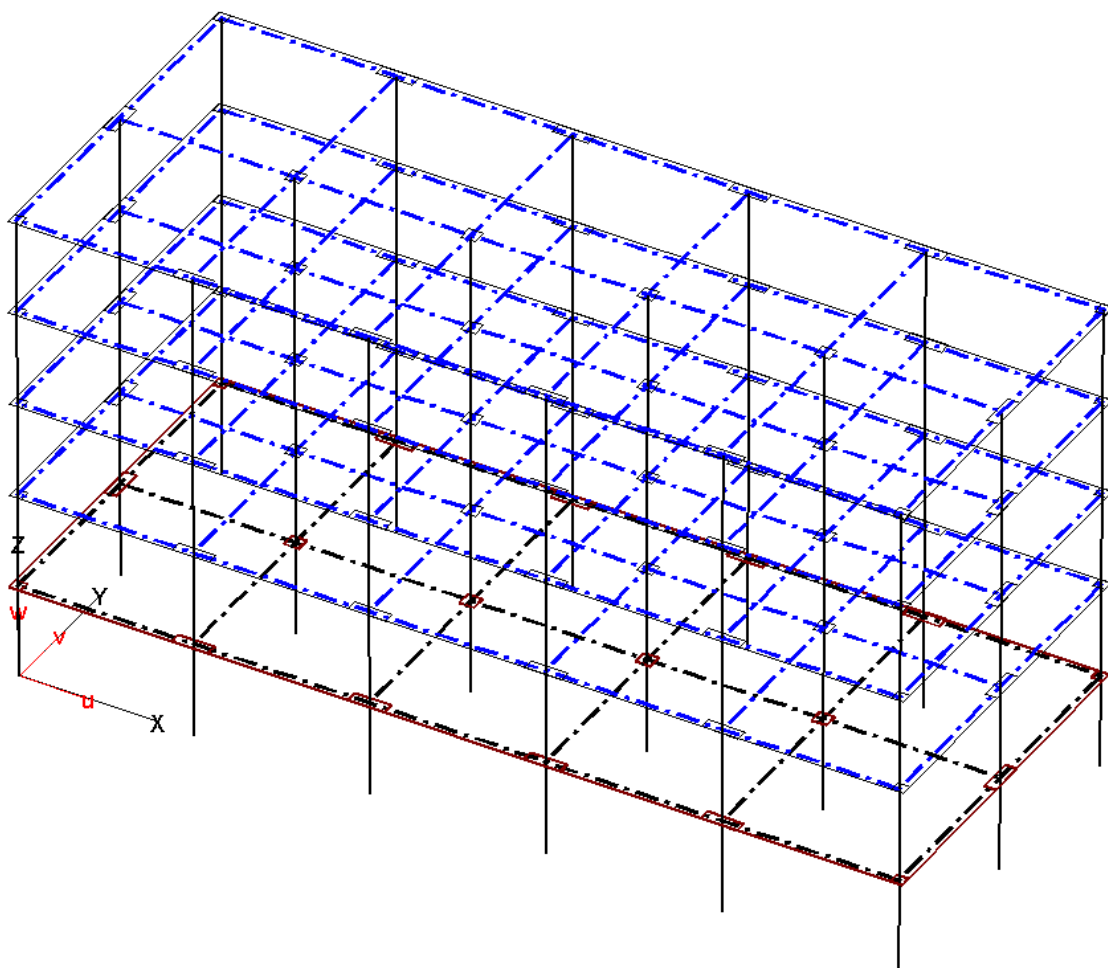
Наименование этажей

- Колонны
- Области толщин
- Отверстия
- Плиты
- Балки

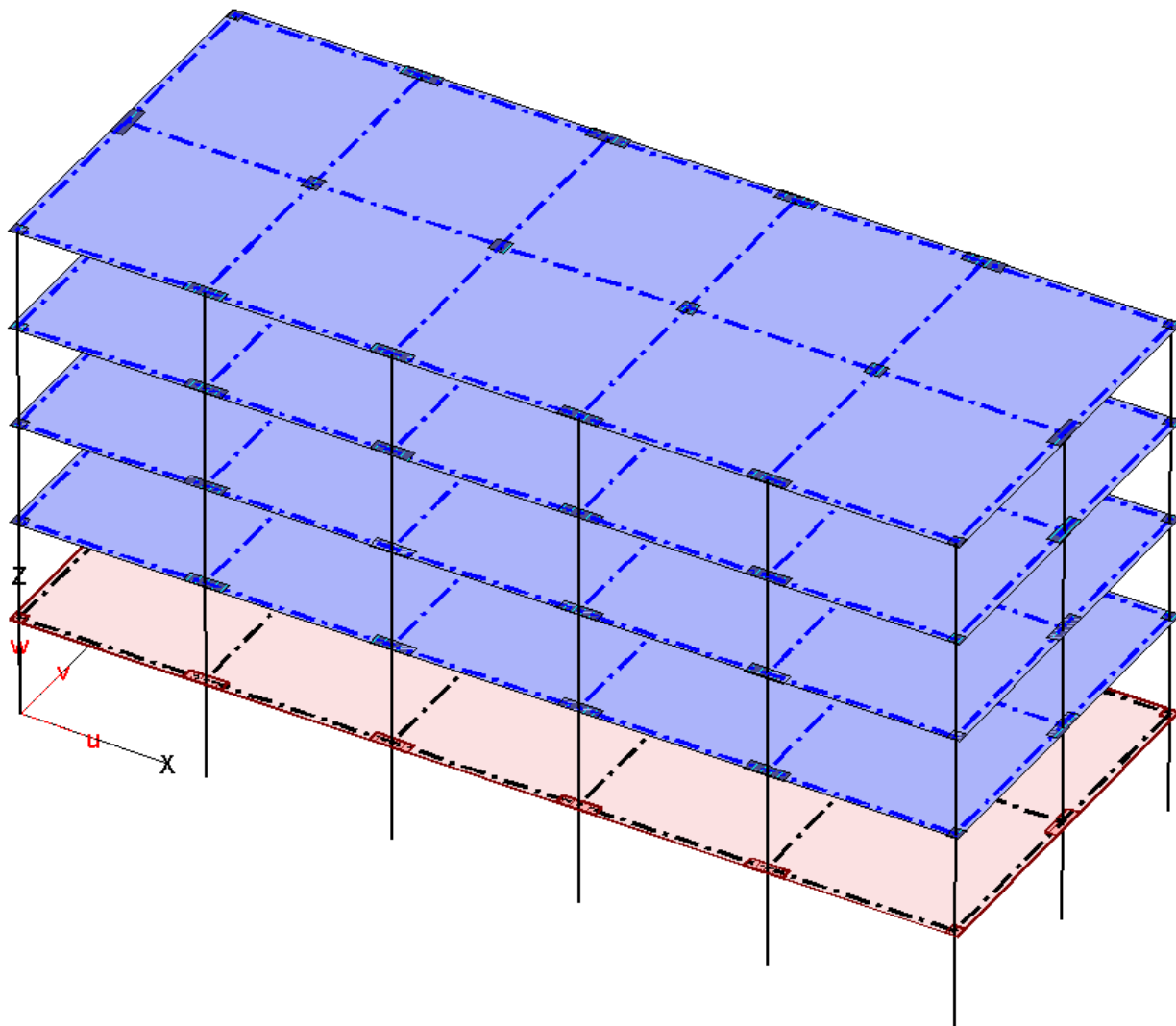
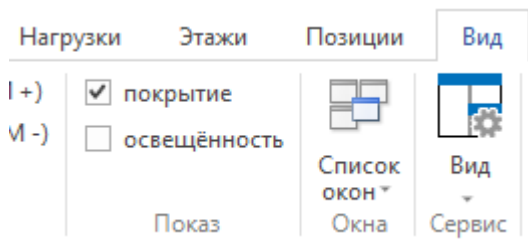
Выбрать все Сброс

OK Отмена Помощь

Получаем следующий результат.

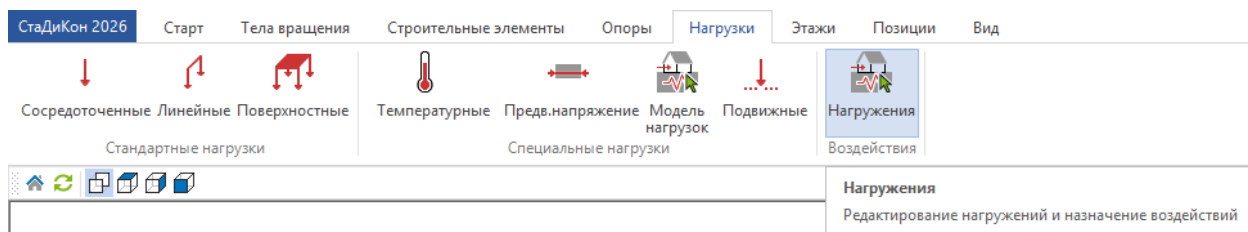


Также на вкладке «Вид» можно включить отображение «покрытие».

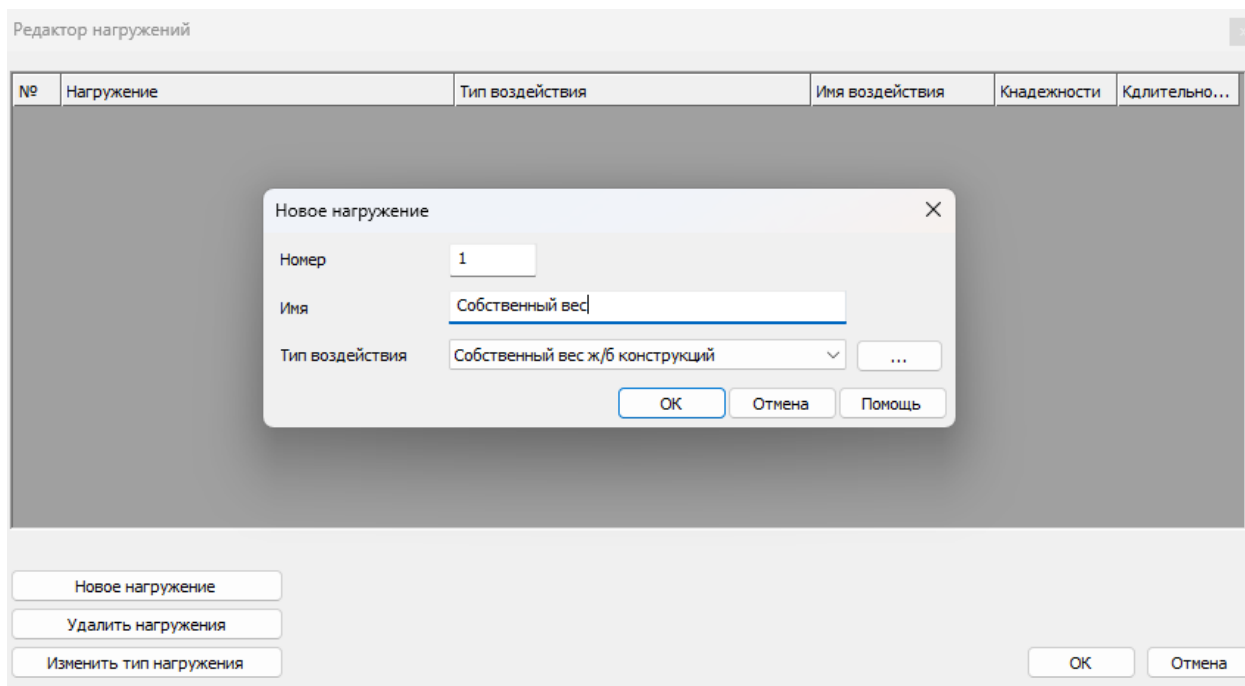


## 2.2. Нагрузки

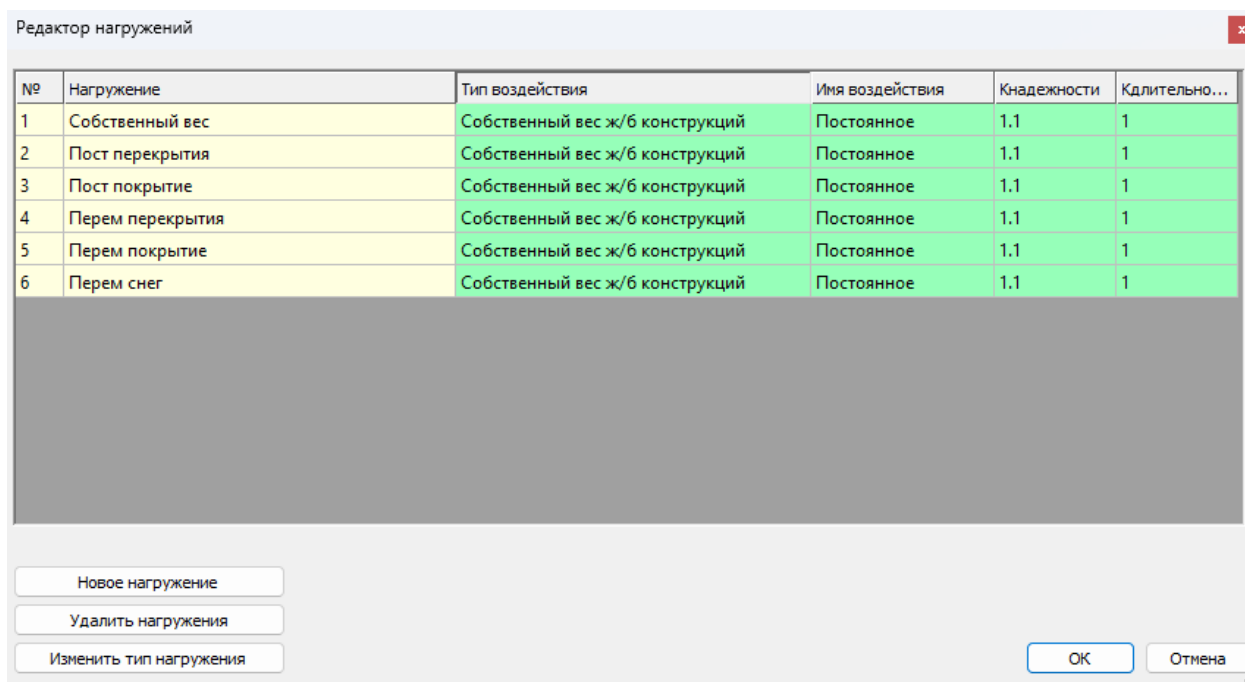
Перейдем на вкладку «Нагрузки». Создадим сразу же необходимые нагрузки, описанные в пункте [1.4]. Для этого выбираем «Нагрузки».



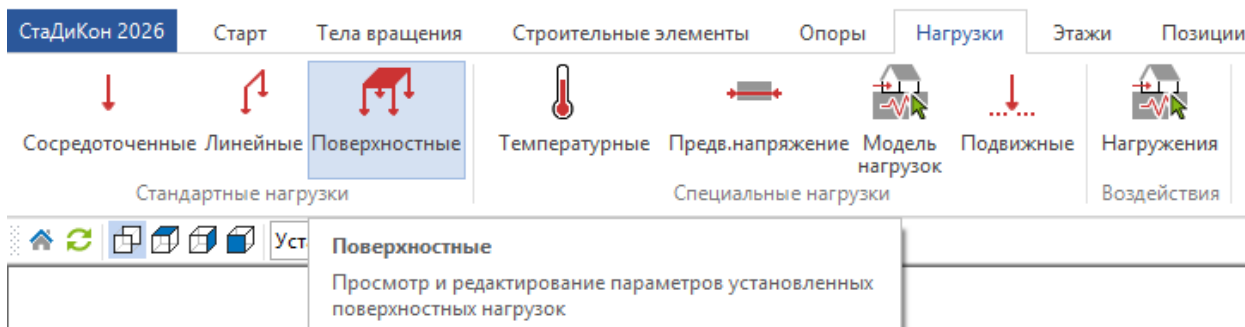
Нажимая на «Новое нагружение», задаем имя и номер нагружению.



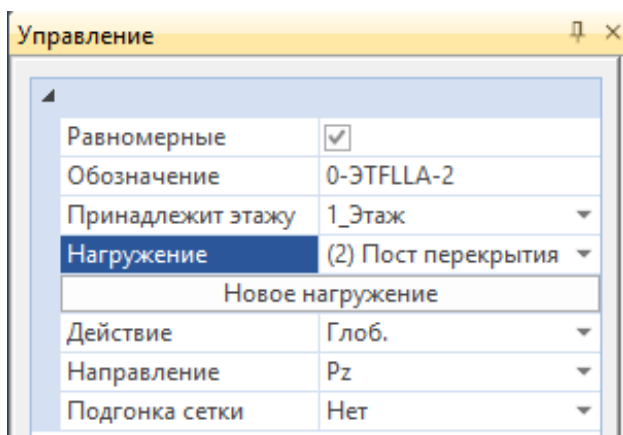
Создаем следующие нагружения. Коэффициенты здесь оставляем по умолчанию.



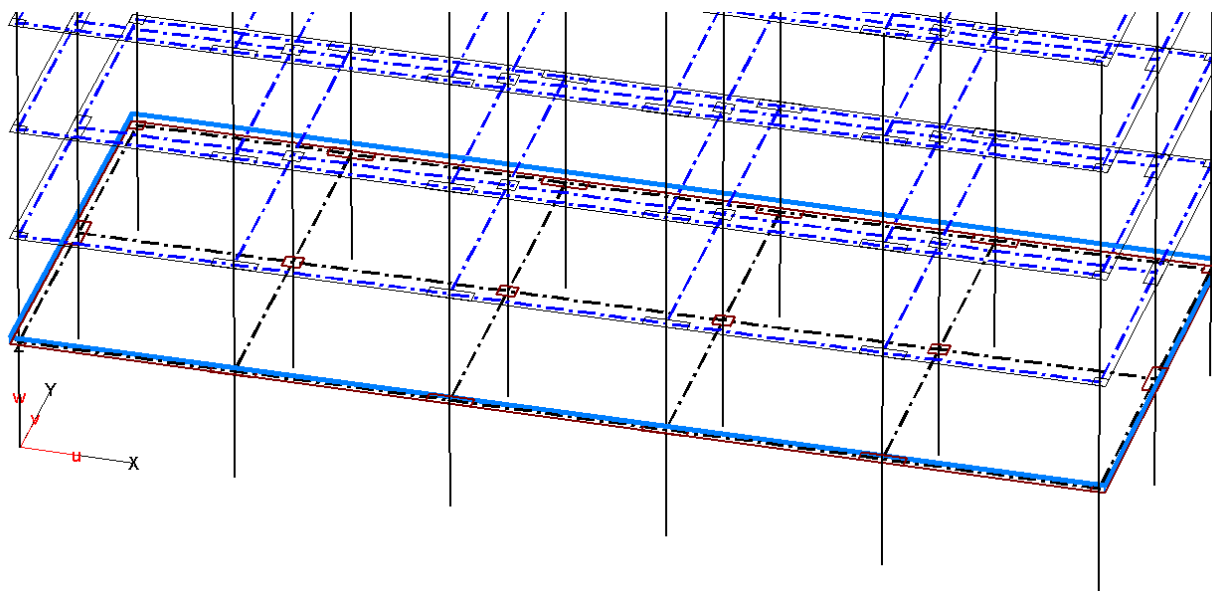
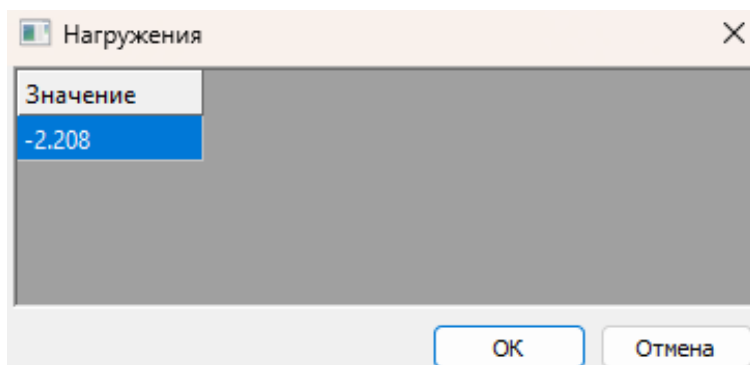
Далее выбираем «Нагрузки» - «Поверхностные».



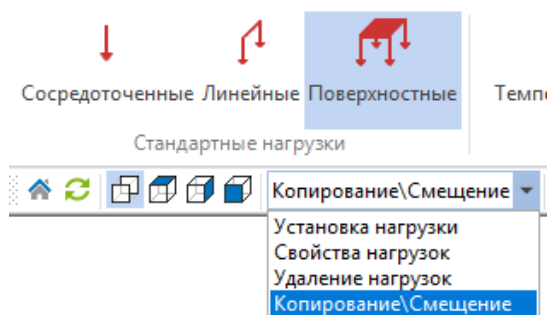
В окне «Управление» устанавливаем, что нагрузки «Равномерные» и выбираем нагружение.



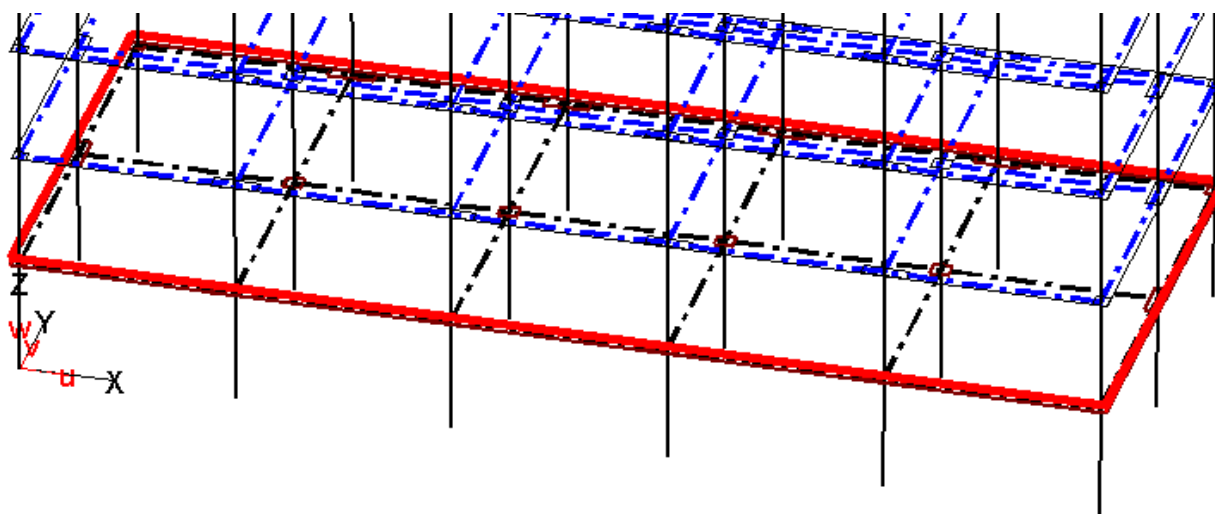
Задаем нагрузку по периметру плиты перекрытия первого этажа. После устанавливаем значение нагрузки.



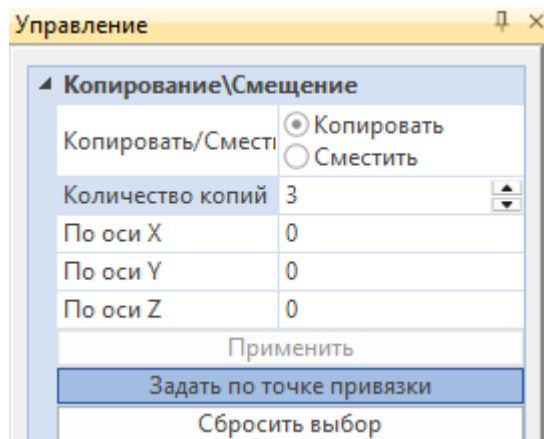
Для установки на остальные перекрытия можно использовать опцию «Копирование\Смещение».



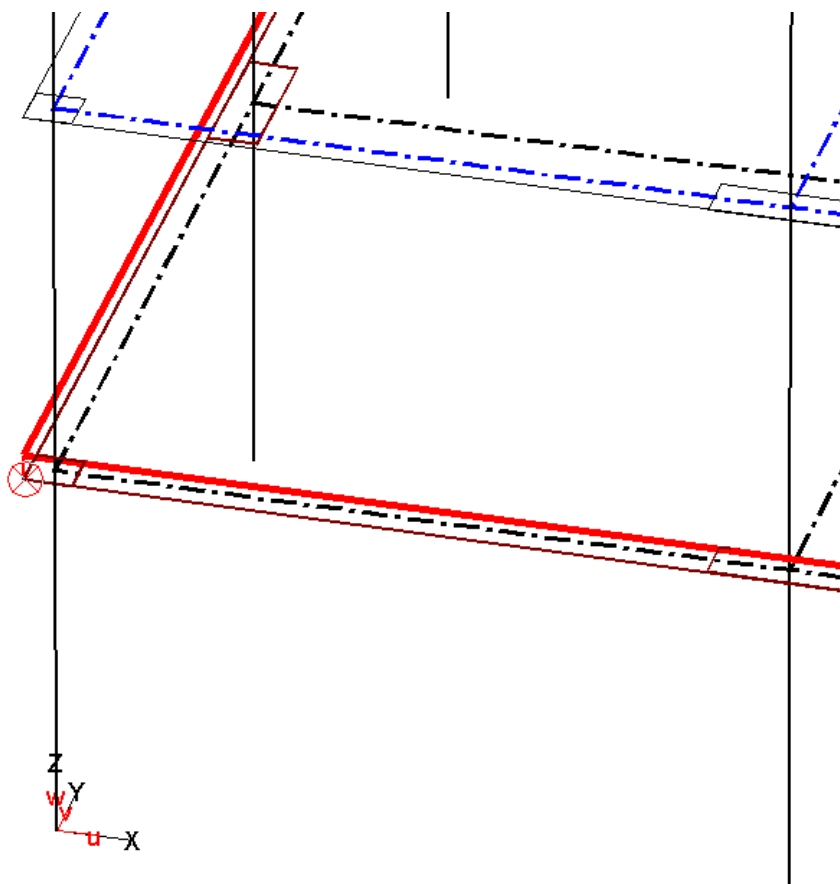
Нажатием ЛКМ выбираем нагрузку.



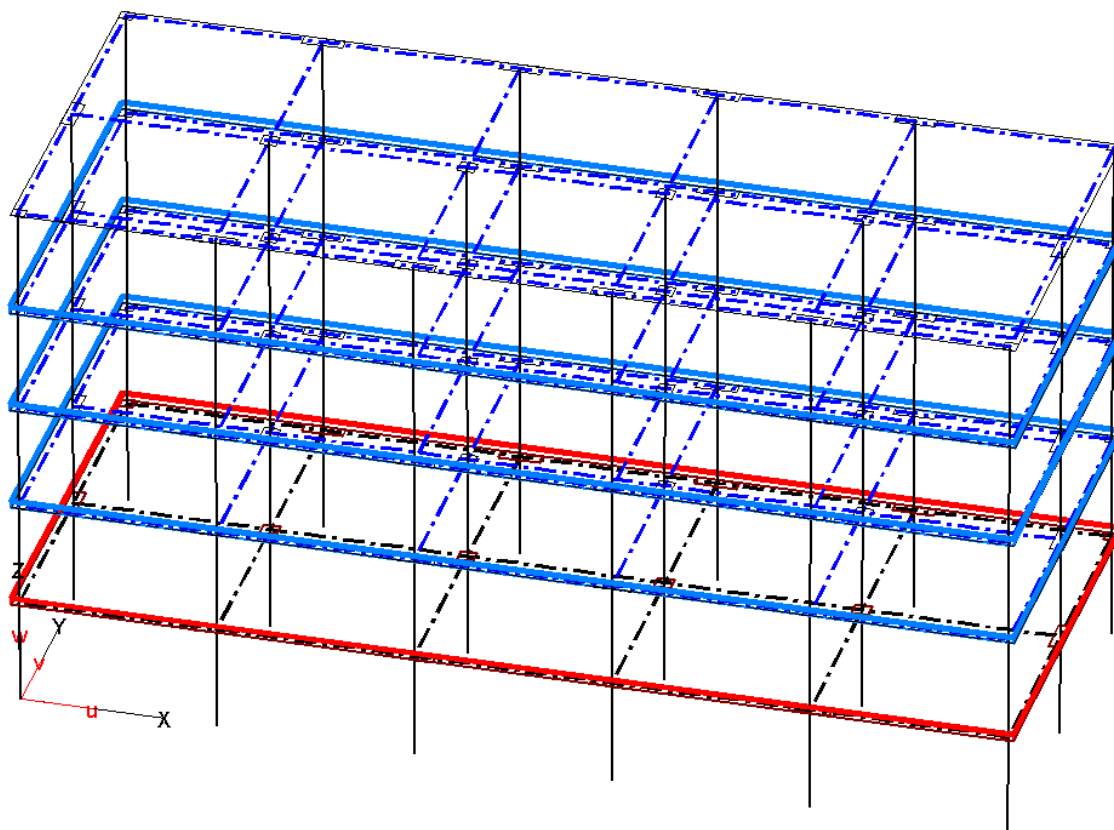
Устанавливаем «Количество копий = 3» и выбираем «Задать по точке привязки».



В качестве точки выбираем, например, угол плиты.

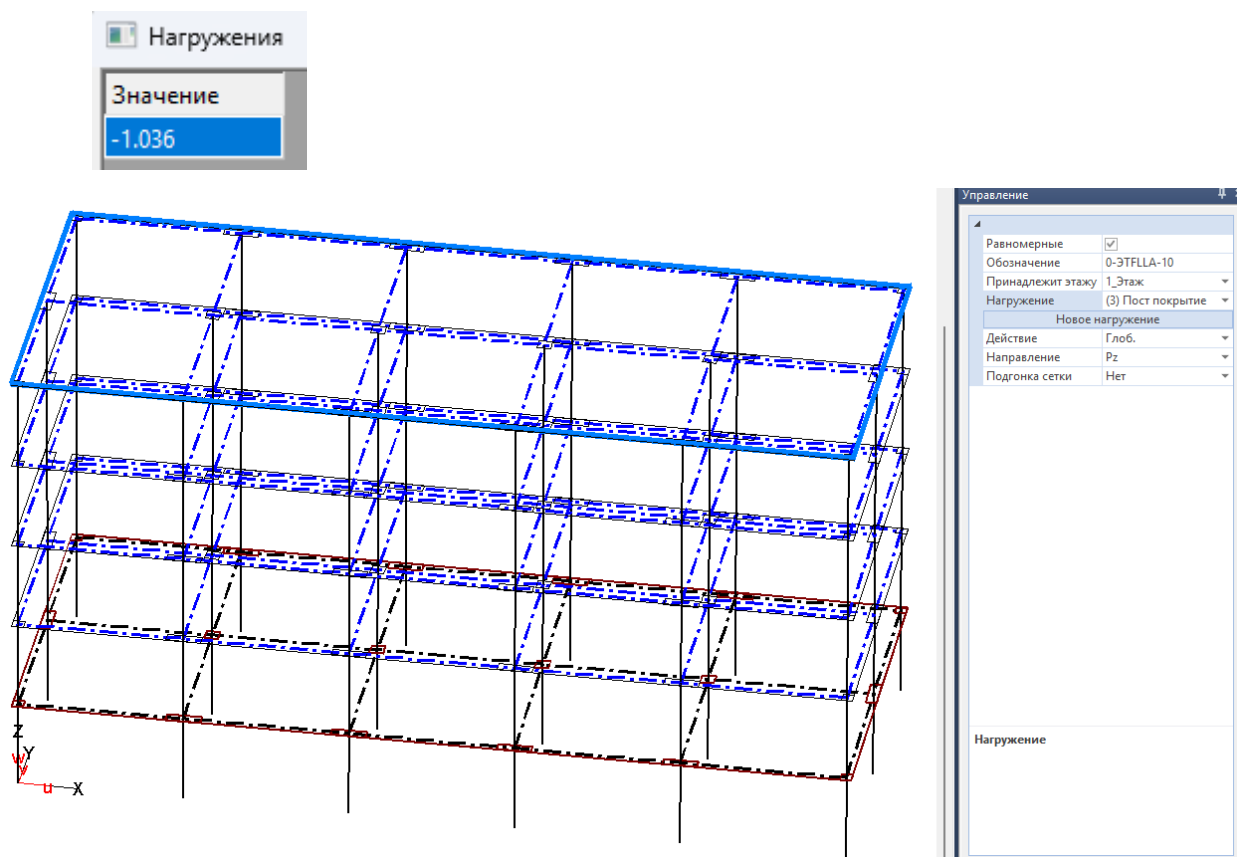


И выбираем аналогичный угол плиты перекрытия второго этажа. Итого получаем четыре нагрузки на все плиты перекрытия.

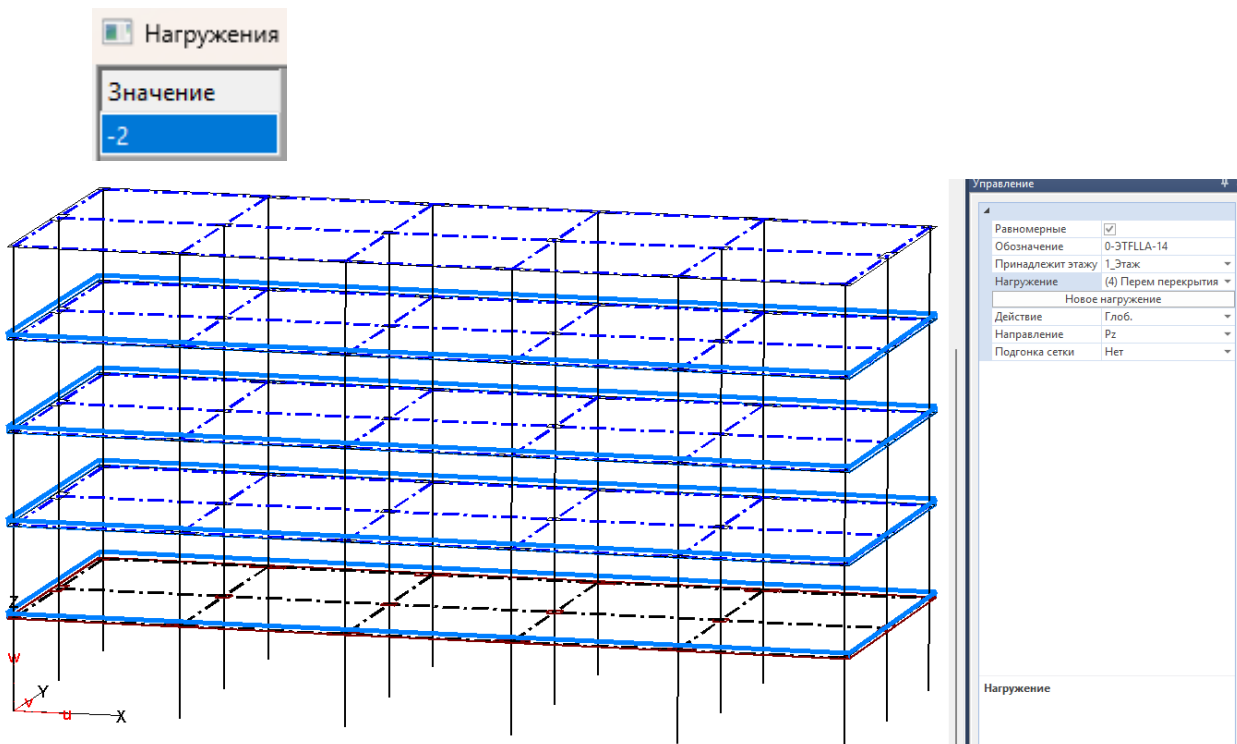


Таким способом задаем остальные нагрузки для каждого нагружения.

Постоянная нагрузка на покрытие:



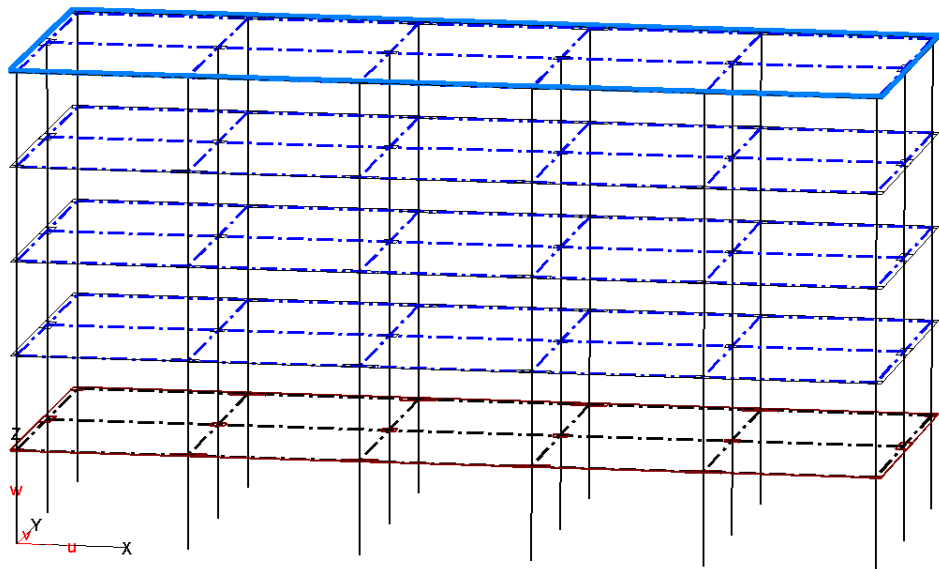
Переменные нагрузки на перекрытия:



Переменная нагрузка на покрытие:

Нагрузки

Значение  
-1



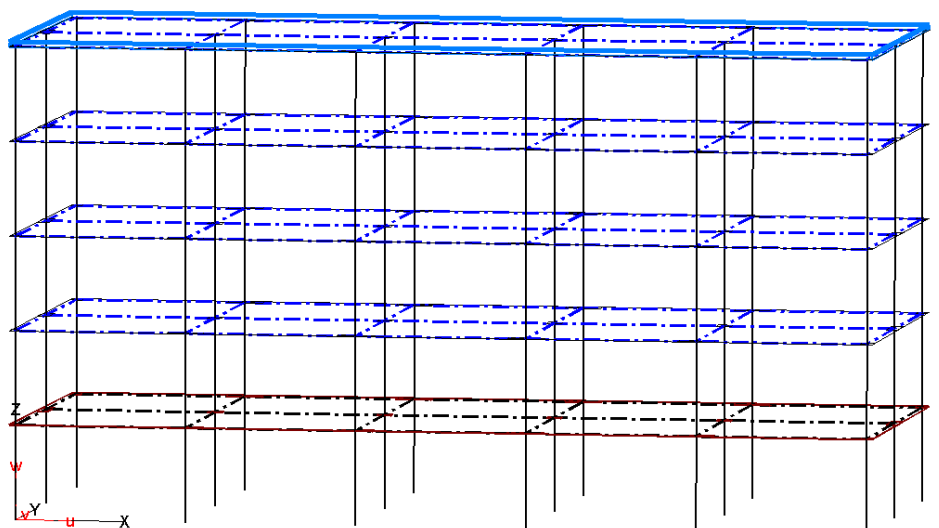
Равномерные   
Обозначение 0-ЭТFLLA-15  
Принадлежит этажу 1\_Этаж  
Нагрузка (5) Переменное покрытие  
Новое нагружение  
Действие Глоб.  
Направление Pz  
Подгонка сетки Нет

Нагружение

Переменная снеговая нагрузка на покрытие:

Нагрузки

Значение  
-1.7



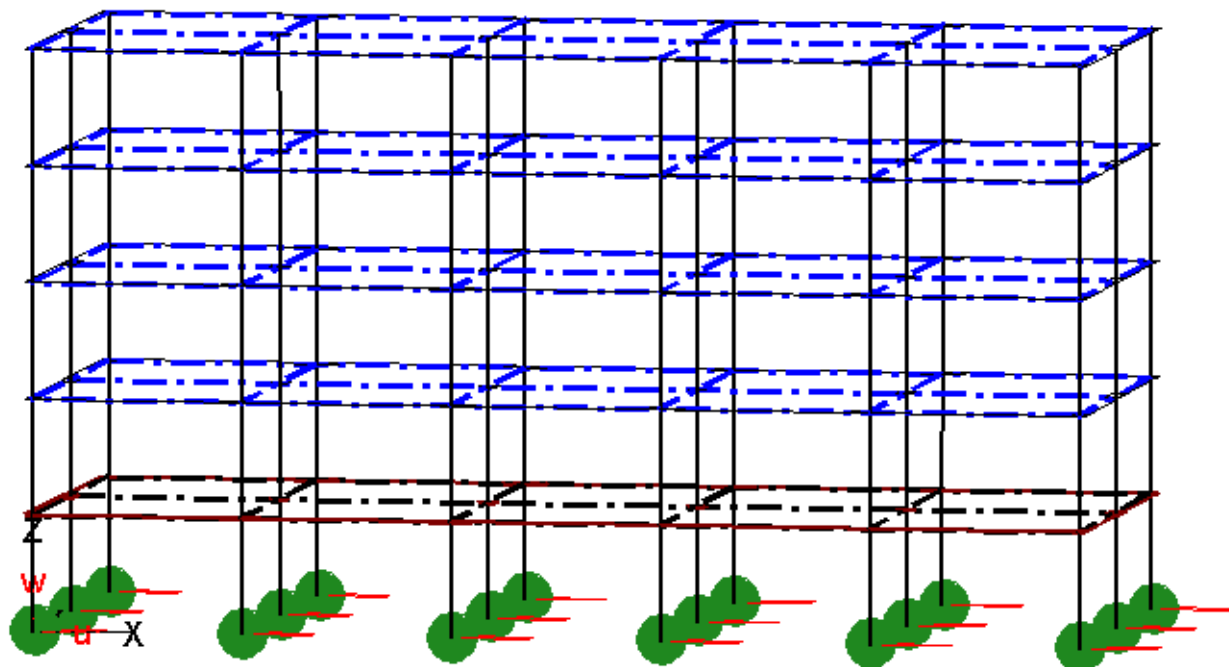
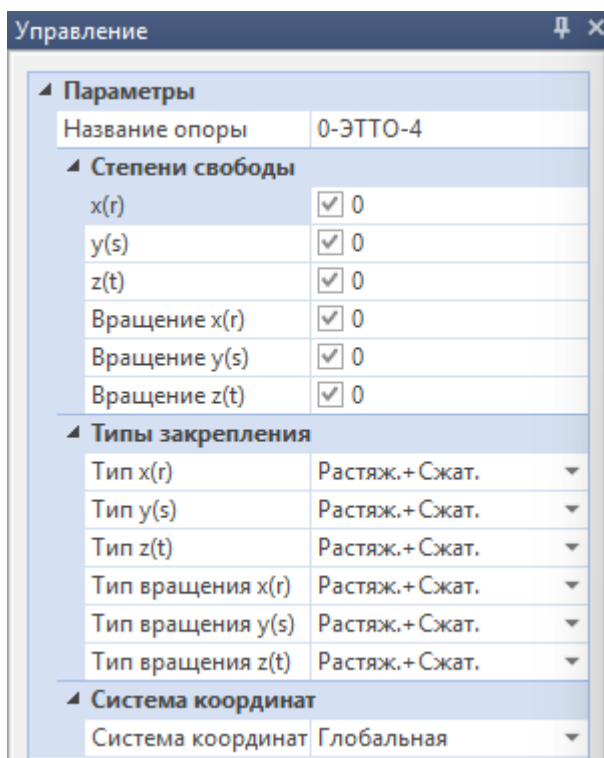
Равномерные   
Обозначение 0-ЭТFLLA-17  
Принадлежит этажу 1\_Этаж  
Нагрузка (6) Переменное снег  
Новое нагружение  
Действие Глоб.  
Направление Pz  
Подгонка сетки Нет

Нагружение

Первое нагружение «Собственный вес» оставляем пустым, так как собственный вес будет добавлен в первое нагружение автоматически в FEA-модели.

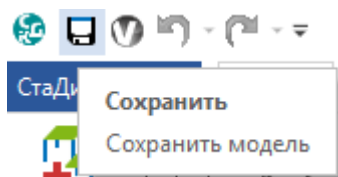
## 2.3. Установка связей

Для установки опор переключаемся на вкладку «Опоры» и выбираем «Точечные опоры». Устанавливаем на нижние узлы колонн опоры по всем степеням свободы.

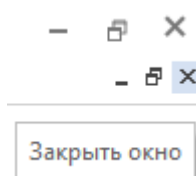


## 2.4. Переход к FEA-проекту

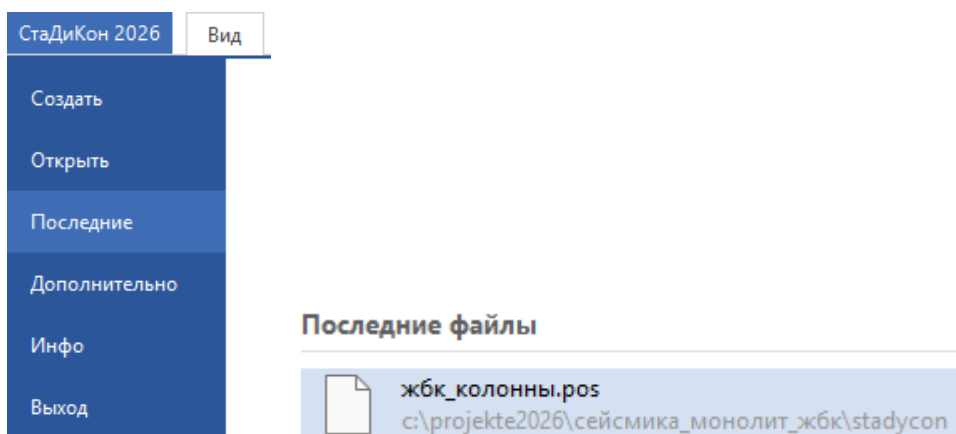
Сохраняем модель.



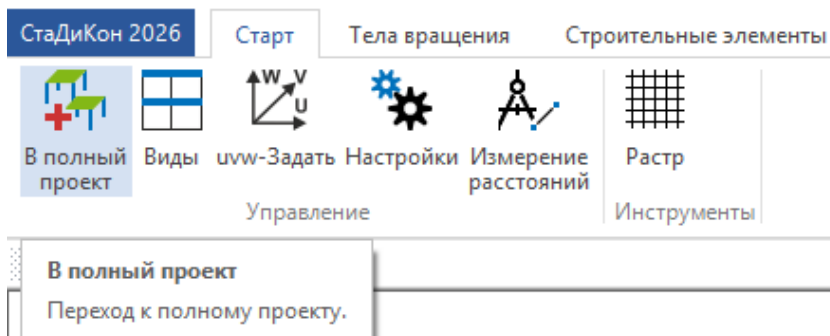
Выбрасываем из проекта нажав на маленький крестик в правом верхнем углу.



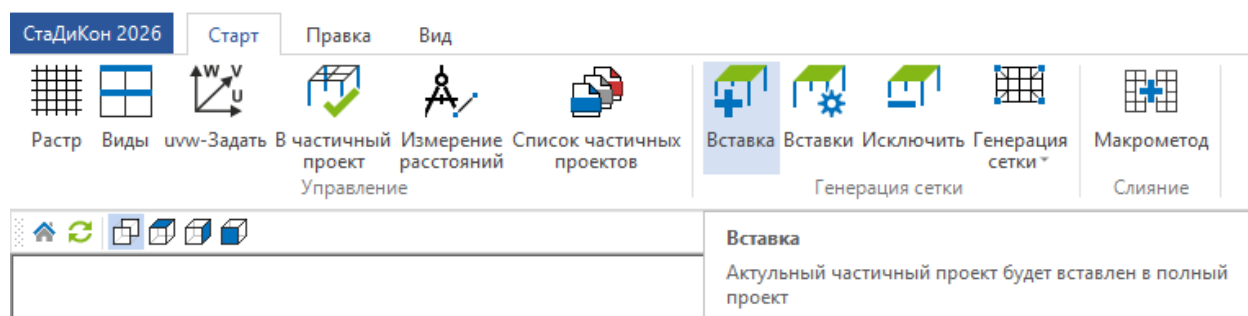
В меню «СтаДиКон» открываем заново модель. Она должна находиться в самом верху во вкладке «Последние».



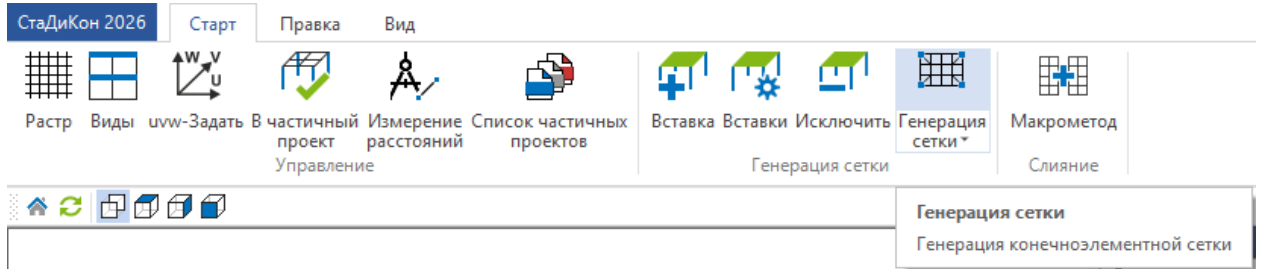
После на вкладке «Старт» выбираем «В полный проект».



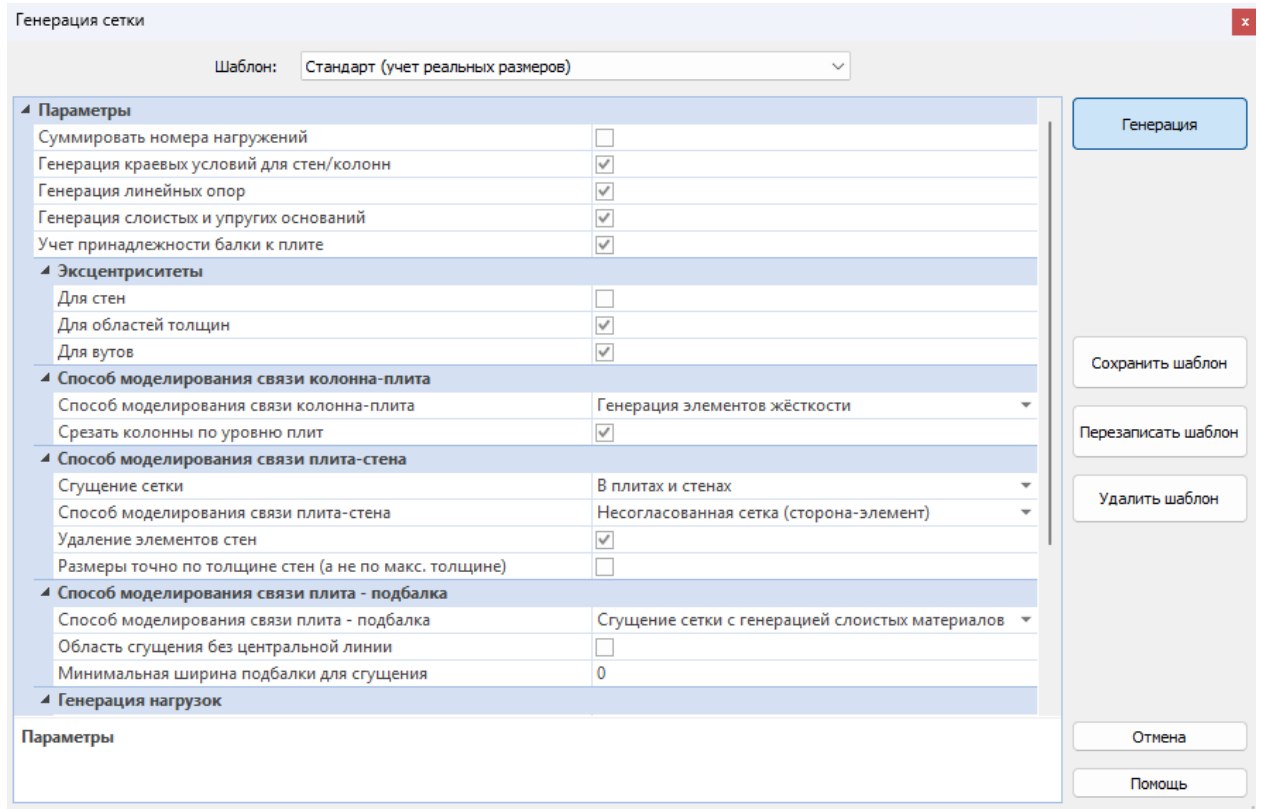
И добавляем модель, нажав на «Вставка».



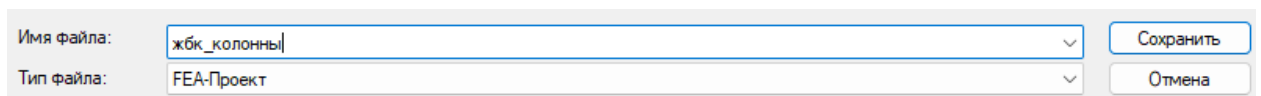
Теперь выбираем «Генерация сетки».



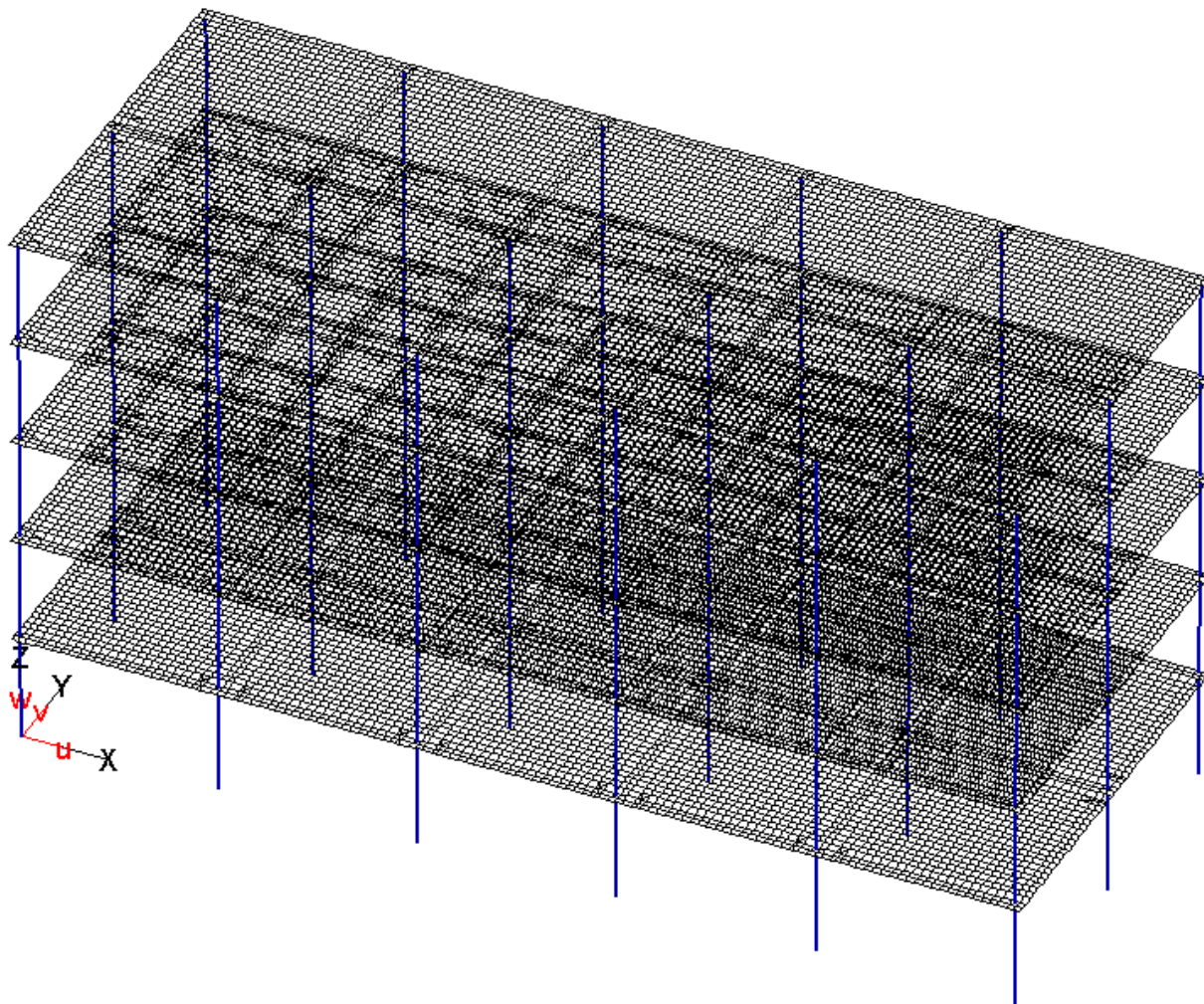
Оставляем параметры по умолчанию и нажимаем «Генерация».



Сохраняем полученный FEA-проект.

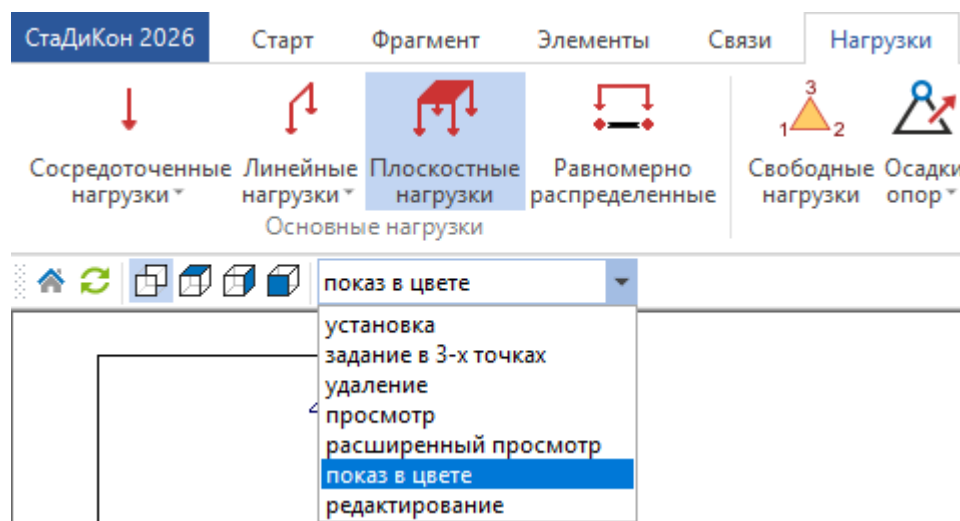


Получаем следующую конечно-элементную схему.

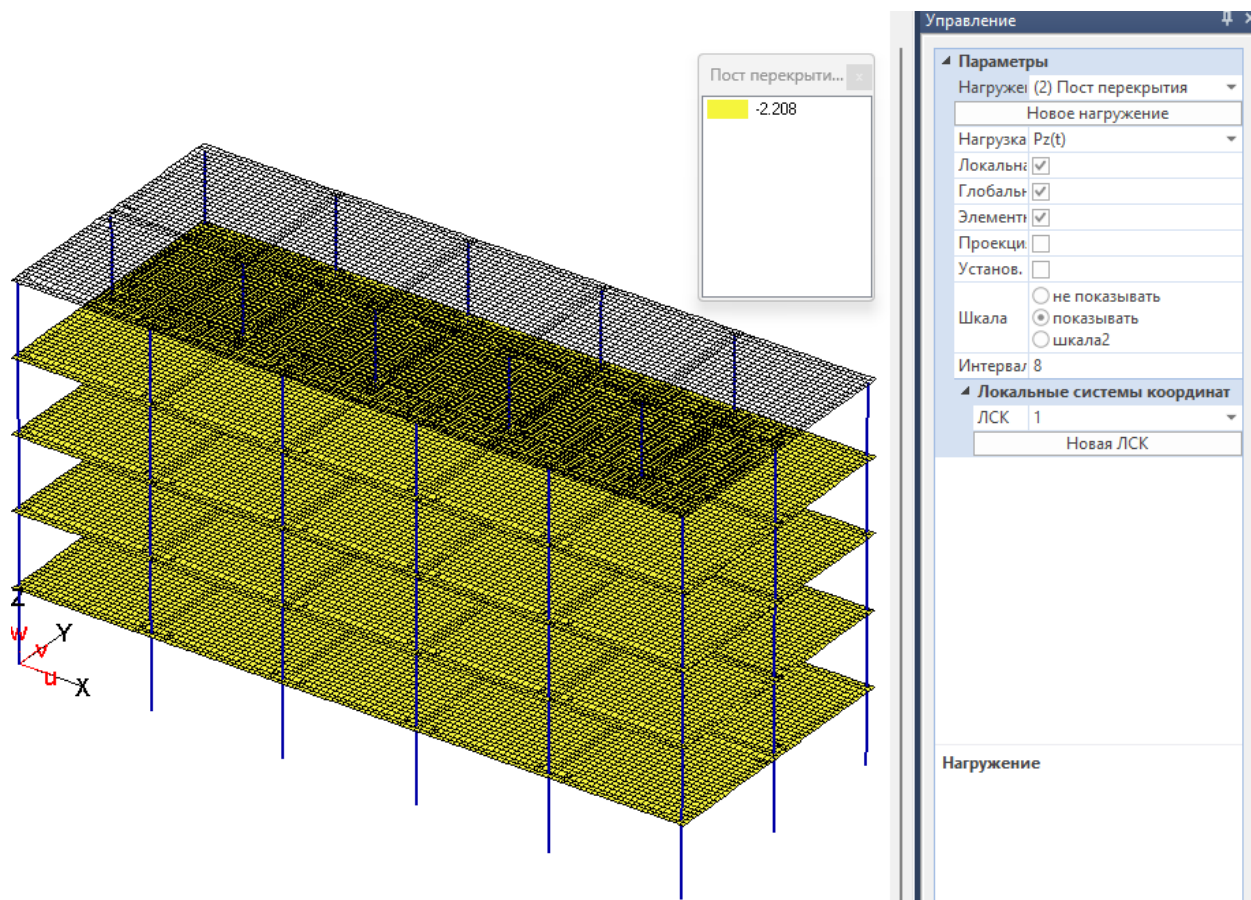


## 2.5. Редактирование FEA-проекта

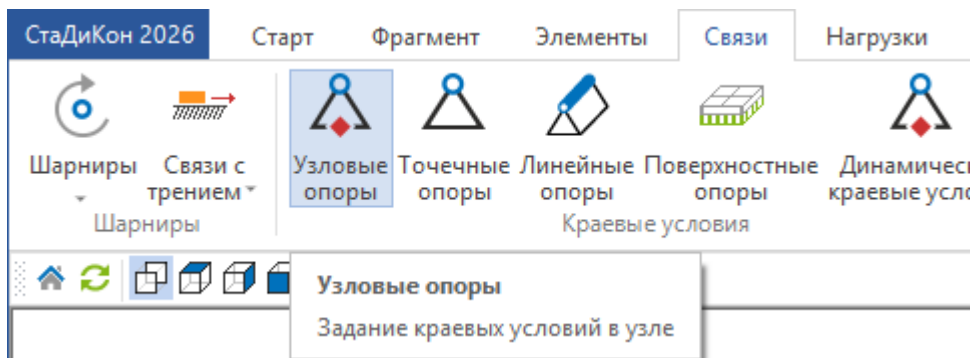
Проверим нагрузки. На вкладке «**Нагрузки**» выбираем «**Плоскостные нагрузки**» - «Показ в цвете».



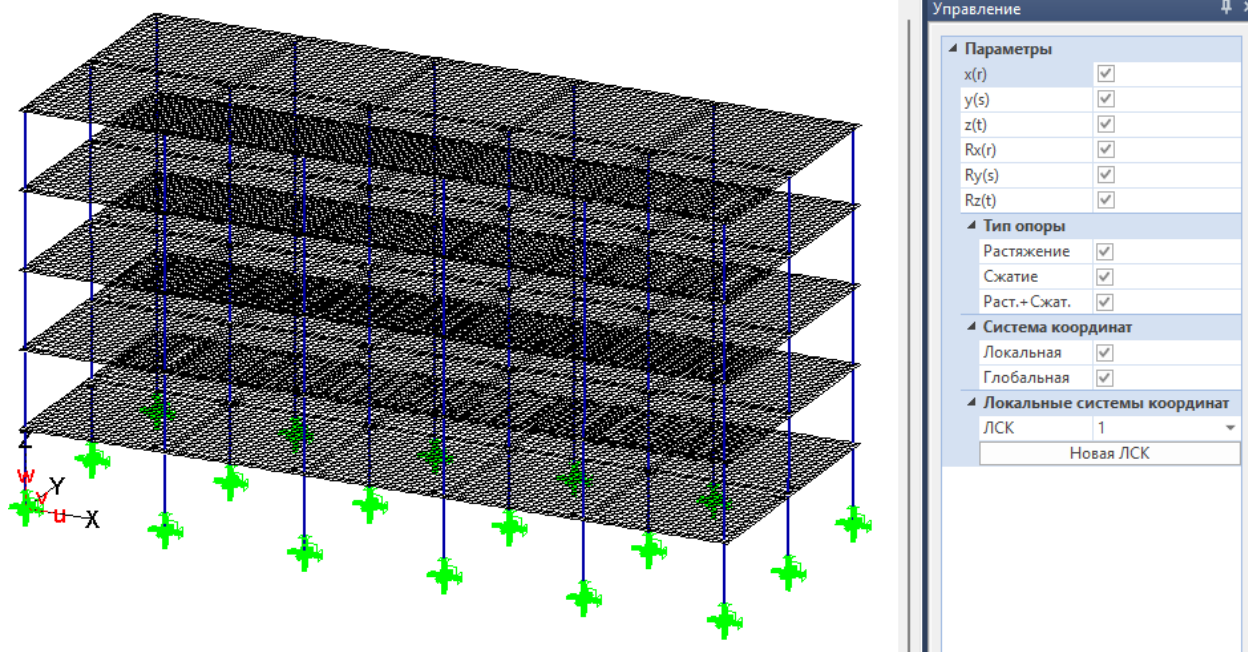
Выбрав показ нагрузки  $Pz(t)$  и установив отображение шкалы, можно просмотреть заданные нагрузки для каждого нагружения.



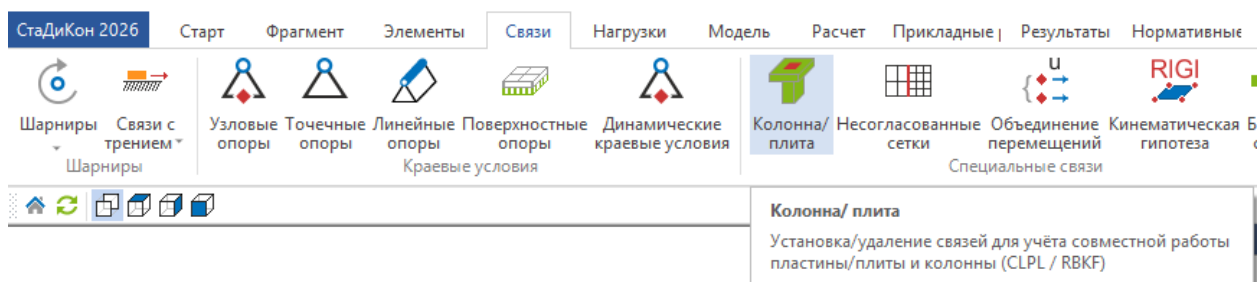
Переходим на вкладку «Связи» и выбираем «Узловые опоры».



Здесь можно проверить установленные связи. Если необходимо, то возможно также удалить существующие связи или установить новые.

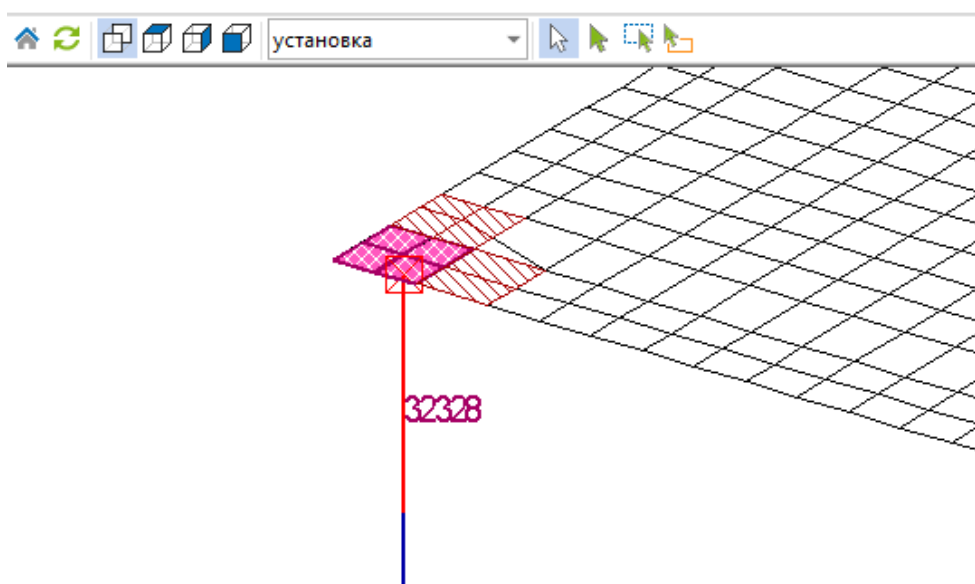


Также на вкладке «Связи» выберем «Колонна/плита».

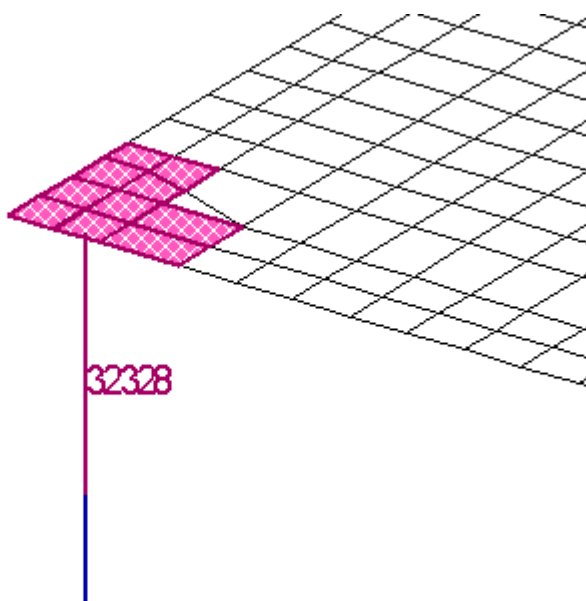


Здесь показаны автоматически установленные во время генерации связи для учёта совместной работы плиты и колонны. Но так как изначально в качестве угловых колонн были заданы колонны с прямоугольным сечением, а не уголковым, то необходимо отредактировать данные связи.

В пункте «установка» выбираем связь нажатием ЛКМ и добавляем в нее прилегающие элементы, соответствующие размерам сечения.

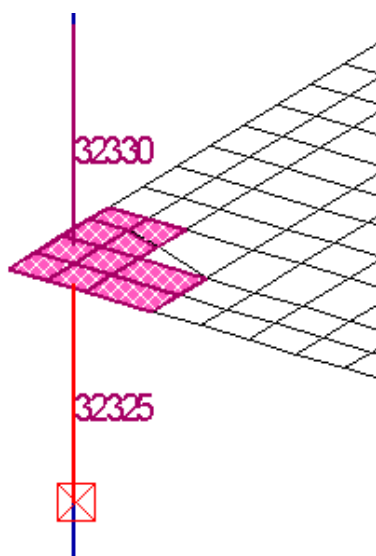


После выбора подтверждаем добавление элементов нажатием ПКМ.



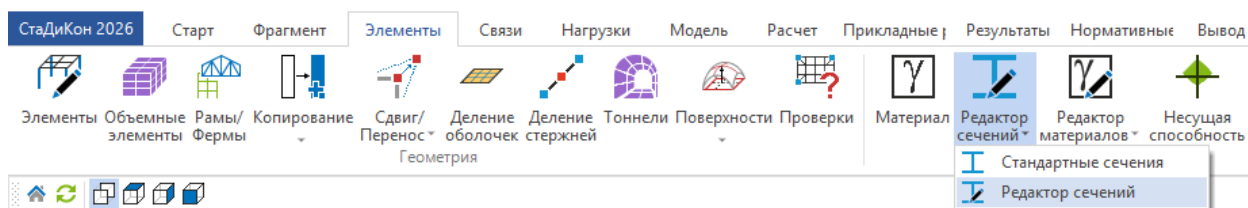
Еще раз нажимаем ПКМ для отмены выбора текущей связи после чего переходим к следующей.

В перекрытиях, где колонны примыкают с обеих сторон, важно отредактировать связи для обеих колонн (верхней и нижней).

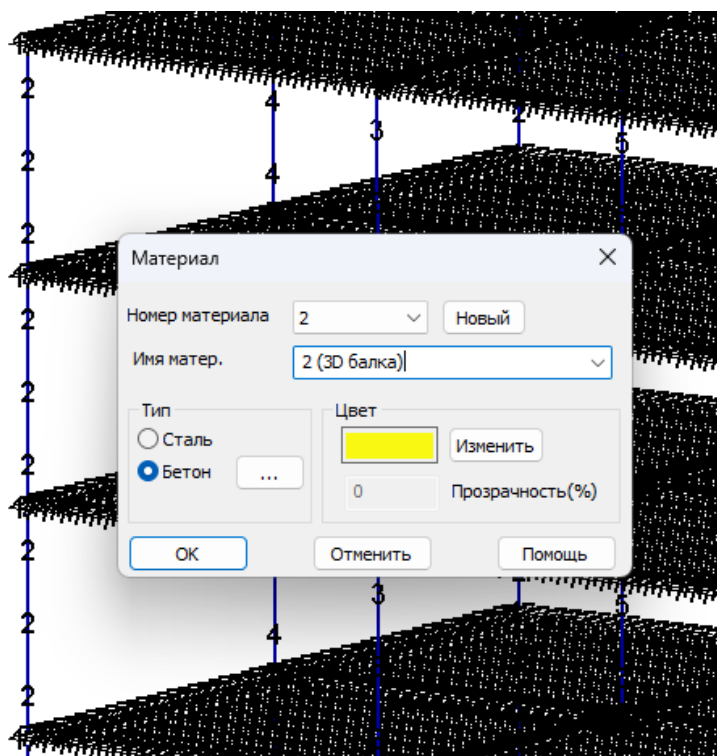


Подобным образом редактируем связи для всех угловых колонн.

Теперь зададим для данных колонн сечение уголка. Для этого переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «Редактор сечений» - «Редактор сечений».

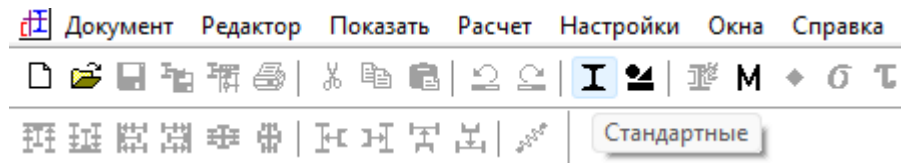


В данном примере угловые колонны имеют 2-ой номер материала, поэтому выбираем данный номер и жмем «OK».

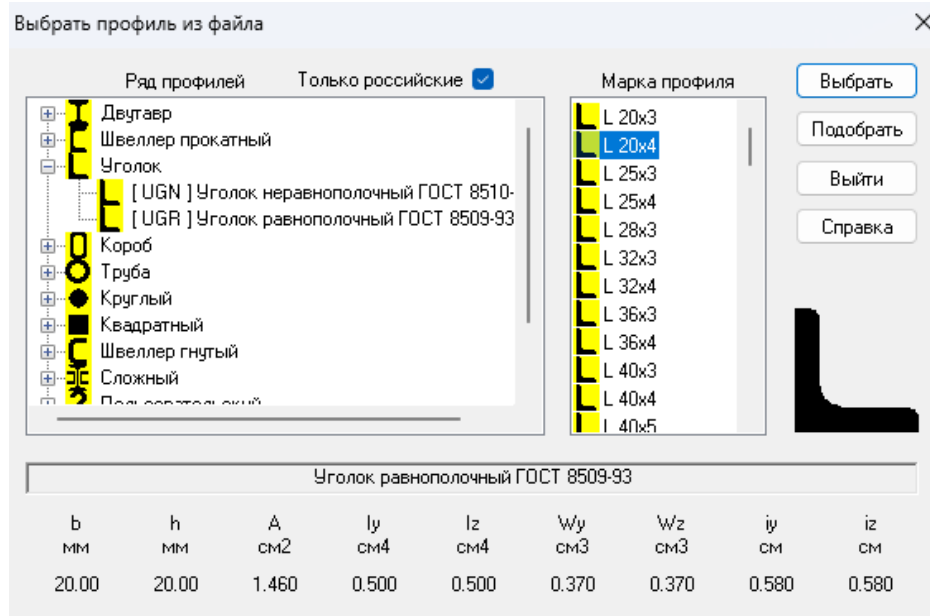


Таким способом переходим в редактор сечений ProfilMaker.

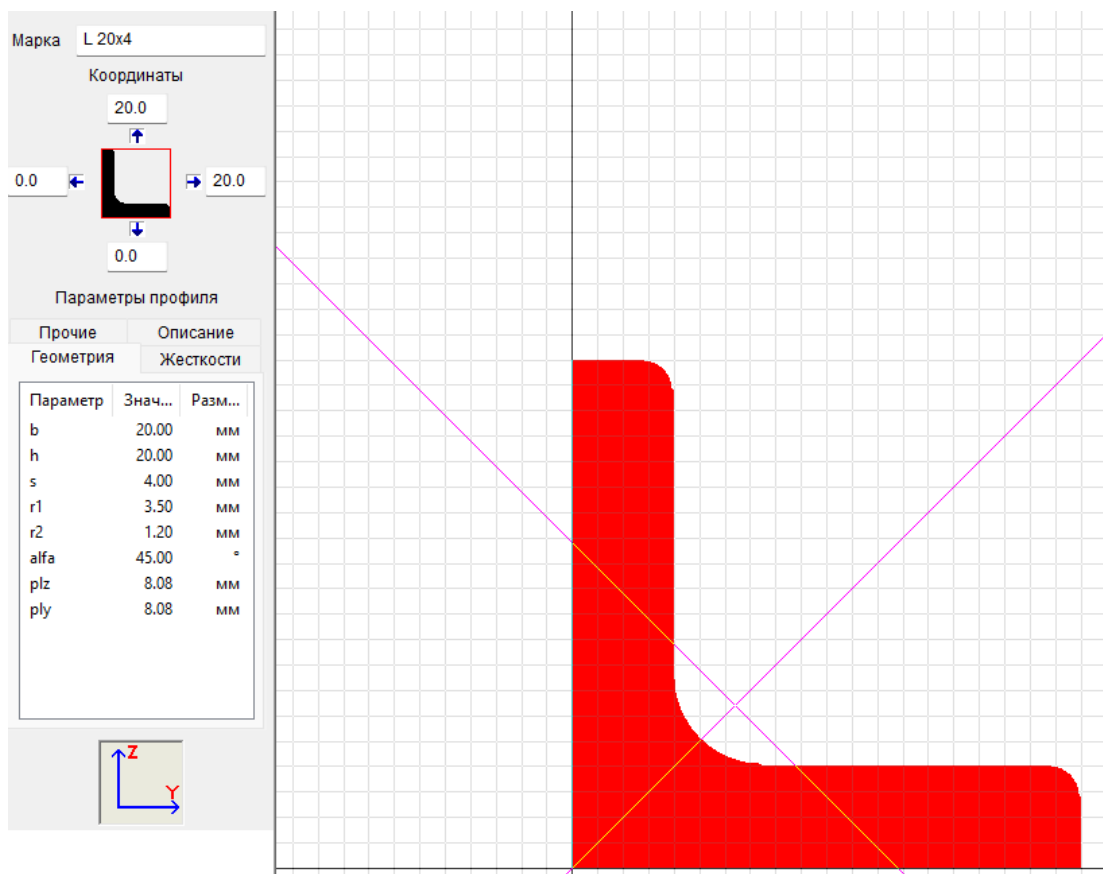
Открываем список стандартных сечений.



Выбираем какой-нибудь равнополочный уголок и нажимаем «Выбрать».

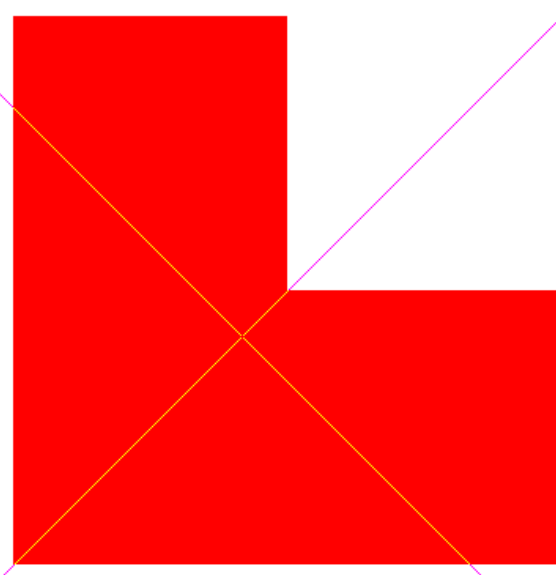
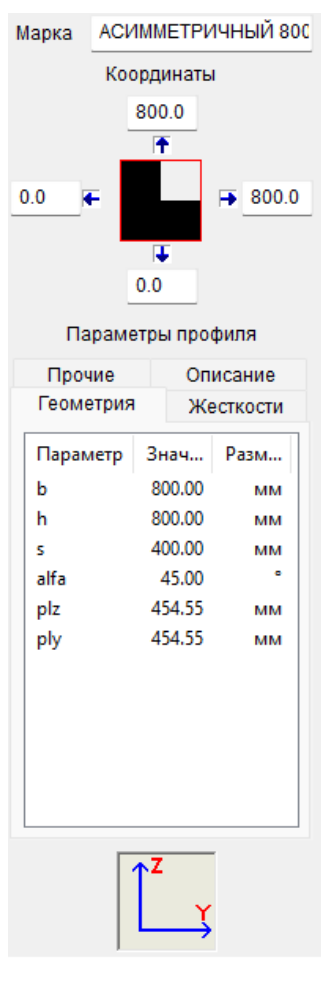


Слева переключаемся на вкладку «Геометрия».

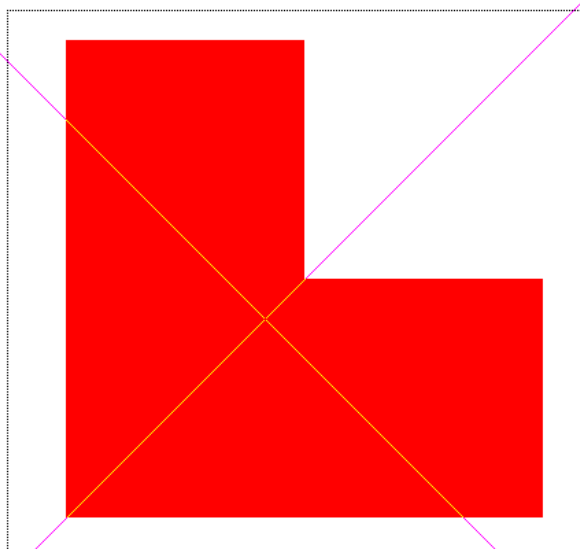


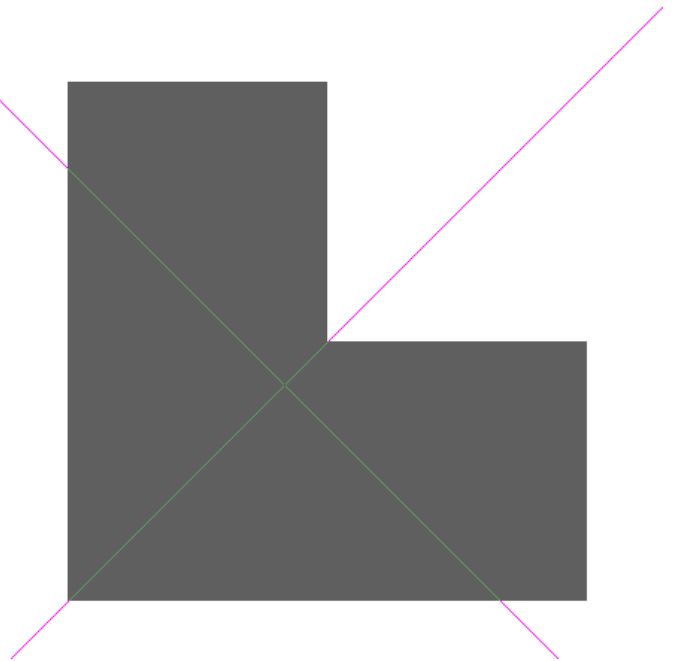
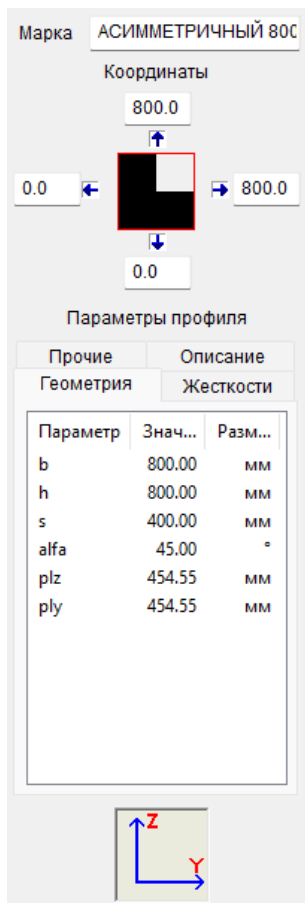
Устанавливаем следующие значения  $b$ ,  $h$ ,  $s$ . Исчезнувшие параметры  $r1$  и  $r2$  равны

0.

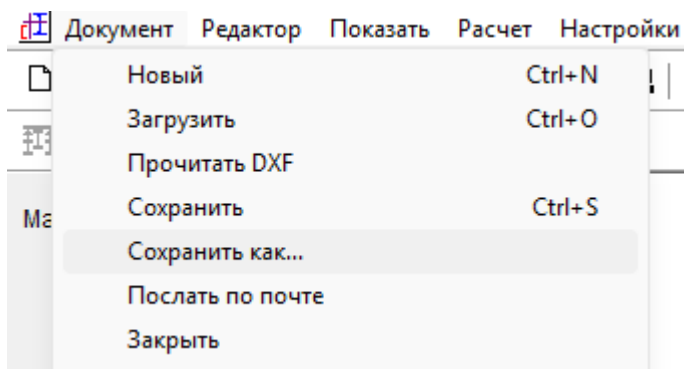


Далее боксом выбираем сечение, чтобы оно стало серым.

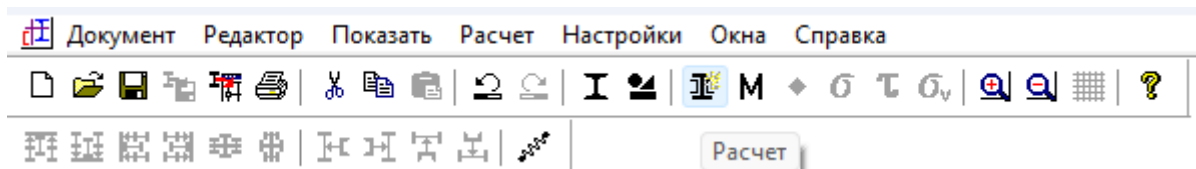




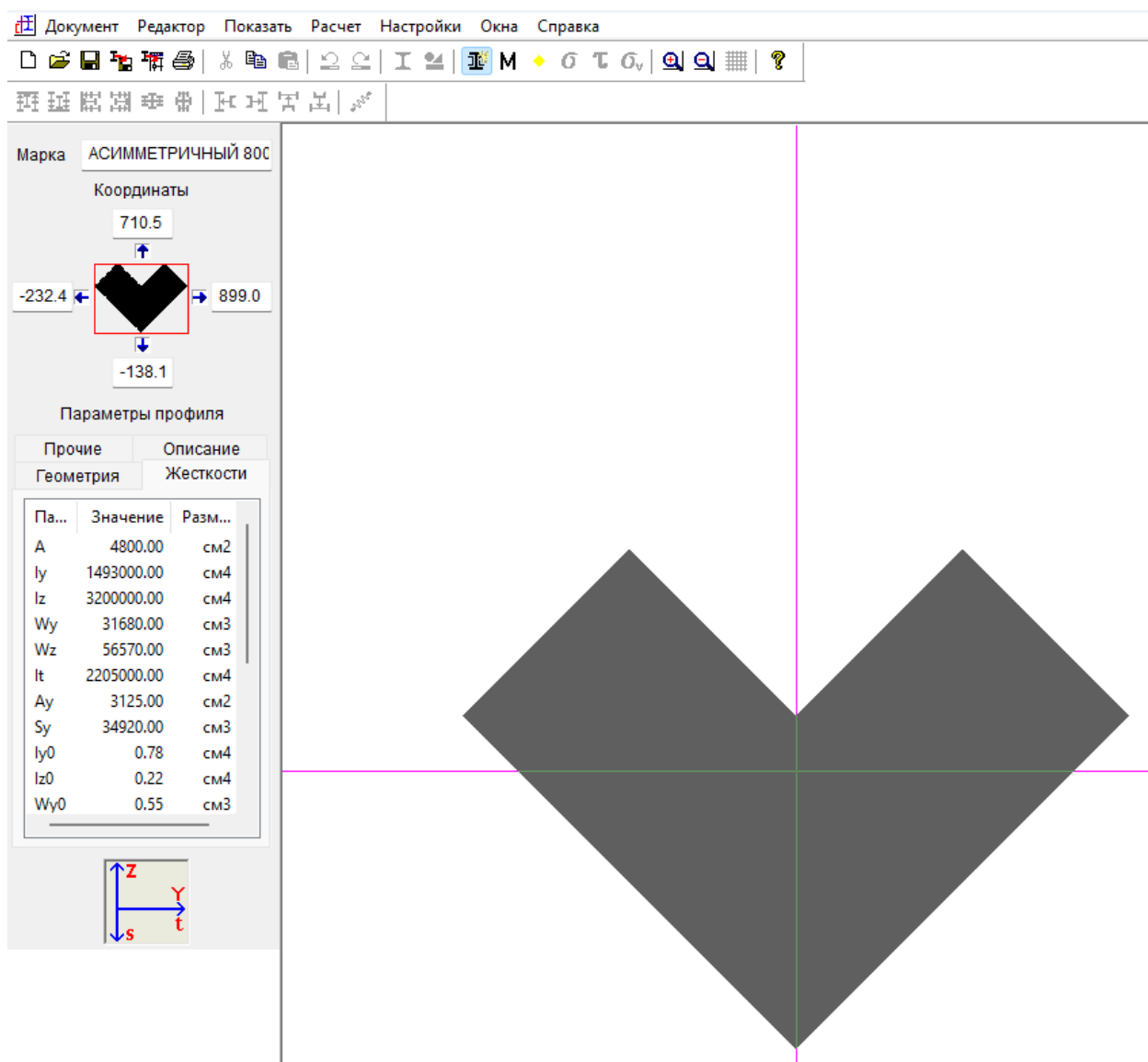
Во вкладке «Документ» сохраните данное сечение выбрав «Сохранить как...».



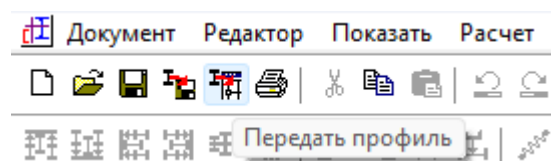
Теперь выбираем на панели кнопку «Расчет».



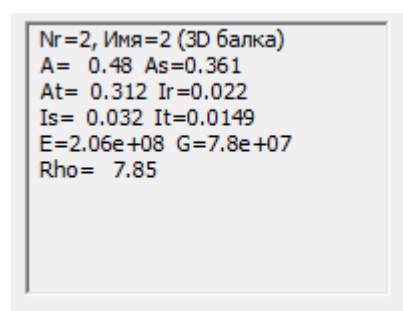
Программа автоматически рассчитает характеристики сечения, указанные на вкладке «Жесткости».



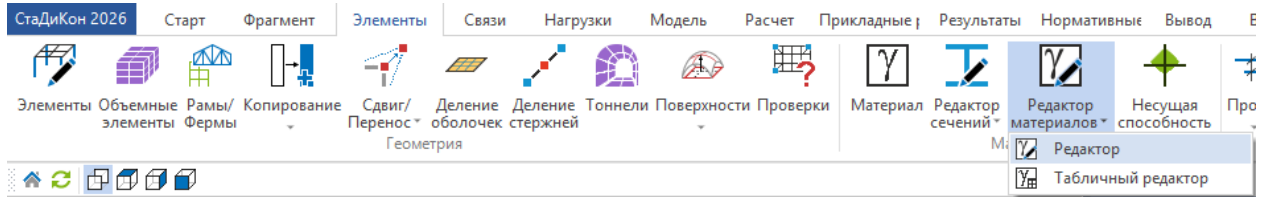
И после этого выбираем опцию «Передать профиль».



Данные характеристики были переданы в FEA-проект для выбранного изначально материала.



На вкладке «Элементы» выбираем «Редактор материалов» - «Редактор».



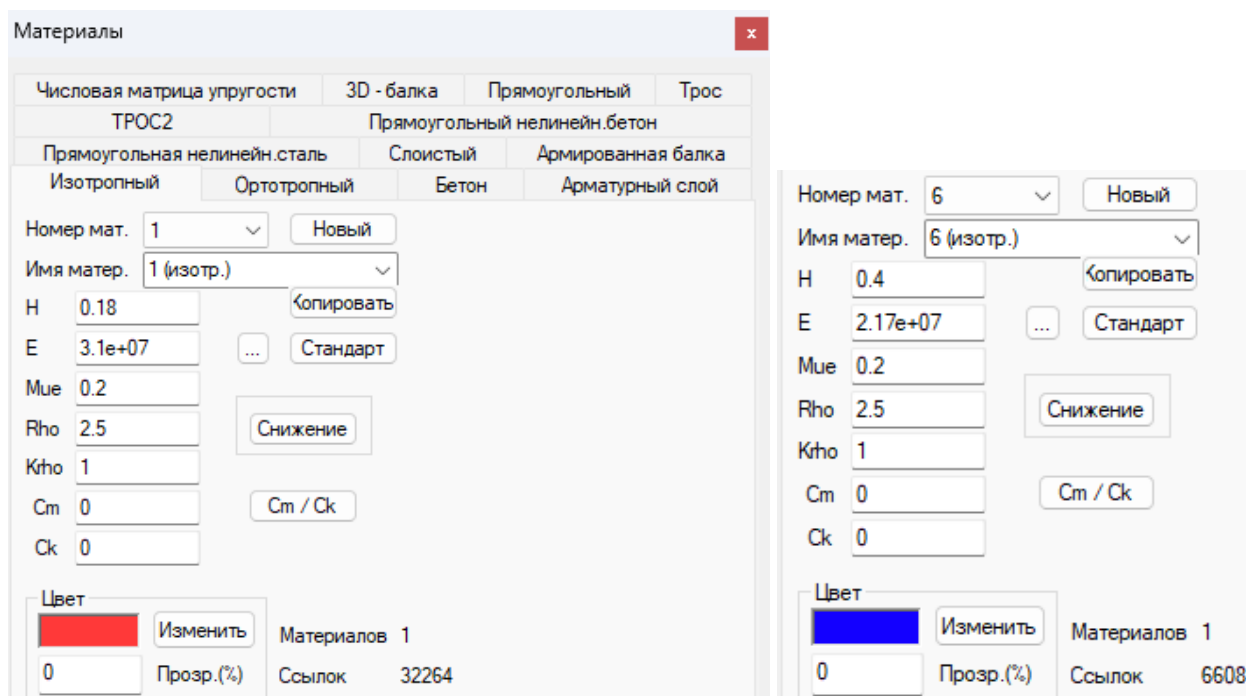
Выбрав вкладку «3D - балка» видим использующиеся материалы для стержневых элементов, и в том числе только что отредактированный материал номер 2. Для 2-го материала также могли перенестись неверные значения модуля упругости и плотности, поэтому редактируем их аналогично остальным материалам.

Ниже показаны четыре используемых материала для 3D балок.

The image displays four separate screenshots of the 'Материалы' (Materials) dialog box, arranged in a 2x2 grid. Each dialog shows the configuration for a specific material used for 3D beams. The materials are numbered 2, 3, 4, and 5. Each dialog includes fields for material number, name, and various physical properties such as A, As, At, Ir, Is, It, E, G, Rho, kA, klr, kls, klt, Krho, Cm, Ck, and dy. The 'Проф.' (Profile) field is also visible, with values like 'L UGR АСИММЕТРИЧНЫ', 'Прям.1250x400', 'Прям.400x1250', and 'Прям.500x500'. A 'Цвет' (Color) field with a color selection button and an 'Изменить' (Change) button is present in each dialog. The 'Ссылка' (Link) field at the bottom of each dialog shows values 60, 120, 30, and 60 respectively.

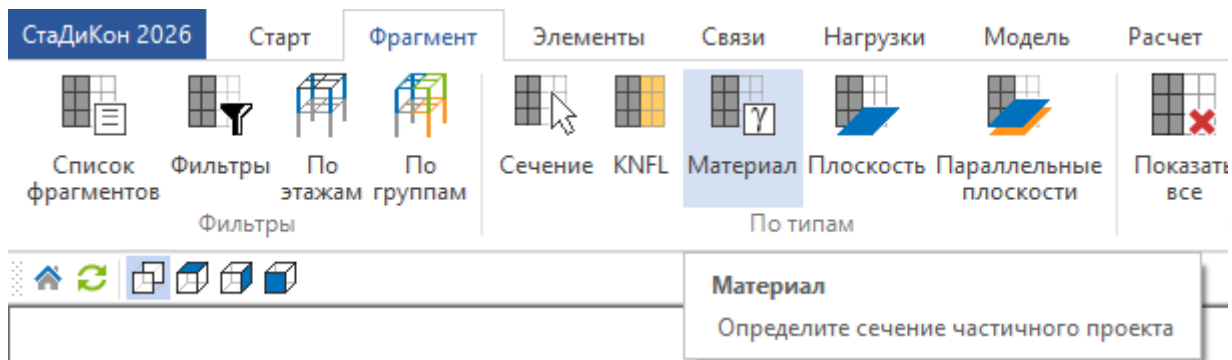
Теперь переключимся в данном редакторе на вкладку «Изотропный».

Здесь также может понадобиться подправить некоторые характеристики для используемых двух изотропных материалов.

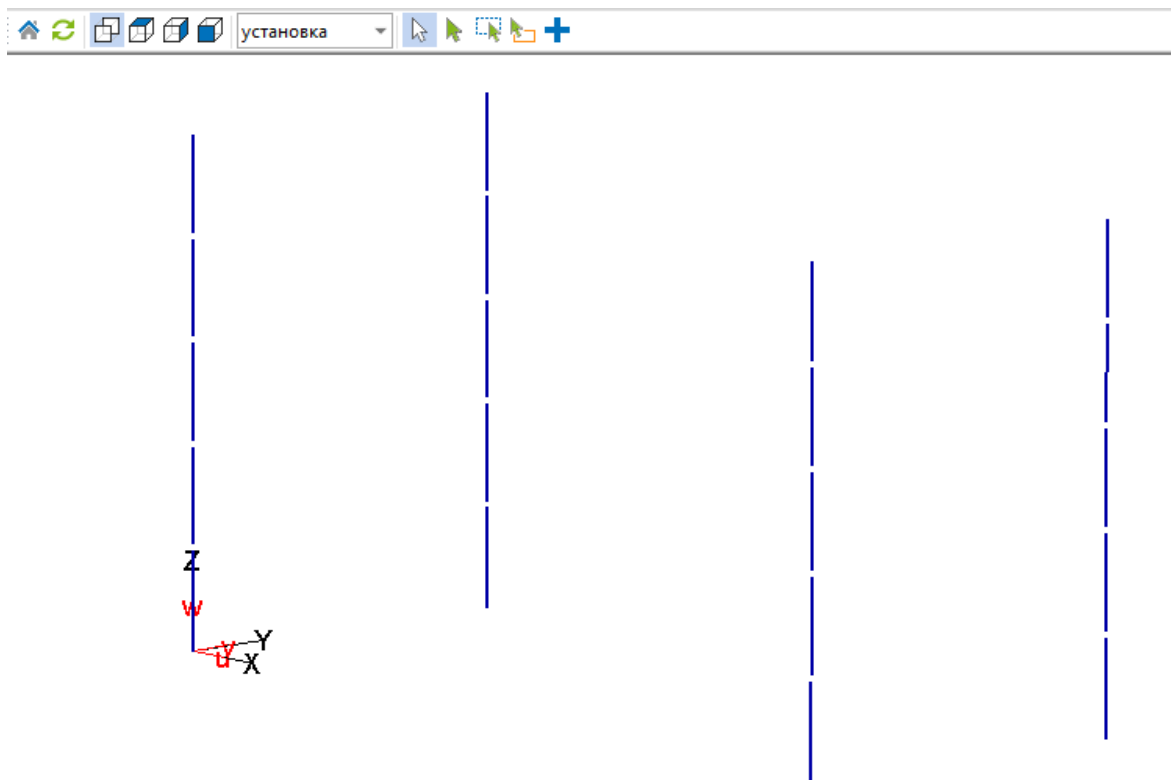


Теперь для правильного позиционирования сечения уголков необходимо повернуть локальные оси угловых колонн и также задать эксцентриситеты.

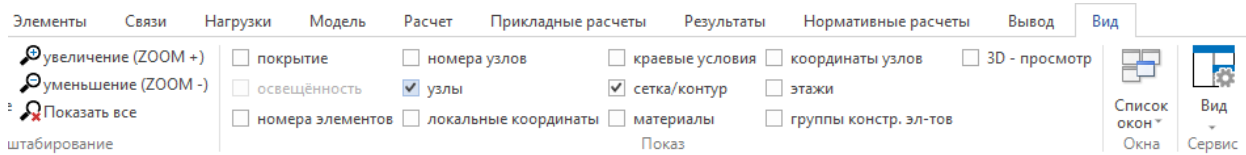
Для отдельного выбора угловых колонн перейдем на вкладку «Фрагмент» и выберем «Материал».



После нажимаем на одну из угловых колонн. Так как для них задан одинаковый материал, то останутся только угловые колонны.



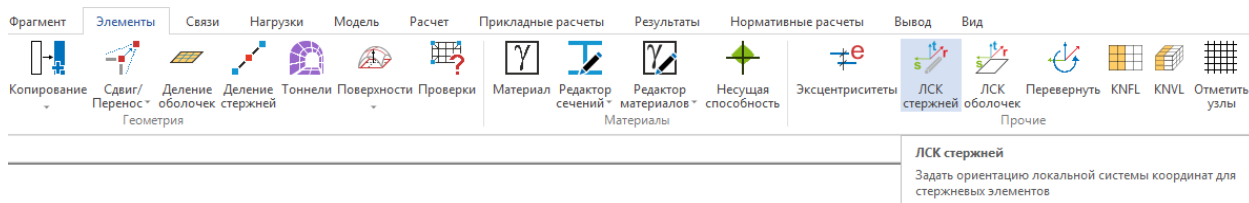
После перейдем на вкладку «Вид» и включим показ «узлы».



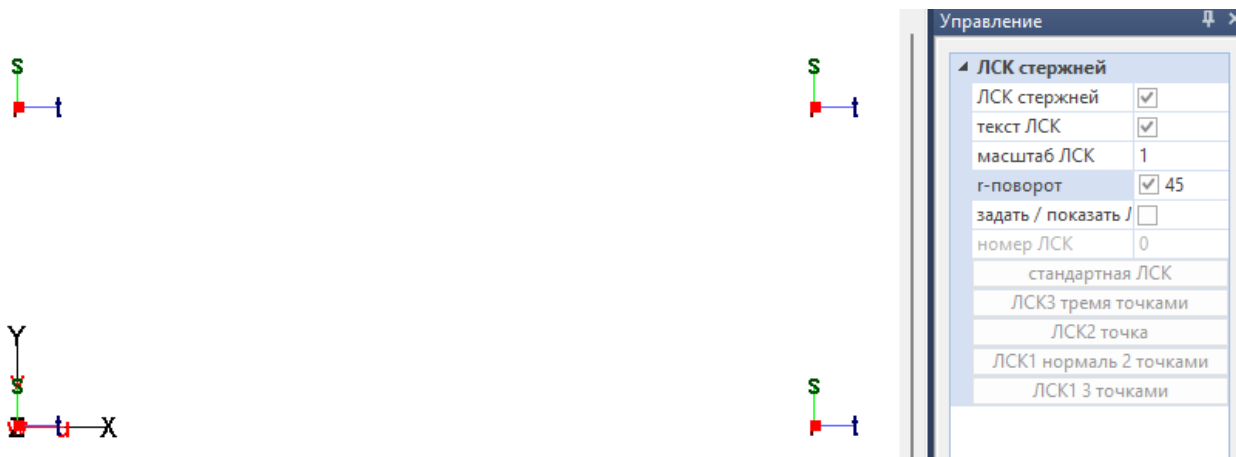
Теперь при выборе проекции XY будет удобно настраивать оси стержней.



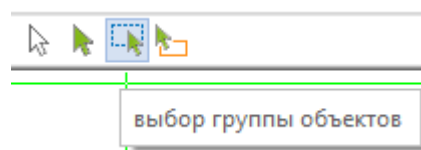
Переходим на вкладку «Элементы» и выбираем «ЛСК стержней».



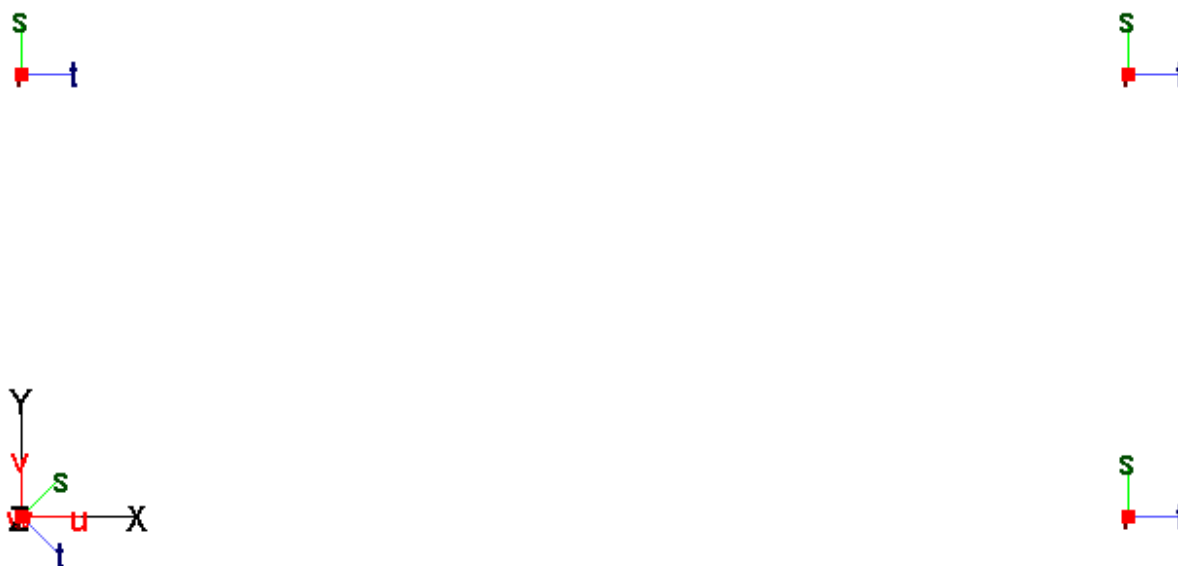
Включаем показ «ЛСК стержней» и устанавливаем « $\gamma$ -поворот = 45».



После включаем выбор группы объектов.

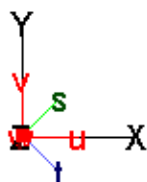


И поворачиваем ЛСК левых нижних колонн в начале координат на 45 градусов.



После, аналогичным образом поворачиваем ЛСК левых верхних колонн на 135 градусов, ЛСК правых верхних колонн на 225 градусов и ЛСК правых нижних колонн на 315 градусов.

Итого ЛСК выглядят следующим образом.



Теперь необходимо сдвинуть главные оси сечения. ProfilMaker рассчитал координаты главных осей, поэтому нам необходимо их сдвинуть на 133.33 мм.

Координаты

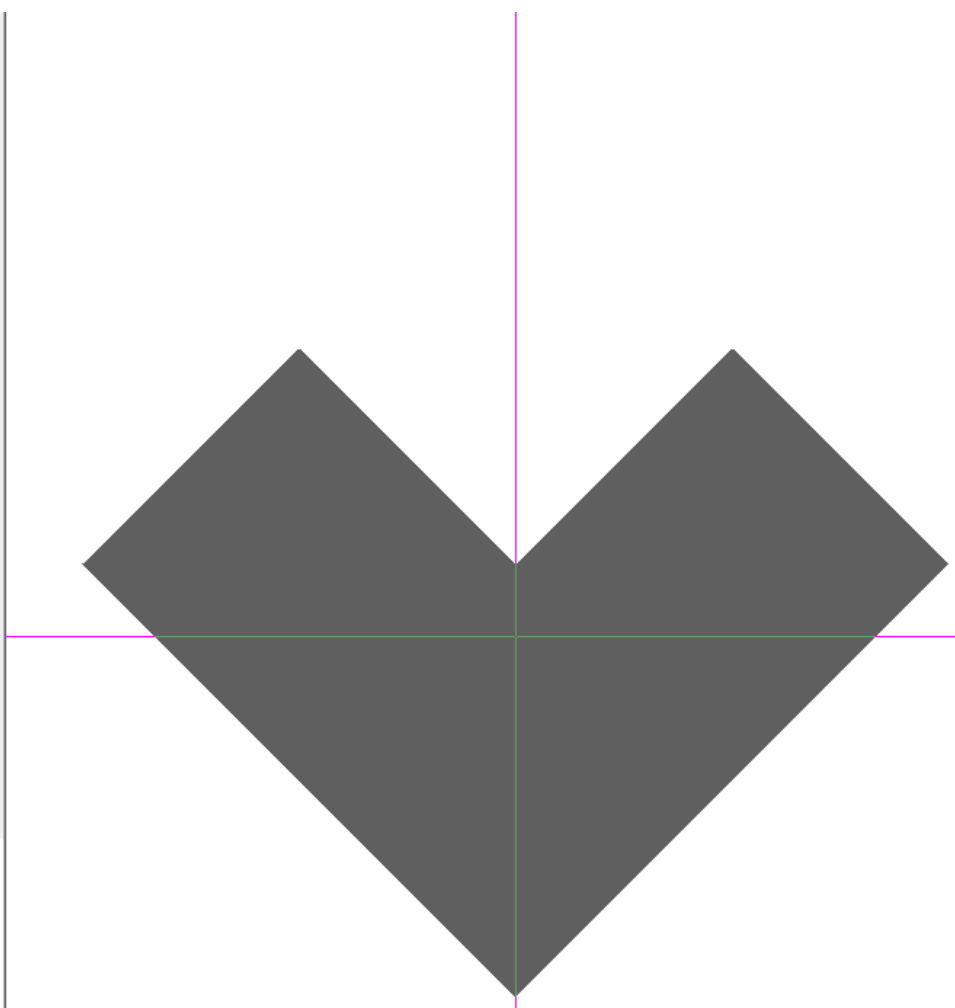
710.5

-232.4 899.0

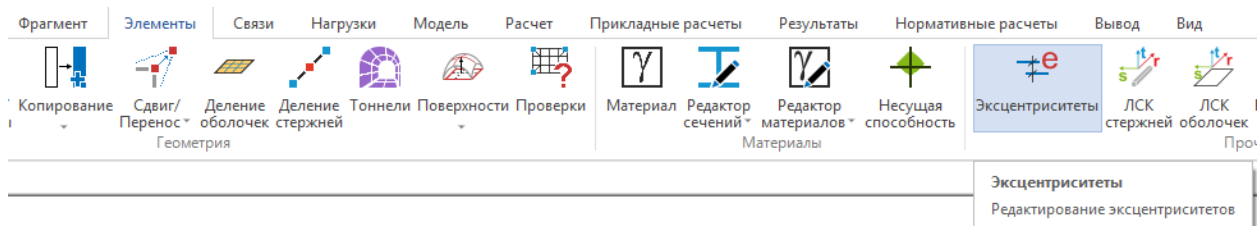
-138.1

Параметры профиля

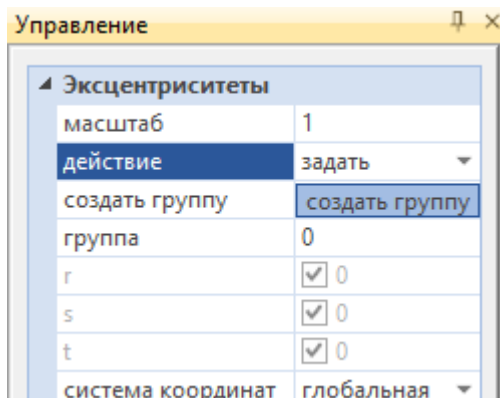
Прочие		Описание	
Геометрия		Жесткости	
Параметр	Знач...	Разм...	
b	1131.37	мм	
h	848.53	мм	
s	400.00	мм	
plz	333.33	мм	
ply	333.33	мм	
teta	45.00	°	



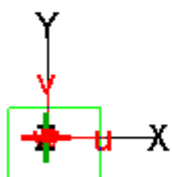
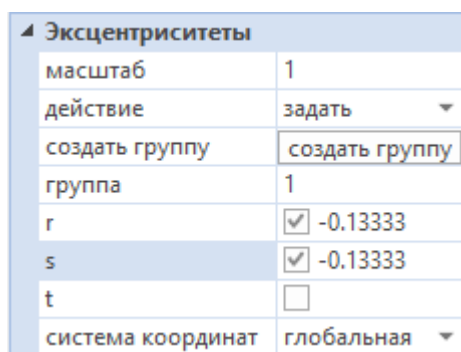
Для этого на вкладке «Элементы» выбираем «Эксцентриситеты».



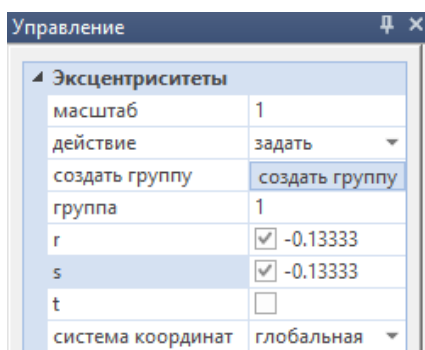
В окне «Управление» устанавливаем «действие - задать» и нажимаем «создать группу».



В данном случае размеры в метрах, поэтому задаем значения для  $r$  и  $s$  (координаты  $x$  и  $y$  соответственно) равные «-0.13333» для левых нижних колонн.



После установки снова нажимаем «создать группу».

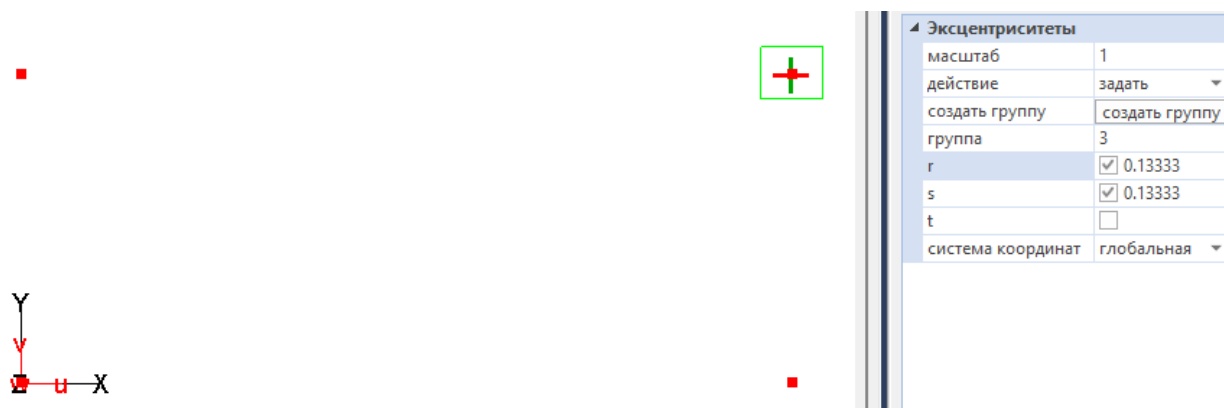


И редактируем значения для установки на левые верхние колонны.

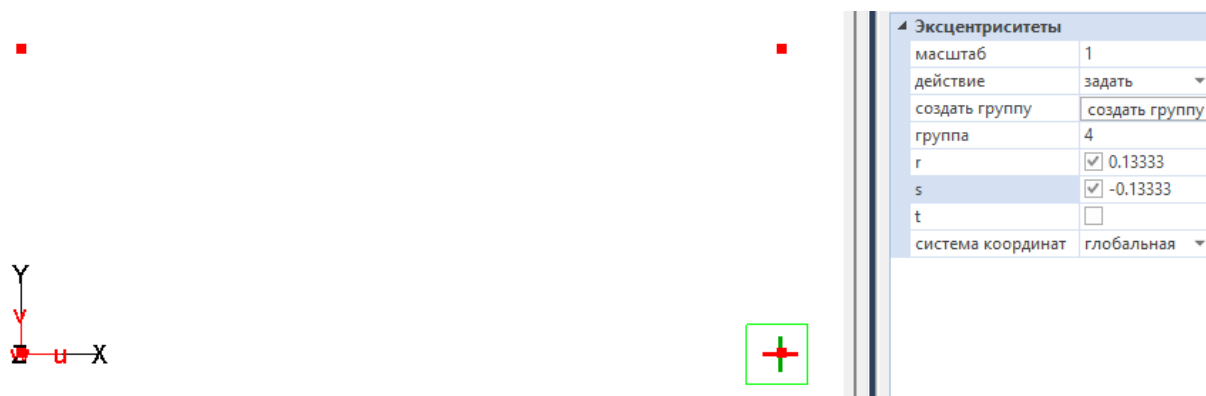


Подобным образом создаем 4 группы для каждой угловых колонн и задаем им эксцентриситеты.

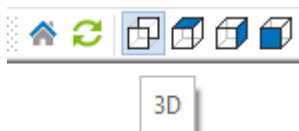
Экцентриситеты для правых верхних колонн:



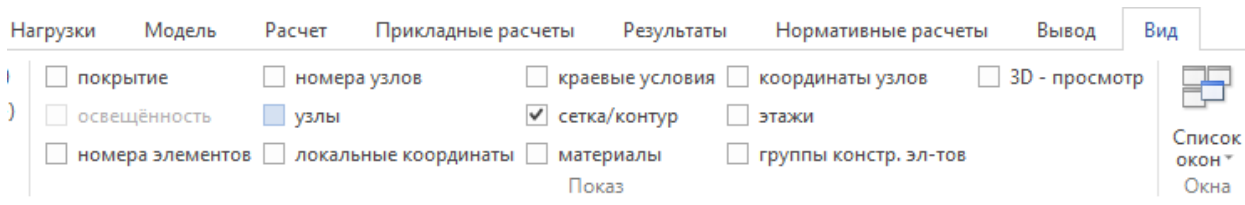
Экцентриситеты для правых нижних колонн:



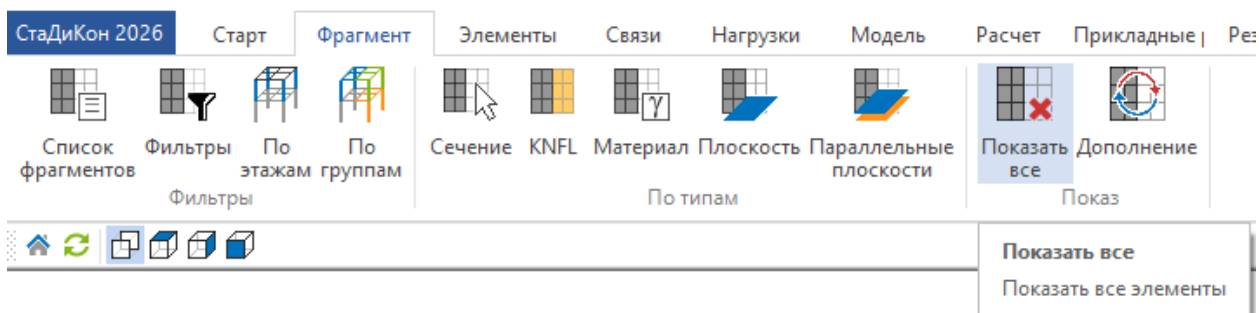
Возвращаем 3D вид.



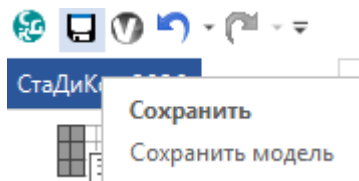
И убираем показ узлов.



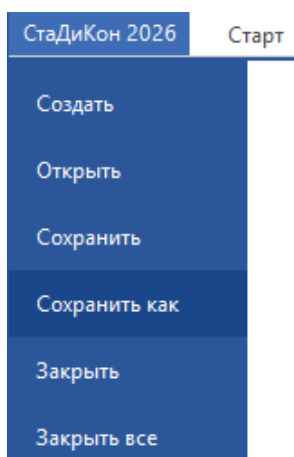
Для отображения всей модели на вкладке «Фрагмент» выбираем «Показать все».



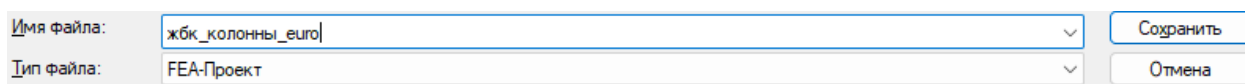
Сохраним данную схему.



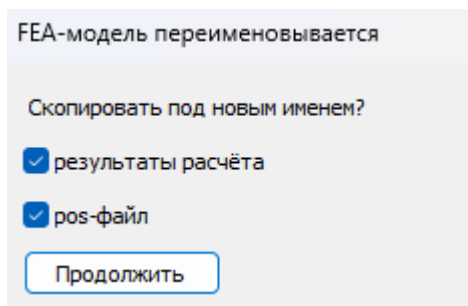
Оставим ее в качестве исходника. А работать продолжим в копии схемы. На вкладке «СтаДиКон» выберем «Сохранить как».



Сохраним под другим именем. В данном случае с приставкой «euro», так как далее будет выполняться расчет по нормам Еврокода.

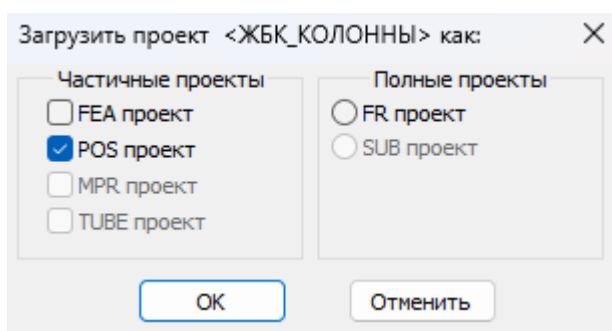


Также соглашаемся с копированием.

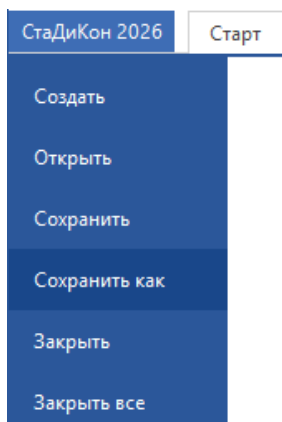


### 3. Позиционный 3D POS-проект с использованием стен

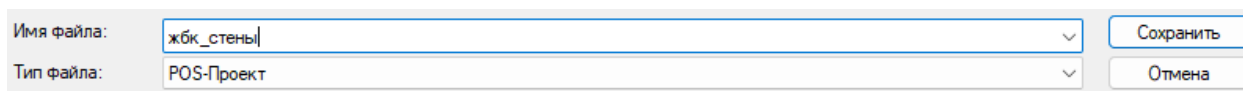
Для создания модели с использованием стен воспользуемся предыдущим POS-проектом. Открываем POS-проект с колоннами.



И сделаем его копию с другим именем, используя «Сохранить как».

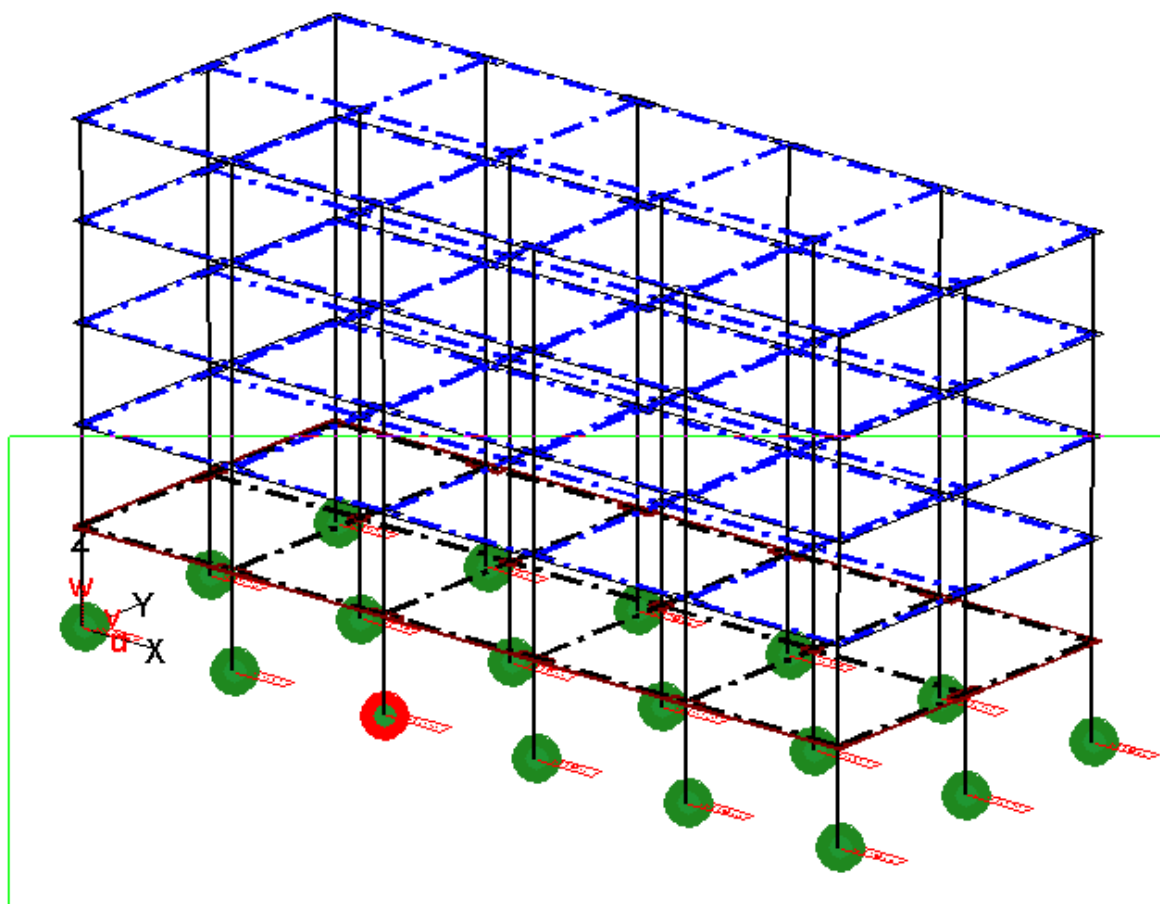
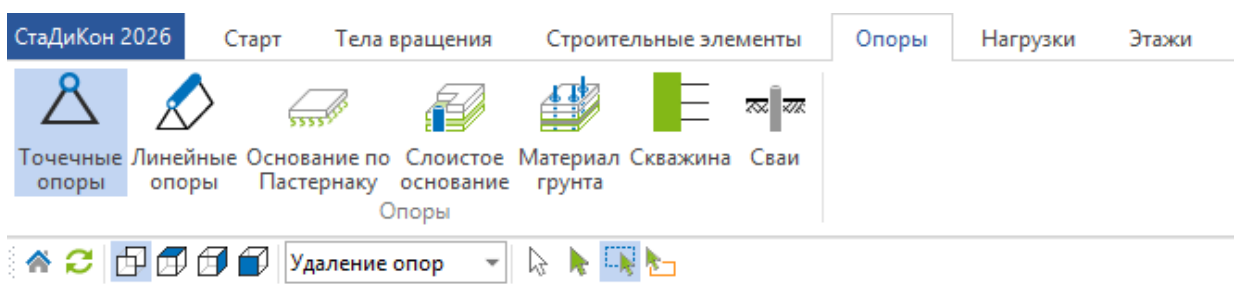


Сохраняем новый POS-проект.

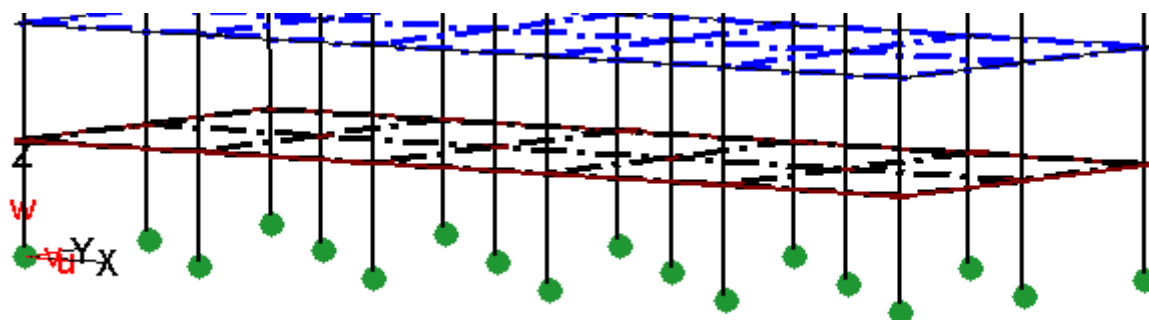


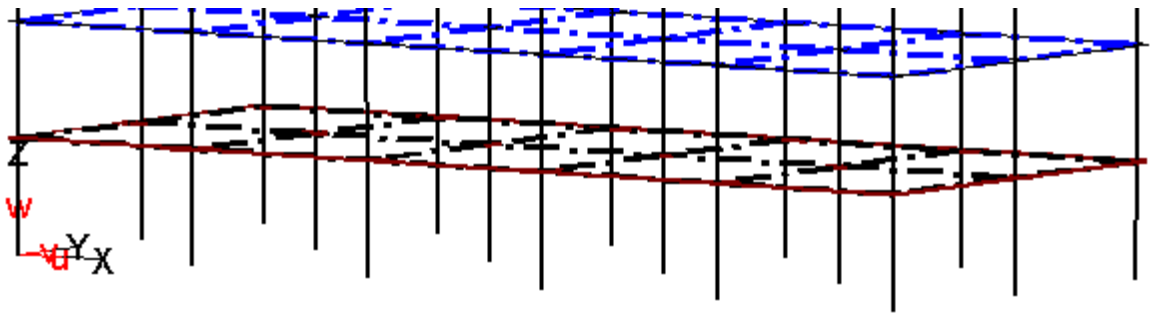
Удалим созданные ранее колонны и опоры.

На вкладке «**Опоры**» выбираем «**Точечные опоры**» - «*Удаление опор*». После групповым выбором удаляем все опоры.

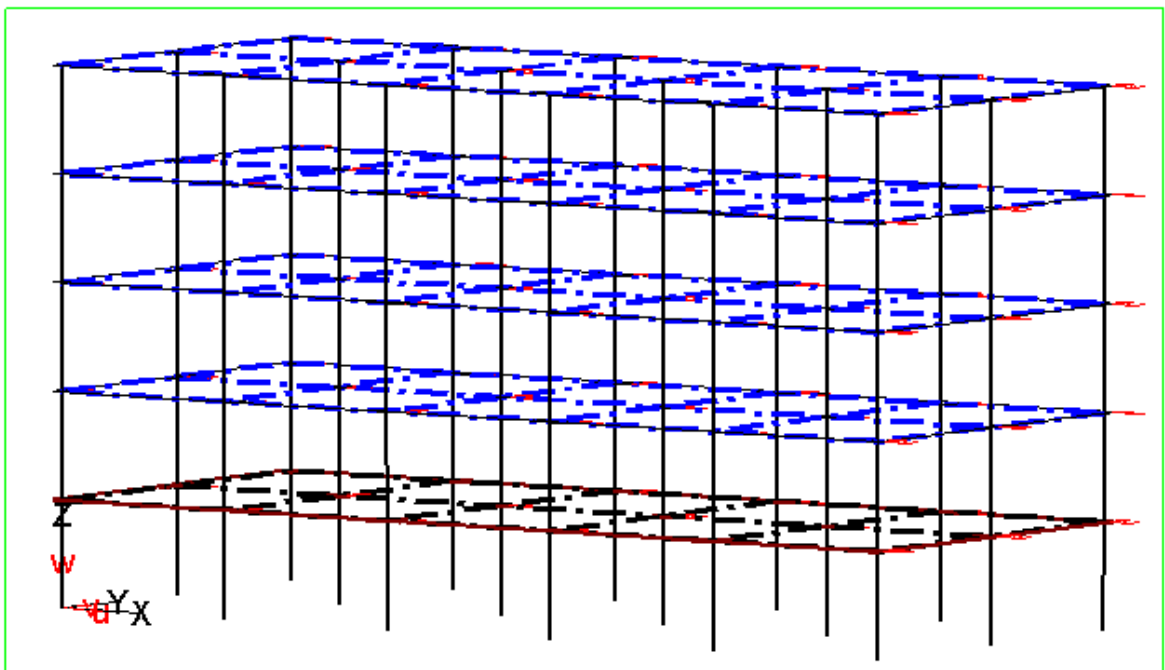
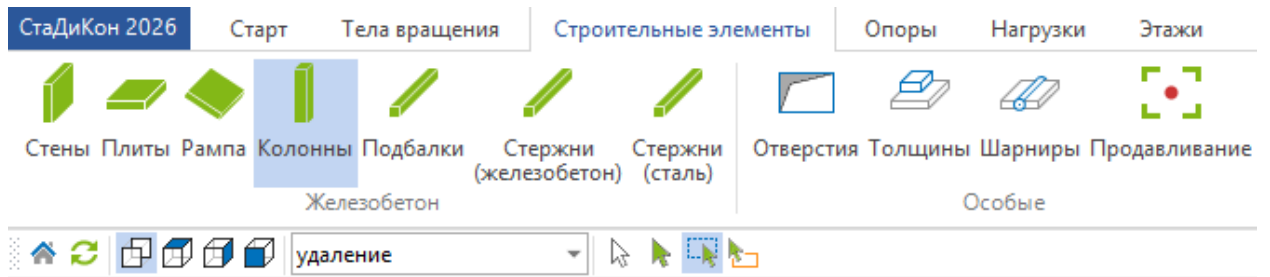


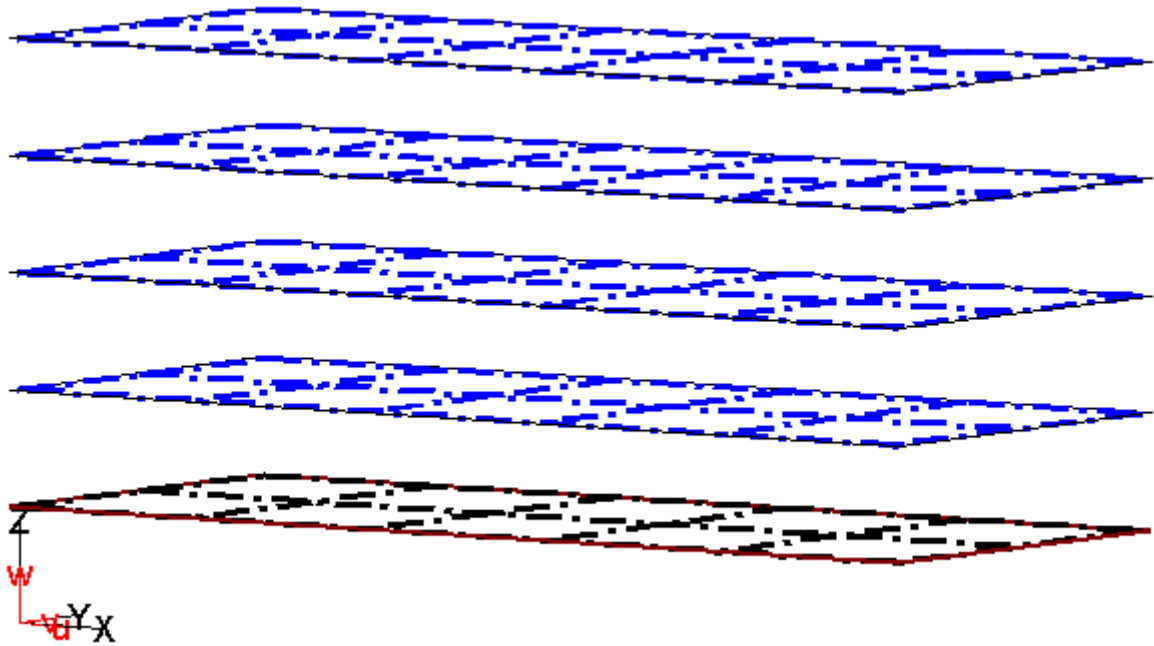
Если после удаления осталось отображение опор, то можно сохранить модель и открыть по новой. Тогда лишнее отображение исчезнет.



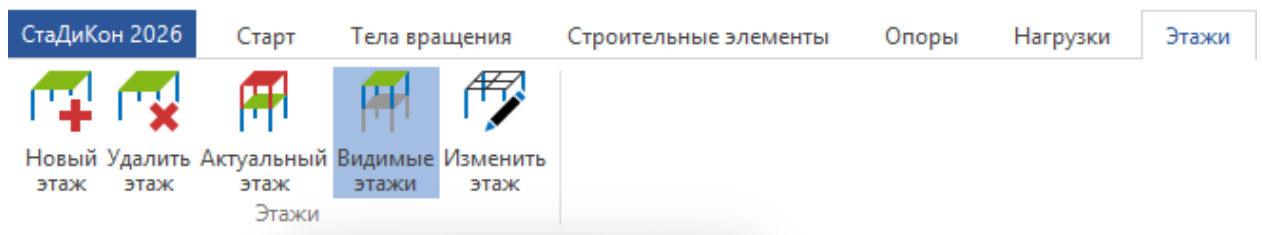


Теперь переходим на вкладку «**Строительные элементы**» и выбираем «**Колонны**» - «удаление». Групповым выбором удаляем все колонны.

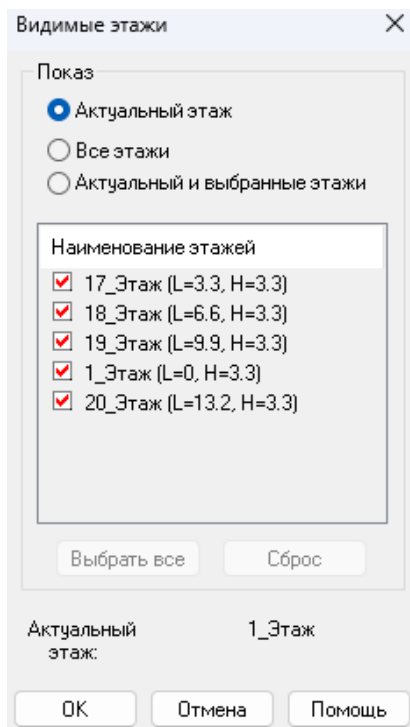




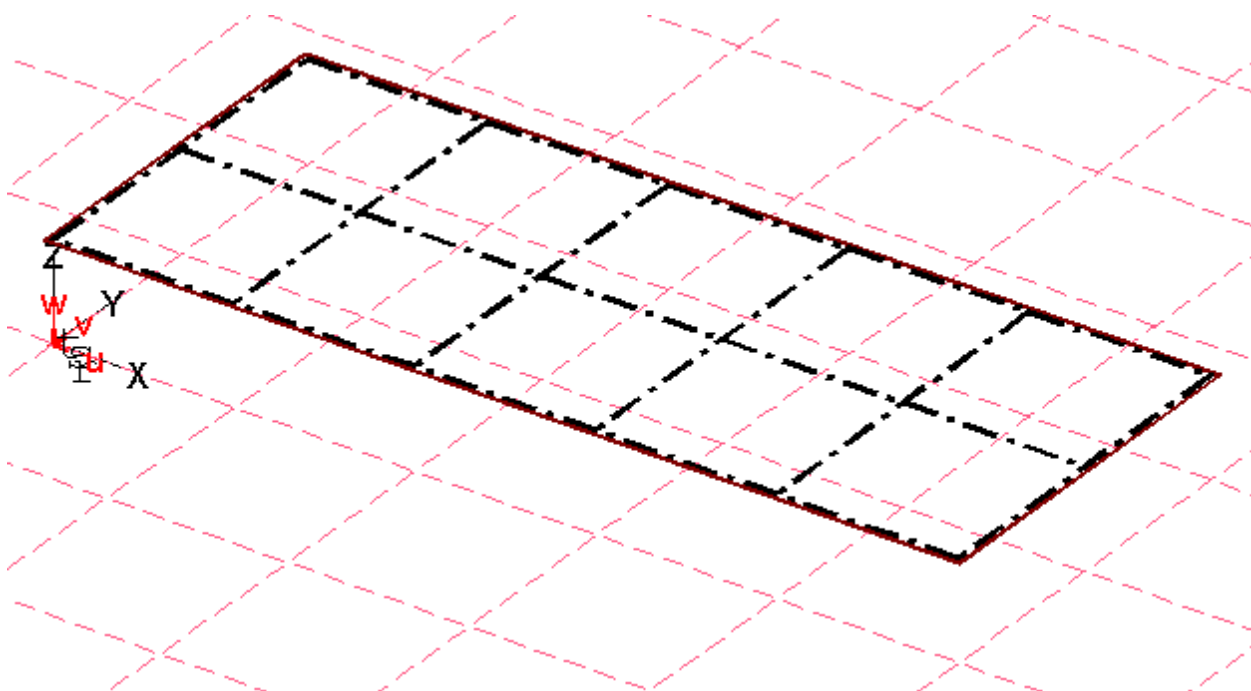
Чтобы временно убрать лишние этажи оставим отображение только первого актуального этажа. Перейдем на вкладку «**Этажи**» и выберем «**Видимые этажи**».



Выберем показ «*Актуальный этаж*» (из-за множественных редактирований в данном примере изменены названия 2, 3, 4 и 5 этажей на 17, 18, 19 и 20 соответственно).

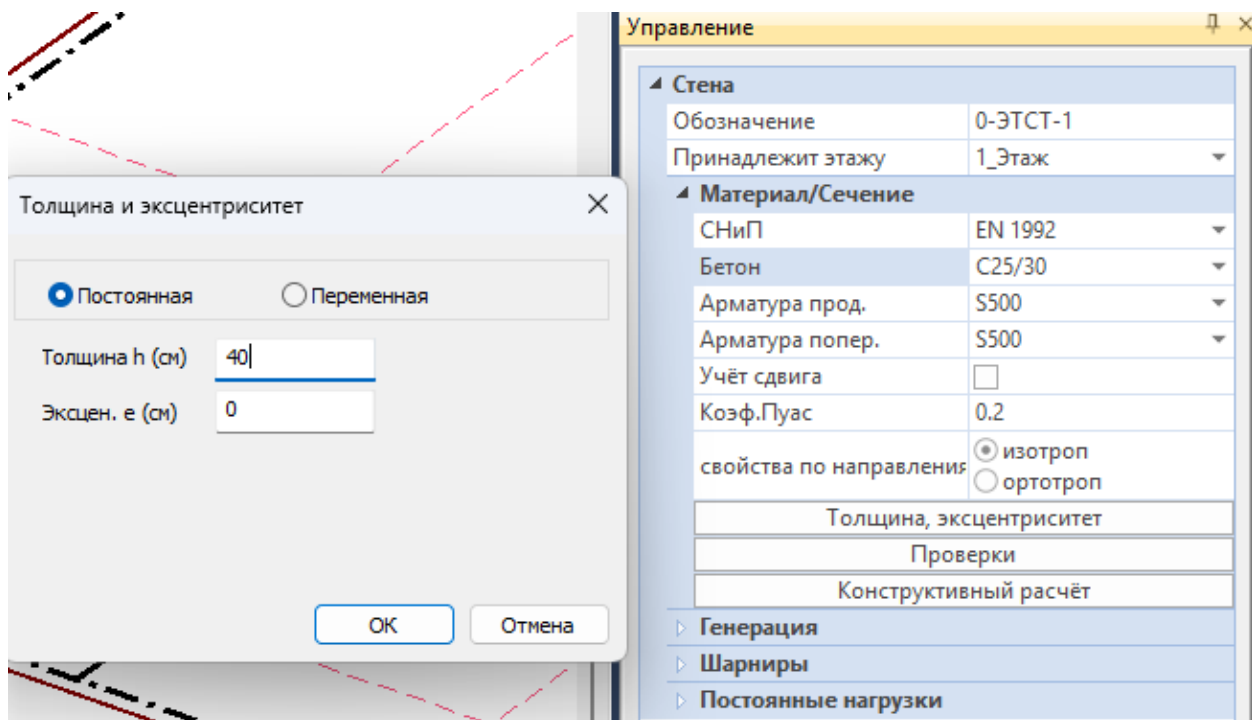


Включив созданный изначально растр на клавишу «Пробел», получаем следующий вид.



Переходим на вкладку «Строительные элементы», выбираем «Стены» - «Установка стен».

Устанавливаем следующие параметры и толщину равную 40 см для стен по периметру.



**Управление**

▲ Стена	
Обозначение	0-ЭТСТ-1
Принадлежит этажу	1_Этаж
▲ Материал/Сечение	
СНиП	EN 1992
Бетон	C25/30
Арматура прод.	S500
Арматура попер.	S500
Учёт сдвига	<input type="checkbox"/>
Козф.Пуас	0.2
свойства по направлению	<input checked="" type="radio"/> изотроп <input type="radio"/> ортотроп
Толщина, эксцентриситет	
Проверки	
Конструктивный расчёт	
▶ Генерация	
▶ Шарниры	
▶ Постоянные нагрузки	

**Толщина и эксцентриситет**

Постоянная     Переменная

Толщина h (см)

Эксцен. e (см)

OK    Отмена

Также выбрав «Конструктивный расчёт» устанавливаем галочку «Пилон».

Толщина, эксцентриситет
Проверки
<b>Конструктивный расчёт</b>
Генерация
Шарниры
Постоянные нагрузки

Конструктивный расчёт ✕

Толщина защитного слоя арматуры(см)



hso :

hsu :

hro :

hru :

Диаметр стержней арматуры(мм)

Верхняя по оси r :

Нижняя по оси r :

Верхняя по оси s :

Нижняя по оси s :

поперечная :

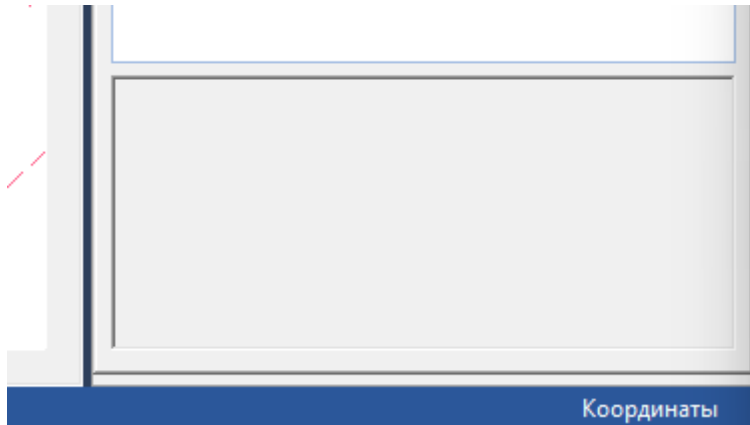
Пилон

Раскрыв вкладку «Генерация» установим следующие шаги разбиения.

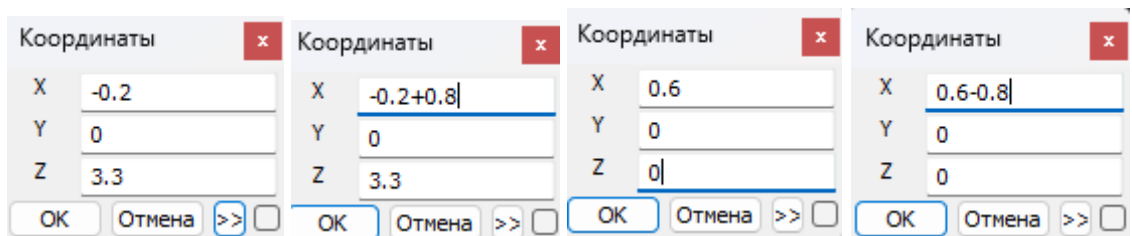
<b>Генерация</b>	
Координата X начала (м.)	0
Координата Y начала (м.)	0
Шаг в направлении оси OR	0.1
Шаг в направлении оси OS	0.1
Угол поворота относ. OR	0
▶ Шарниры	
▶ Постоянные нагрузки	

Теперь задаем по координатам четыре угла стены, соответствующие сечению.

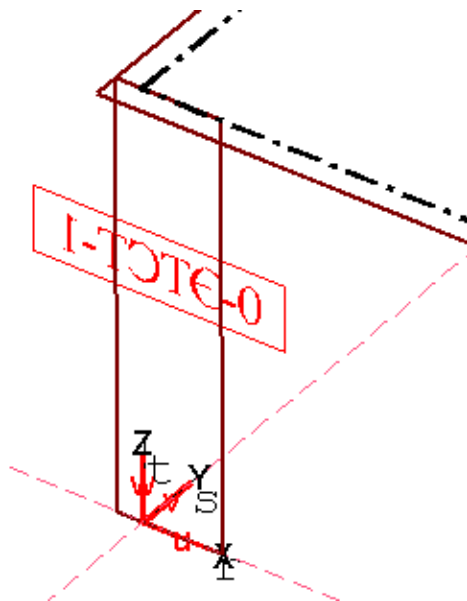
Чтобы при открытии окна координат отображались значения предыдущей точки необходимо нажимать на пустой квадрат в правом нижнем углу.



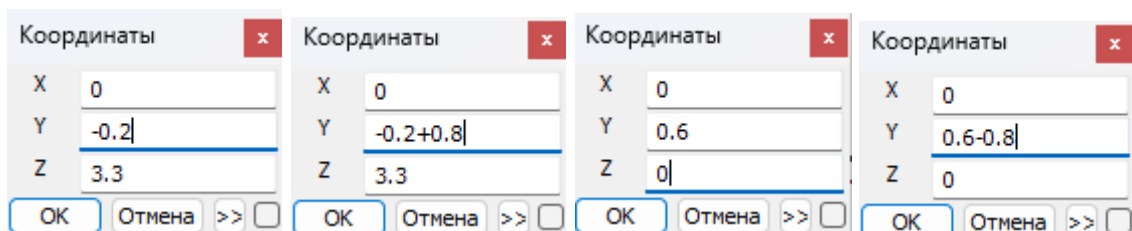
В окна ввода координат также можно вводить математические операторы.



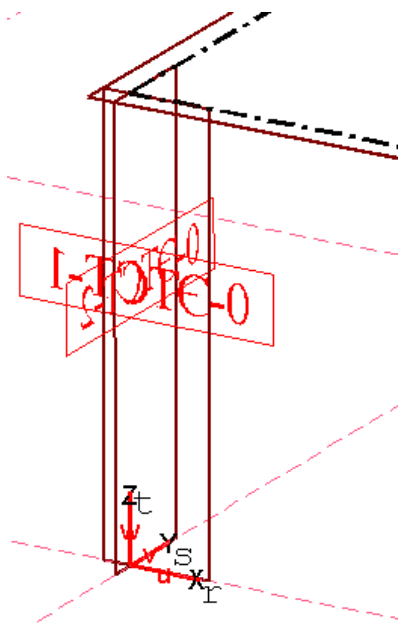
Получаем одну из угловых стен.



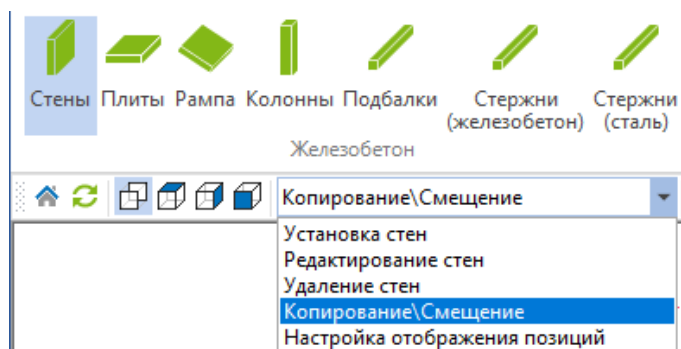
Для создания уголка в углах будем задавать по две пересекающиеся стены.



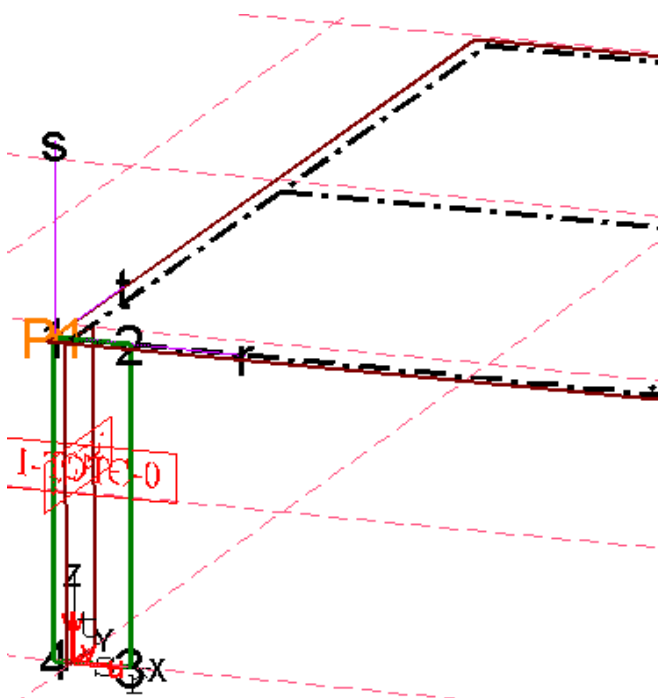
Таким образом получаем угловые стены.



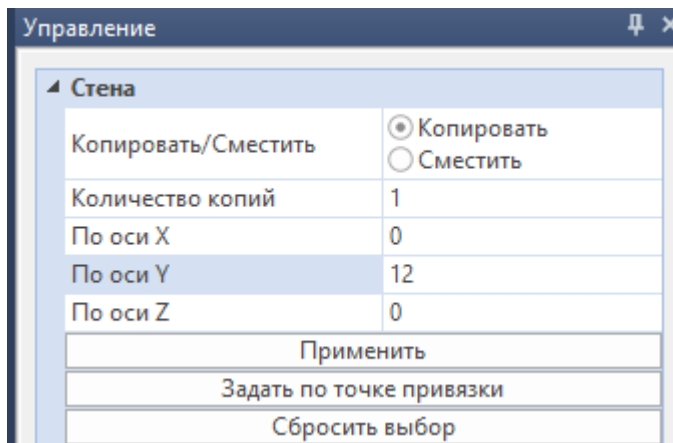
Для установки последующих угловых стен можно использовать опцию «Копирование\Смещение».



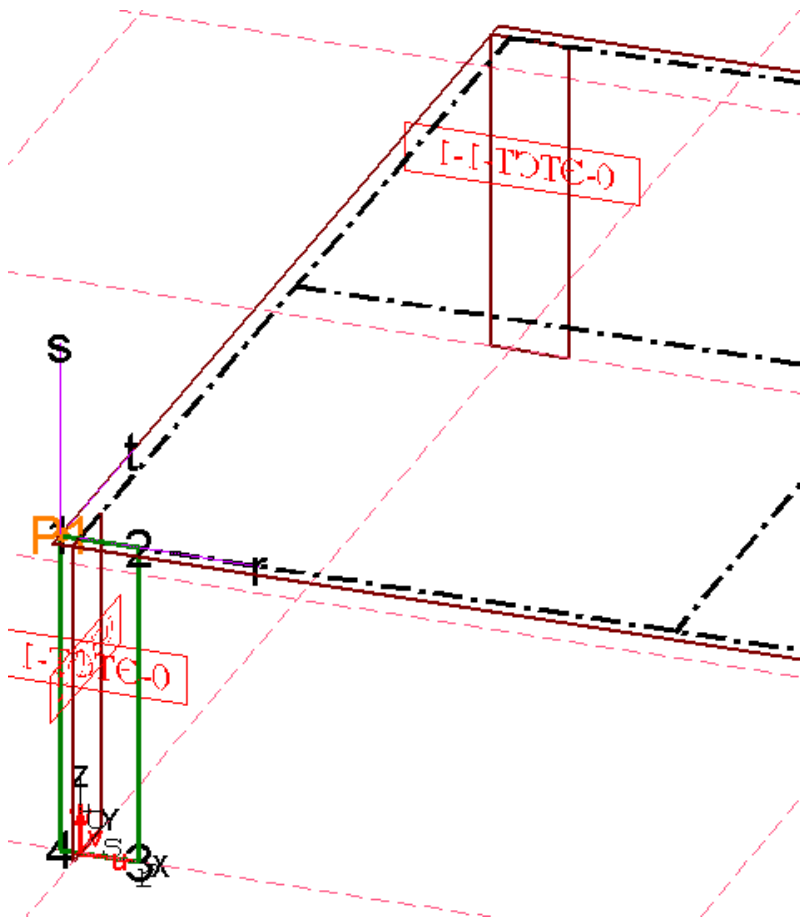
Нажатием выбираем стену.



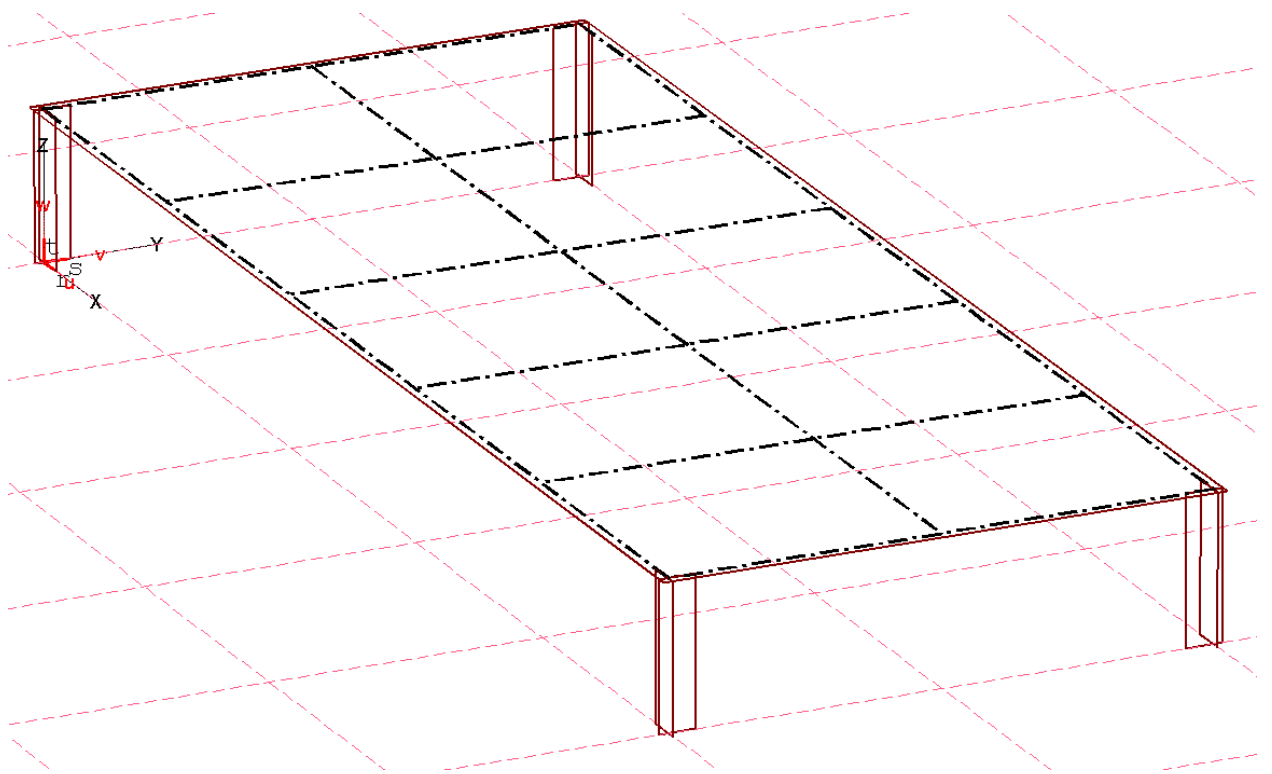
И устанавливаем копирование одной стены через 12 м по оси Y. Нажимаем «Применить».



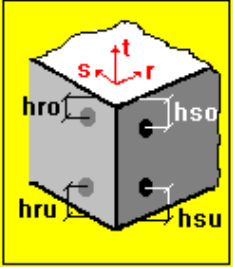
Получаем копию стены в необходимом месте.



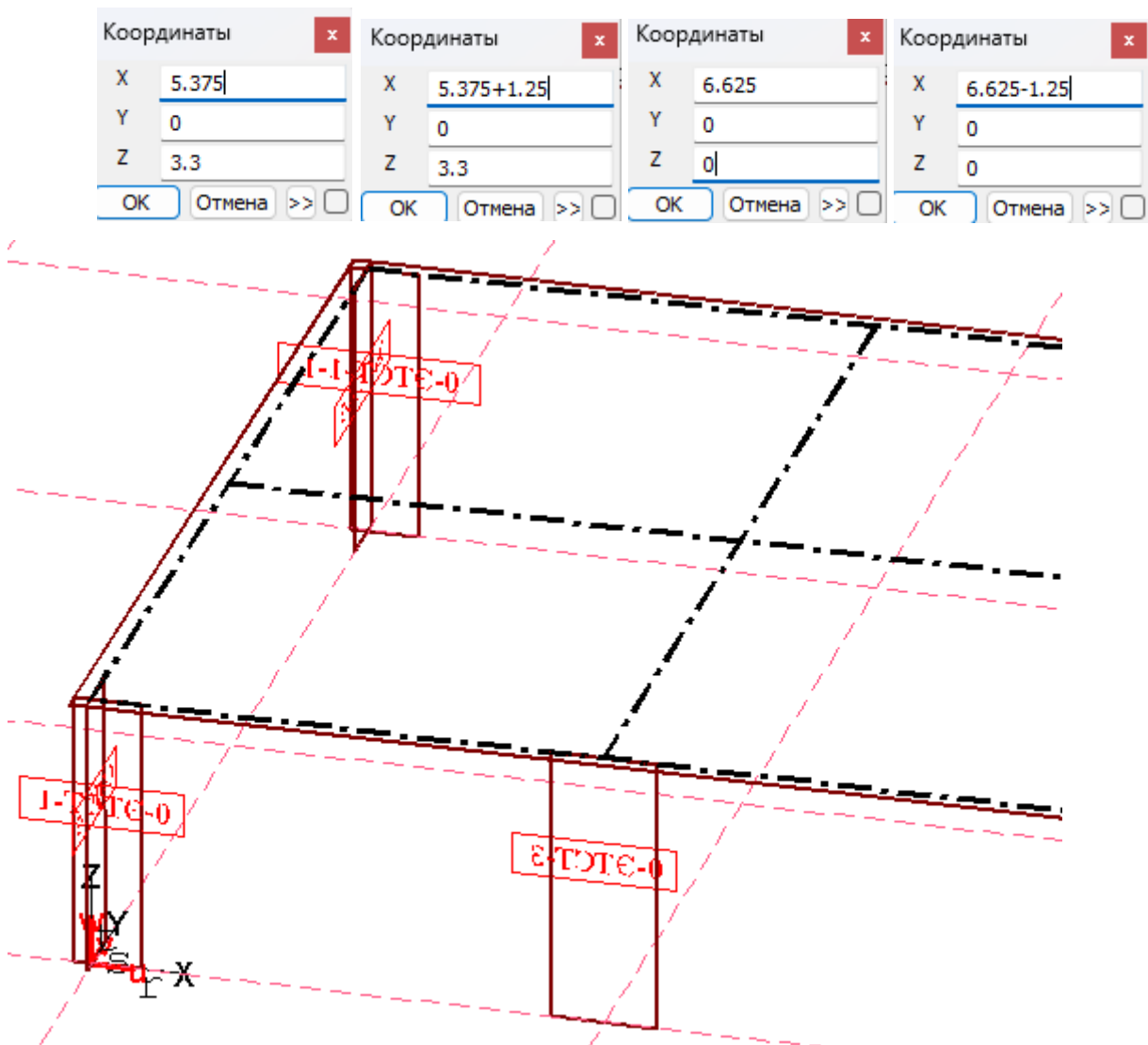
Используя данные инструменты создаем остальные угловые стены. Верхние и нижние границы стен должны совпадать с созданными ранее подбалками и растром.



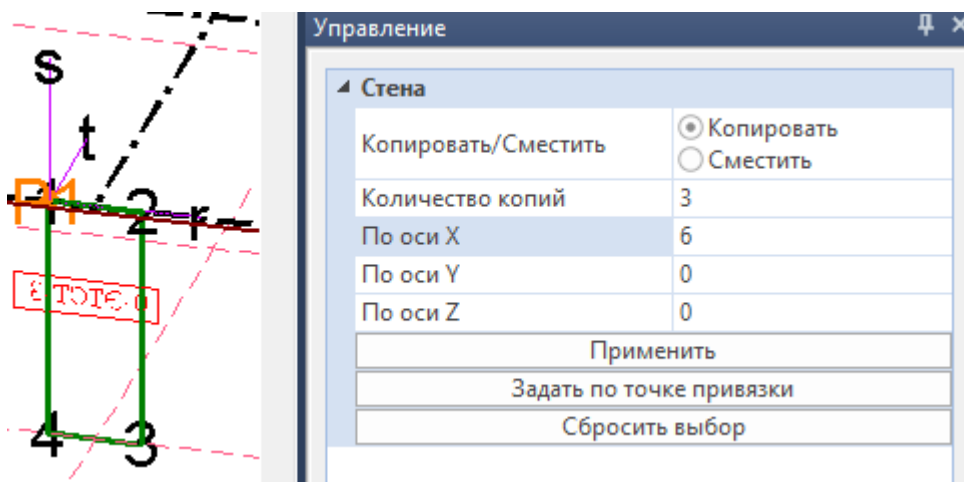
При повторном переходе на «Установка стен» перепроверяйте установленные параметры и галочку «Пилон» в пункте «Конструктивный расчёт».

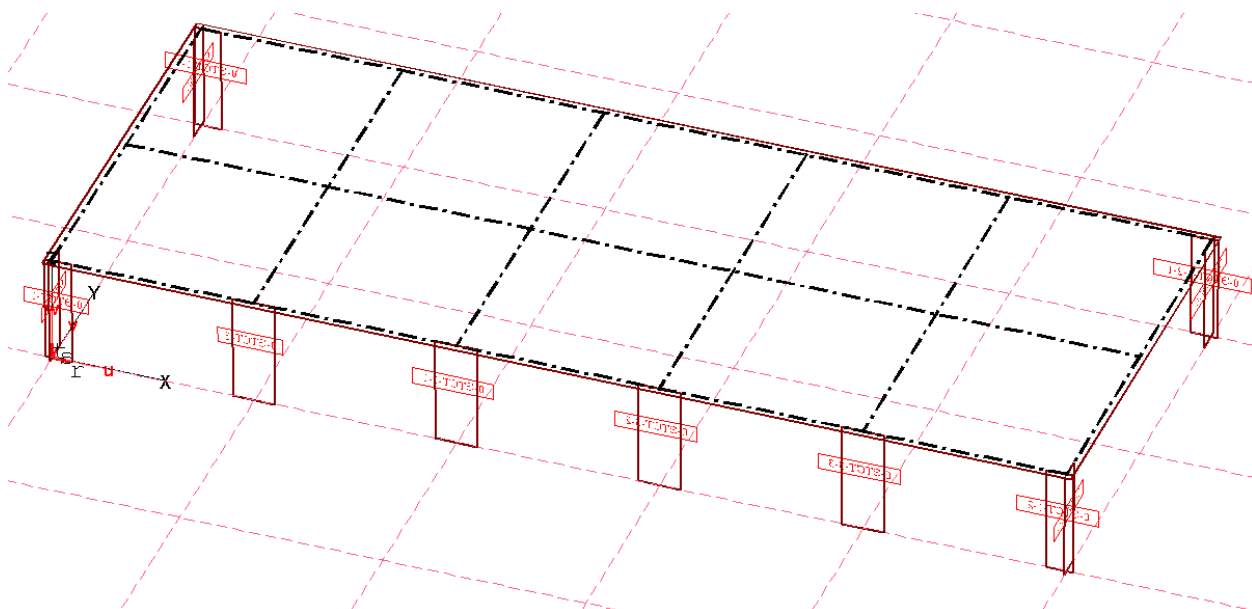
Стена		Конструктивный расчёт	
Обозначение	0-ЭТСТ-3	Толщина защитного слоя арматуры(см)	
Принадлежит этажу	1_Этаж		
<b>Материал/Сечение</b>		hso :	3.000000
СНиП	EN 1992	hsu :	3.000000
Бетон	C25/30	hro :	2.000000
Арматура прод.	S500	hru :	2.000000
Арматура попер.	S500	Диаметр стержней арматуры(мм)	
Учёт сдвига	<input type="checkbox"/>	Верхняя по оси r :	12
Коеф.Пуас	0.2	Нижняя по оси r :	12
свойства по направления	<input checked="" type="radio"/> изотроп <input type="radio"/> ортотроп	Верхняя по оси s :	12
Толщина, эксцентриситет		Нижняя по оси s :	12
Проверки		поперечная :	8
Конструктивный расчёт		<input checked="" type="checkbox"/> Пилон	
<b>Генерация</b>		OK	
Координата X начала (м.)	0	Отмена	
Координата Y начала (м.)	0		
Шаг в направлении оси C	0.1		
Шаг в направлении оси C	0.1		
Угол поворота относ. OR	0		
Шарниры			
Постоянные нагрузки			

Теперь установим остальные стены по периметру. Задаем по координатам одну стену.

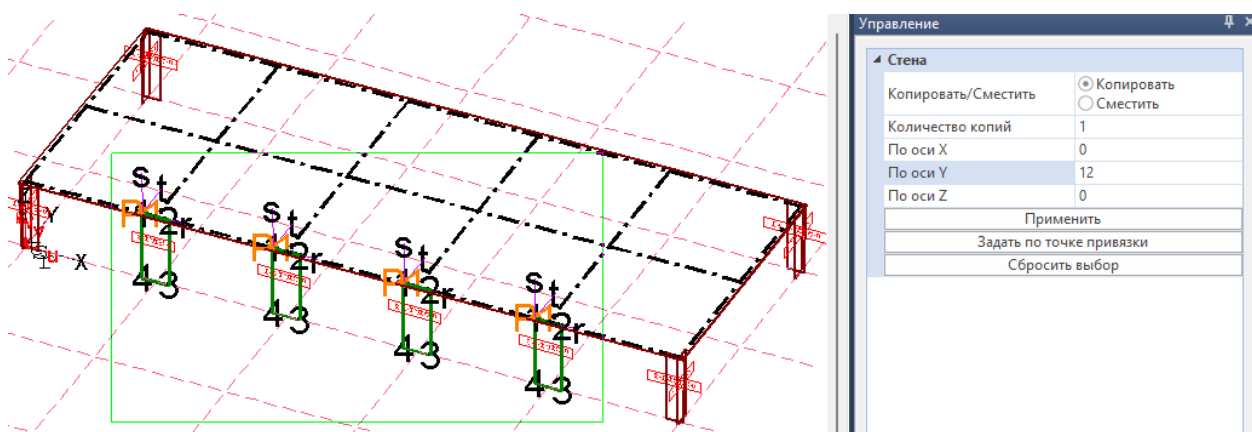


Как было описано ранее, выбираем стену для копирования и устанавливаем число копий и шаг установки.

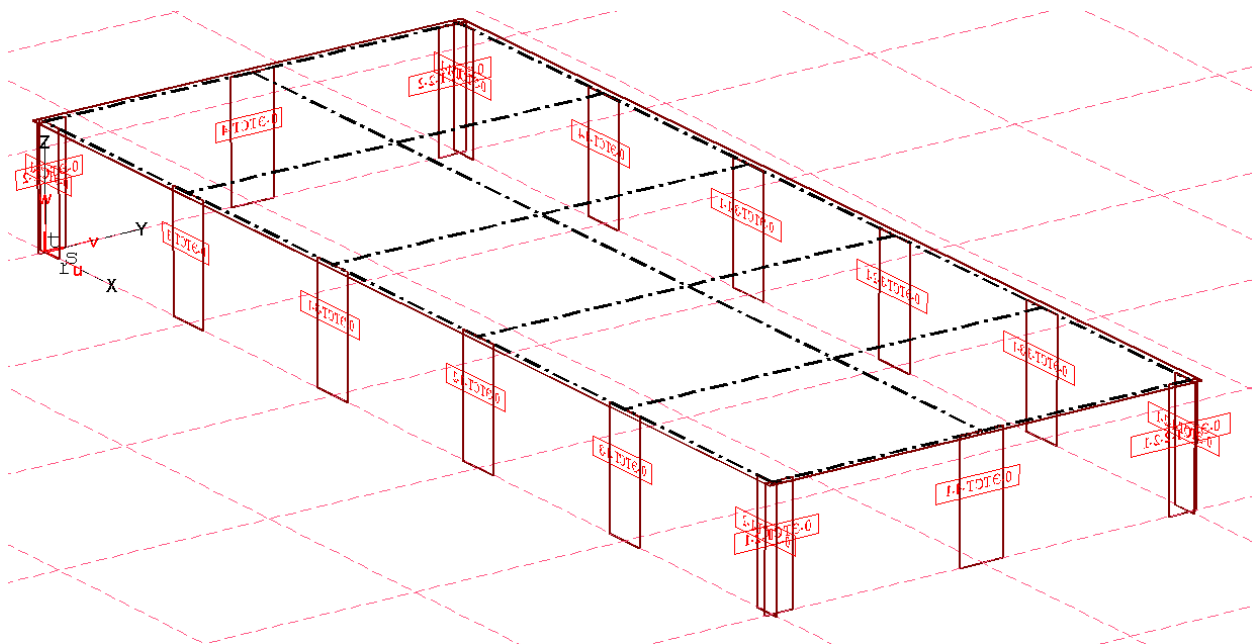




После групповым выбором можно выбрать сразу 4 стены и скопировать их по оси Y.



Таким же образом устанавливаем оставшиеся две боковые стены.



После изменяем значение толщины в пункте «Толщина, эксцентриситет».

Толщина и эксцентриситет

Постоянная  Переменная

Толщина h (см)

Эксцен. e (см)

OK Отмена

Свойства объекта: Стена

Обозначение	0-ЭТСТ-5
Принадлежит этажу	1_Этаж
Материал/Сечение	
СНиП	EN 1992
Бетон	C25/30
Арматура прод.	S500
Арматура попер.	S500
Учёт сдвига	<input type="checkbox"/>
Кэфф. Пуас	0.2
свойства по направления	<input checked="" type="radio"/> изотроп <input type="radio"/> ортотроп
Толщина, эксцентриситет	
Проверки	
Конструктивный расчёт	
Генерация	
Координата X начала (м.)	0
Координата Y начала (м.)	0
Шаг в направлении оси C	0.1
Шаг в направлении оси S	0.1
Угол поворота относ. OR	0
Шарниры	
Постоянные нагрузки	

И аналогичным образом задаем внутреннюю стену и копируем ее.

Координаты

X	6-0.25
Y	6
Z	3.3

Координаты

X	5.75+0.5
Y	6
Z	3.3

Координаты

X	6.25
Y	6
Z	0

Координаты

X	6.25-0.5
Y	6
Z	0

OK Отмена >>

OK Отмена >>

OK Отмена >>

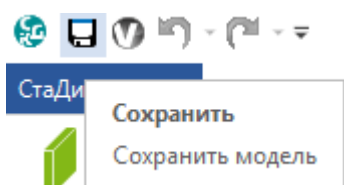
OK Отмена >>

The 3D model shows a rectangular wall structure with a grid of dashed red lines. The wall is composed of several vertical segments. A coordinate system is visible in the bottom left corner with axes X, Y, and Z.

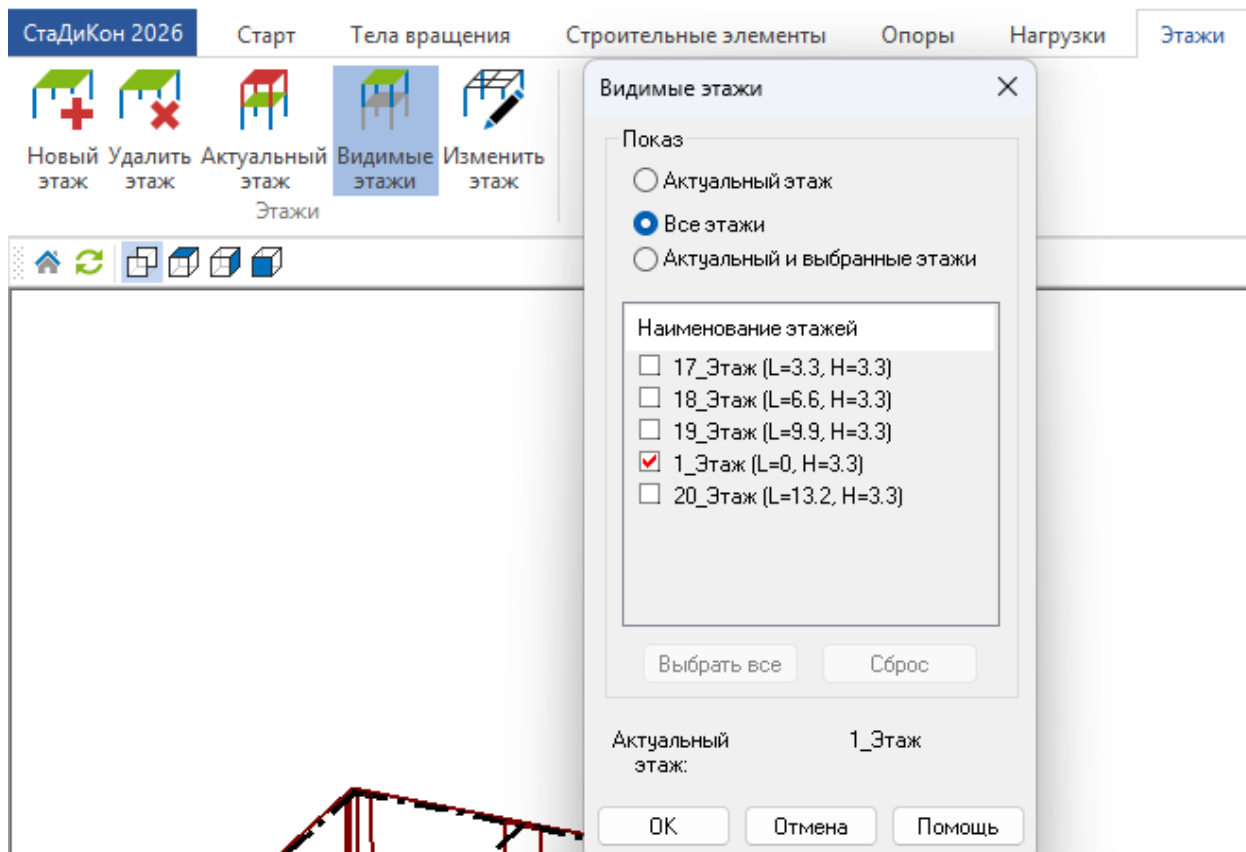
Используя «*Редактирование стен*» перепроверьте правильность установки шага разбиения и включение пункта «*Пилон*» у стен.

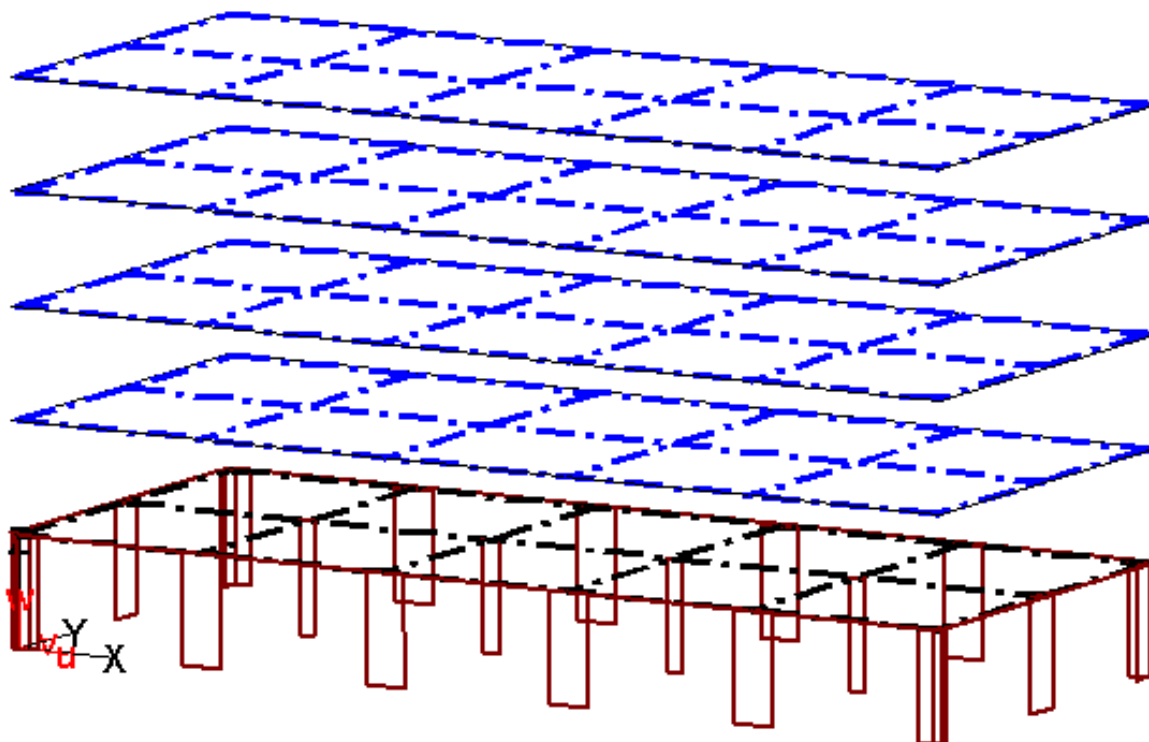
<b>4 Стена</b>	
Позиция	0-ЭТСТ-1
Обозначение	0-ЭТСТ-1
Принадлежит этажу	1_Этаж
▶ <b>Материал/Сечение</b>	
▶ <b>Генерация</b>	
Координата X начала (м.)	0
Координата Y начала (м.)	0
Шаг в направлении оси C	0.1
Шаг в направлении оси C	0.1
Угол поворота относ. OR	0
▶ <b>Шарниры</b>	
▶ <b>Постоянные нагрузки</b>	
Применить изменения	
Удалить	

Не забываем сохранять модель.

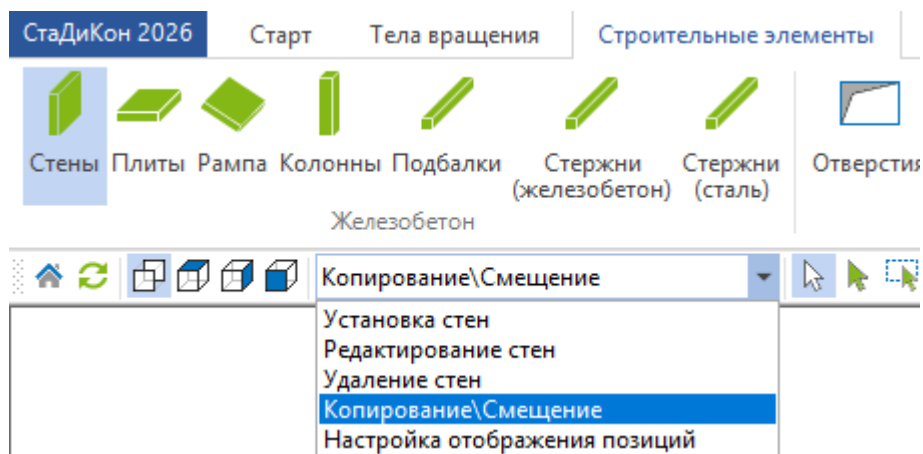


Включим показ всех этажей.

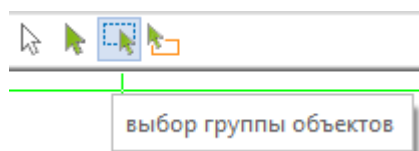




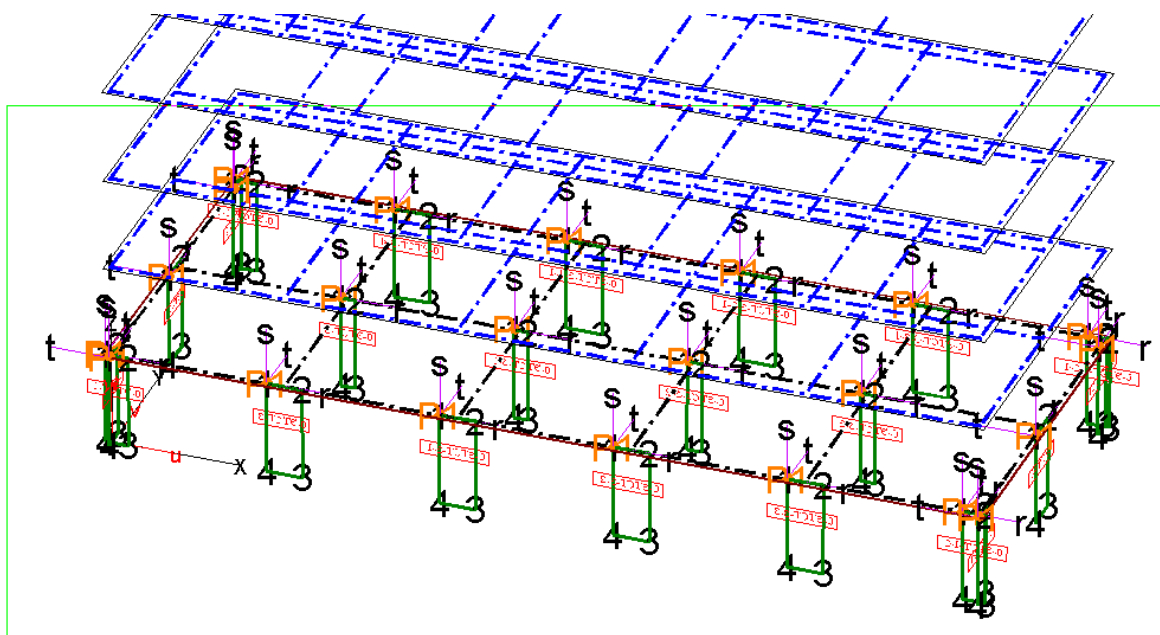
Необходимо скопировать стены на верхние этажи. Переходим на «**Строительные элементы**» - «**Стены**» - «*Копирование\Смещение*».



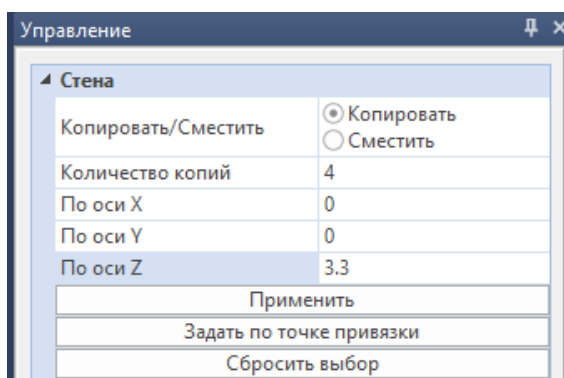
Устанавливаем множественный выбор.

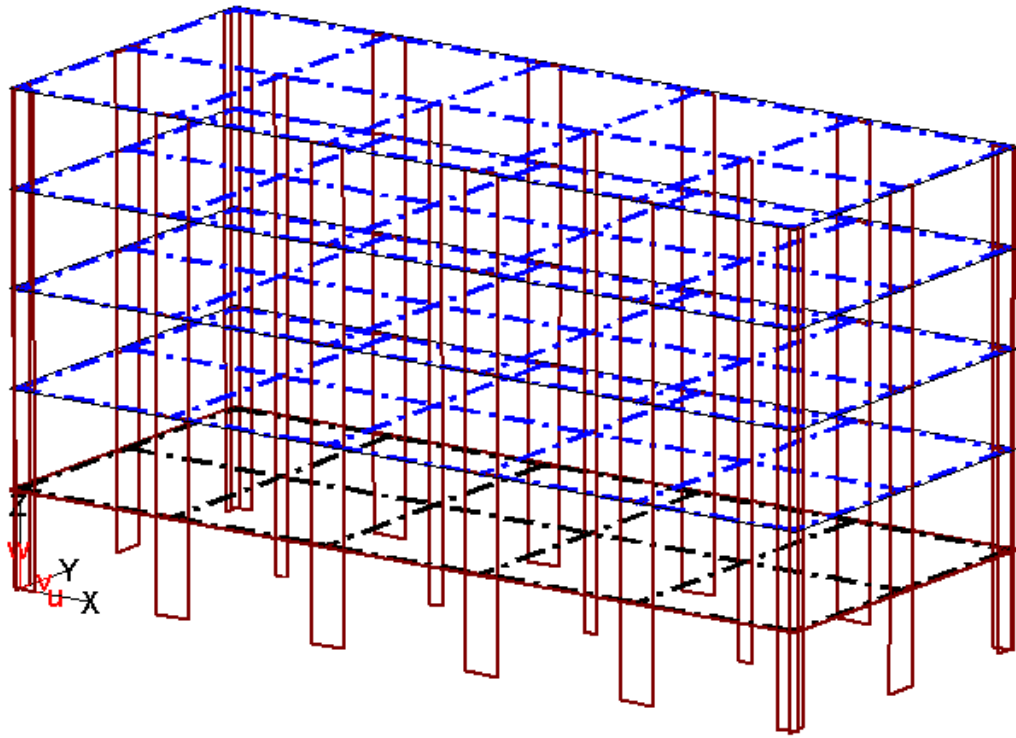


Выбираем сразу все стены.

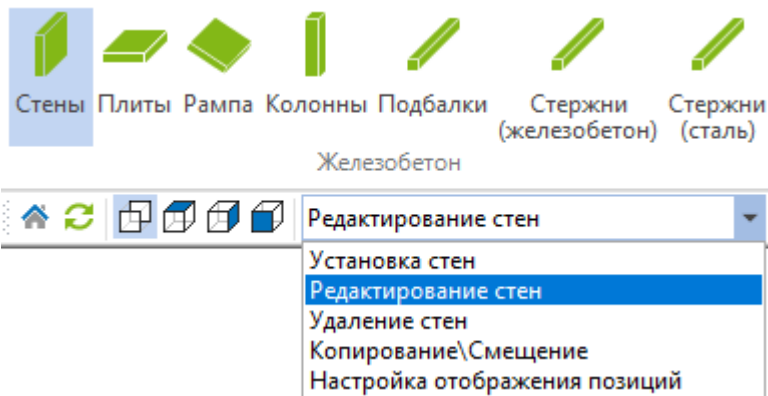


Устанавливаем создание 4-х копий с шагом 3.3 м по оси Z. Нажимаем «Применить».

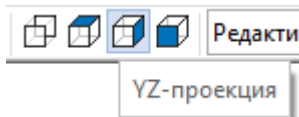




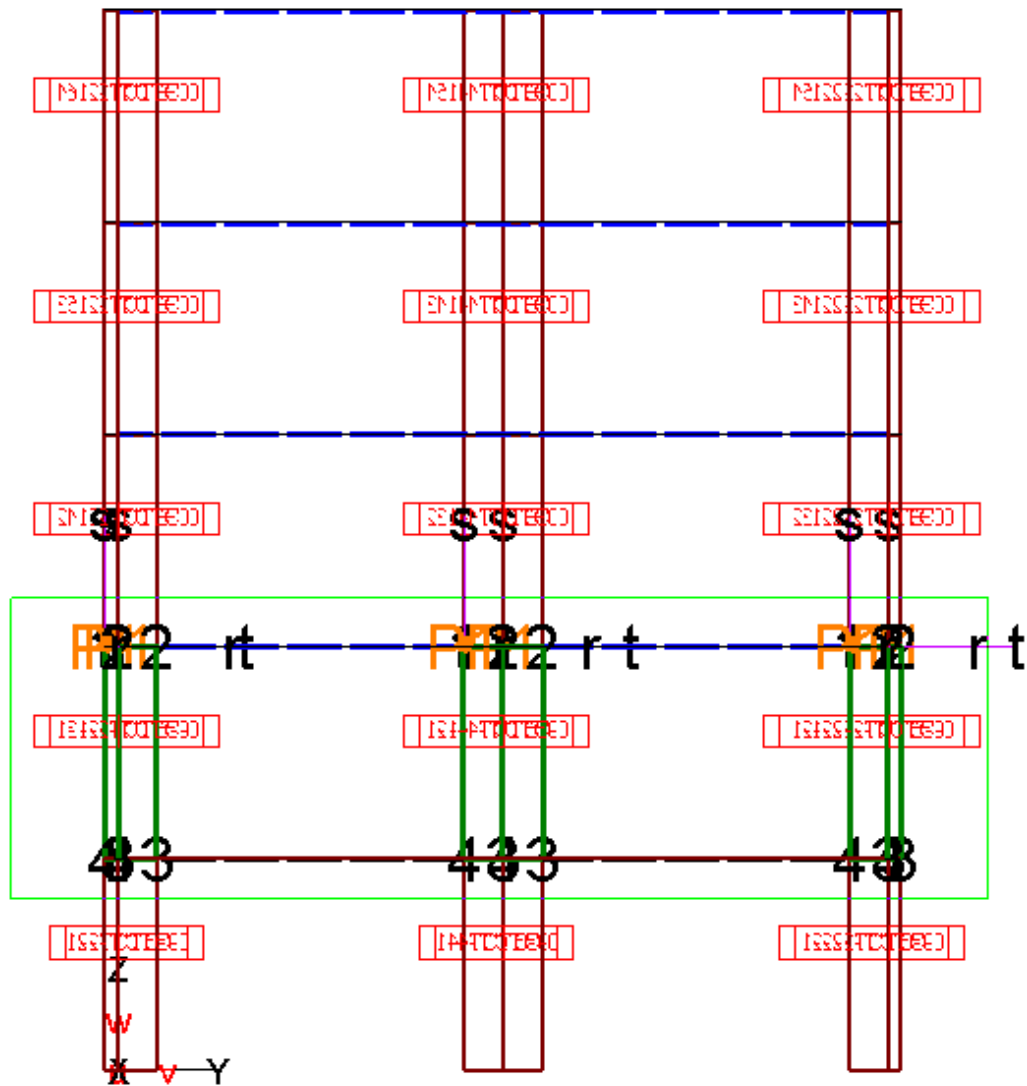
Но сейчас все стены принадлежат первому этажу, поэтому переходим на «Редактирование стен».



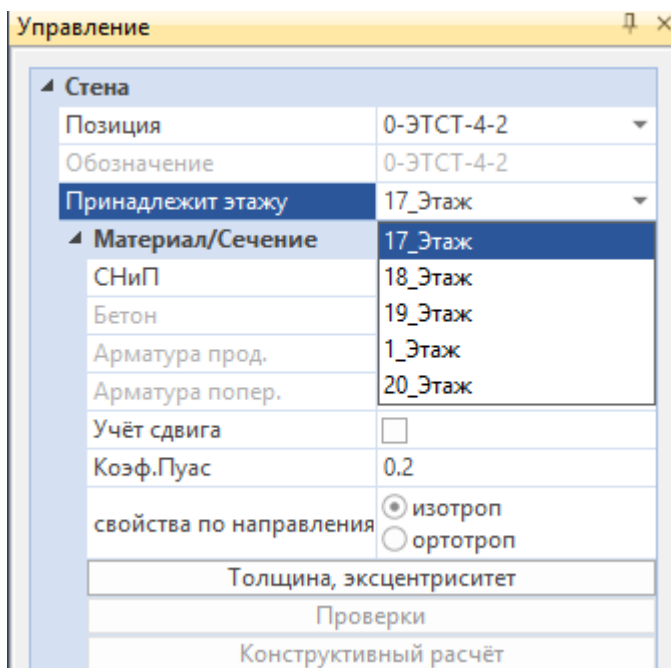
Для удобства выберем показ боковой проекции.



После групповым выбором выбираем все стены определенного этажа.

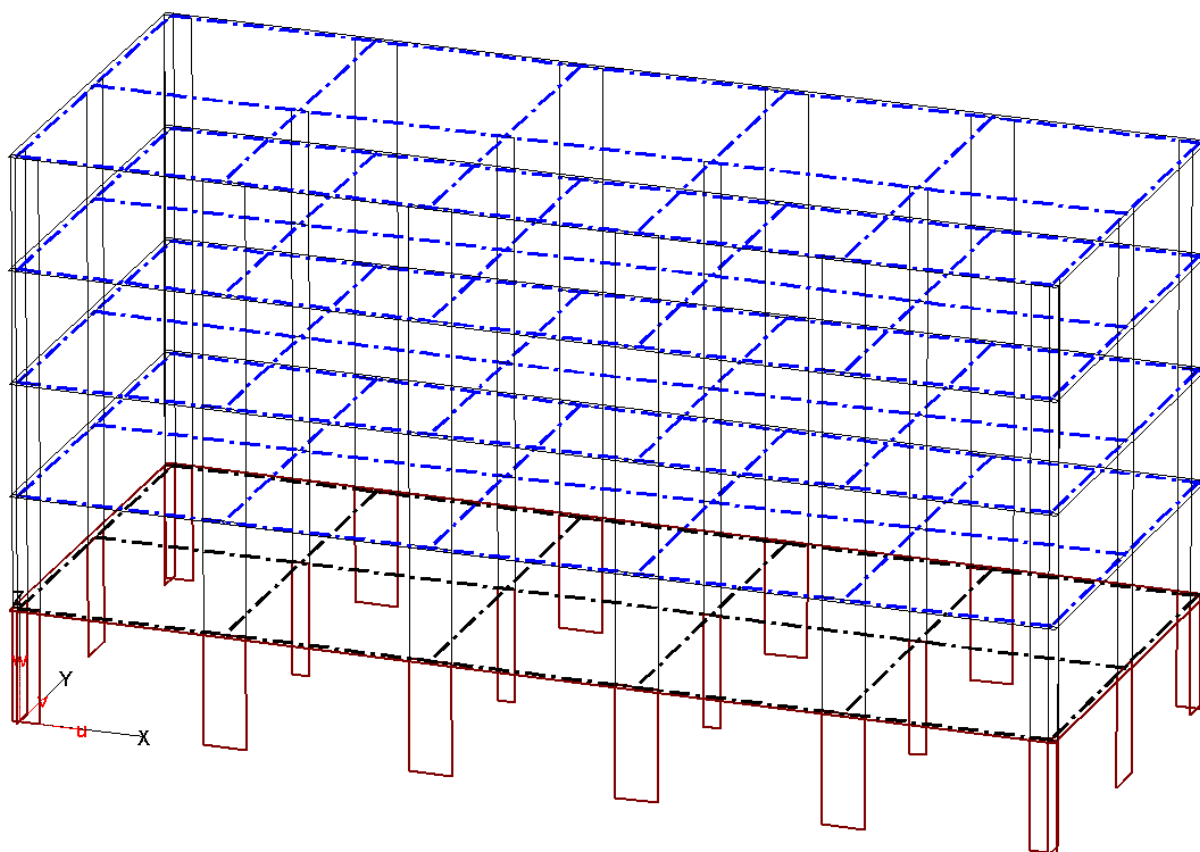


И в окне «Управление» устанавливаем принадлежность соответствующему этажу.

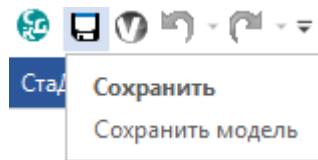


Таким методом задаем всем стенам каждого этажа соответствующий этаж.

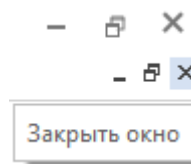
Получаем следующую модель. Так как использовали изначально прошлую схему, то здесь уже заданы все нагружения. Опоры позже установим в FEA-проекте.



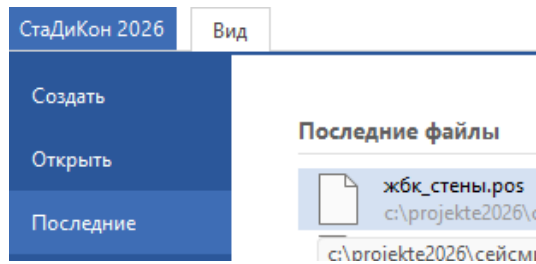
Сохраняем модель.



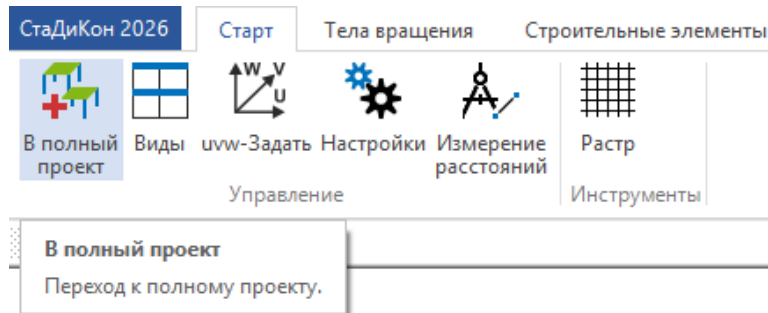
Выбрасываем из проекта.



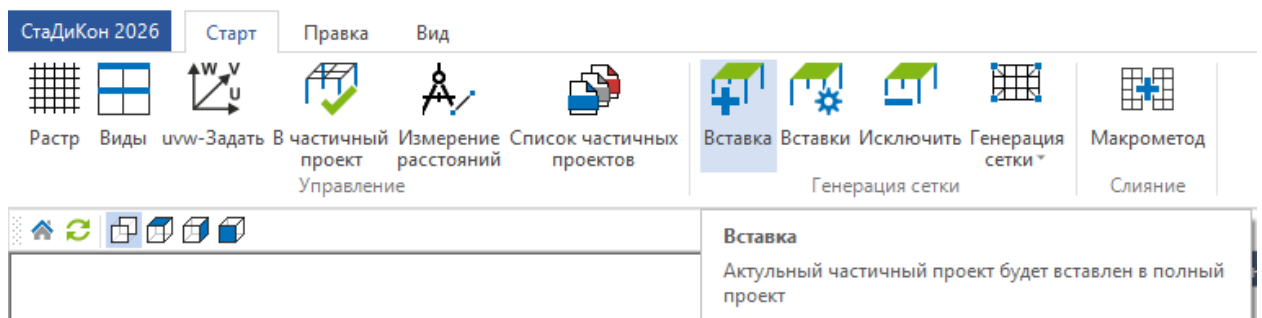
И открываем заново.



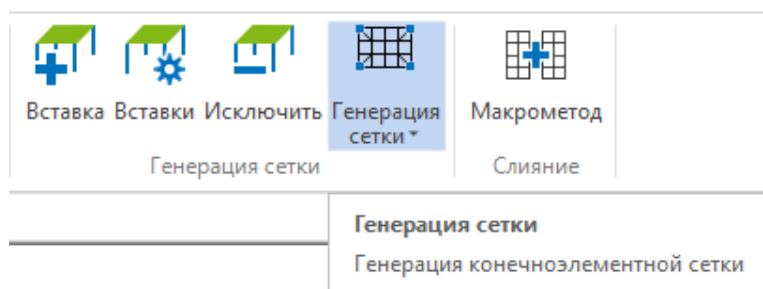
Переходим в полный проект.



Добавляем частичный проект.



И переходим к «Генерация сетки».



Оставляем параметры по умолчанию и жмем «Генерация».

Генерация сетки

Шаблон: Стандарт (учет реальных размеров)

<b>Параметры</b>	
Суммировать номера нагрузжений	<input type="checkbox"/>
Генерация краевых условий для стен/колонн	<input checked="" type="checkbox"/>
Генерация линейных опор	<input checked="" type="checkbox"/>
Генерация слоистых и упругих оснований	<input checked="" type="checkbox"/>
Учет принадлежности балки к плите	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Эксцентриситеты</b>	
Для стен	<input type="checkbox"/>
Для областей толщин	<input checked="" type="checkbox"/>
Для вутов	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Способ моделирования связи колонна-плита</b>	
Способ моделирования связи колонна-плита	Генерация элементов жёсткости
Срезать колонны по уровню плит	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Способ моделирования связи плита-стена</b>	
Сгущение сетки	В плитах и стенах
Способ моделирования связи плита-стена	Несогласованная сетка (сторона-элемент)
Удаление элементов стен	<input checked="" type="checkbox"/>
Размеры точно по толщине стен (а не по макс. толщине)	<input type="checkbox"/>
<b>Способ моделирования связи плита - подбалка</b>	
Способ моделирования связи плита - подбалка	Сгущение сетки с генерацией слоистых материалов
Область сгущения без центральной линии	<input type="checkbox"/>
Минимальная ширина подбалки для сгущения	0
<b>Генерация нагрузок</b>	

Генерация

Сохранить шаблон

Перезаписать шаблон

Удалить шаблон

Отмена

Помощь

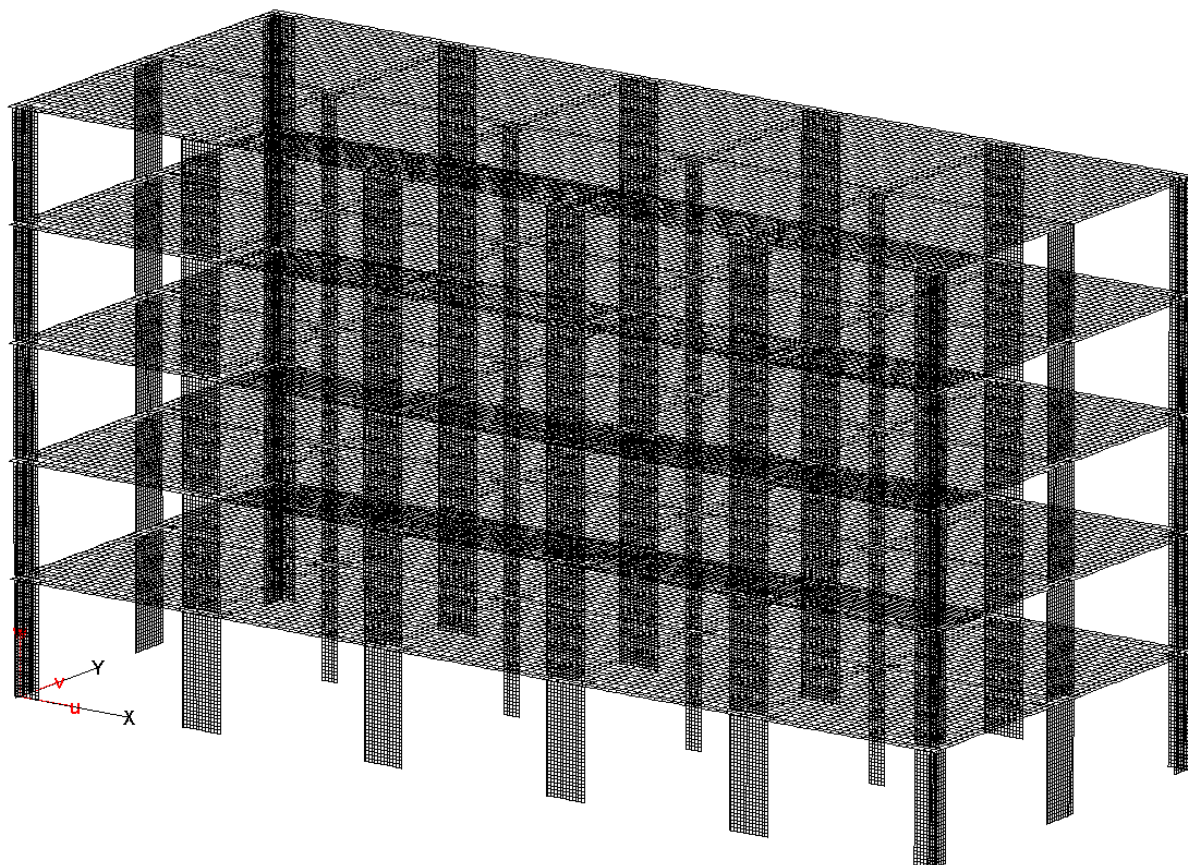
Сохраняем полученный FEA-проект.

Имя файла: жбк\_стены

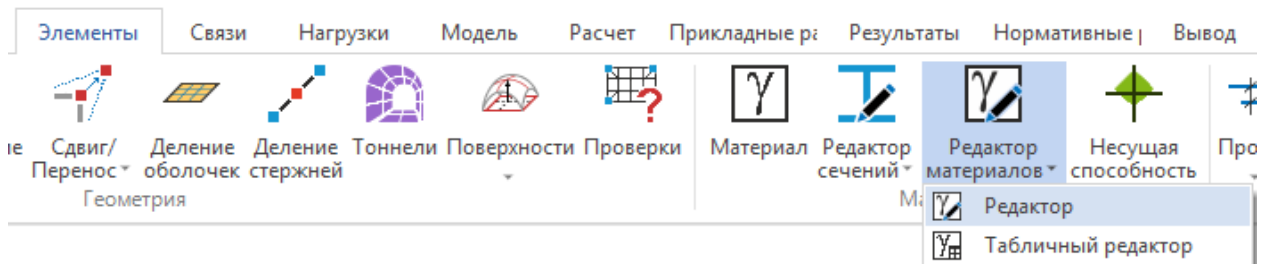
Тип файла: FEA-Проект

Сохранить

Отмена



Выбрав «Элементы» - «Редактор материалов» - «Редактор», проверим и отредактируем заданные материалы.



Материалы

Арматурный слой	Числовая матрица упругости	Слоистый
Изотропный	Ортотропный	Бетон

Номер мат. 1

Имя матер. 1 (изотр.)

H 0.4

E 3.1e+07

Mue 0.2

Rho 2.5

Krho 1

Cm 0

Ck 0

Цвет   Материалов

0  Прозр.(%) Ссылк 30264

---

Изотропный	Ортотропный
Изотропный	Ортотропный

Номер мат. 2

Имя матер. 2 (изотр.)

H 0.5

E 3.1e+07

Mue 0.2

Rho 2.5

Krho 1

Cm 0

Ck 0

Цвет   Материалов

0  Прозр.(%) Ссылк 3120

---

Изотропный	Ортотропный
Изотропный	Ортотропный

Номер мат. 3

Имя матер. 3 (изотр.)

H 0.18

E 3.1e+07

Mue 0.2

Rho 2.5

Krho 1

Cm 0

Ck 0

Цвет   Материалов 1

0  Прозр.(%) Ссылк 38864

---

Изотропный	Ортотропный
Изотропный	Ортотропный

Номер мат. 4

Имя матер. 4 (изотр.)

H 0.4

E 2.17e+07

Mue 0.2

Rho 2.5

Krho 1

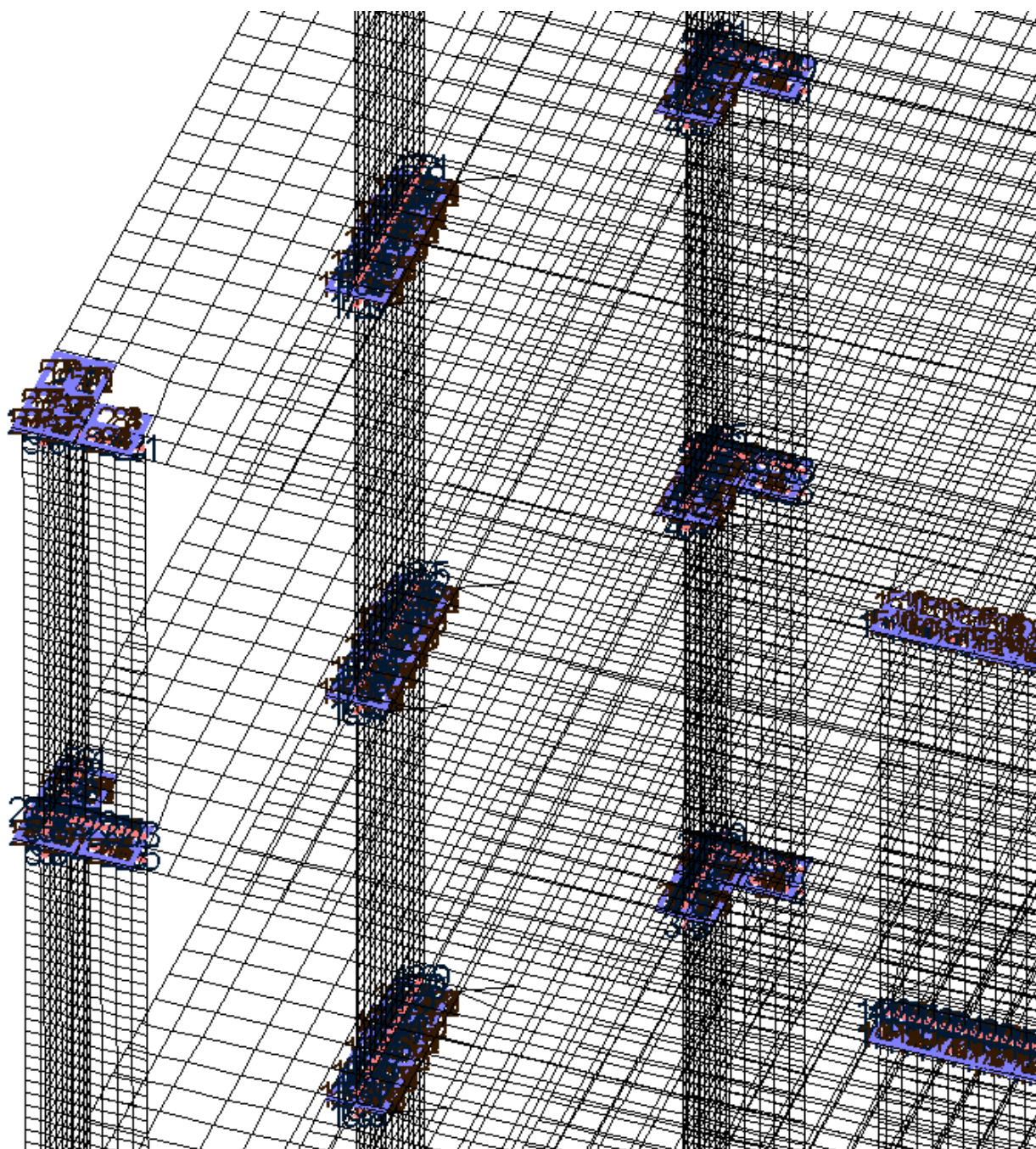
Cm 0

Ck 0

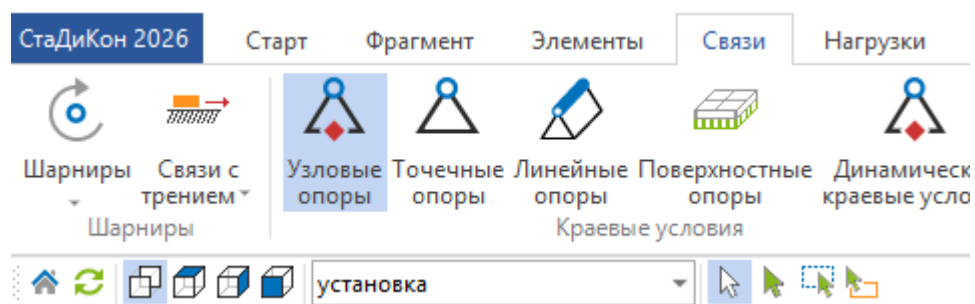
Цвет   Материалов 1

0  Прозр.(%) Ссылк 19800

Теперь на вкладке «Связи» выберем «Несо согласованные сетки» и проверим установку связей между элементами стен и плит.



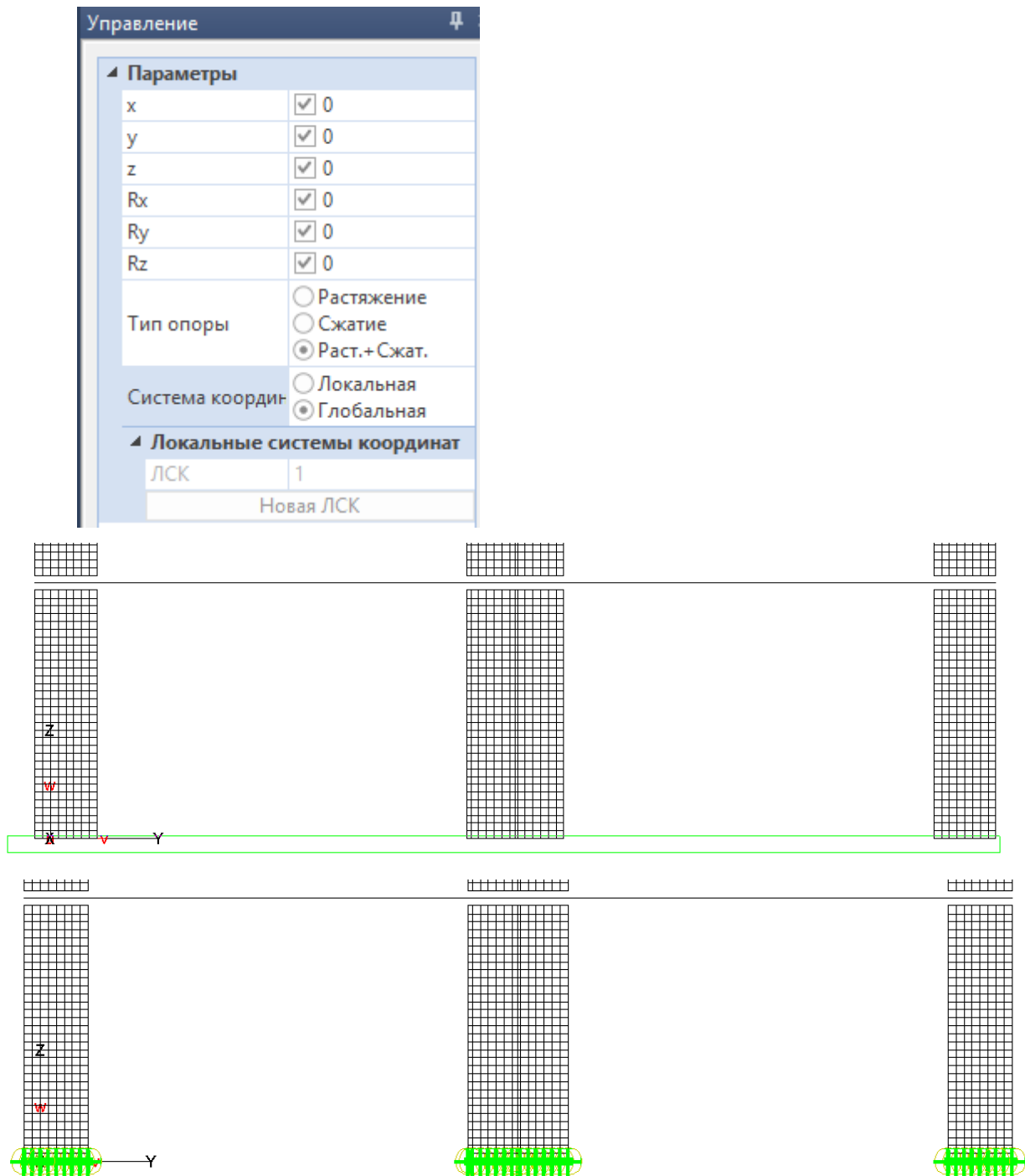
Далее переходим на «Узловые опоры» - «установка».

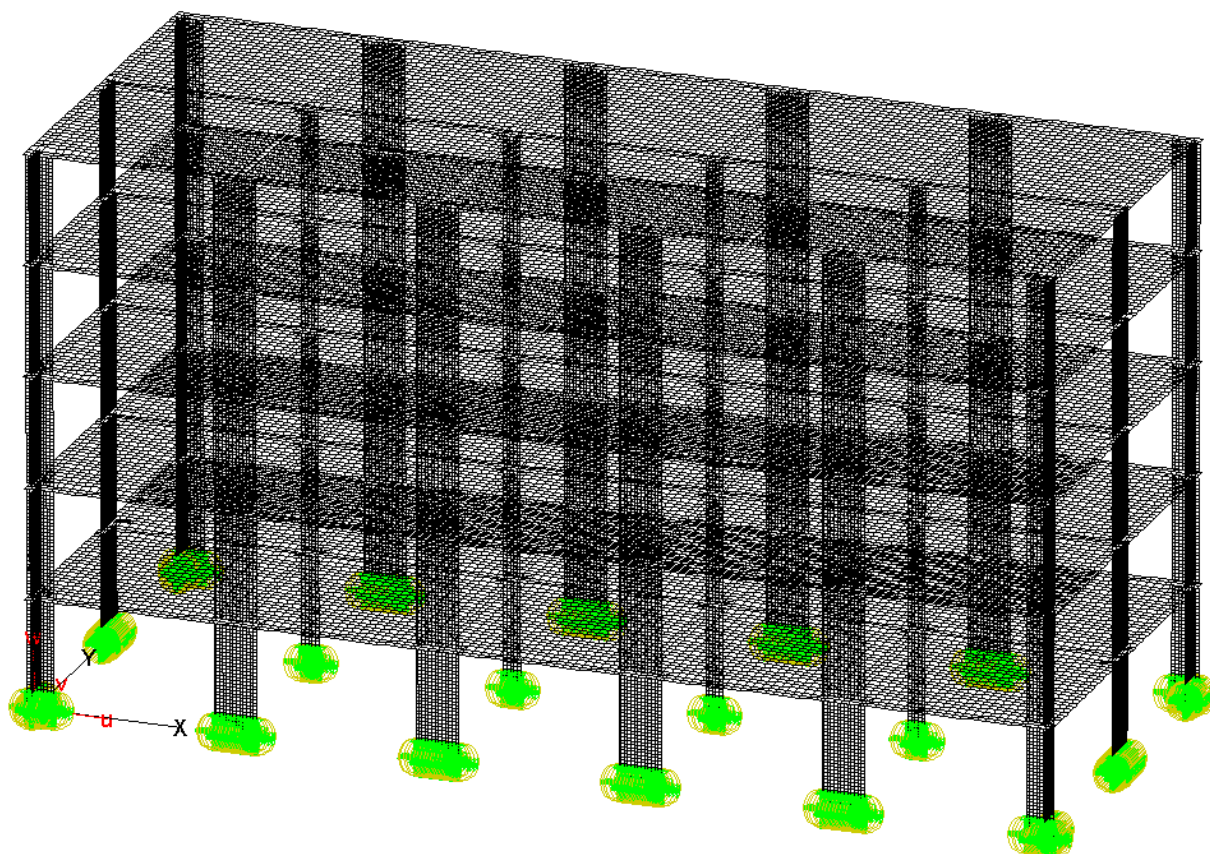


Включив для удобства боковую проекцию и групповой выбор.

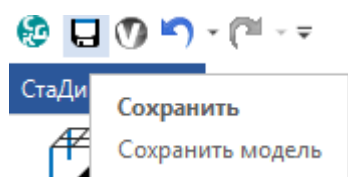


Установим следующие связи на все узлы стен с координатой Z=0.





Сохраняем готовую к расчетам модель.

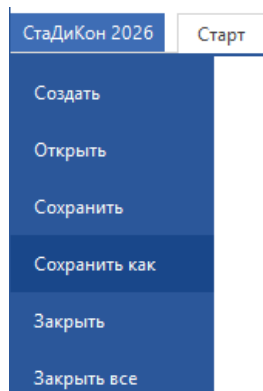


#### 4. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода

Открываем схему, полученную по итогу пункта [3].



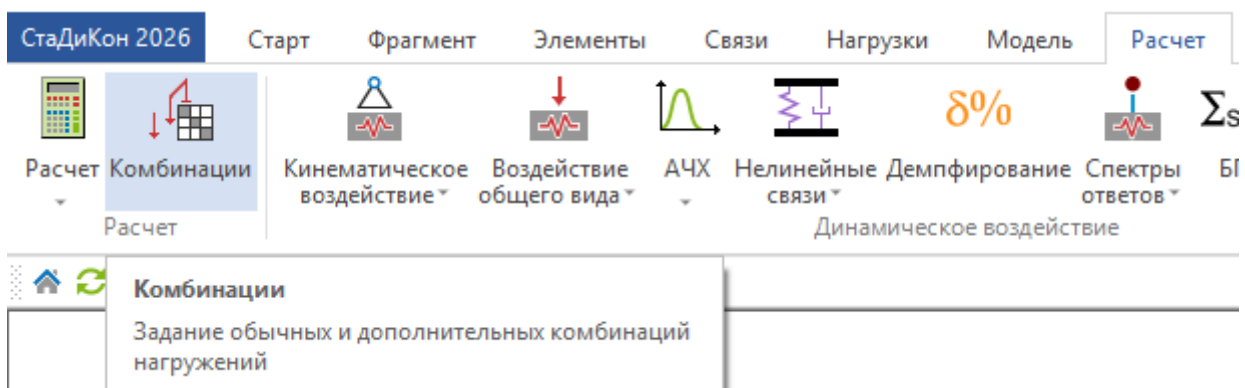
Сохраним данную схему под другим именем для расчетов по нормам Еврокода.



Используя «Сохранить как» делаем копию.

Имя файла: жбк\_стены\_euro | Сохранить  
Тип файла: FEA-Проект | Отмена

Переходим на вкладку «Расчет» и выбираем «Комбинации».



Переключаемся на вкладку «Собств. колебания» и нажимаем «Новая».

Задание и корректировка комбинаций

Доп. комбинации	Несовершенства	теория Кулона - Мора
Комбинации		Собств. колебания

1.	
2. Пост перекрытия	
3. Пост покрытие	
4. Перем перекрытия	
5. Перем покрытие	
6. Перем снег	

Новая    Удалить    Восстановить    0.1    Задать

**ВНИМАНИЕ !!!**  
Коэффициенты комбинации при расчете на собственные колебания задаются с учетом деления на ускорение свободного падения g

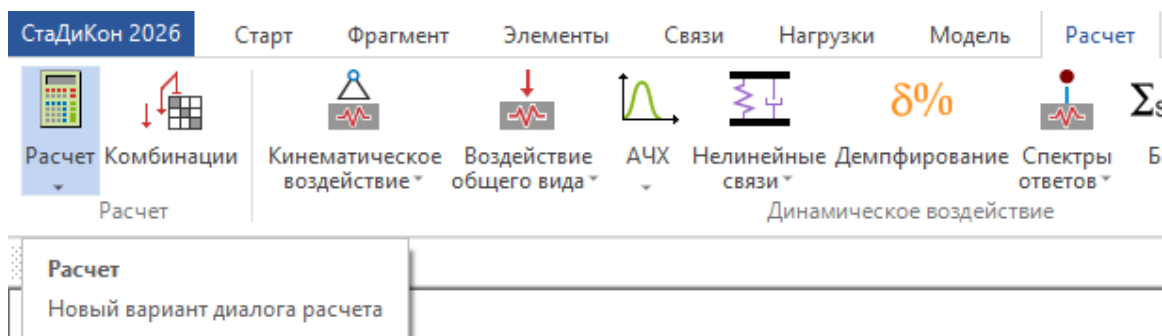
Вывод комбинаций  
 Word     Viewer    Вывести    Свойства    Импорт    Экспорт

OK    Отменить    Помощь

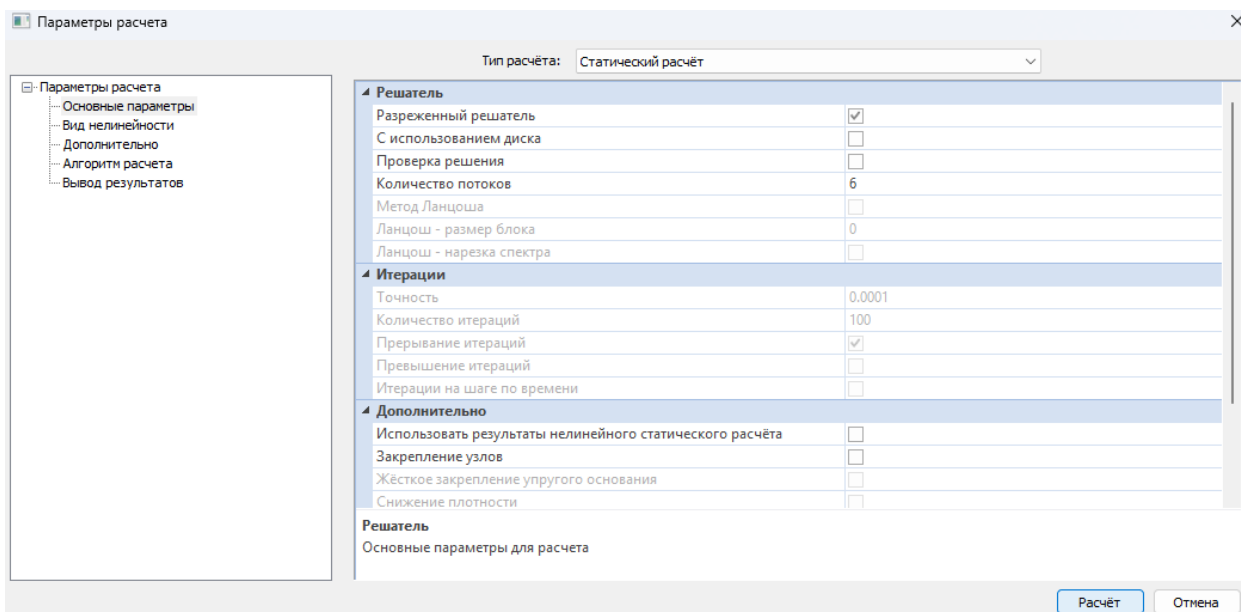
Задаем следующие коэффициенты и нажимаем «OK».

Комбинации		Собств. колебания	
	Cm(K-1)	K-1	
1.	0	0.102	
2. Пост перекрытия	0	0.102	
3. Пост покрытие	0	0.102	
4. Перекрытие	0	0.0245	
5. Перекрытие	0	0	
6. Перекрытие снег	0	0	

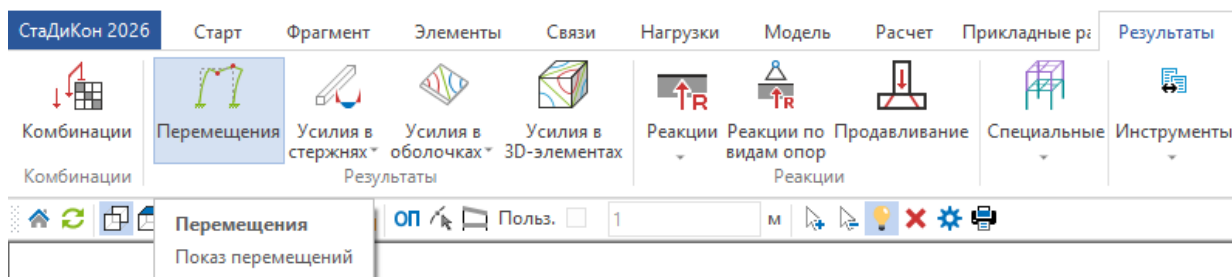
Далее открываем «Расчет».

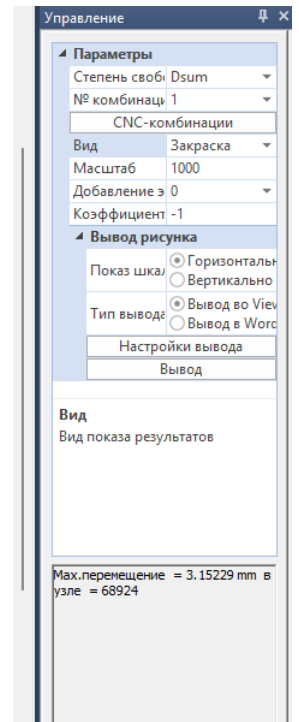
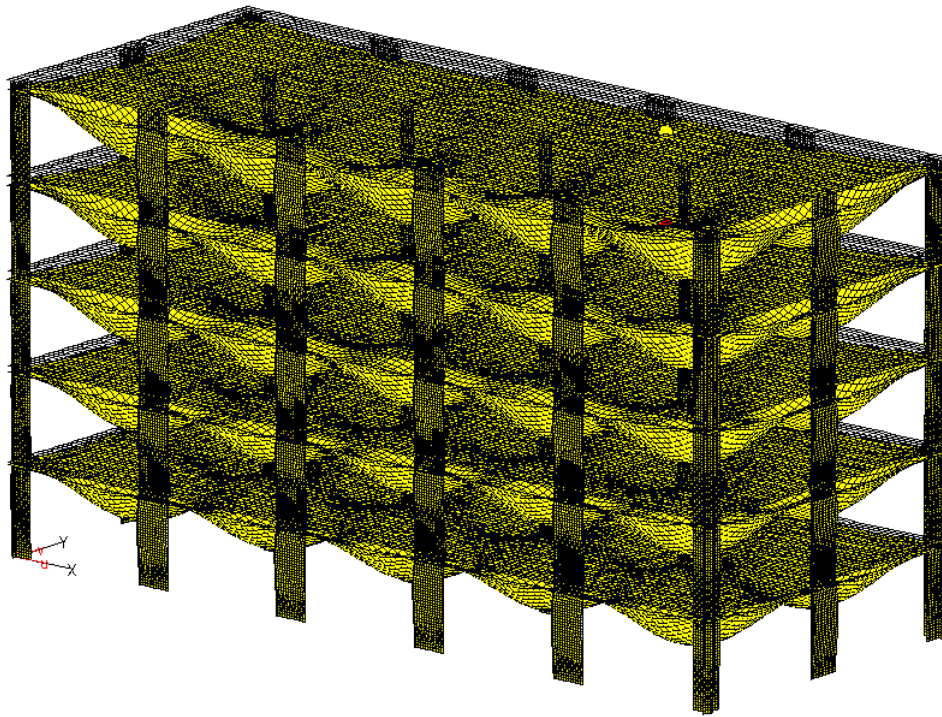


И запускаем статический расчет без изменения параметров.

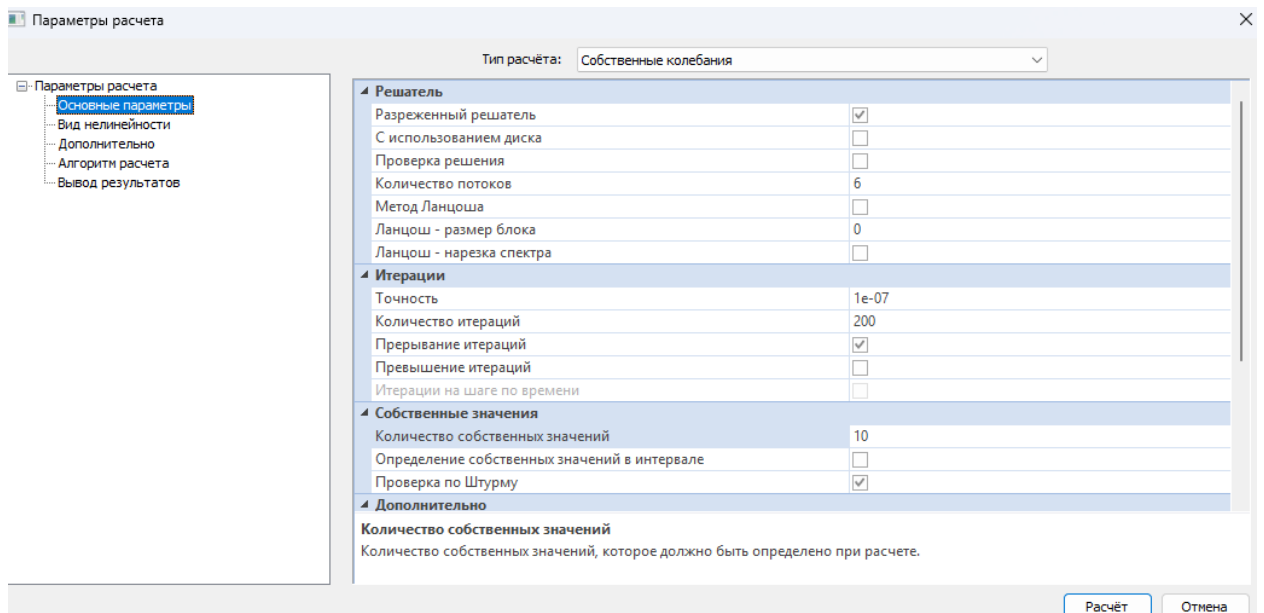


После расчета на вкладке «Результаты» можно посмотреть результаты перемещений, выбрав «Перемещения».

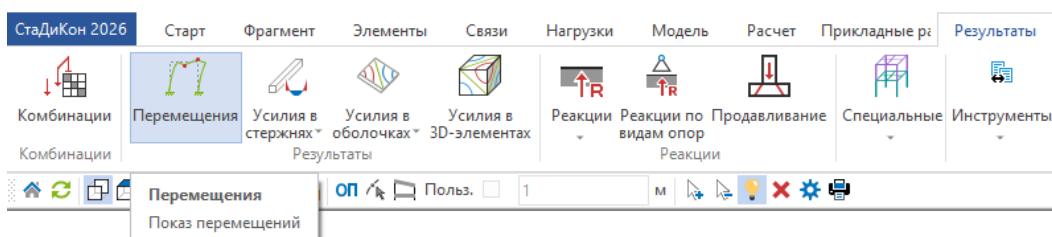




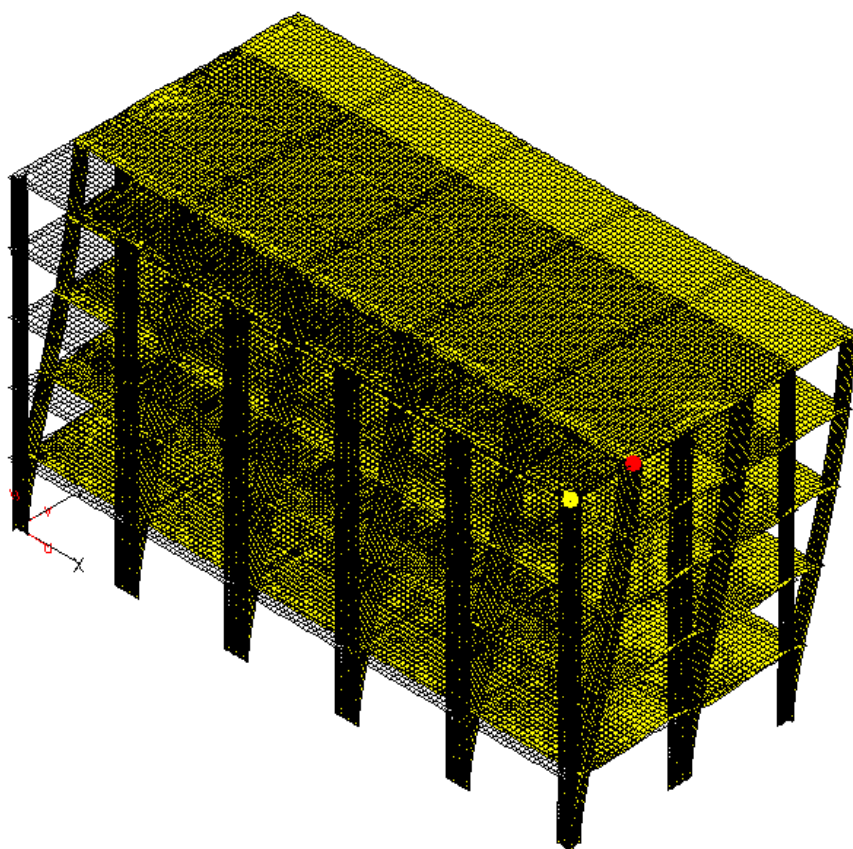
Далее возвращаемся к окну расчета и устанавливаем «Тип расчета – Собственные колебания». Задаем «Количество собственных значений = 10». Остальные параметры оставляем по умолчанию и запускаем расчет.



После расчета, для просмотра вычисленных форм колебаний, переходим на «Результаты» - «Перемещения».



Ниже приведены результаты для первых трех форм колебаний.



Управление

Параметры

Степень своб: Dsum

№ формы 1

Вид Закраска

Масштаб 100

Добавление э 0

Коэффициент -1

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкал  Горизонтально  Вертикально

Тип вывода  Вывод во View  Вывод в Word

Настройки вывода

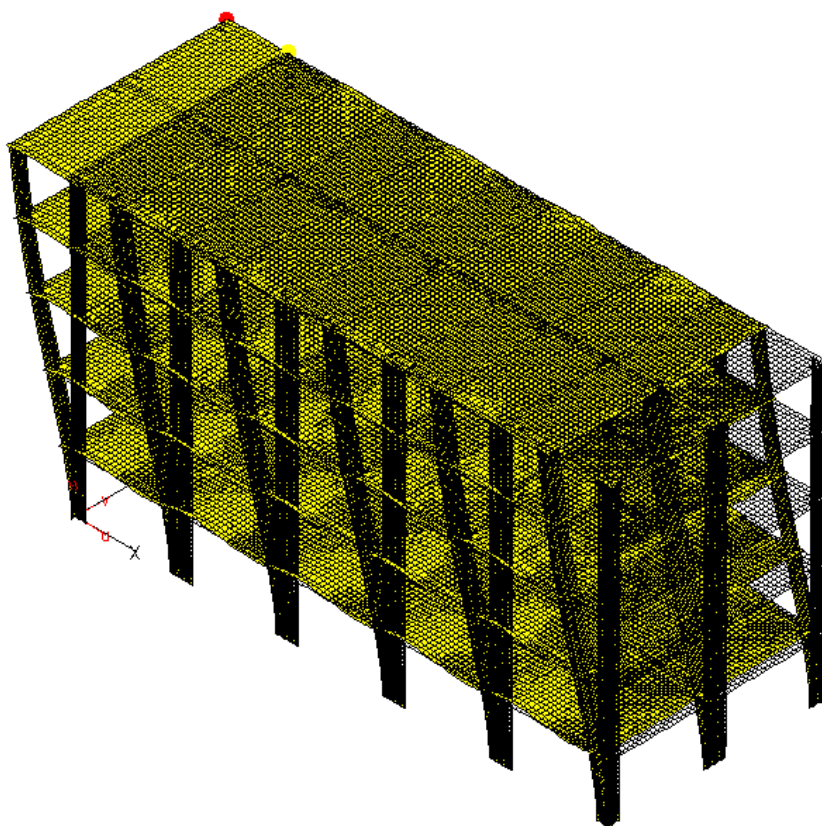
Вывод

Вид

Вид показа результатов

$W = 12.06 \text{ рад/с}$   
 $f = 1.919 \text{ Гц}$   
 $T = 0.5211 \text{ с}$

Мах.перемещение = 33.65360 mm  
 в узле = 64284



Управление

Параметры

Степень своб: Dsum

№ формы 2

Вид Закраска

Масштаб 100

Добавление э 0

Коэффициент -1

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкал  Горизонтально  Вертикально

Тип вывода  Вывод во View  Вывод в Word

Настройки вывода

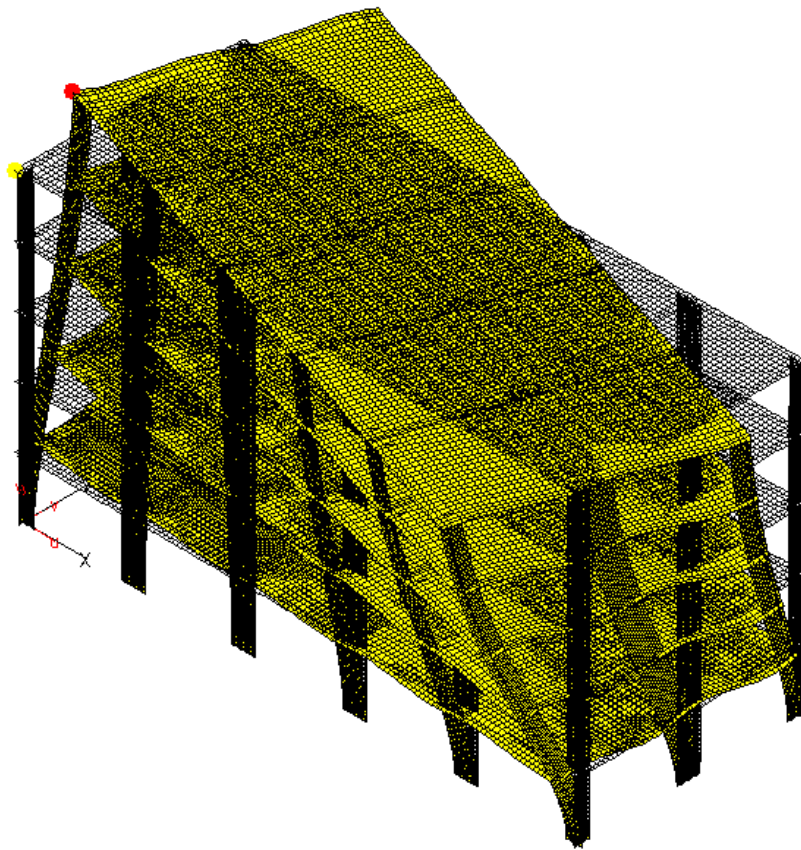
Вывод

№ формы

Номер формы

$W = 15.13 \text{ рад/с}$   
 $f = 2.409 \text{ Гц}$   
 $T = 0.4152 \text{ с}$

Мах.перемещение = 34.39514 mm  
 в узле = 70913



Управление

Параметры

Степень свободы	Dsum
№ формы	3
Вид	Закраска
Масштаб	100
Добавление z	0
Коэффициент	-1

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкал:  Горизонтально,  Вертикально

Тип вывода:  Вывод во View,  Вывод в Word

Настройки вывода

Вывод

№ формы

Номер формы

$\omega = 16,42 \text{ рад/с}$   
 $f = 2,613 \text{ Гц}$   
 $T = 0,3826 \text{ с}$

Max. перемещение = 56.08577 mm  
 в узле = 64532

Перейдем к заданию сейсмического воздействия. Сначала на вкладке «Прикладные расчеты» выберем «Опасное направление» - «Поступательное».

СтадиКон 2026

Старт    Фрагмент    Элементы    Связи    Нагрузки    Модель    Расчет    Прикладные расчеты    Результаты

Ветер (СП 20.13330.2016)    Ветер (прил. М изм. №5 СП 20)    Нагрузки (СНиП)    Нагрузки (спектры)    Нагрузки (КМК 2.01.03-96)    Факторы участия    Опасное направление    Перемещения    Специальные нагрузки    Определение центров

Поступательное  
 Вращательное  
 Для элемента

Рассчитываем опасное направление.

Опасное направление

Рассчитать (оценить)    ОК

Вывод

Viewer     Word

Свойства

оценить факторы участия

Отменить

Как видно, первое и второе направления соответствуют воздействиям по осям ОУ и ОХ соответственно. К первому направлению относятся 1, 4 и 7 собственные формы. Ко второму направлению относятся 2 и 5 формы.

--НАИХУДШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
 --для поступательного воздействия  
 -- (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ)

Количество собств.форм	Угол с осью ОХ	Угол с плоскостью ХОУ
10	90.003	0.000

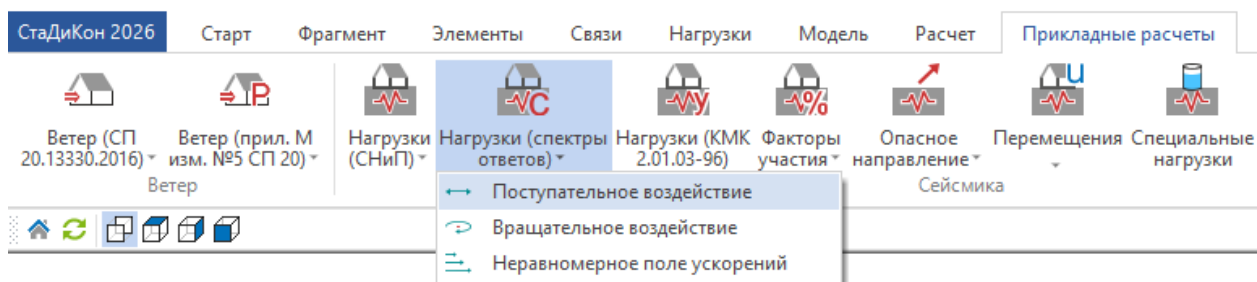
--НАПРАВЛЯЮЩИЕ КОСИНУСЫ (ОРИЕНТАЦИЯ) ФОРМ  
 --для поступательного воздействия

№р. направления	№р. формы	ОХ	ОУ	ОZ
1	форма 1	0.000	1.000	0.000
2	форма 2	-1.000	0.000	0.000
3	форма 3	-0.991	0.136	0.003
4	форма 4	0.000	1.000	0.000
5	форма 5	-1.000	0.000	0.000
6	форма 6	0.991	-0.126	0.046
7	форма 7	0.000	1.000	0.000
8	форма 8	0.000	0.000	-1.000
9	форма 9	-0.997	0.000	0.074
10	форма 10	0.000	0.000	-1.000

--ФАКТОРЫ УЧАСТИЯ

Номер направления	Номер формы	Период [сек]	фактор участия [%]
# 1	1	0.5260	80.02
	2	0.4190	0.00
	3	0.3870	0.00
	4	0.1620	11.23
	5	0.1240	0.00
	6	0.1140	0.00
	7	0.0880	4.32
	8	0.0800	0.00
	9	0.0780	0.00
	10	0.0740	0.00
			-----
			Сумма = 95.57
2	1	0.5260	0.00
	2	0.4190	78.71
	3	0.3870	0.00
	4	0.1620	0.00
	5	0.1240	11.80
	6	0.1140	0.00
	7	0.0880	0.00
	8	0.0800	0.00
	9	0.0780	0.00
	10	0.0740	0.00
			-----
			Сумма = 90.51

Теперь на вкладке «Прикладные расчеты» выбираем «Нагрузки (спектры ответов)» - «Поступательное воздействие».



Здесь необходимо задать спектр, описанный в пункте [1.5]. Данный спектр был рассчитан в Excel и после скопирован, и вставлен в таблицу.

Для задания воздействия по ОХ устанавливаем соответствующие формы через запятую и направляющий косинус. После нажимаем на «Расчет».

Характеристики сейсмического расчёта

**Спектры**

Количество спектров: 1  
 Номер текущего спектра: 1  
 Имя: first

Задание по точкам  
 Аналитическое задание

Количество интервалов: 141

**Периоды и ускорения**

	Период [с]	Ускор. [м/с <sup>2</sup> ]
1	0	3.2373
2	0.01	3.232319538
3	0.02	3.227339077
4	0.03	3.222358615

**Побуждения**

Количество побуждений: 1  
 Номер тек. побуждения: 1  
 Амплитуда: 1  
 Количество исследуемых собственных значений: 5  
 Номер спектра: 1  
 Задать формы:  2,5

**Направление сейсм. воздействия**

Задать углами  
 Задать направляющими косинусами

**Направляющие косинусы воздействия**

1: 0    0    0

Учет параметрических колебаний  
 Определять нагрузки от неучтенных форм  
 Задать коэф. динамичности: 1

**Координаты центра тяжести основания**

Задать     Вычислить  
 X = 0    Y = 0    Z = 0

Точности сейсмических нагрузок ...

**Файлы характеристик**

Загрузка из проекта  
 Загрузка стандартов

Используемые результаты

Свободные колебания

Выбрать

График

Расчёт    Отмена    Помощь

Получаем рассчитанные комбинации для сейсмического воздействия. В поле «Шаблон имени» укажем направление данного воздействия и применим название нажав «Применить». После ждем «ОК».

Новые нагрузки

Создано нагрузжений: 2

Задайте имена для созданных нагрузжений:

№ нагру...	№ комбин...	№ ф...	Собств. частота (...)	Имя нового нагрузж...
7	1	2	15.13	сейсм. (пост. по X) ф.2
8	1	5	51.17	сейсм. (пост. по X) ф.5

Шаблон имени:

После аналогичным образом рассчитываем комбинации для 1, 4 и 7 формы по ОУ.

Характеристики сейсмического расчёта

**Спектры**

Количество спектров:

Номер текущего спектра:

Имя:

Задание по точкам  
 Аналитическое задание

Количество интервалов:

**Периоды и ускорения**

	Период [с]	Ускор. [м/с <sup>2</sup> ]
1	0	3.2373
2	0.01	3.23232
3	0.02	3.22734
4	0.03	3.22236
5	0.04	3.21738

**Координаты центра тяжести основания**

Задать  Вычислить

X =  Y =  Z =

Точности сейсмических нагрузок ...

**Файлы характеристик**

Загрузка из проекта  
 Загрузка стандартов

**Используемые результаты**

**Побуждения**

Количество побуждений:

Номер тек. побуждения:

Амплитуда:

Количество исследуемых собственных значений:

Номер спектра:

Задать формы:  1,4,7

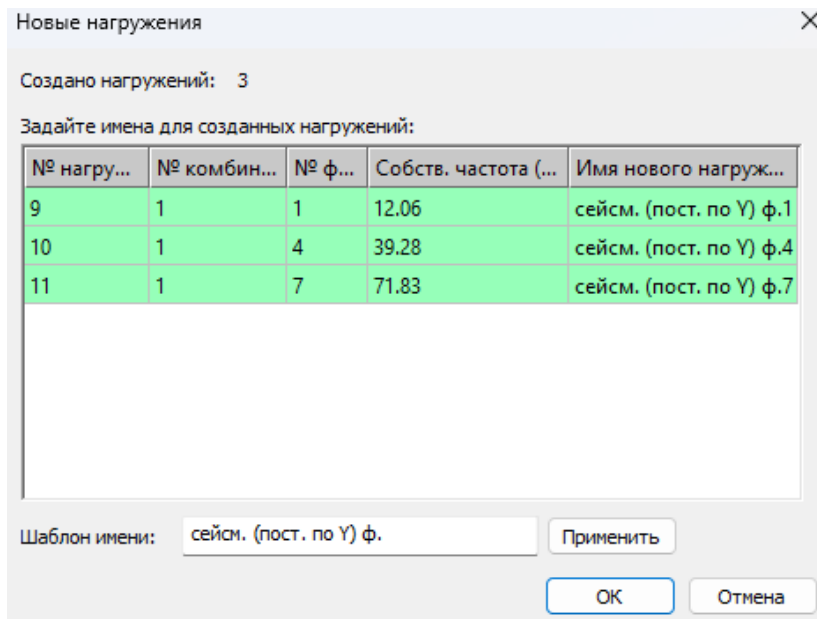
**Направление сейсм. воздействия**

Задать углами  
 Задать направляющими косинусами

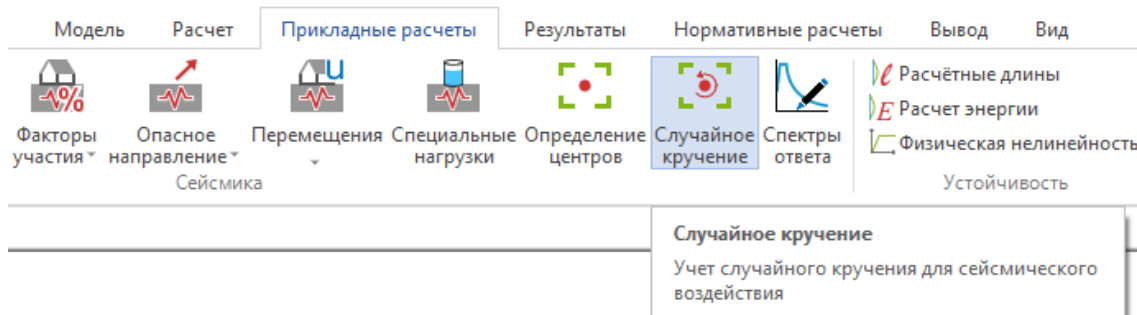
**Направляющие косинусы воздействия**

Учет параметрических колебаний  
 Определять нагрузки от неучтенных форм  
 Задать коэф. динамичности:

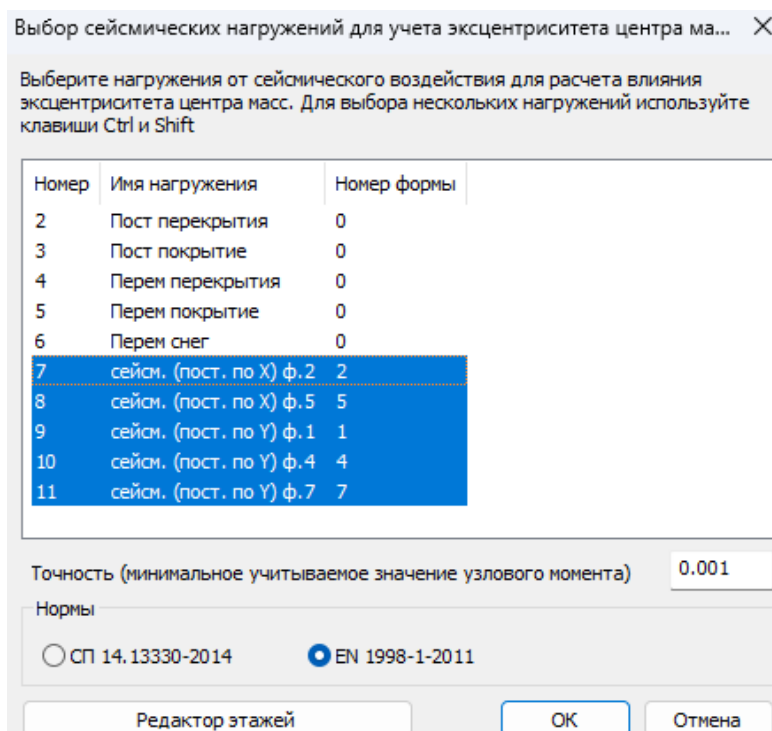
**График**



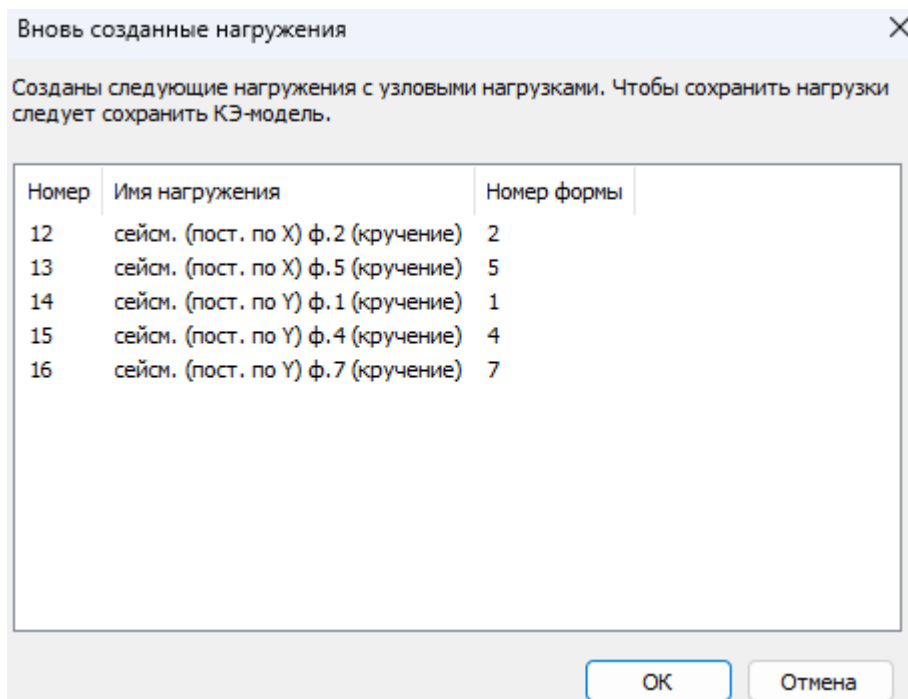
Теперь добавим учет случайного кручения. На вкладке «Прикладные расчеты» выбираем «Случайное кручение».



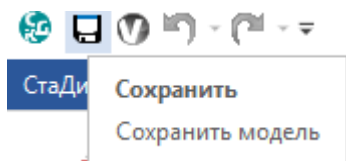
Устанавливаем нормы Еврокода и выбираем все сейсмические нагрузки. Ждем «ОК».



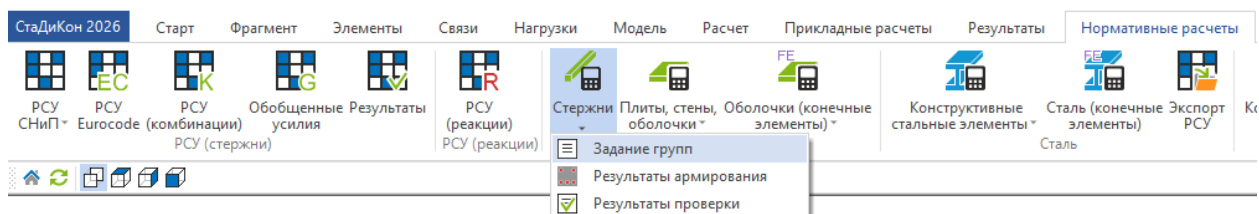
Получаем созданные нагружения для учета кручения.



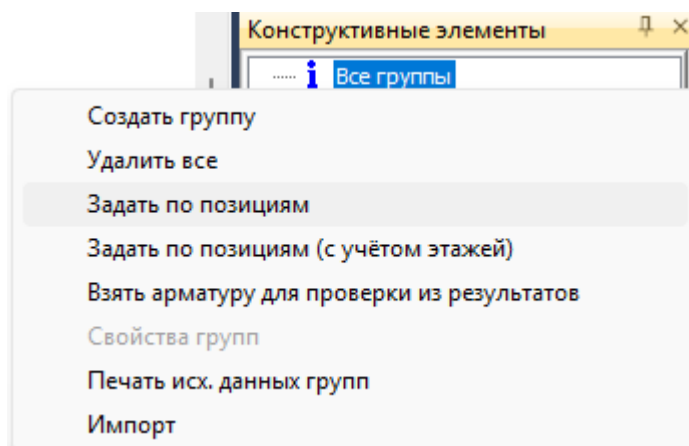
Сохраняем модель.



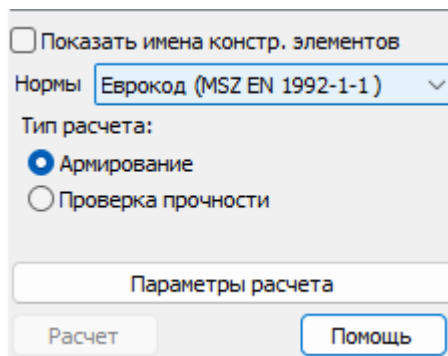
Теперь переходим на вкладку «Нормативные расчеты» и в пункте «Армирование» выбираем «Стержни» - «Задание групп».



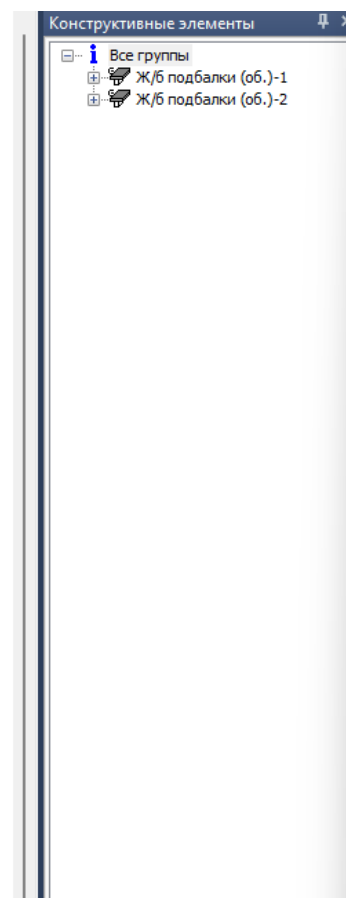
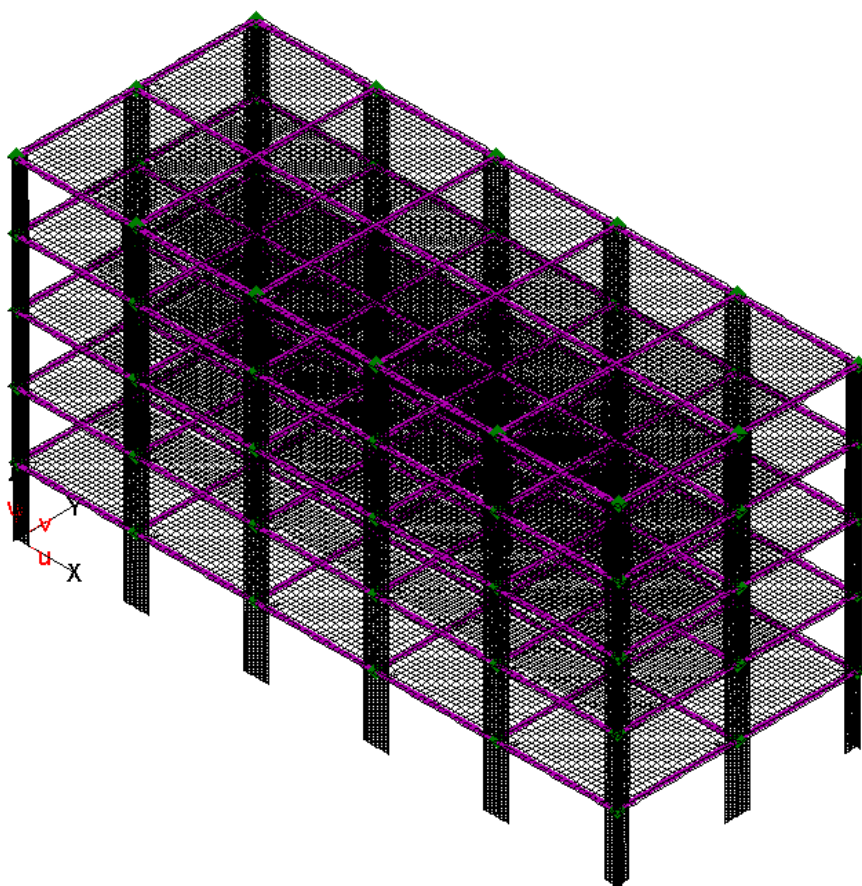
В окне «Конструктивные элементы» нажимаем ПКМ по «Все группы» и выбираем «Задать по позициям».



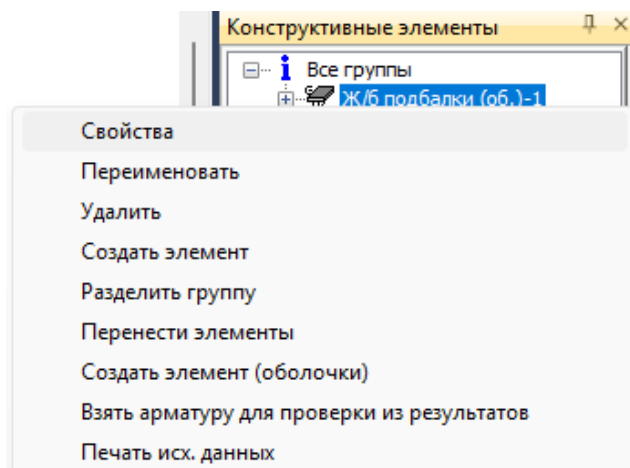
Устанавливаем нормы Еврокода.



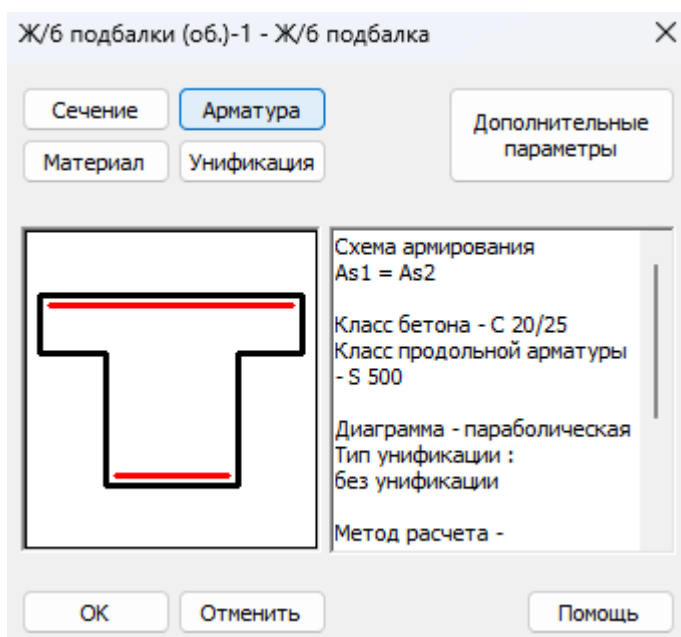
Получаем две группы для подбалок.



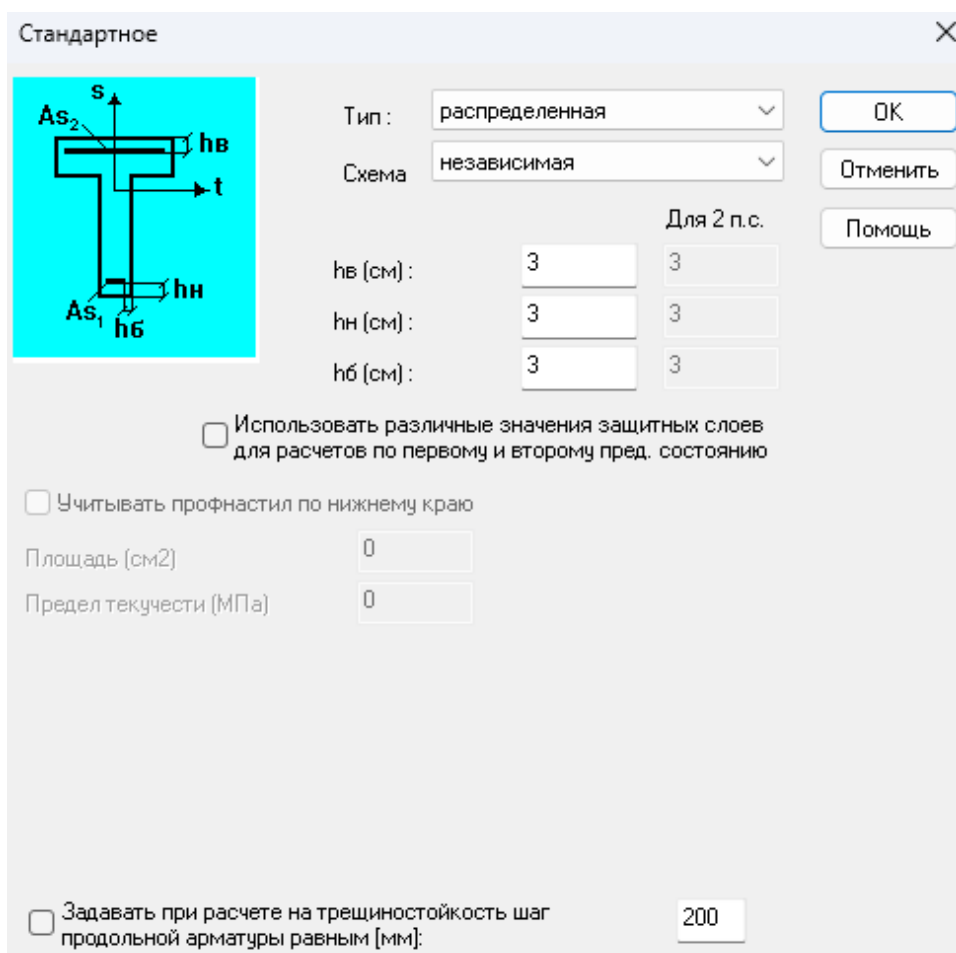
Нажимаем ПКМ на группу элементов и выбираем «Свойства».



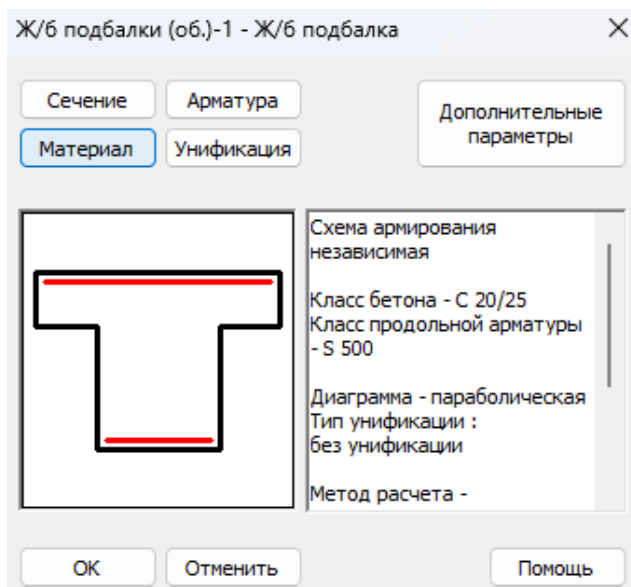
Нажимаем на «Арматура».



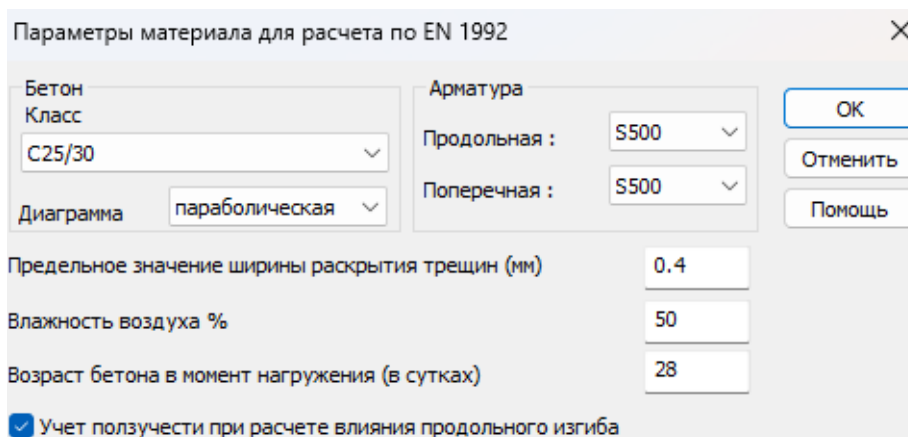
И выбираем схему армирования «независимая».



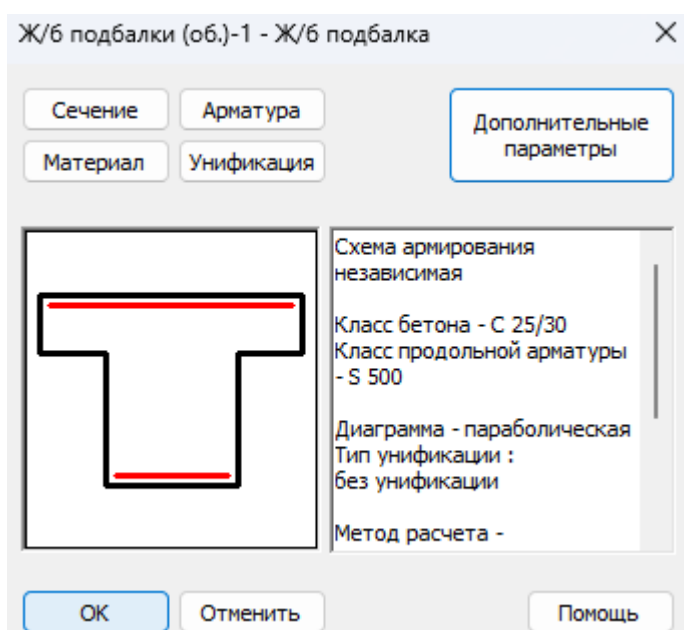
Теперь выбираем «Материал».



И устанавливаем класс бетона «C25/30».

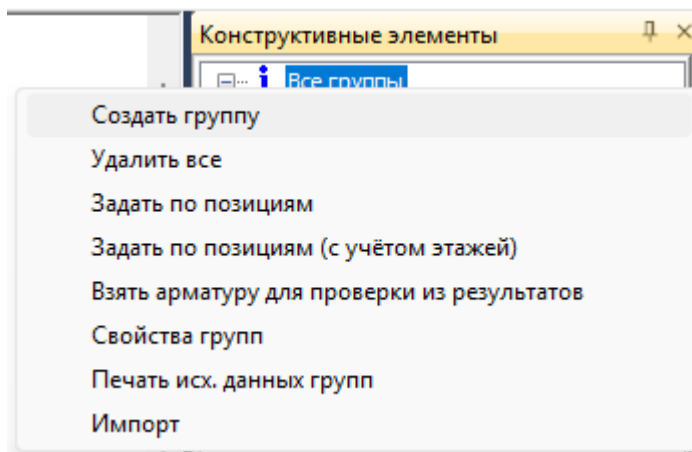


После ждем на «OK».

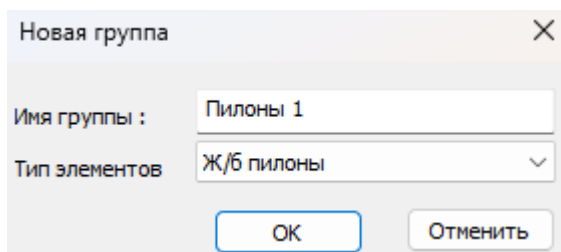


Аналогично задаем свойства и для второй группы подбалок.

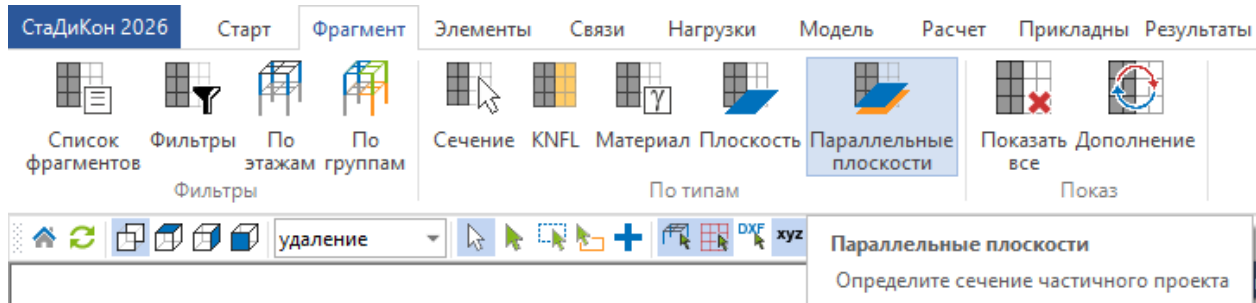
Для задания пилонов нажимаем ПКМ на «Все группы» и выбираем «Создать группу».



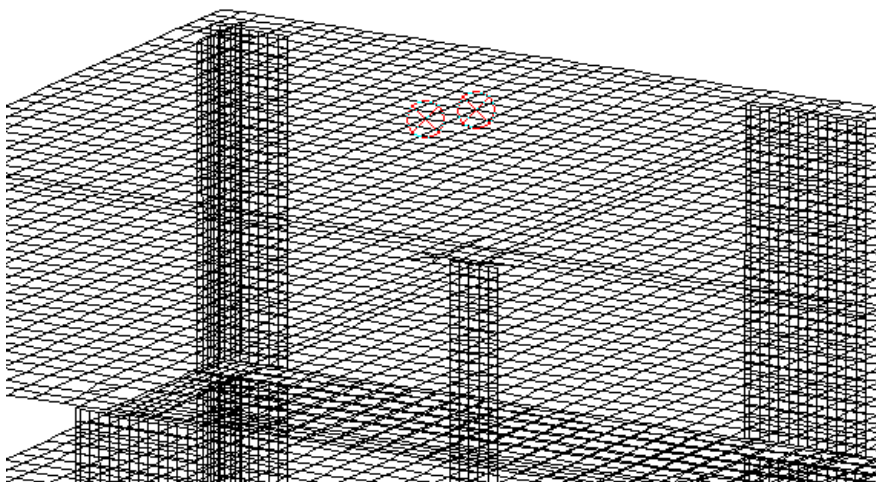
В появившемся окне выбираем «Тип элементов – Ж/б пилоны». Нажимаем «ОК».



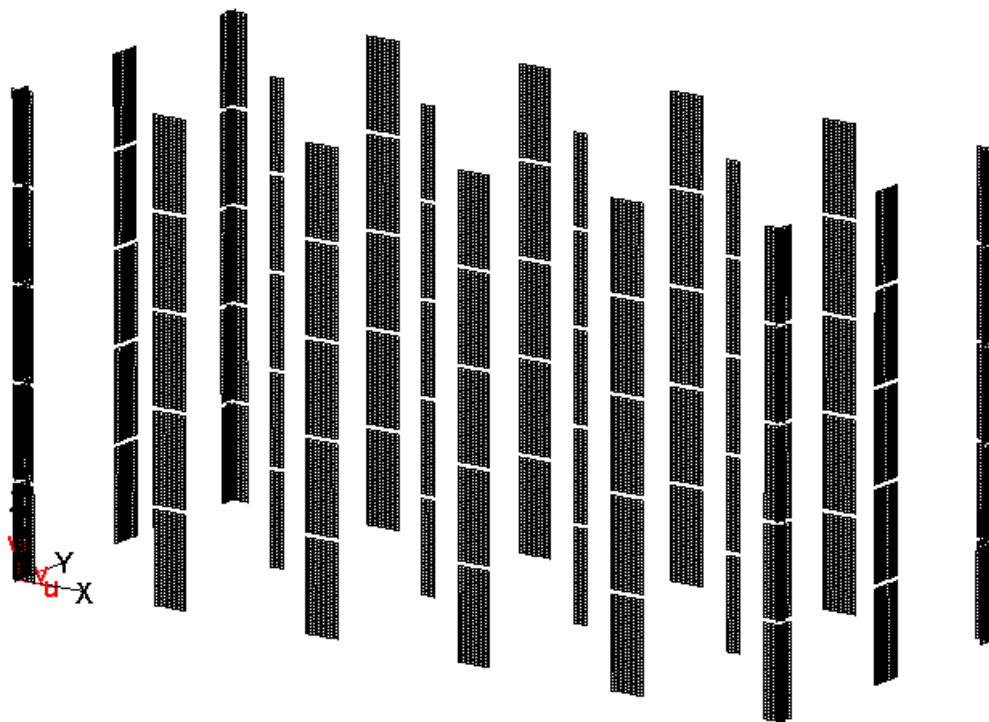
Для дальнейшего удобства выбора перейдем на вкладку «Фрагмент» и установим фрагмент по типу «Параллельные плоскости».



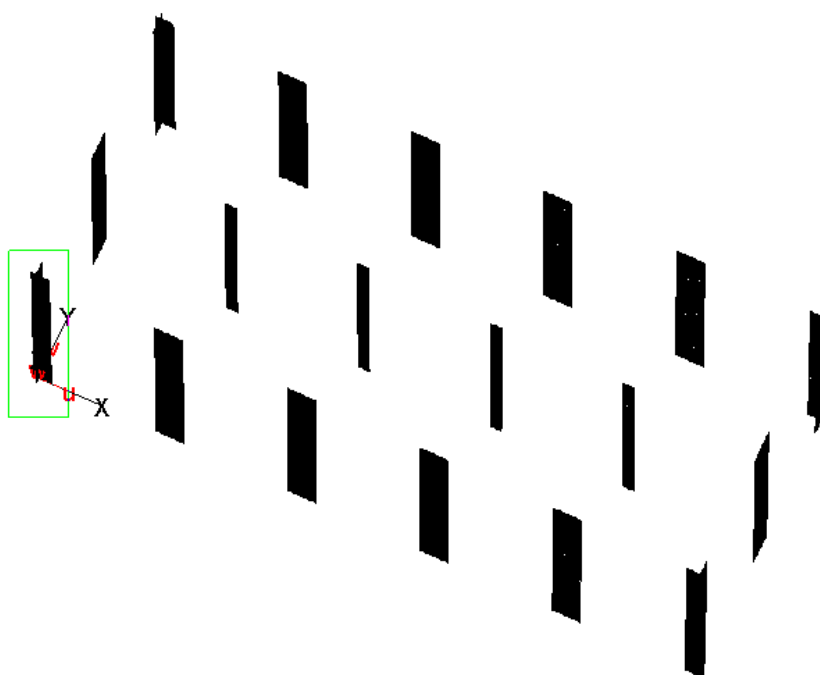
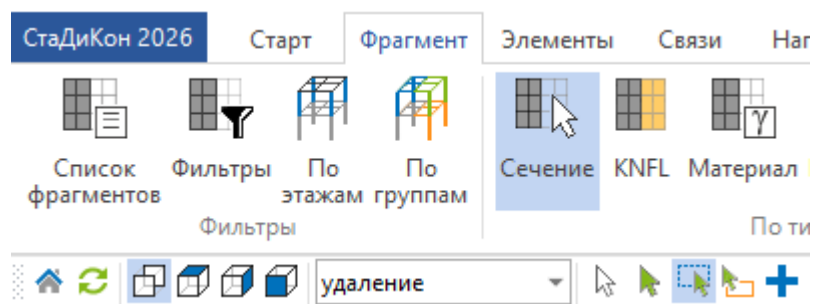
После в режиме «удаление» выбираем любые три точки на одной плоскости плиты.



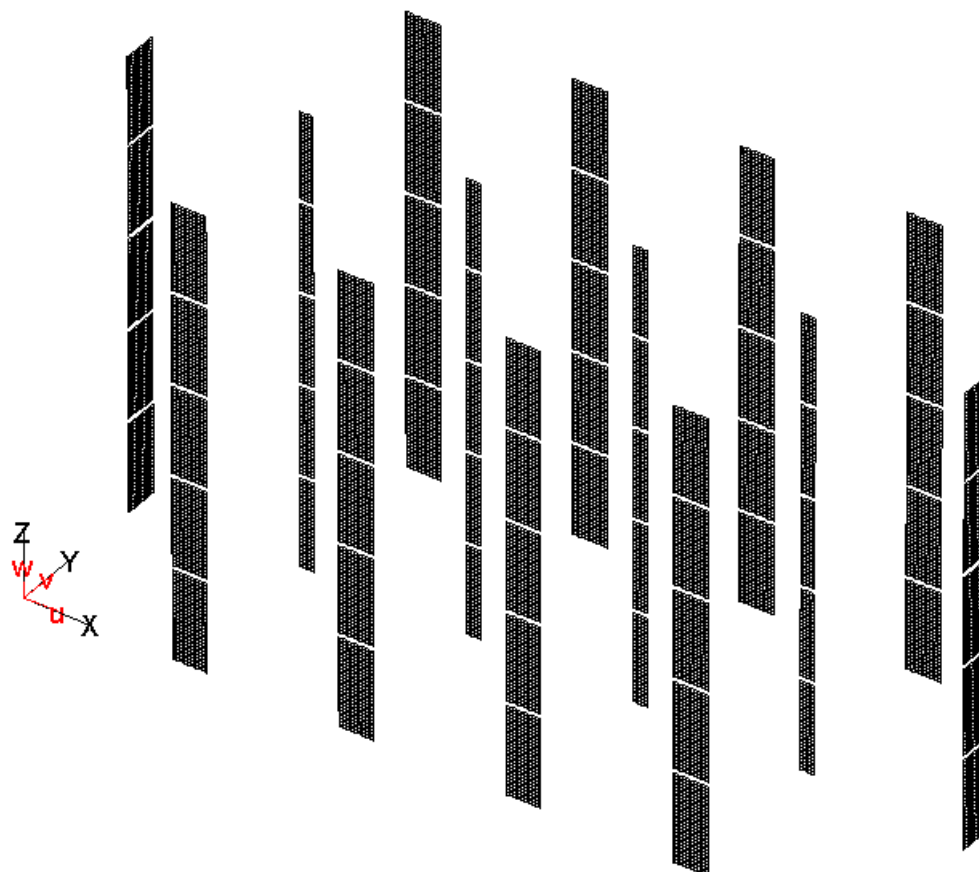
И получаем только оставшиеся колонны.



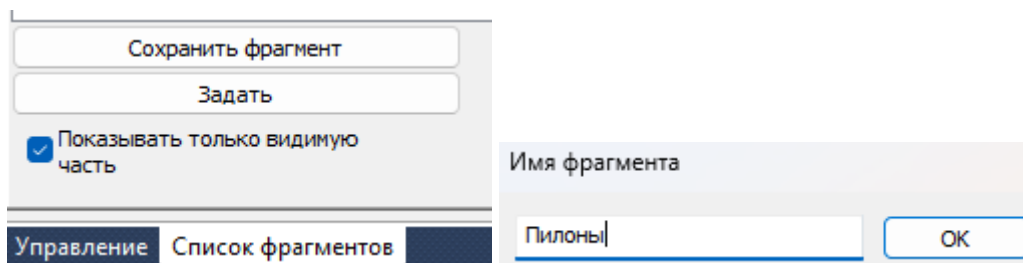
После, переключившись на «Сечение» - «удаление», удалим групповым выбором все угловые колонны (не будем далее их рассматривать).



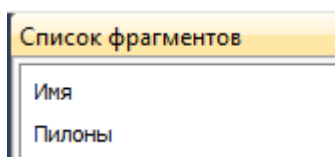
Итого получаем следующий фрагмент.



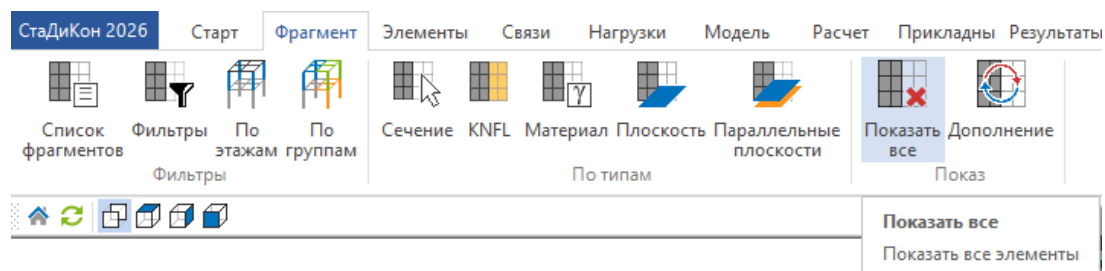
Фрагменты также можно сохранять для быстрого выбора в дальнейшем. Для этого нажимаем «Сохранить фрагмент» и задаем имя.



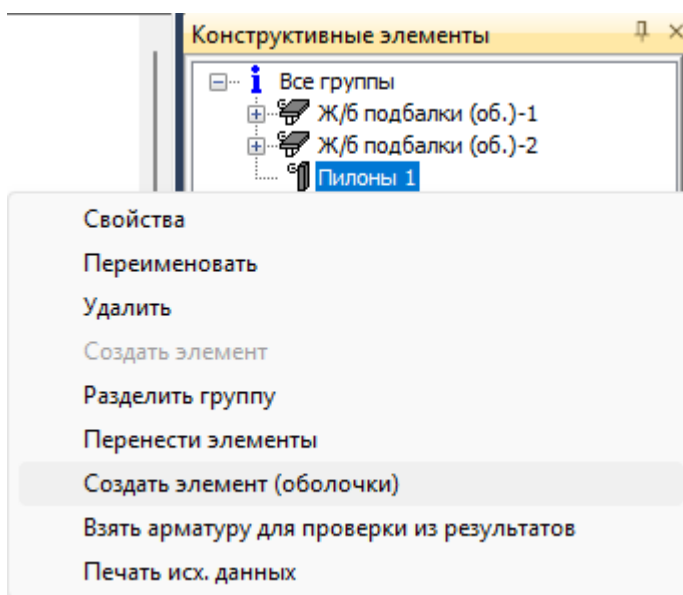
Теперь в списке фрагментов появился созданный фрагмент.



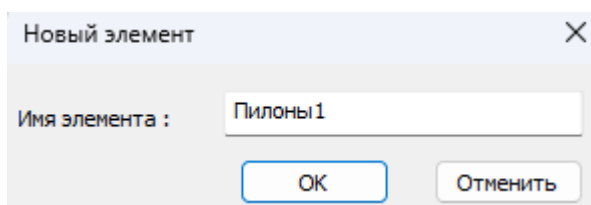
Для показа всей схемы необходимо нажать «Показать все».



Возвращаемся к заданию конструктивных элементов. Нажимаем ПКМ на созданную ранее группу «*Пилоны 1*» и выбираем «*Создать элемент (оболочки)*».

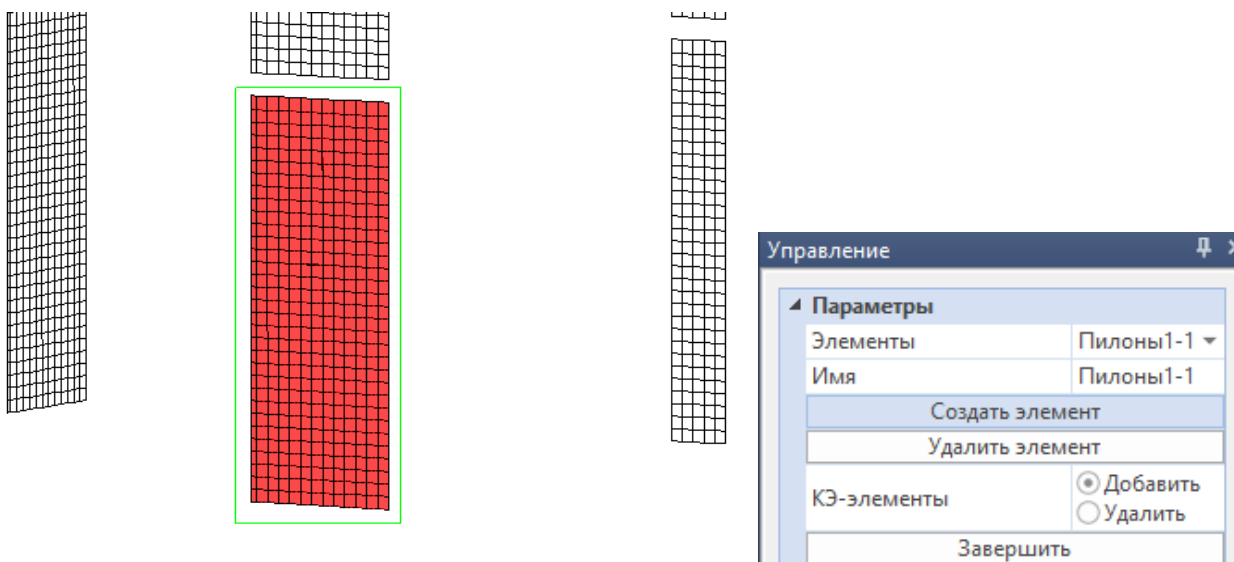


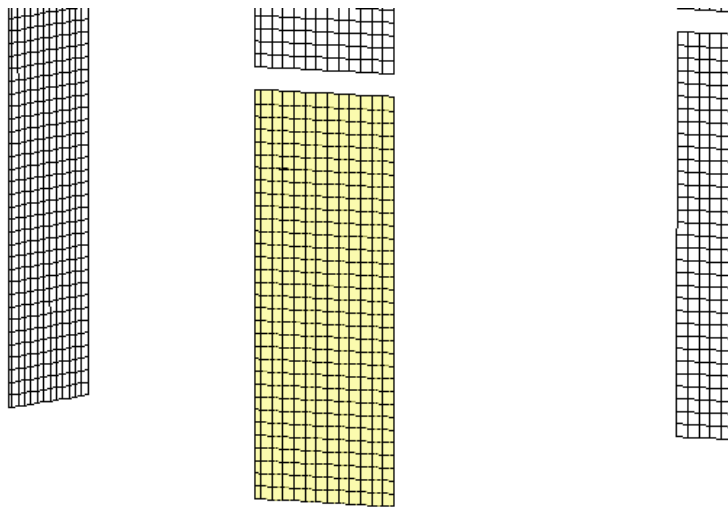
Оставляем базовое имя и жмем «*ОК*».



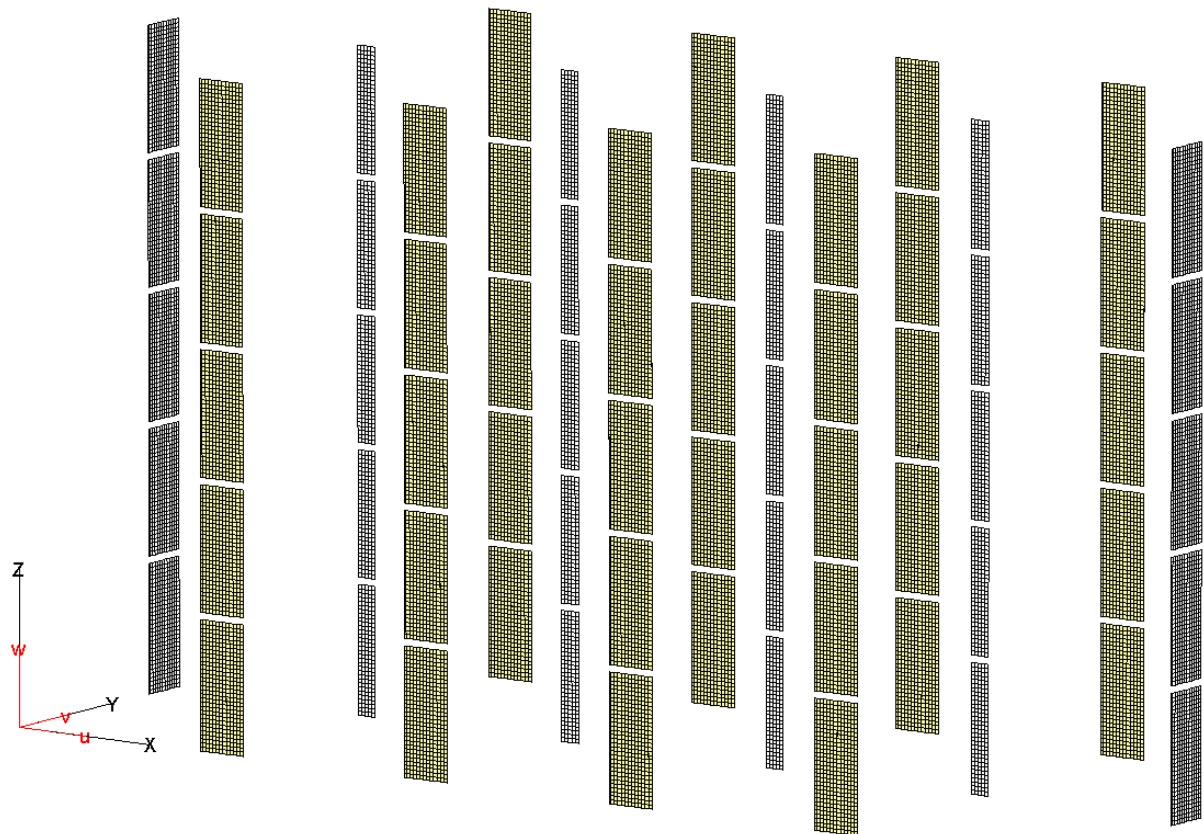
Далее групповым выбором необходимо поочередно выделить и создать элементы пилонов из оболочечных элементов.

Выделяем элемент и в окне «*Управление*» нажимаем «*Создать элемент*».

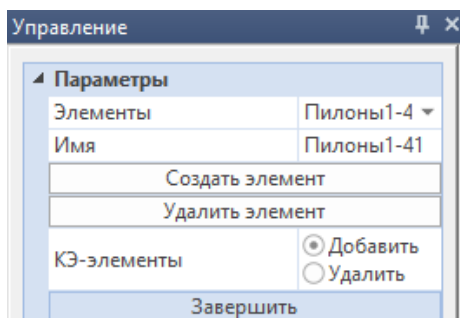




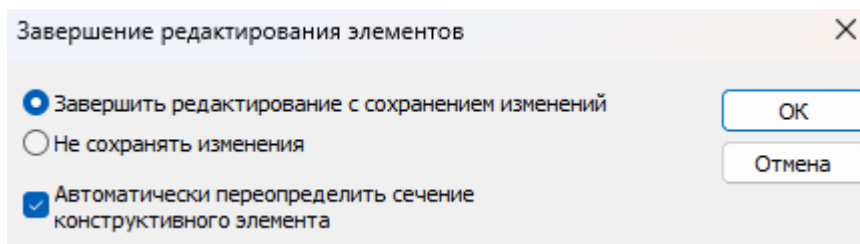
Таким способом поочередно создаем элементы пилонов только для боковых продольных колонн. Важно, что колонна каждого этажа должна быть отдельным конструктивным элементом.



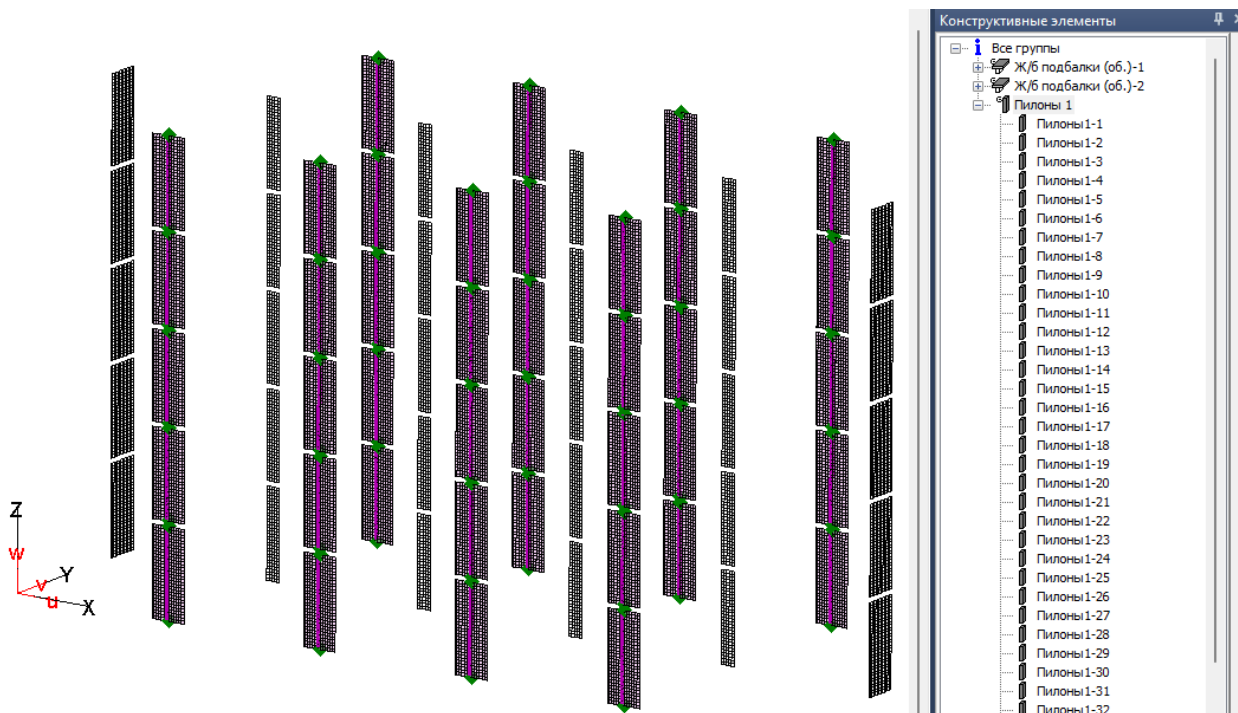
И нажимаем «Завершить».



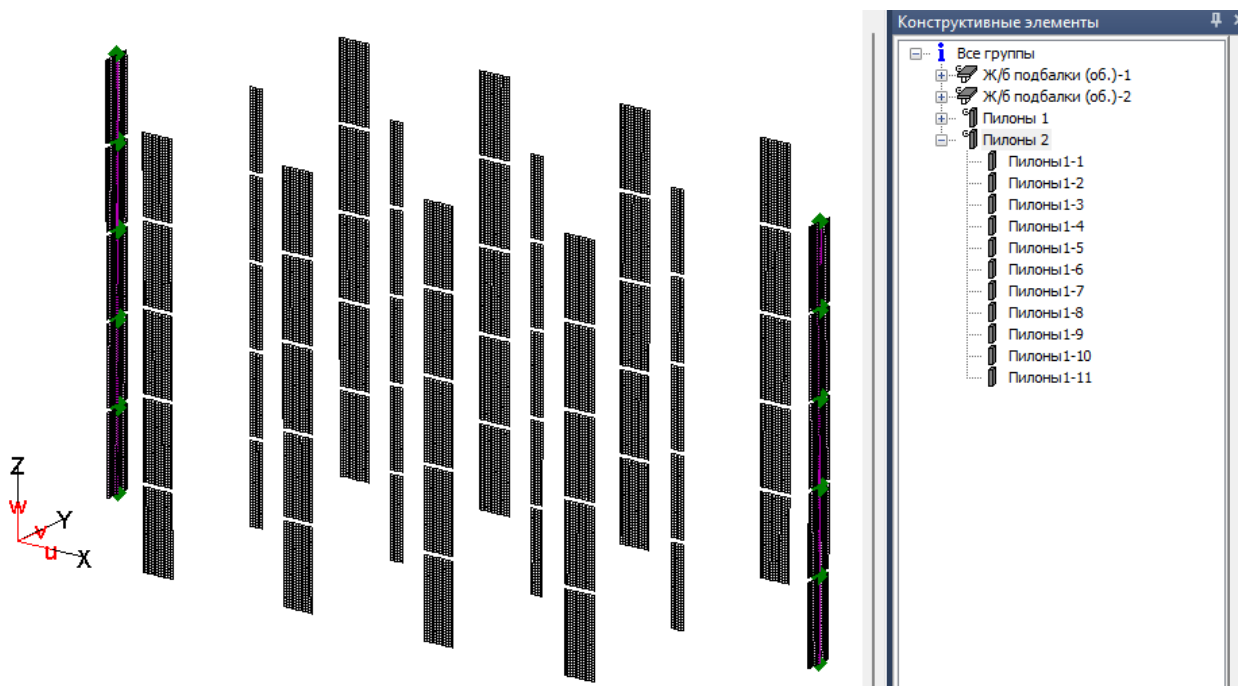
Нажимаем «OK».

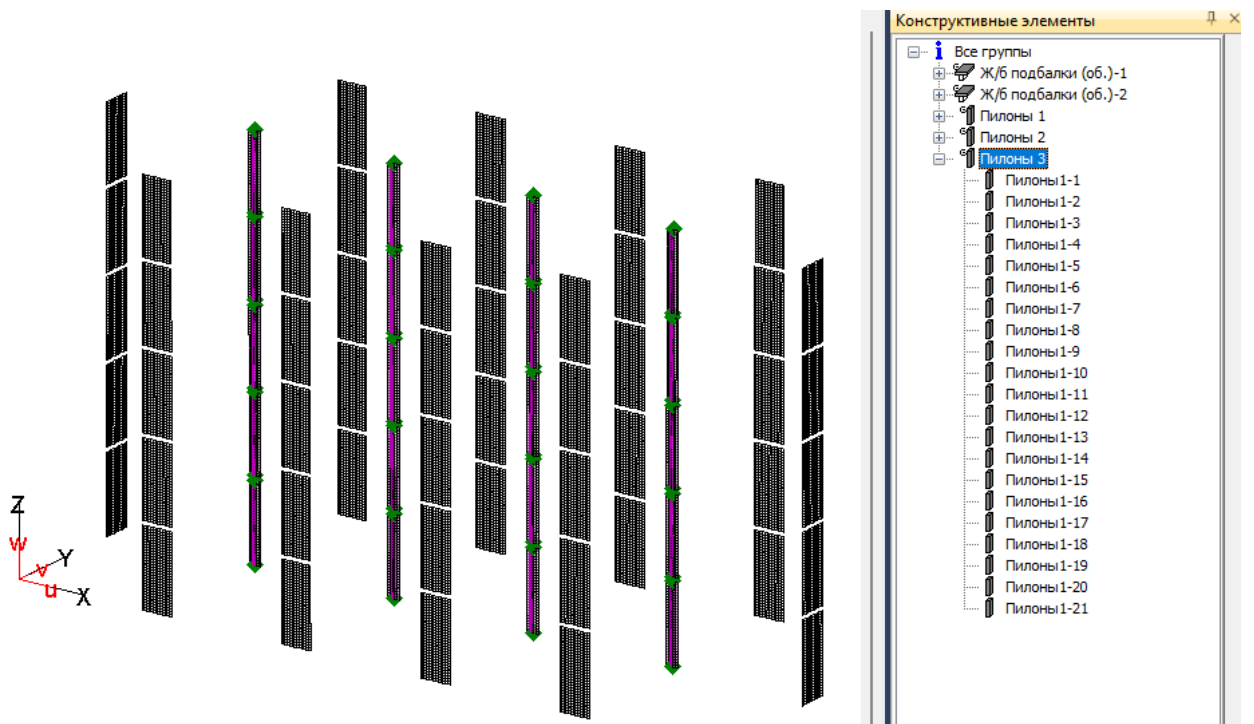


Получаем следующую группу пилонов.

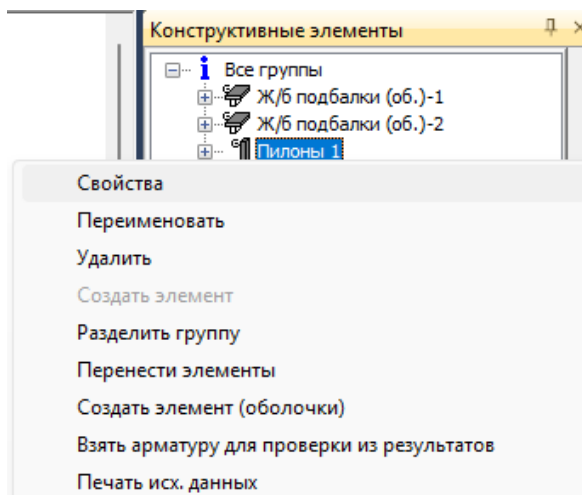


Аналогично создаем еще две группы: для боковых поперечных колонн и для внутренних колонн.

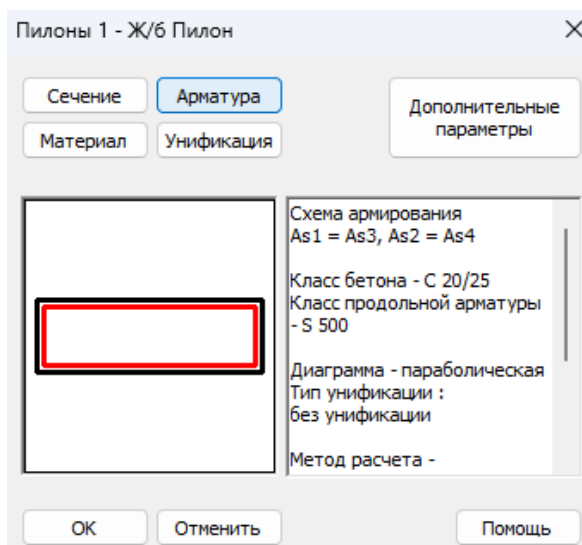




Далее необходимо задать свойства для созданных групп пилонов.

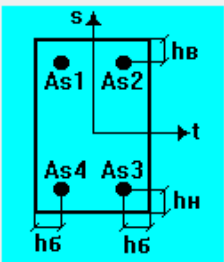


Выбираем «Арматура».



И устанавливаем следующие параметры. Нажимаем «OK».

Стандартное



Тип:

Схема:

Для 2 п.с.

hb (см):

hn (см):

hb (см):

Использовать различные значения защитных слоев для расчетов по первому и второму пред. состоянию

Учитывать профнастил по нижнему краю

Площадь (см<sup>2</sup>):

Предел текучести (МПа):

Задавать при расчете на трещиностойкость шаг продольной арматуры равным [мм]:

OK  
Отменить  
Помощь

После выбираем «Материал» и устанавливаем класс бетона «C25/30».

Пилоны 1 - Ж/б Пилон

Сечение    Арматура

Материал    Унификация

Параметры материала для расчета по EN 1992

Бетон  
Класс:

Арматура  
Продольная:   
Поперечная:

Диаграмма:

Предельное значение ширины раскрытия трещин (мм):

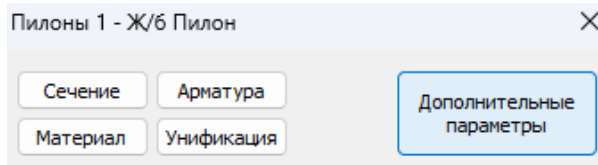
Влажность воздуха %:

Возраст бетона в момент нагружения (в сутках):

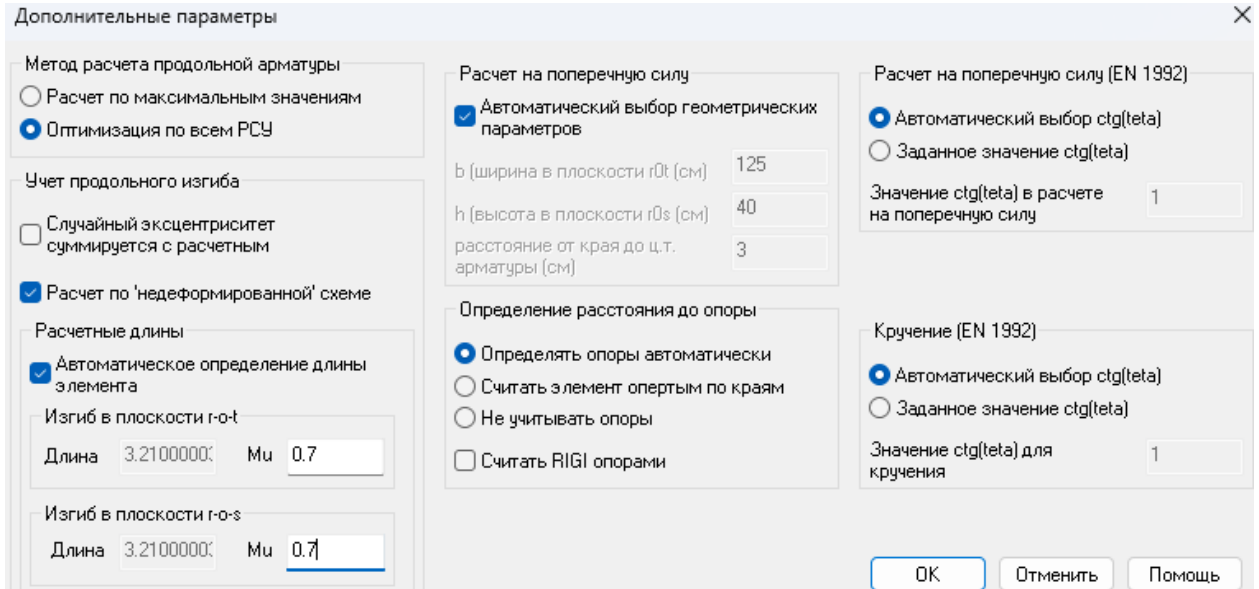
Учет ползучести при расчете влияния продольного изгиба

OK  
Отменить  
Помощь

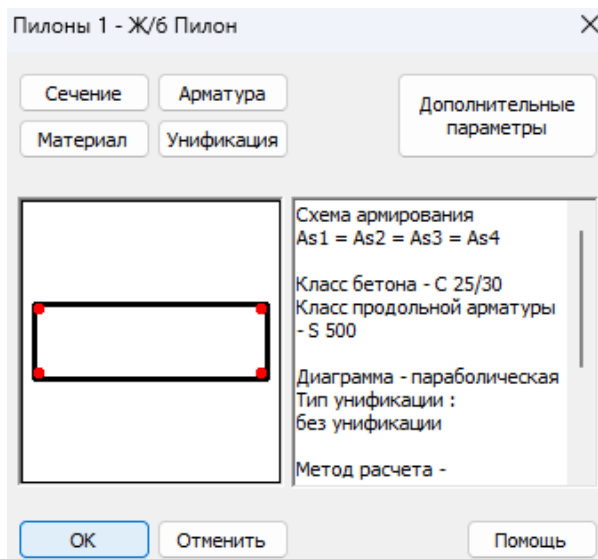
Затем открываем «Дополнительные параметры».



Устанавливаем коэффициент расчетной длины равный 0.7 и нажимаем «OK».

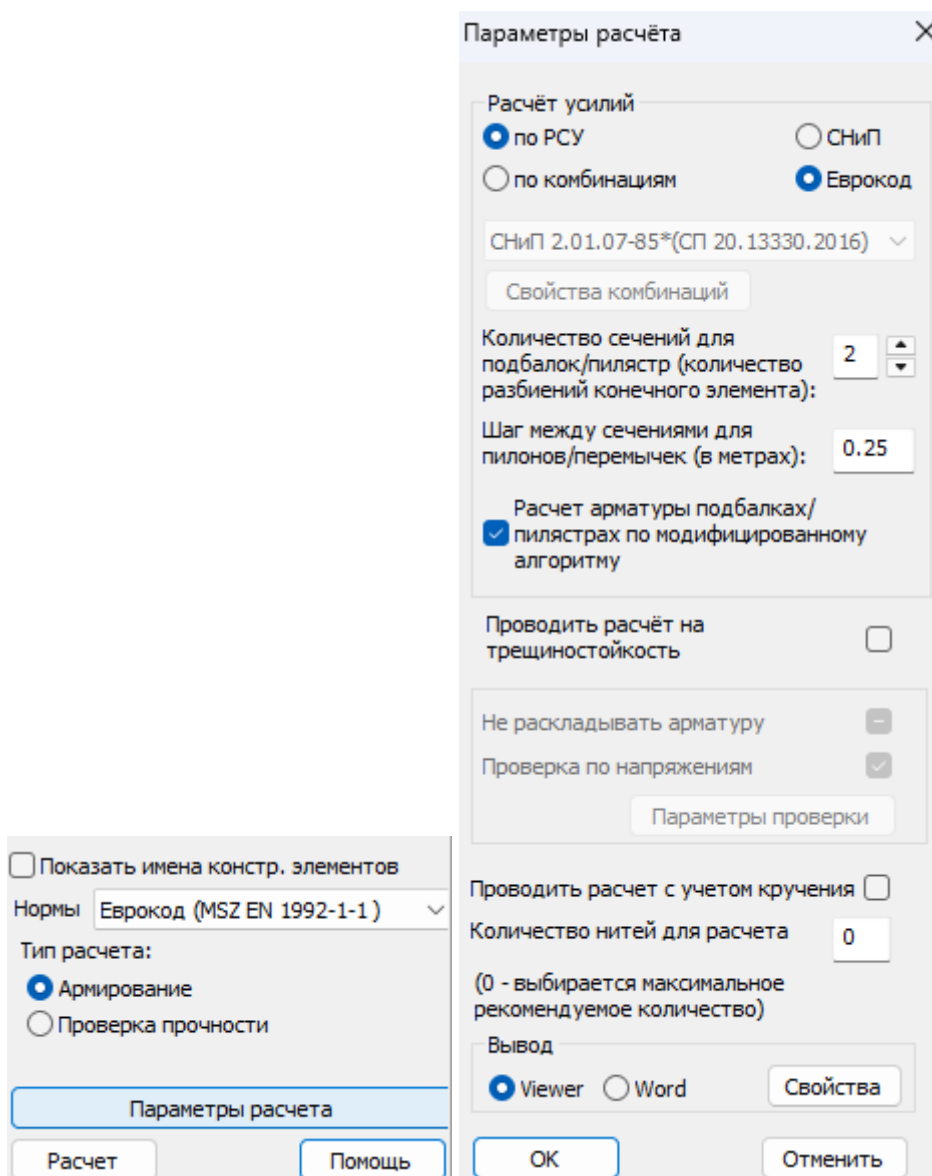


Теперь выходим из окна свойств нажав «OK».



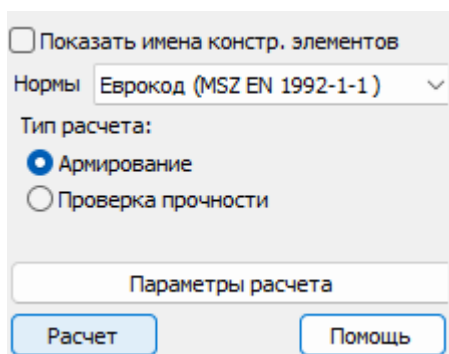
Аналогичные свойства задаем и остальным группам пилонов.

После нажимаем на «*Параметры расчета*» и устанавливаем расчет «*по РСУ - Еврокод*».



Перед расчетом необходимо заново провести статический расчет. После возвращаемся к данному пункту.

Нажимаем на «*Расчет*».



Отмечаем все группы и ждем «*ОК*».

Переходим на «Соответствие воздействий и нагрузжений».

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE

Соответствие воздействий и нагрузжений    Комбинирование сейсмических воздействий    Несчитаваемые воздействия    Параметры расчета    Национальные нормы    Вывод на печать исходных данных

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагружения	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Воздействие 1	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Пост перекры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	2	1.35	1.00	1.00	0.85			
3	Пост покрытие	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	3	1.35	1.00	1.00	0.85			
4	Перем переку...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	4	1.35	1.00	1.00	0.85			
5	Перем покры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	5	1.35	1.00	1.00	0.85			
6	Перем снег	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	6	1.35	1.00	1.00	0.85			
7	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	7	1.35	1.00	1.00	0.85			
8	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	8	1.35	1.00	1.00	0.85			
9	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	9	1.35	1.00	1.00	0.85			
10	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	10	1.35	1.00	1.00	0.85			
11	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	11	1.35	1.00	1.00	0.85			
12	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	12	1.35	1.00	1.00	0.85			
13	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	13	1.35	1.00	1.00	0.85			
14	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	14	1.35	1.00	1.00	0.85			
15	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	15	1.35	1.00	1.00	0.85			
16	сейсм. (пост. ...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	16	1.35	1.00	1.00	0.85			

Учитывать этапы возведения    Изменить этапы

Задать коэффициенты по умолчанию    Количество сечений : 5           

Переключаемся на вкладку «Сеймика (пост+вр)». Добавляем два воздействия по осям X и Y. Задаем им соответствующие номера и количество нагружений. В правой таблице номера форм должны автоматически добавиться для соответствующих нагружений. Но если этого не произошло, то записываем номера форм вручную и после передаем частоты нажав «Из КЭ-модели». Нажимаем «OK».

Соответствие нагружений и воздействий

Простые    Сеймика (узловые нагрузки)    Сеймика (перемещения)    Ветер (перемещения, прил. М изм. №5 СП 20)

Сеймика (пост+вр)    Ветер (узловые нагрузки)    Максимумы усилий от динамических воздействий    Неиспользуемые нагружения

Имя воздействия	№ 1-го нагр.	Кол-во нагр.	№ 1-го вр. нагр.	Кол-во вр. нагр.	Тип суммирования	№ нагр.	Номер формы	w [рад/с]	го %
Пост. по X кручение	7	2	12	2	SRSS	6			
Пост. по Y кручение	9	3	14	3	SRSS	7	2	15.1337	5
						8	5	51.1658	5
						9	1	12.0572	5
						10	4	39.2828	5
						11	7	71.827	5
						12	2	15.1337	5
						13	5	51.1658	5

Соглашаемся, нажав «Да».

StaDyKon

Заданы номера нагружений, которые используются в простых воздействиях. Соответствующие простые воздействия будут удалены! Продолжить?

Теперь переключаемся на «Комбинирование сейсмических воздействий».

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE

Соответствие воздействий и нагрузений    Комбинирование сейсмических воздействий    Несчитаваемые воздействия    Параметры расчета    Национальные нормы    Вывод на печать исходных данных

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Воздействие 1	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Пост перекры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	2	1.35	1.00	1.00	0.85			
3	Пост покрытие	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	3	1.35	1.00	1.00	0.85			
4	Перем перек...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	4	1.35	1.00	1.00	0.85			
5	Перем покры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	5	1.35	1.00	1.00	0.85			
6	Перем снег	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	6	1.35	1.00	1.00	0.85			
7	Пост. по X кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	7 - 8, 12 - 13	1.00						
8	Пост. по Y кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	9 - 11, 14 - 16	1.00						

Добавляем комбинирование воздействий по двум направлениям.

Комбинированное сейсмическое воздействие по нескольким направлениям

Номер	Направление X	Направление Y	Направление Z
1	Пост. по X кручение	Пост. по Y кручение	<Не задано>

Добавить    Удалить    Очистить    Понижающий коэффициент : 0.3    ОК    Отмена

После задаем типы нагрузений и устанавливаем коэффициенты. Также установим «Количество сечений = 2». После запускаем расчет, нажав на «OK».

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE

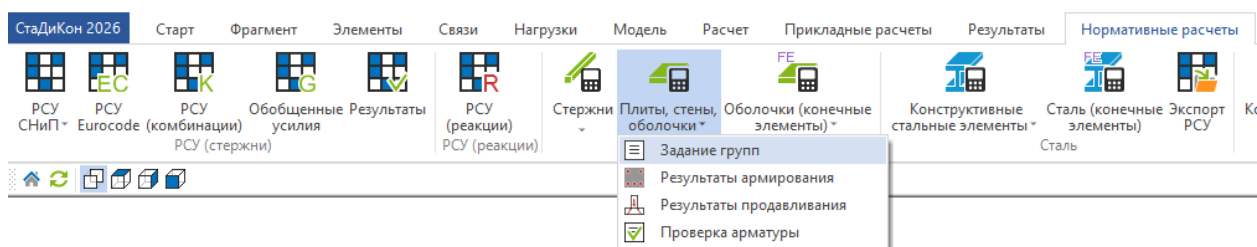
Соответствие воздействий и нагрузений    Комбинирование сейсмических воздействий    Несчитаваемые воздействия    Параметры расчета    Национальные нормы    Вывод на печать исходных данных

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Воздействие 1	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Пост перекры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	2	1.35	1.00	1.00	0.85			
3	Пост покрытие	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	3	1.35	1.00	1.00	0.85			
4	Перем перек...	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	4	1.50				0.70	0.50	0.35
5	Перем покры...	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	5	1.50				0.70	0.50	0.30
6	Перем снег	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	6	1.50				0.70	0.50	0.30
7	Пост. по X кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	7 - 8, 12 - 13	1.00						
8	Пост. по Y кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	9 - 11, 14 - 16	1.00						

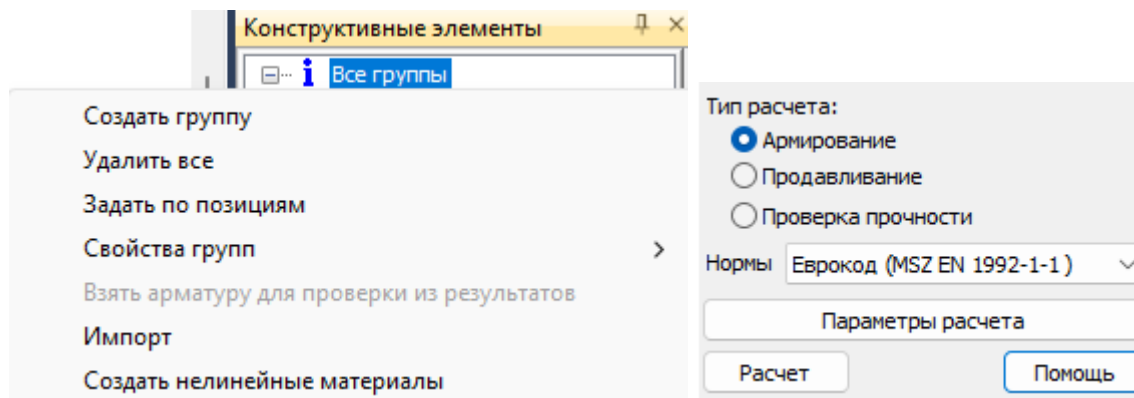
Учитывать этапы возведения    Изменить этапы

Задать коэффициенты по умолчанию    Количество сечений : 2    ОК    Отмена    Помощь

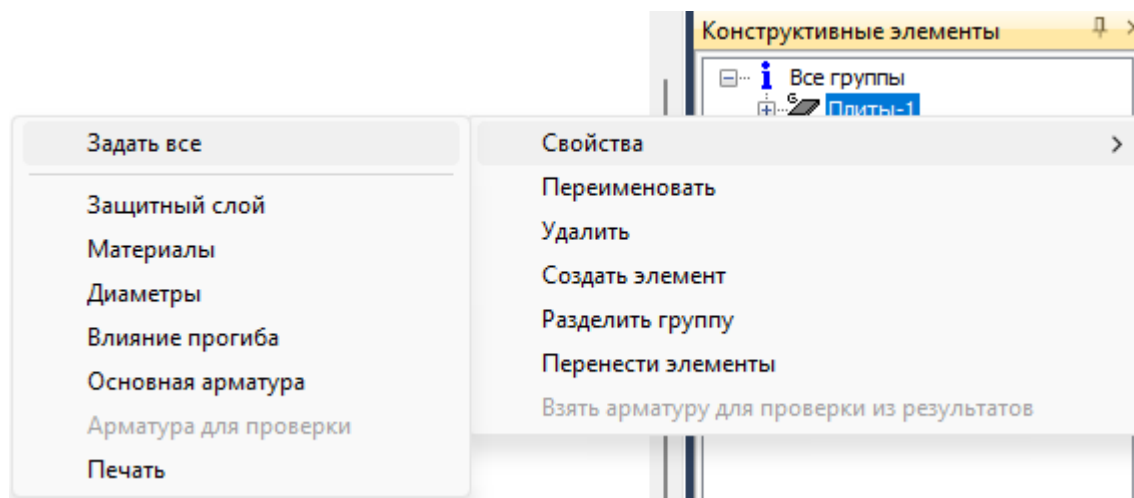
После выполнения расчета перейдем на «Нормативные расчеты» - «Плиты, стены, оболочки» - «Задание групп».



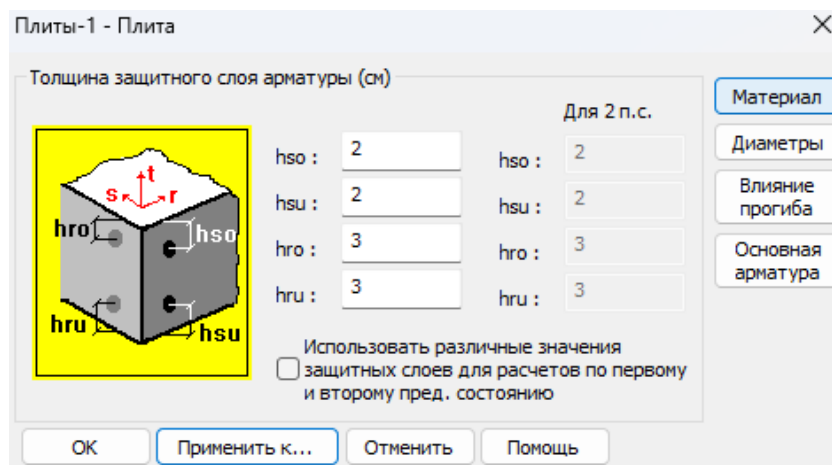
Аналогично нажимаем «Задать по позициям». Переключаем на нормы Еврокода.



Нажимаем на плиты и выбираем «Свойства» - «Задать все».



Выбираем «Материал».



Устанавливаем необходимый класс бетона.

Параметры материала для расчета по EN 1992

Бетон  
Класс: C25/30  
Диаграмма: параболическая

Арматура  
Продольная: S500  
Поперечная: S500

Предельное значение ширины раскрытия трещин (мм): 0.4  
Влажность воздуха %: 50  
Возраст бетона в момент нагружения (в сутках): 28

Учет ползучести при расчете влияния продольного изгиба

OK, Отменить, Помощь

Закрываем, нажав «OK».

Плиты-1 - Плита

Толщина защитного слоя арматуры (см)

Для 2 п.с.

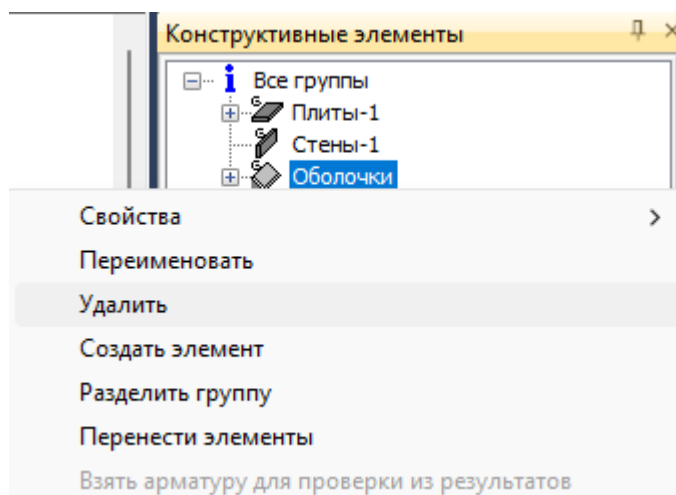
hso: 2, hsu: 2, hro: 3, hru: 3

Использовать различные значения защитных слоев для расчетов по первому и второму пред. состоянию

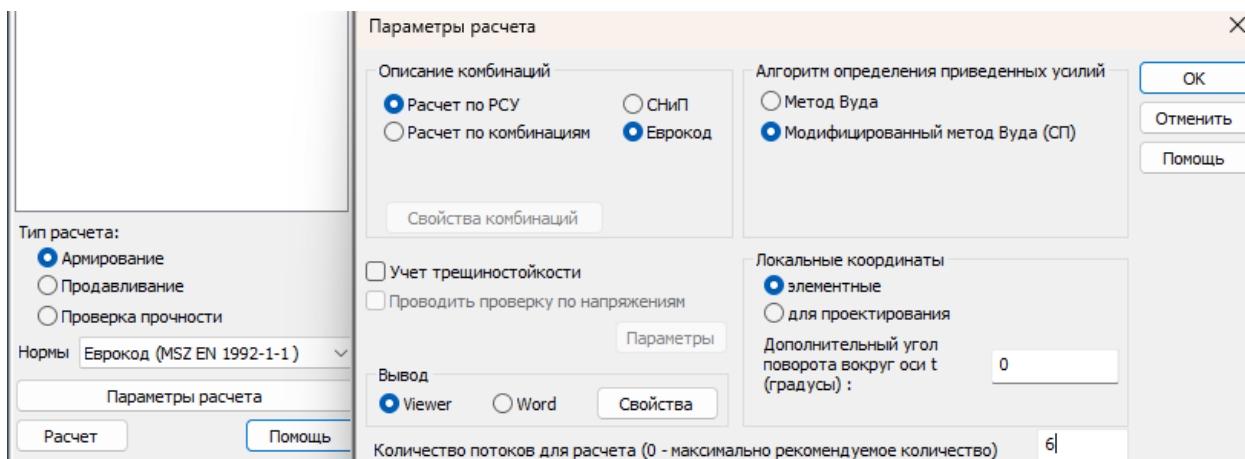
Material, Диаметры, Влияние прогиба, Основная арматура

OK, Применить к..., Отменить, Помощь

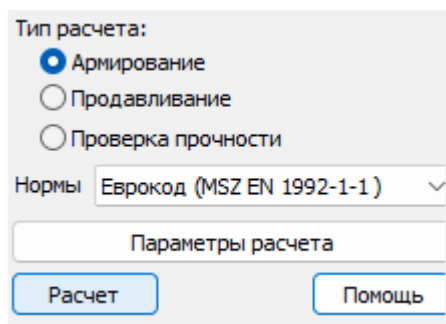
Созданную группу оболочек удалим за ненадобностью, так как колонны задали через пилоны. ПКМ на «Оболочки» - «Удалить».



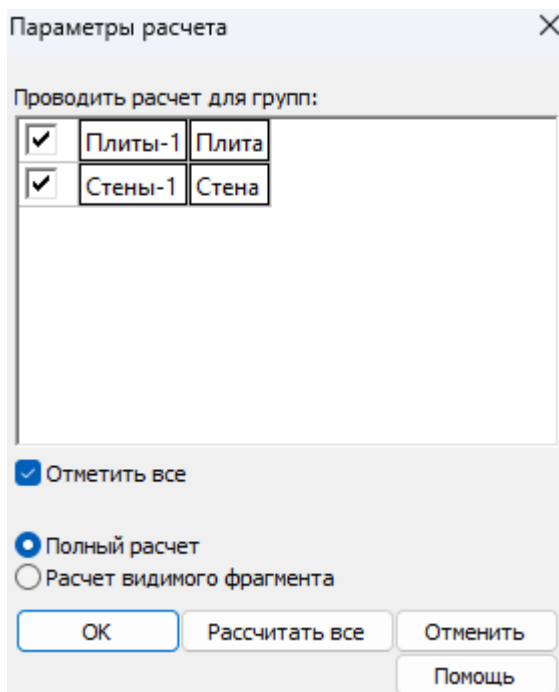
Открываем «*Параметры расчета*» и устанавливаем «*Расчет по РСУ - Еврокод*». Отключаем «*Учет трещиностойкости*». Жмем «*ОК*».



Нажимаем «*Расчет*».



Жмем «*ОК*».



Так как все параметры в РСУ уже были установлены ранее, то просто запускаем расчет, нажав «OK».

Определение расчетных сочетаний усилий EUROCODE

Соответствие воздействий и нагрузений    Комбинирование сейсмических воздействий    Несочетаемые воздействия    Параметры расчета    Национальные нормы    Вывод на печать исходных данных

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	gamma	gamma_inf	Gsup/Ginf	ksi	psi0	psi1	psi2
1	Воздействие 1	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	1	1.35	1.00	1.00	0.85			
2	Пост перекры...	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	2	1.35	1.00	1.00	0.85			
3	Пост покрытие	Постоянное	Простое	<input type="checkbox"/>	3	1.35	1.00	1.00	0.85			
4	Перем пере...	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	4	1.50				0.70	0.50	0.35
5	Перем покры...	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	5	1.50				0.70	0.50	0.30
6	Перем снег	Переменное	Простое	<input type="checkbox"/>	6	1.50				0.70	0.50	0.30
7	Пост. по X кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	7 - 8, 12 - 13	1.00						
8	Пост. по Y кр...	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	9 - 11, 14 - 16	1.00						

Учитывать этапы возведения    Изменить этапы    Количество сечений : 2           

Задать коэффициенты по умолчанию

Результаты армирования подбалок и пилонов просматриваются на вкладке «Нормативные расчеты» - «Стержни» - «Результаты армирования».

СтаДиКон 2026    Старт    Фрагмент    Элементы    Связи    Нагрузки    Модель    Расчет    Прикладные расчеты    Результаты    Нормативные расчеты

РСУ СНиП\*    РСУ Eurocode    РСУ (комбинации)    Обобщенные усилия    Результаты    РСУ (реакции)    РСУ (реакции)

Стержни    Плиты, стены, оболочки \*    Оболочки (конечные элементы) \*    Конструктивные стальные элементы \*    Сталь (конечные элементы)    Экспорт РСУ

Задание групп    Результаты армирования    Результаты проверки

Результаты расчета

Тип результатов: Продольная 1-е предельное сост.

Группа: Все группы

Слой: Sum\_As

Кoeffициент армирования

Табличный вывод    Настройки    Помощь

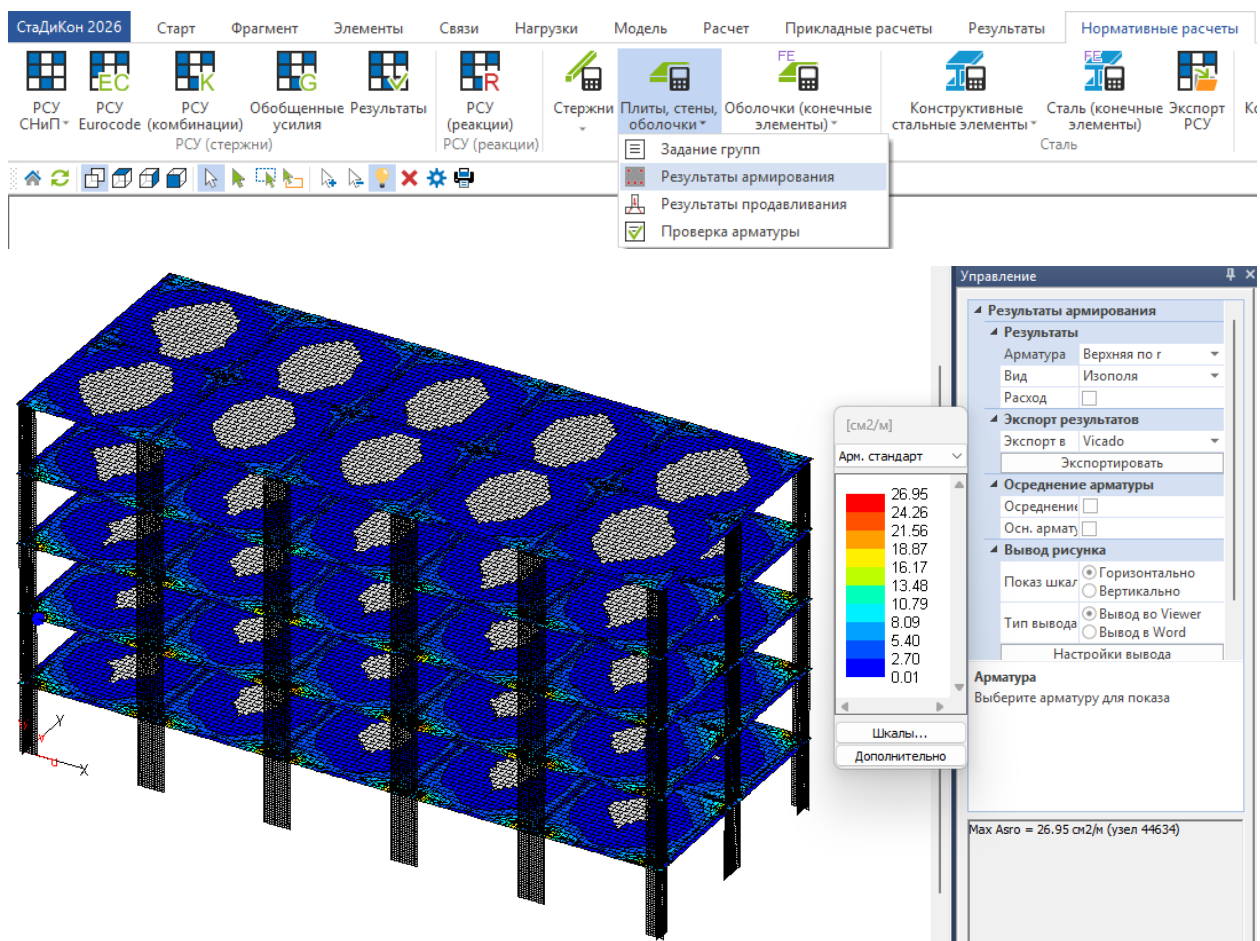
Вывод в ...     Viewer     Word     Txt

Настройки вывода

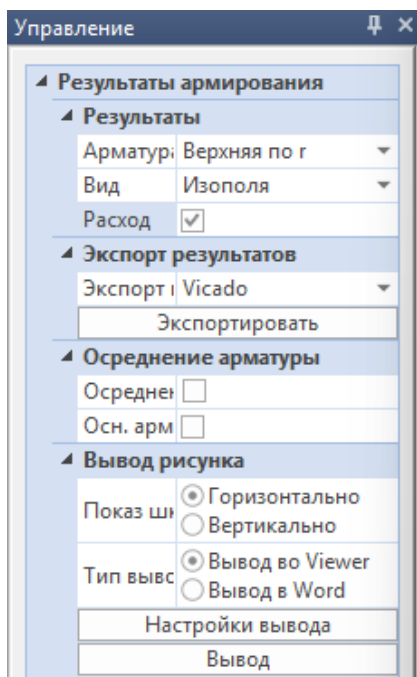
Вывод

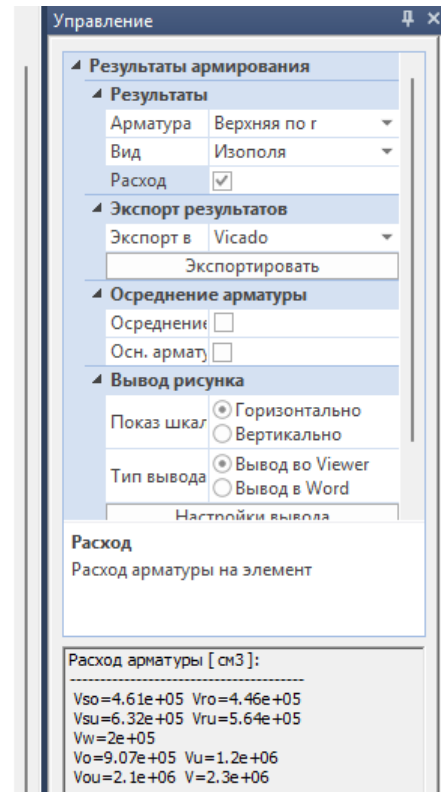
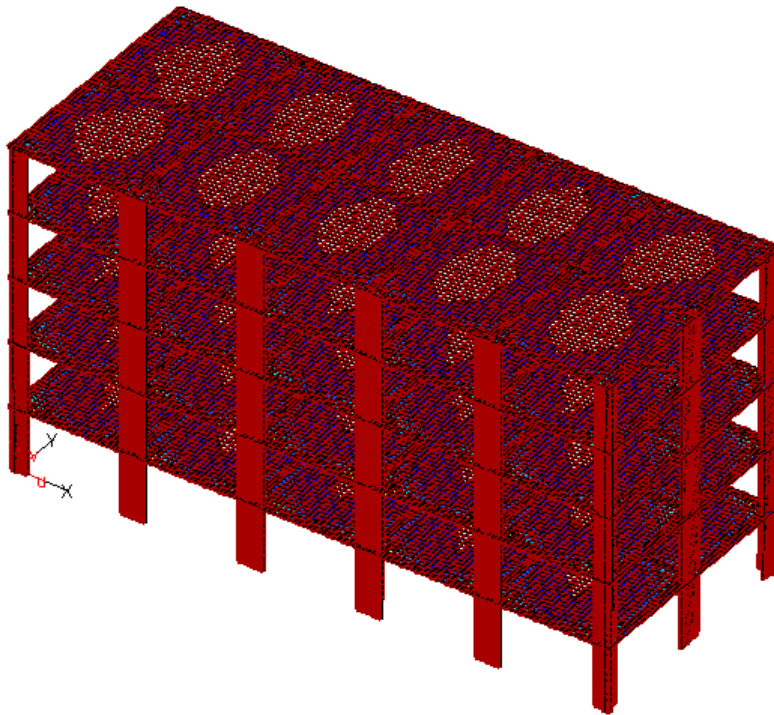
MAX (As\_summ) = 73.34 см2  
(КЭ элемент N69078, коорд. сечения 0.000)

Результаты армирования для плит просматриваются на вкладке «Нормативные расчеты» - «Плиты, стены, оболочки» - «Результаты армирования».

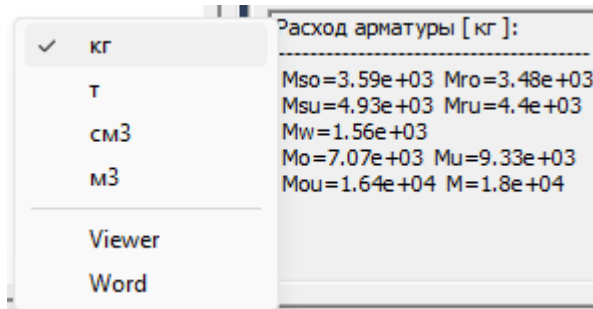


Здесь также можно посмотреть общий расход арматуры в плитах и подбалках, включив «Расход» и выделив всю модель.

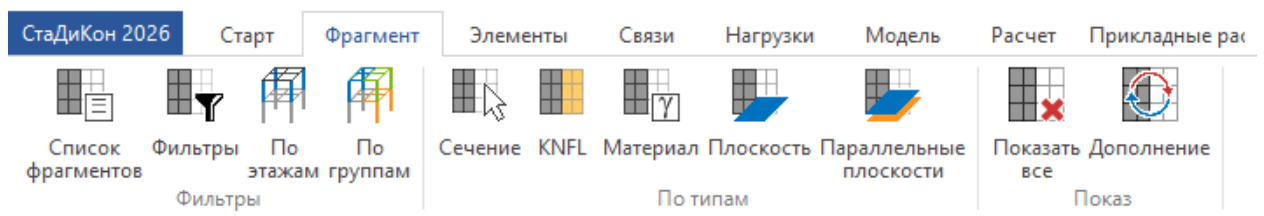


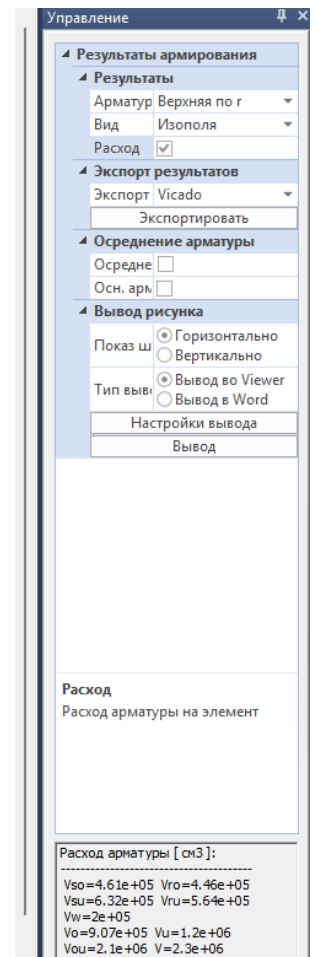
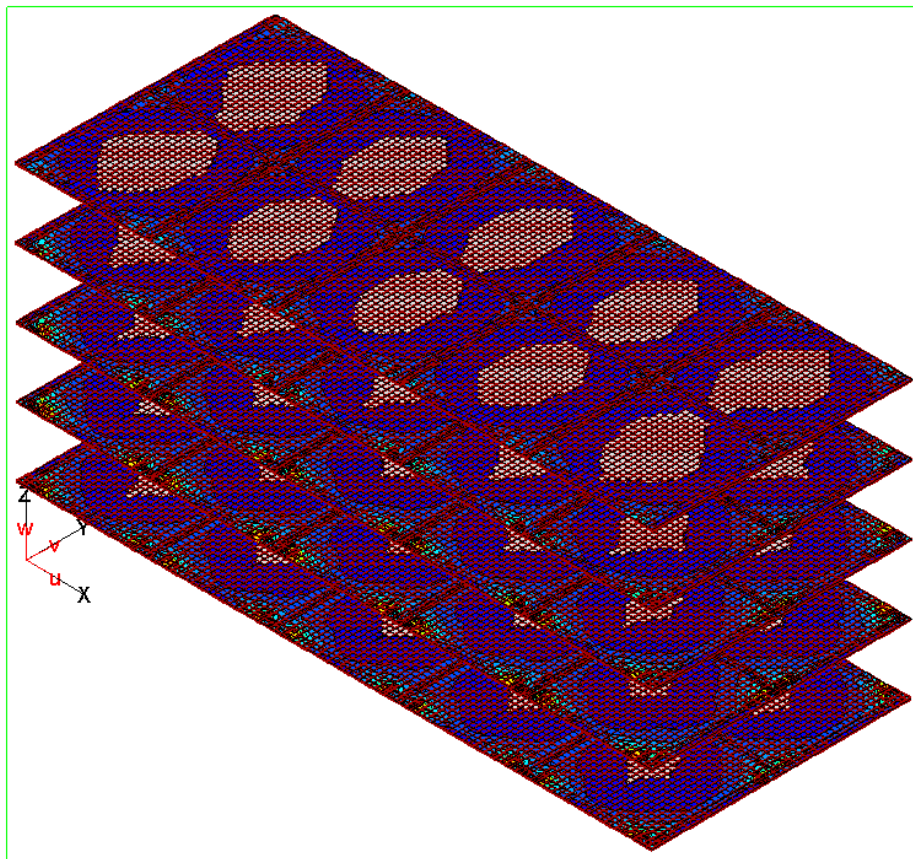


Нажав ПКМ в правом нижнем блоке с результатами расхода, можно выбрать другие единицы измерения.



Колонны в данном случае не влияют на результаты, но для удобства визуализации их можно скрыть через «Фрагмент». Также есть возможность удалить во фрагменте подбалки по материалу и просматривать результаты только в плитах.

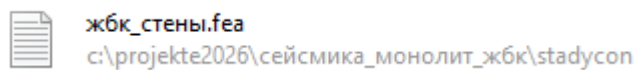




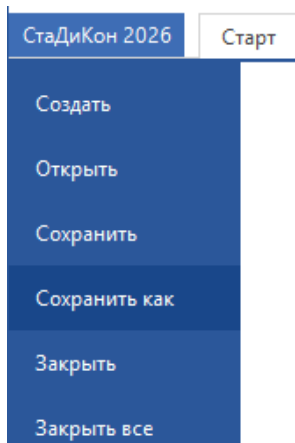
## 5. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП

Основные этапы расчета совпадают с описанными в пункте [4], поэтому здесь будут описаны только отличающиеся этапы.

Открываем схему, полученную по итогу пункта [3].



Сохраним данную схему под другим именем для расчетов по нормам СП.

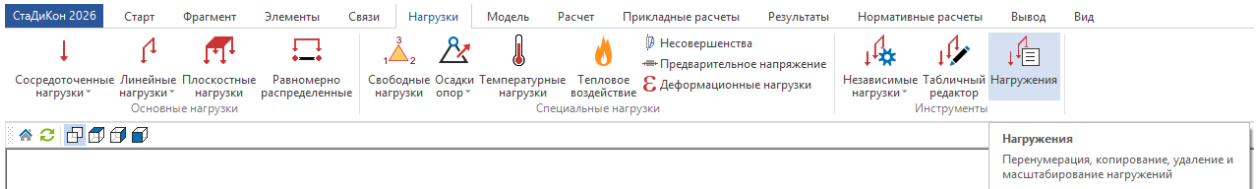


Используя «Сохранить как» делаем копию.

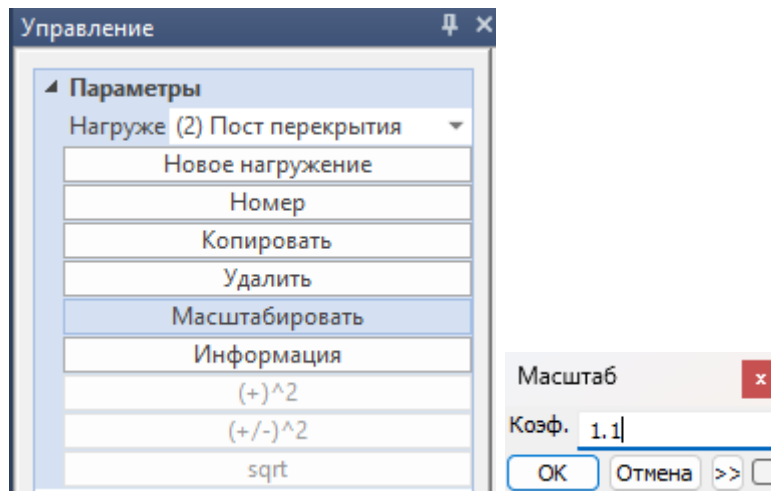
Имя файла:	жбк_стены_сп	Сохранить
Тип файла:	FEA-Проект	Отмена

В изначальной схеме необходимо привести значения нагрузок к расчетным, умножив их на коэффициенты, описанные в пункте [1.4].

Для этого на вкладке «Нагрузки» выбираем «Нагружения».

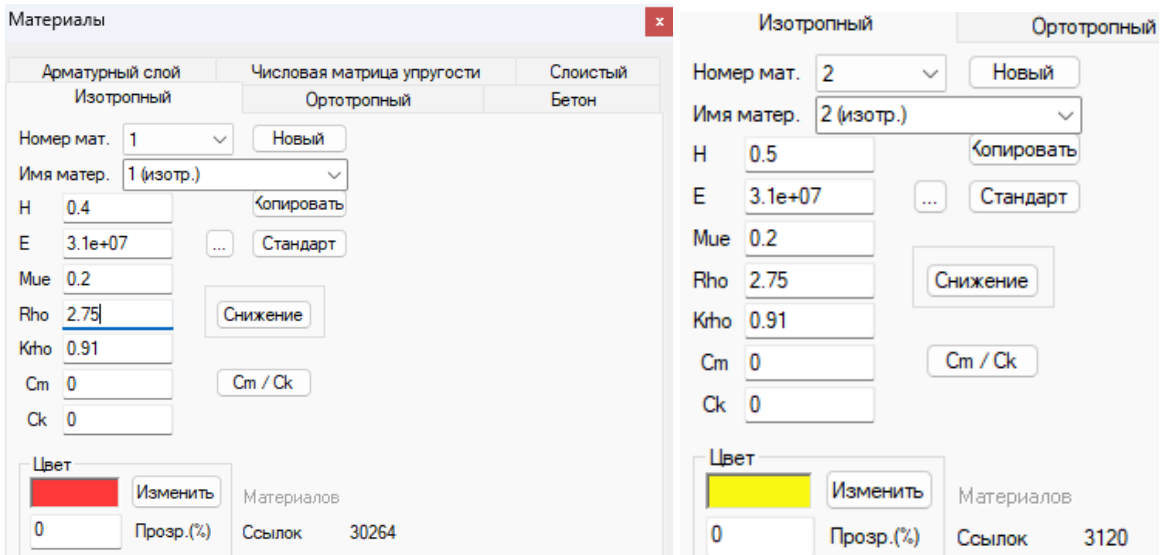


В окне «Управление» выбираем необходимое нагружение и выбираем «Масштабировать». После устанавливаем соответствующий нагружению коэффициент и нажимаем «ОК».



Данным способом масштабируем все нагружения в соответствии с пунктом [1.4].

Также необходимо отредактировать значения плотности и множителя для плотности в редакторе материалов.



Изотропный		Ортотропный		Изотропный		Ортотропный	
Номер мат.	3	Новый		Номер мат.	4	Новый	
Имя матер.	3 (изотр.)			Имя матер.	4 (изотр.)		
H	0.18	Копировать		H	0.4	Копировать	
E	3.1e+07	...	Стандарт	E	2.17e+07	...	Стандарт
Mue	0.2			Mue	0.2		
Rho	2.75		Снижение	Rho	2.75		Снижение
Krho	0.91			Krho	0.91		
Cm	0		Cm / Ck	Cm	0		Cm / Ck
Ck	0			Ck	0		
Цвет		Изменить	Материалов 1	Цвет		Изменить	Материалов 1
0	Прозр.(%)	Ссылка	32264	0	Прозр.(%)	Ссылка	6600

Коэффициенты в комбинациях «Собств. колебания» необходимо разделить на соответствующие коэффициенты надежности.

Комбинации	Собств. колебания	
	Cm(K-1)	K-1
1.	0	0.091
2.Пост перекрытия	0	0.091
3.Пост покрытие	0	0.091
4.Перем перекрытия	0	0.02
5.Перем покрытие	0	0
6.Перем снег	0	0

При выполнении расчета на собственные колебания необходимо включить пункт «Снижение плотности».

Параметры расчёта

Тип расчёта: Собственные колебания

- Параметры расчёта
- Основные параметры
- Вид нелинейности
- Дополнительно
- Алгоритм расчёта
- Вывод результатов

**Решатель**

Разреженный решатель

С использованием диска

Проверка решения

Количество потоков 6

Метод Ланцоша

Ланцош - размер блока 0

Ланцош - нарезка спектра

**Итерации**

Точность 1e-07

Количество итераций 200

Прерывание итераций

Превышение итераций

Итерации на шаг по времени

**Собственные значения**

Количество собственных значений 10

Определение собственных значений в интервале

Проверка по Штурму

**Дополнительно**

Использовать результаты нелинейного статического расчёта

Закрепление узлов

Жёсткое закрепление упругого основания

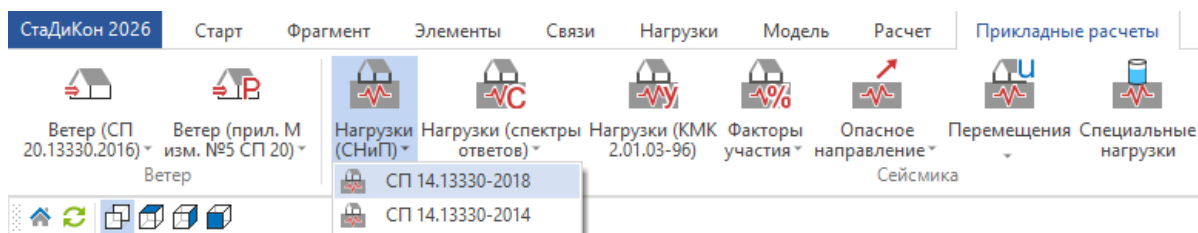
**Снижение плотности**

**Снижение плотности**

Если опция включена, то в расчетах на собственные колебания и колебания деформированной системы плотность материала умножается на соответствующий коэффициент из характеристик материала. Если материал "слоистый", то его плотность

Расчёт
Отмена

Сейсмические нагрузки будем задавать не через спектры ответов, а используя «Нагрузки(СНиП)» - «СП 14.13330-2018».



Здесь выбираем «Сейсмичность площадки = 9» и после, используя «Таблица 4.2/5.2/5.3», необходимо выбрать коэффициенты.

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность пл-ки:  Расчет

Категория грунта:  Отмена

Учет нелинейного деформирования грунтов Помощь

Тип расчета

Проектный расчет

Поверочный расчет

Таблица 4.2 Таблица 5.2 Таблица 5.3

Амплитуда = 6.6 м/с2

Таблица 4.2

Коэффициенты  $K_0$ , определяемые назначением сооружения

Назначение сооружения или здания	$K_0$ (проектный расчет)	$K_0$ (поверочный расчет)
3 Здания и сооружения, не указанные в позициях 1 и 2	1.00	1.00
4 Здания и сооружения: временного (сезонного) назначения, а также здания и сооружения вспомогательного применения, связанные с осуществлением строительства или реконструкции здания или сооружения либо расположенные на земельных участках, предоставленных для индивидуального жилищного строительства	0.80	

Таблица 5.2

Коэффициенты  $K_1$ , учитывающие допускаемые повреждения зданий и сооружений

Тип здания или сооружения		$K_1$
	- со стенами из каркасно-обшивных конструкций с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей с панелями обшивок из ЦСП;	0.40
	- со стенами из каркасно-обшивных конструкций с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей и панелями обшивок из ОСП с шагом закрепления обшивки 300 мм;	0.50
	- со стенами из каркасно-обшивных конструкций с каркасом из стальных холодногнутых оцинкованных профилей и панелями обшивок из ОСП с шагом закрепления обшивки 150 мм;	0.35
- из железобетонных конструкций:	- со стенами из железобетонных крупнопанельных или монолитных конструкций	0.25
	- из железобетонных объемно-блочных или панельно-блочных конструкций	0.30
	- с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.35
	- то же, с заполнением из кирпичной или каменной кладки	0.40

OK Отмена

Таблица 5.3

Коэффициент, учитывающий способность зданий и сооружений к рассеиванию энергии

Характеристики зданий и сооружений	Kpsi
1 Высокие сооружения небольших размеров в плане (башни, мычты, дымовые трубы, отдельно стоящие шахты лифтов и т.п.)	1.50
2 Каркасные бесшарнирные здания, стеновое заполнение которых не оказывает влияние на их деформируемость	1.30
3 Подземные сооружения	0.70
4 Здания и сооружения, не указанные в 1-2, кроме гидротехнических сооружений	1.00

После чего аналогично пункту [4] указываются формы и направление. Нажимаем «Расчет».

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность п-ки: 9

Категория грунта: 1

Учет нелинейного деформирования грунтов

Тип расчета

Проектный расчет

Поверочный расчет

Амплитуда = 1.4 м/с<sup>2</sup>

Количество исследуемых собственных значений: 5

Задать формы  2,5

Направление сейсм. воздействия

Задать углами

Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия

1 0 0

Учет параметрических колебаний

Определять нагрузки от неучтенных форм

Задать коэф. динамичности: 1

Используемые результаты

Свободные колебания

Создаются новые нагрузки для сейсмического воздействия по ОХ.

Новые нагрузки ✕

Создано нагрузений: 2

Задайте имена для созданных нагрузений:

№ нагру...	№ комбин...	№ ф...	Собств. частота (...)	Имя нового нагрузж...
7	1	2	15.16	сейсм. (пост. по X) ф.2
8	1	5	51.25	сейсм. (пост. по X) ф.5

Шаблон имени:

И аналогичным образом для сейсмического воздействия по ОУ.

Нагрузки по СП 14.13330-2018 ✕

Сейсмичность пл-ки:

Категория грунта:

Учет нелинейного деформирования грунтов

Тип расчета

Проектный расчет

Поверочный расчет

Амплитуда = 1.4 м/с<sup>2</sup>

Количество исследуемых собственных значений

Задать формы

Направление сейсм. воздействия

Задать углами

Задать направляющими косинусами

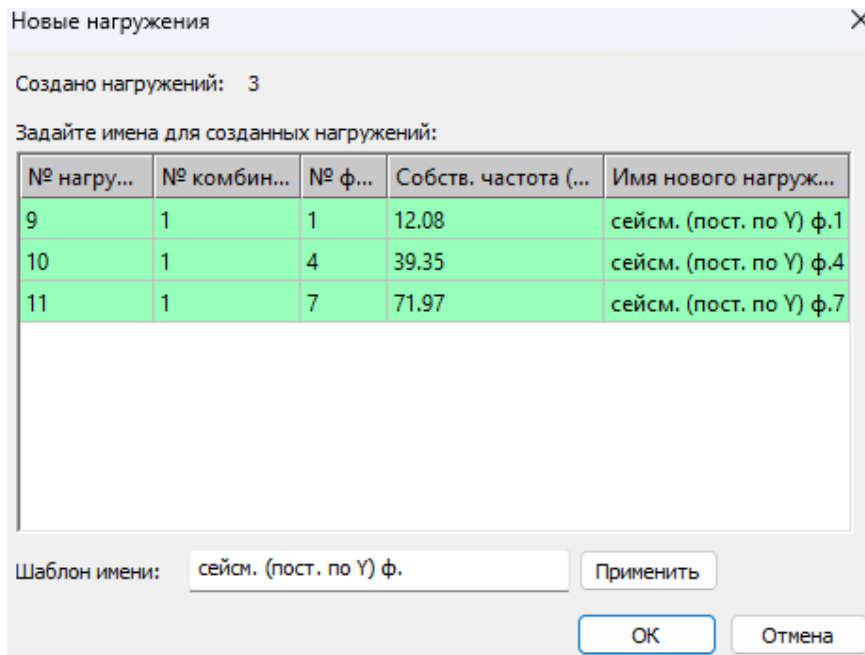
Направляющие косинусы воздействия

Учет параметрических колебаний

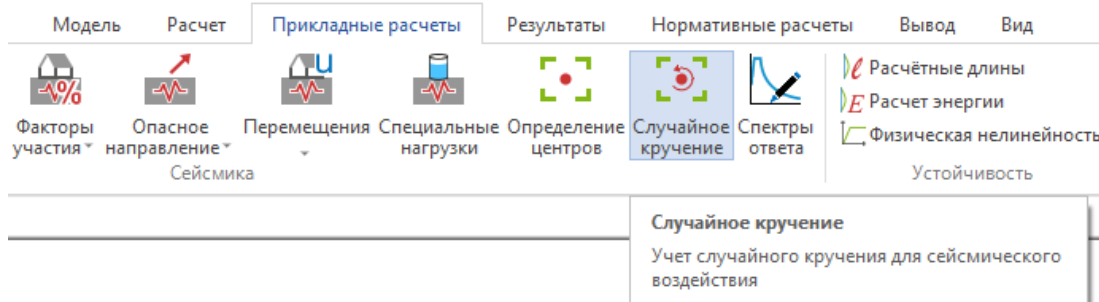
Определять нагрузки от неучтенных форм

Задать коэф. динамичности

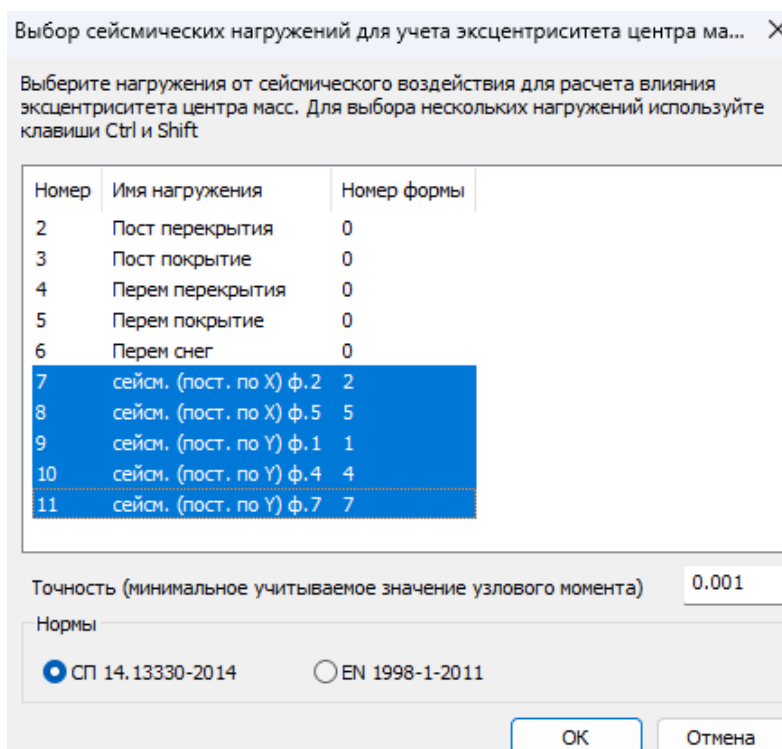
Используемые результаты



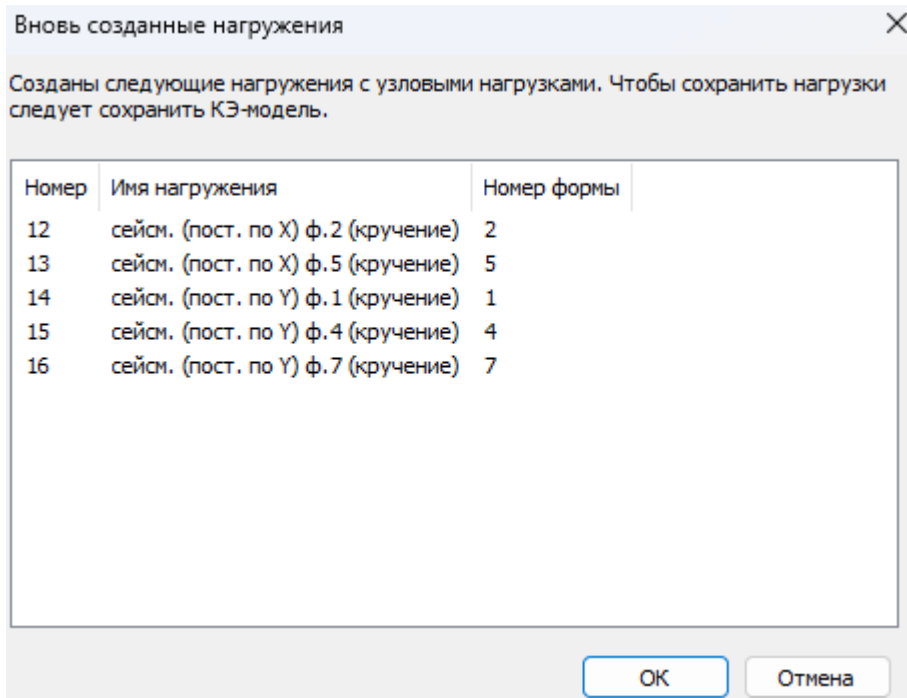
Теперь добавим учет случайного кручения. На вкладке «Прикладные расчеты» выбираем «Случайное кручение».



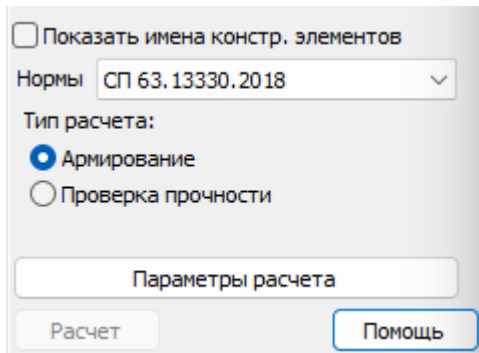
Устанавливаем нормы СП и выбираем все сейсмические нагрузки. Жмем «OK».



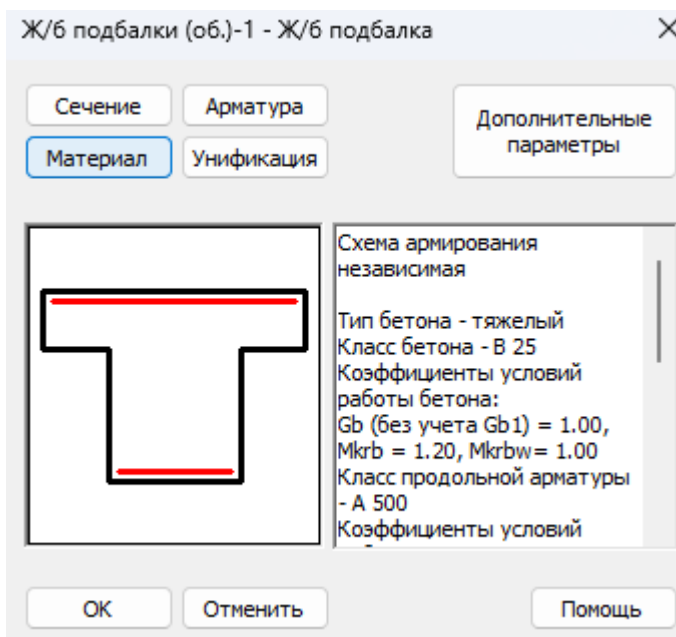
Получаем созданные нагружения для учета кручения.



В окне «Конструктивные элементы» устанавливаем нормы «СП 63.13330.2018».



В свойствах подбалок выбираем «Материал».



И устанавливаем класс бетона «В 30 (тяжелый)».

Параметры материала для расчета по СП 52-101-2003

<b>Бетон</b>	<b>Арматура</b>
Расчет по прочности по предельным усилиям <input type="checkbox"/>	Продольная : A500
Диаграмма : трехлинейная	Поперечная : A240
Класс : В 30 (тяжелый)	Кoeffициент условий работы Gs: 1
Кoeffициент условий работы Gb (без учета Gb1): 1	<b>Расчет на трещиностойкость</b>
Влажность : 40 - 75 %	<input checked="" type="radio"/> Из условия обеспечения сохранности арматуры
Учет сейсмике (коэффициенты условий работы )	<input type="radio"/> Из условия ограничения проницаемости конструкции
Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb :	1.2
Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs :	1.2
Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw :	1
Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw :	1
<input type="checkbox"/> Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную	0.4
Для полного значения нагрузки	
Для длительного значения нагрузки	0.3

После ждем на «OK».

Ж/б подбалка (об.)-1 - Ж/б подбалка

Сечение    Арматура    Дополнительные параметры

Материал    Унификация

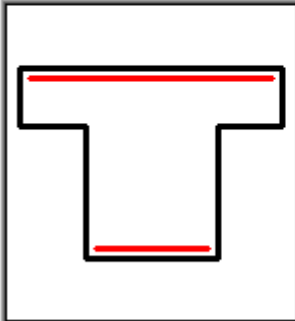


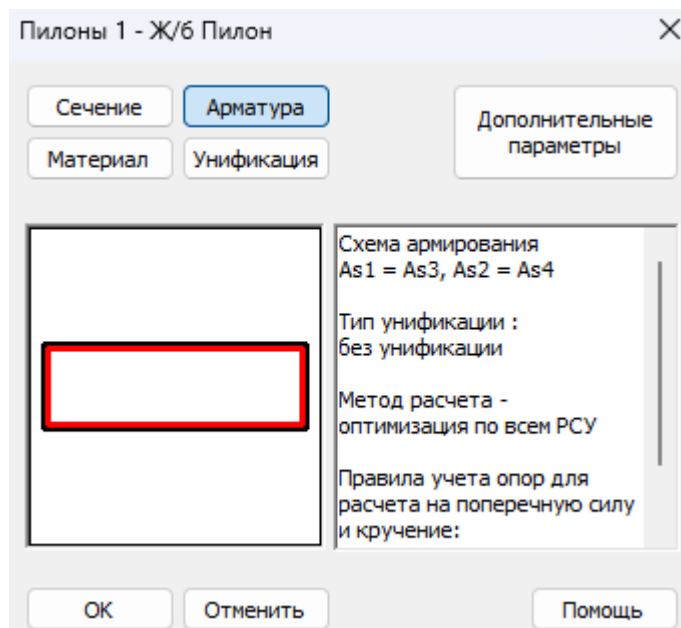
Схема армирования независимая

Тип бетона - тяжелый  
Класс бетона - В 30  
Кoeffициенты условий работы бетона:  
Gb (без учета Gb1) = 1.00,  
Mkrb = 1.20, Mkrbw = 1.00  
Класс продольной арматуры - А 500  
Кoeffициенты условий

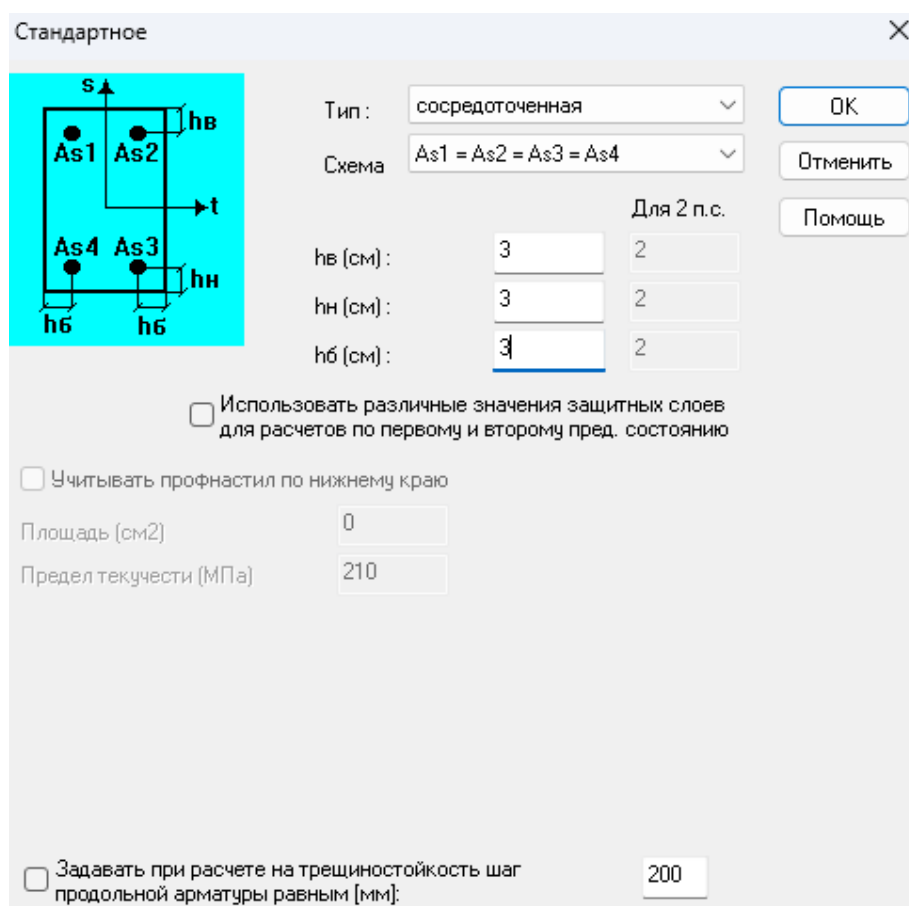
OK    Отменить    Помощь

Аналогично задаем свойства и для второй группы подбалок.

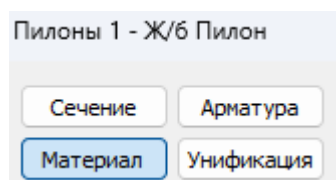
В свойствах пилонов выбираем «Арматура».



И задаем следующие параметры.



После выбираем и устанавливаем материал «Материал».



Параметры материала для СП 63.13330.2018

<p><b>Бетон</b></p> <p>Класс: В 30 (тяжелый)</p> <p>Коэффициент условий работы Gb (без учета Gb1): 1</p> <p>Расчет по прочности по предельным усилиям: <input type="checkbox"/></p> <p>Влажность: 40 - 75 %</p>	<p><b>Арматура</b></p> <p>Продольная: A500</p> <p>Поперечная: A240</p> <p>Коэффициент условий работы Gs: 1</p> <p>Расчет на трещиностойкость:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Из условия обеспечения сохранности арматуры</li> <li><input type="radio"/> Из условия ограничения проницаемости конструкции</li> </ul>	<p>OK</p> <p>Отменить</p> <p>Помощь</p>								
<p>Учет сейсмике (коэффициенты условий работы)</p> <table border="1"> <tr> <td>Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb :</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs :</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw</td> <td>1</td> </tr> </table> <p><input type="checkbox"/> Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную</p> <p>Для полного значения нагрузки: 0.4</p> <p>Для длительного значения нагрузки: 0.3</p>			Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb :	1.2	Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs :	1.2	Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw	1	Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw	1
Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb :	1.2									
Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs :	1.2									
Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw	1									
Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw	1									

В «Дополнительные параметры» задаем коэффициент расчетной длины.

Пилоны 1 - Ж/б Пилон

Сечение    Арматура    **Дополнительные параметры**

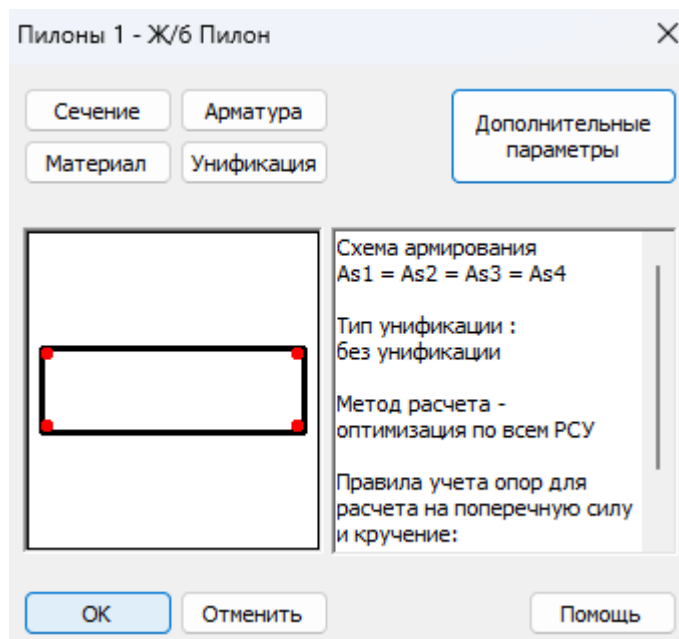
Материал    Унификация

Дополнительные параметры

<p>Метод расчета продольной арматуры</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Расчет по максимальным значениям</li> <li><input checked="" type="radio"/> Оптимизация по всем РСЧ</li> </ul>	<p>Расчет на поперечную силу</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Автоматический выбор геометрических параметров</li> </ul> <p>b (ширина в плоскости <math>g0t</math> (см)): 125</p> <p>h (высота в плоскости <math>g0s</math> (см)): 40</p> <p>расстояние от края до ц.т. арматуры (см): 3</p>	<p>Расчет на поперечную силу (EN 1992)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Автоматический выбор <math>ctg(\theta)</math></li> <li><input type="radio"/> Заданное значение <math>ctg(\theta)</math></li> </ul> <p>Значение <math>ctg(\theta)</math> в расчете на поперечную силу: 1</p>
<p>Учет продольного изгиба</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Статически определяемая конструкция (расчетный эксцентриситет суммируется со случайным)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Расчет по 'недеформированной' схеме</li> </ul> <p>Расчетные длины</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Автоматическое определение длины элемента</li> </ul> <p>Изгиб в плоскости <math>g-o-t</math></p> <p>Длина: 3.2100000; Mu: 0.7</p> <p>Изгиб в плоскости <math>g-o-s</math></p> <p>Длина: 3.2100000; Mu: 0.7</p>	<p>Определение расстояния до опоры</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Определять опоры автоматически</li> <li><input type="radio"/> Считать элемент опертым по краям</li> <li><input type="radio"/> Не учитывать опоры</li> <li><input type="checkbox"/> Считать RIGI опорами</li> </ul>	<p>Кручение (EN 1992)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Автоматический выбор <math>ctg(\theta)</math></li> <li><input type="radio"/> Заданное значение <math>ctg(\theta)</math></li> </ul> <p>Значение <math>ctg(\theta)</math> для кручения: 1</p>

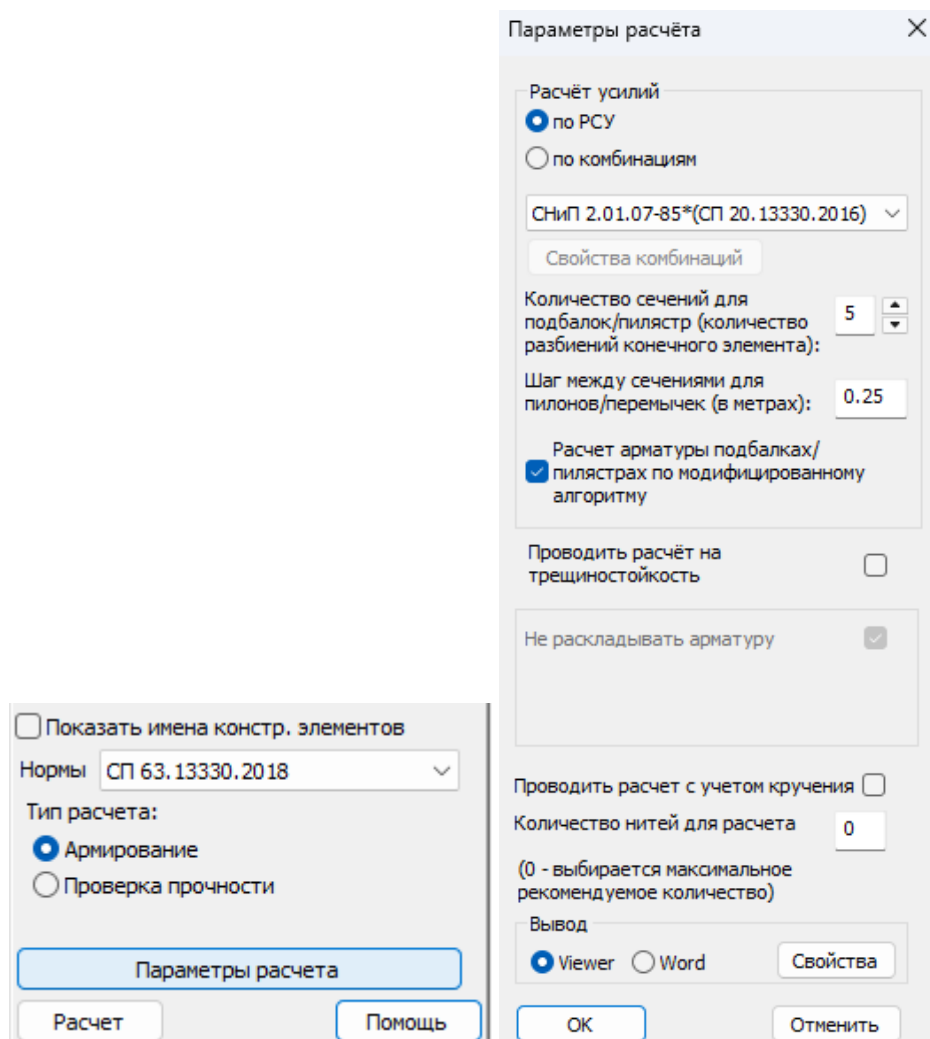
OK    Отменить    Помощь

Закрываем окно, нажав «OK».



Аналогичные свойства задаем и остальным группам пилонов.

После нажимаем на «*Параметры расчета*» и устанавливаем расчет «*по РСУ – СнИП 2.01.07-85\*(СП 20.13330.2016)*».



Нажимаем на «Расчет».

Отмечаем все группы и ждем «ОК».

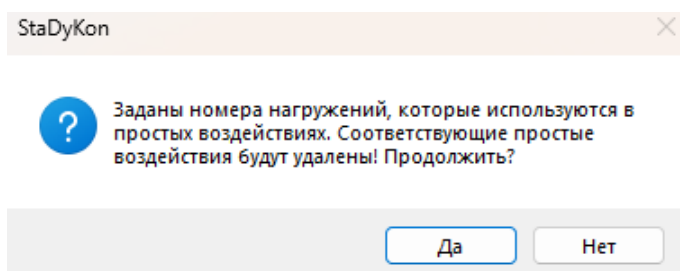
Переходим на «Соответствие воздействий и нагрузжений».

№	Имя	Тип	Источник	+/-	Нагрузки	К.н.	К.д.	Включить/Исключить	Н. о.
1	Воздействие 1	Постоянное	Простое		1	1.10			
2	Пост перекрытия	Постоянное	Простое		2	1.10			
3	Пост покрытие	Постоянное	Простое		3	1.10			
4	Перем перекрыт...	Постоянное	Простое		4	1.10			
5	Перем покрытие	Постоянное	Простое		5	1.10			
6	Перем снег	Постоянное	Простое		6	1.10			
7	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		7	1.10			
8	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		8	1.10			
9	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		9	1.10			
10	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		10	1.10			
11	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		11	1.10			
12	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		12	1.10			
13	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		13	1.10			
14	сейсм. (пост. по ...	Постоянное	Простое		14	1.10			

Переключаемся на вкладку «Сейсмика (пост+вр)». Добавляем два воздействия по осям X и Y. Задаем им соответствующие номера и количество нагрузжений. Нажимаем «ОК».

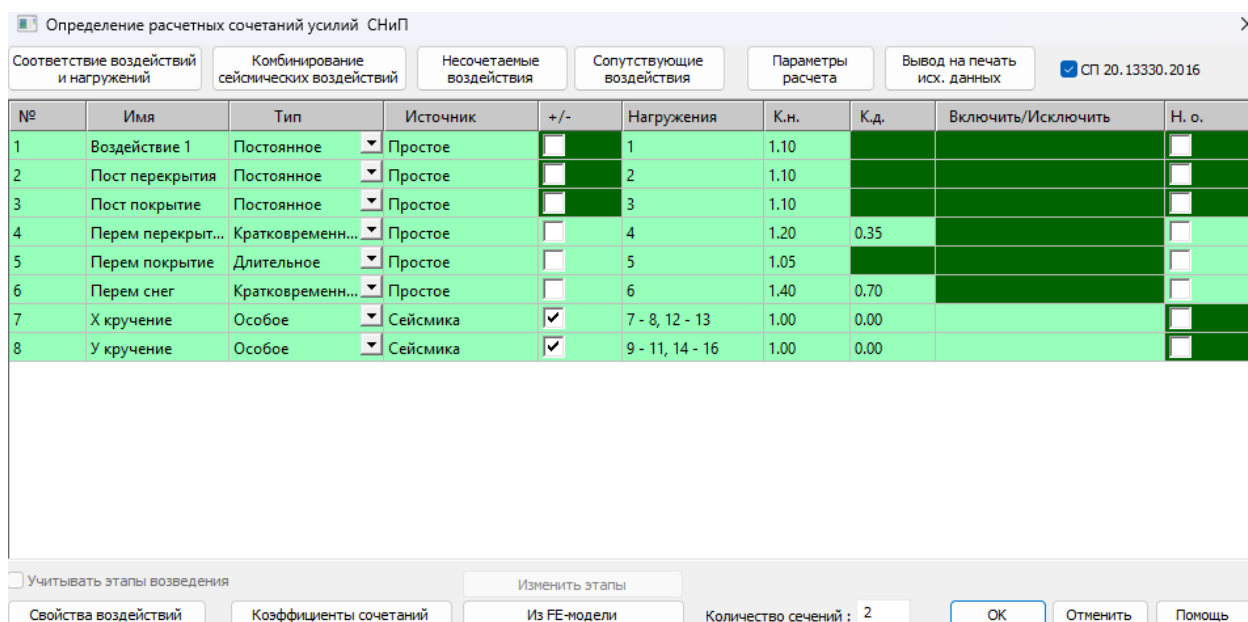
Имя воздействия	№ 1-го нагр.	Кол-во нагр.	№ 1-го вр. нагр.	Кол-во вр. нагр.	Тип суммирования	№ нагр.	Номер формы	w [рад/с]	го %
Пост. по X кручение	7	2	12	2	SRSS	6			
Пост. по Y кручение	9	3	14	3	SRSS	7	2	15.1584	5
						8	5	51.2518	5
						9	1	12.0771	5
						10	4	39.35	5
						11	7	71.9654	5
						12	2	15.1584	5
						13	5	51.2518	5

Соглашаемся, нажав «Да».

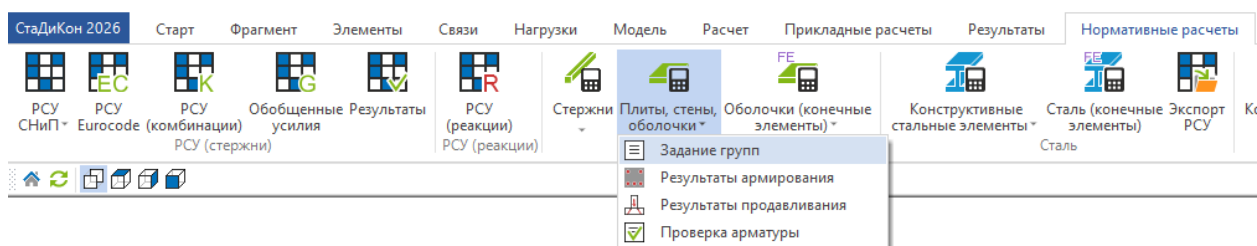


Комбинирование сейсмических воздействий при расчете по СП **не задаем**.

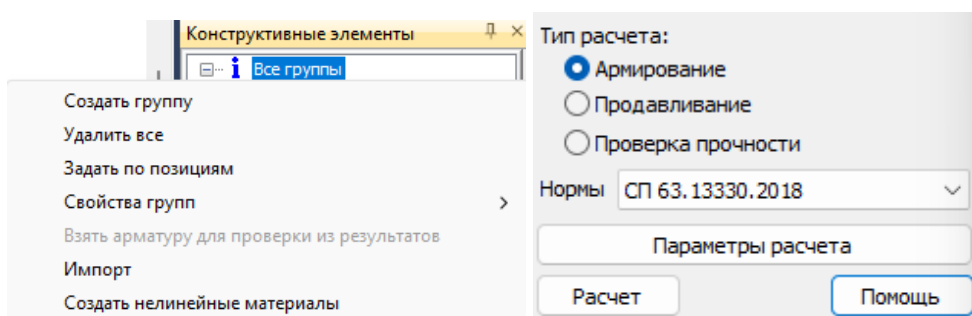
После выбираем типы нагрузений и устанавливаем коэффициенты. Также установим «Количество сечений = 2». После запускаем расчет, нажав на «OK».



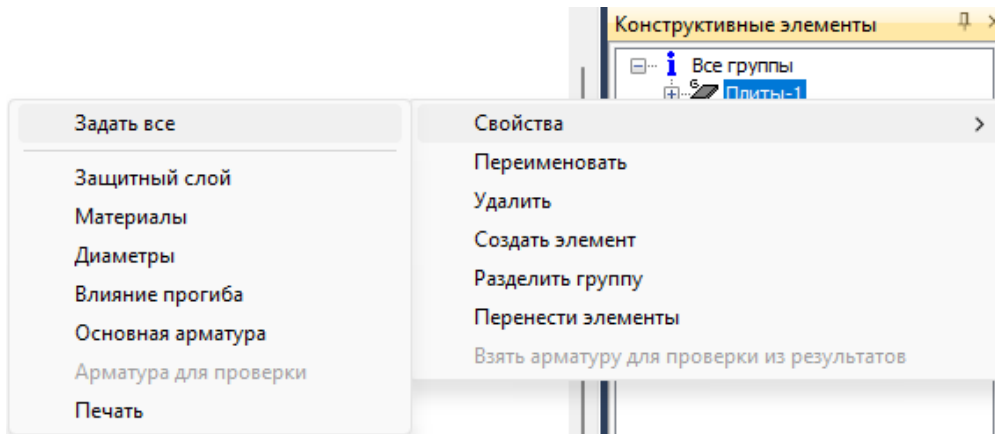
После выполнения расчета перейдем на «Нормативные расчеты» - «Плиты, стены, оболочки» - «Задание групп».



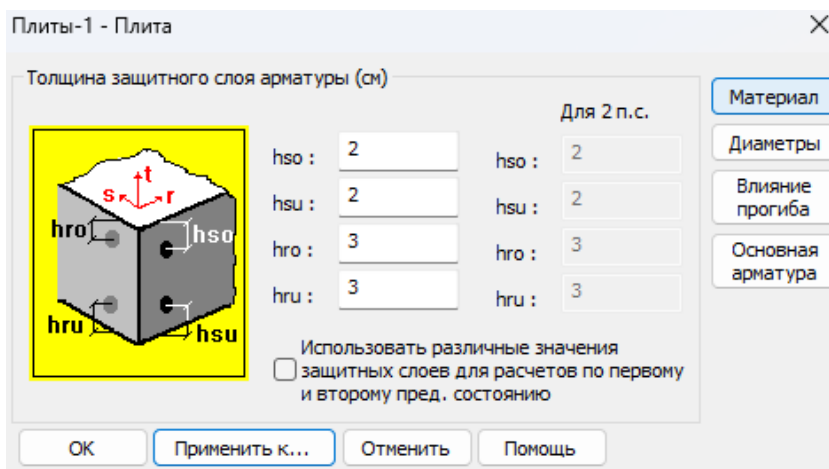
Аналогично нажимаем «Задать по позициям». Переключаем на нормы «СП 63.13330.2018».



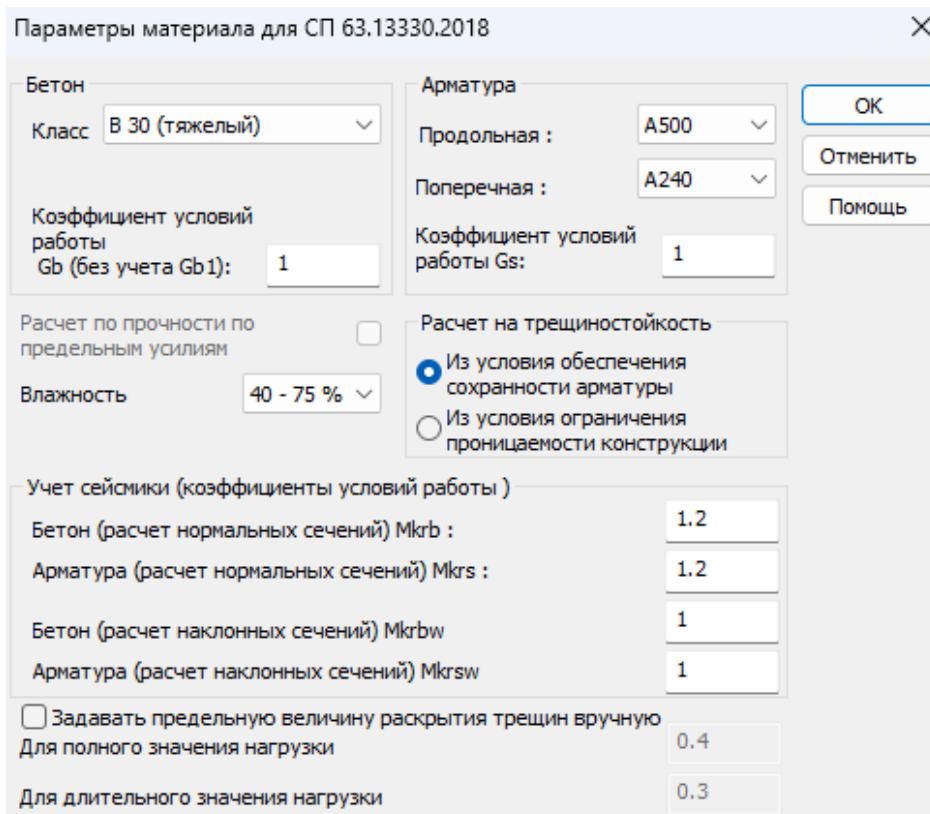
Нажимаем на плиты и выбираем «Свойства» - «Задать все».



Выбираем «Материал».



Устанавливаем необходимый класс бетона.



Закрываем, нажав «OK».

Плиты-1 - Плита

Толщина защитного слоя арматуры (см)

Для 2 п.с.

hso : 2    hso : 2  
hsu : 2    hsu : 2  
hro : 3    hro : 3  
hru : 3    hru : 3

Использовать различные значения защитных слоев для расчетов по первому и второму пред. состоянию

Материал  
Диаметры  
Влияние прогиба  
Основная арматура

OK    Применить к...    Отменить    Помощь

Открываем «*Параметры расчета*» и устанавливаем «*Расчет по РСУ - СнИП 2.01.07-85\*(СП 20.13330.2016)*». Отключаем «*Учет трещиностойкости*». Жмем «OK».

Параметры расчета

Описание комбинаций

Расчет по РСУ  
 Расчет по комбинациям

СНИП 2.01.07-85\*(СП 20.13330.2016) ▾

Свойства комбинаций

Алгоритм определения приведенных усилий

Метод Вуда  
 Модифицированный метод Вуда (СП)

Учет трещиностойкости

Локальные координаты

элементные  
 для проектирования

Дополнительный угол поворота вокруг оси t (градусы) : 0

Вывод  Viewer     Word    Свойства

Количество потоков для расчета (0 - максимально рекомендуемое количество) 0

Тип расчета:

Армирование  
 Продавливание  
 Проверка прочности

Нормы СП 63.13330.2018 ▾

Параметры расчета

Расчет    Помощь

OK    Отменить    Помощь

Выбираем «*Расчет*» и нажимаем «OK».

Тип расчета:

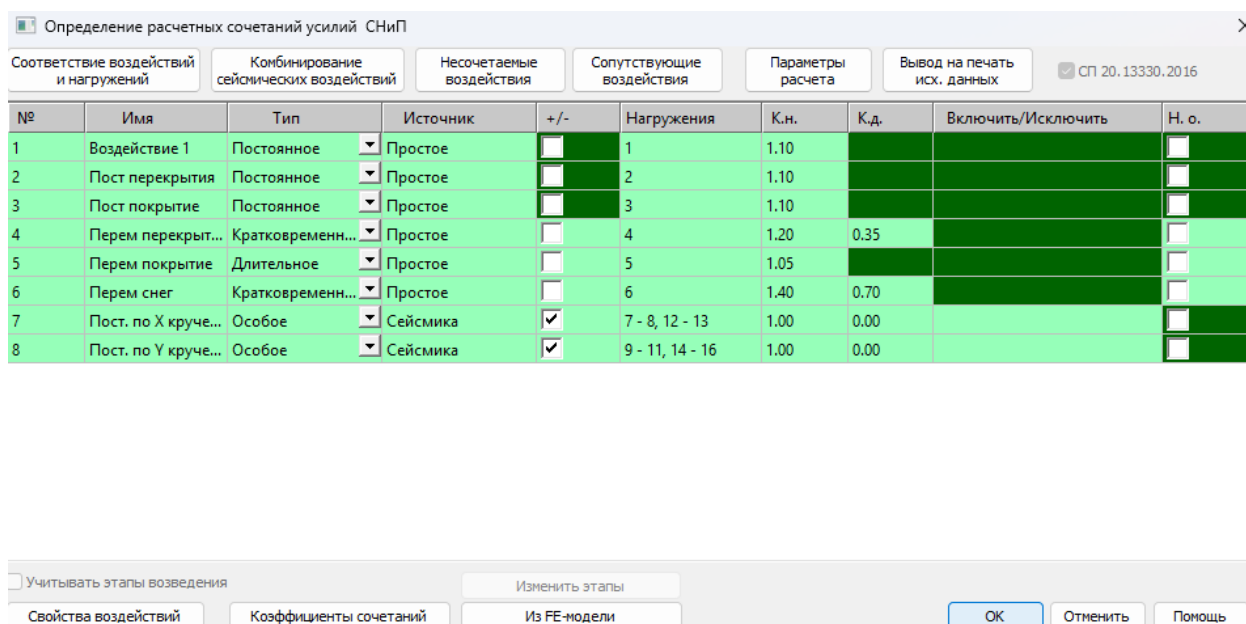
Армирование  
 Продавливание  
 Проверка прочности

Нормы СП 63.13330.2018 ▾

Параметры расчета

Расчет    Помощь

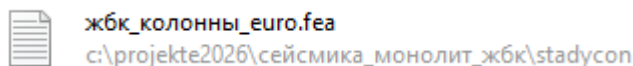
Так как все параметры в РСУ уже были установлены ранее, то просто запускаем расчет, нажав «ОК».



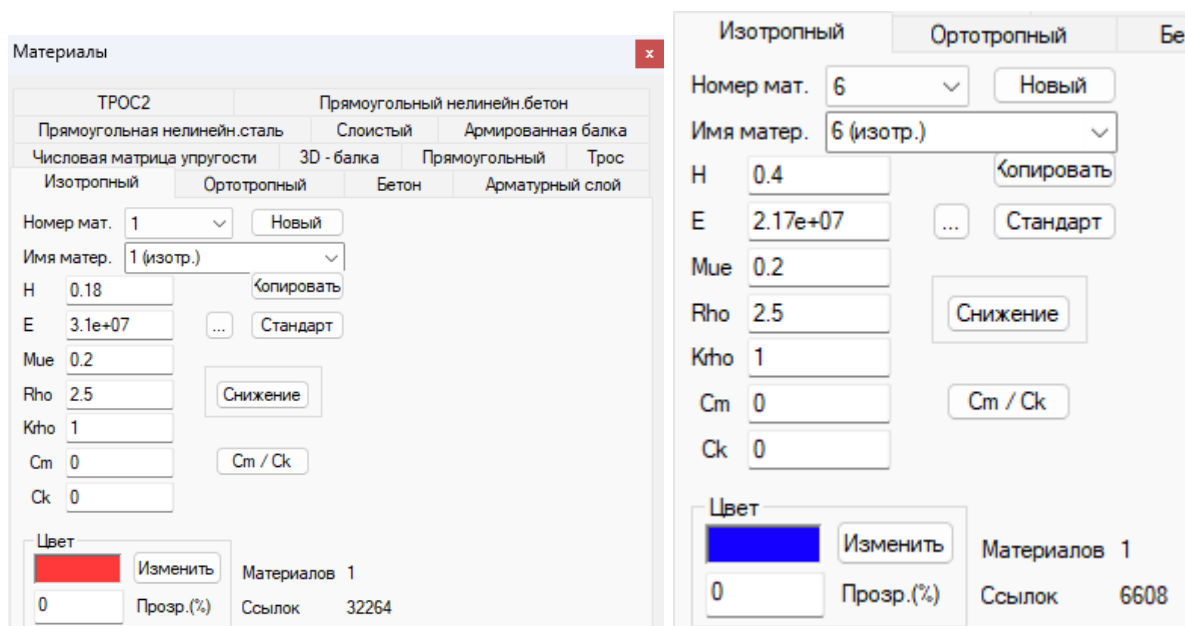
## 6. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода

Основные этапы расчета совпадают с описанными в пункте [4], поэтому здесь будут описаны только отличающиеся этапы.

Открываем схему, полученную по итогу пункта [2.5].



Ниже показаны используемые материалы.



Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 2    Новый    Копировать

Имя матер. 2 (3D балка)

A 0.48    kA 1    K<sub>tho</sub> 1

As 0.360967    Cm 0    Cm / Ck

At 0.31246    Ck 0

lr 0.0220483    klr 1    Проф. L UGR АСИММЕТРИЧНЫ


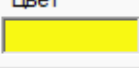
ls 0.032    kls 1    Угол 45.000000

lt 0.0149333    klt 1    dy 0.000000

E 3.1e+07     пересчет    dz 0.000000

G 1.29167e+07     Отражение

Rho 2.5

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылк 60

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 3    Новый    Копировать

Имя матер. 3 (3D балка)

A 0.5    kA 1    K<sub>tho</sub> 1

As 0.416667    Cm 0    Cm / Ck

At 0.416667    Ck 0

lr 0.0212953    klr 1    Проф. Прям.1250x400


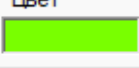
ls 0.0651042    kls 1

lt 0.00666667    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

G 1.29167e+07

Rho 2.5

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылк 120

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 4    Новый    Копировать

Имя матер. 4 (3D балка)

A 0.5    kA 1    K<sub>tho</sub> 1

As 0.416667    Cm 0    Cm / Ck

At 0.416667    Ck 0

lr 0.0212953    klr 1    Проф. Прям.400x1250


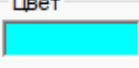
ls 0.00666667    kls 1

lt 0.0651042    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

G 1.29167e+07

Rho 2.5

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылк 30

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 5    Новый    Копировать

Имя матер. 5 (3D балка)

A 0.25    kA 1    Krho 1

As 0.208333    Cm 0    Cm / Ck

At 0.208333    Ck 0

lr 0.00879167    klr 1    Проф. Прям.500x500



ls 0.00520833    kls 1

lt 0.00520833    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

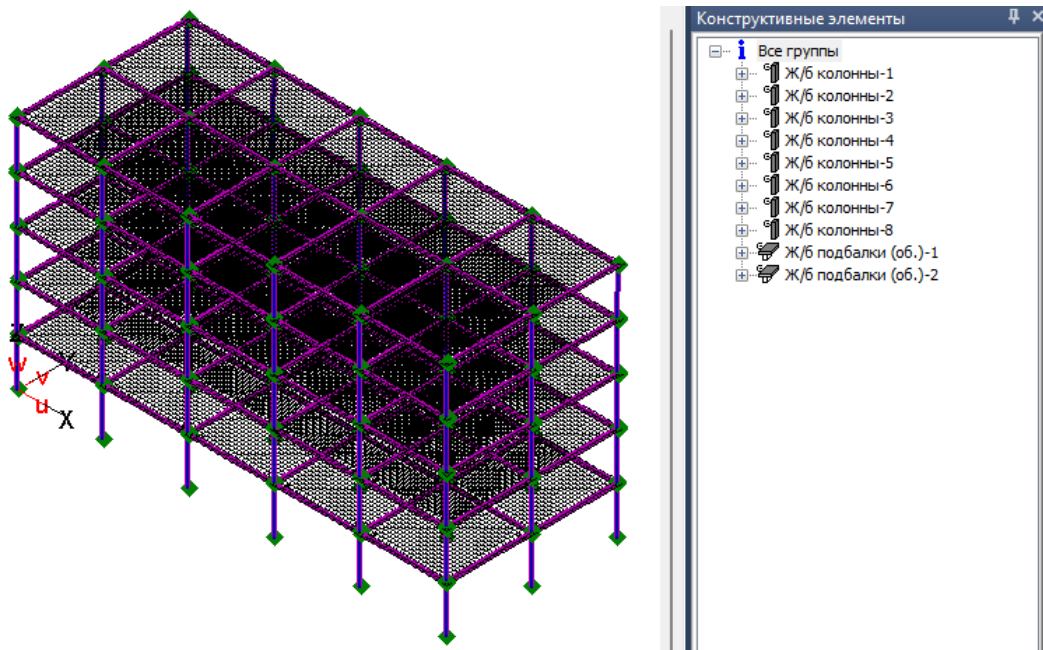
G 1.29167e+07

Rho 2.5

... Стандарт     Цвет  Изменить

Ссылок 60

При задании по позициям конструктивных элементов стержни будут назначены в группы колонн.



В свойствах колонн выбираем «Арматура».

Ж/б колонны-1 - Ж/б колонна

Сечение    Арматура    Дополнительные параметры

Материал    Унификация

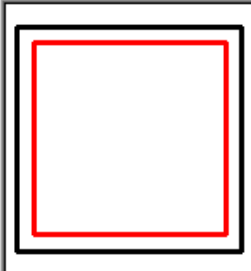


Схема армирования  
As1 = As3, As2=As4=0

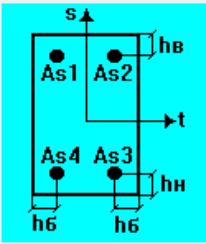
Класс бетона - С 20/25  
Класс продольной арматуры - S 500

Диаграмма - параболическая  
Тип унификации : без унификации  
Метод расчета -

OK    Отменить    Помощь

И устанавливаем «Тип - сосредоточенная».

Стандартное



Тип:

Схема:

Для 2 п.с.

hв (см):

hн (см):

hб (см):

Использовать различные значения защитных слоев для расчетов по первому и второму пред. состоянию

Учитывать профнастил по нижнему краю

Площадь (см<sup>2</sup>):

Предел текучести (МПа):

Задавать при расчете на трещиностойкость шаг продольной арматуры равным [мм]:

OK Отменить Помощь

После переходим на «Материал».

Ж/б колонны-1 - Ж/б колонна

Сечение Арматура

Материал Унификация

Дополнительные параметры

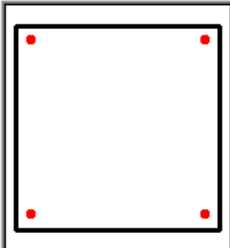


Схема армирования  
As1 = As2 = As3 = As4

Класс бетона - С 20/25  
Класс продольной арматуры - S 500

Диаграмма - параболическая  
Тип унификации :  
без унификации

Метод расчета -

OK Отменить Помощь

И устанавливаем класс бетона C25/30.

Параметры материала для расчета по EN 1992

Бетон

Класс:

Диаграмма:

Арматура

Продольная:

Поперечная:

Предельное значение ширины раскрытия трещин (мм):

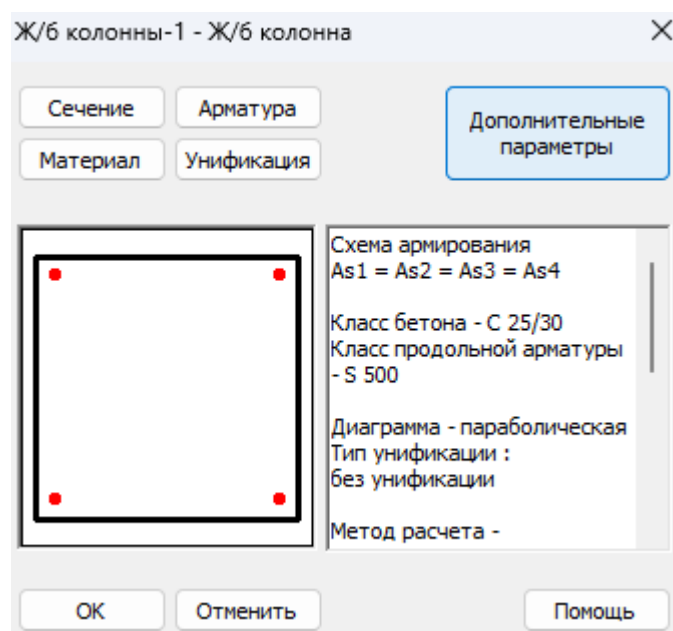
Влажность воздуха %:

Возраст бетона в момент нагружения (в сутках):

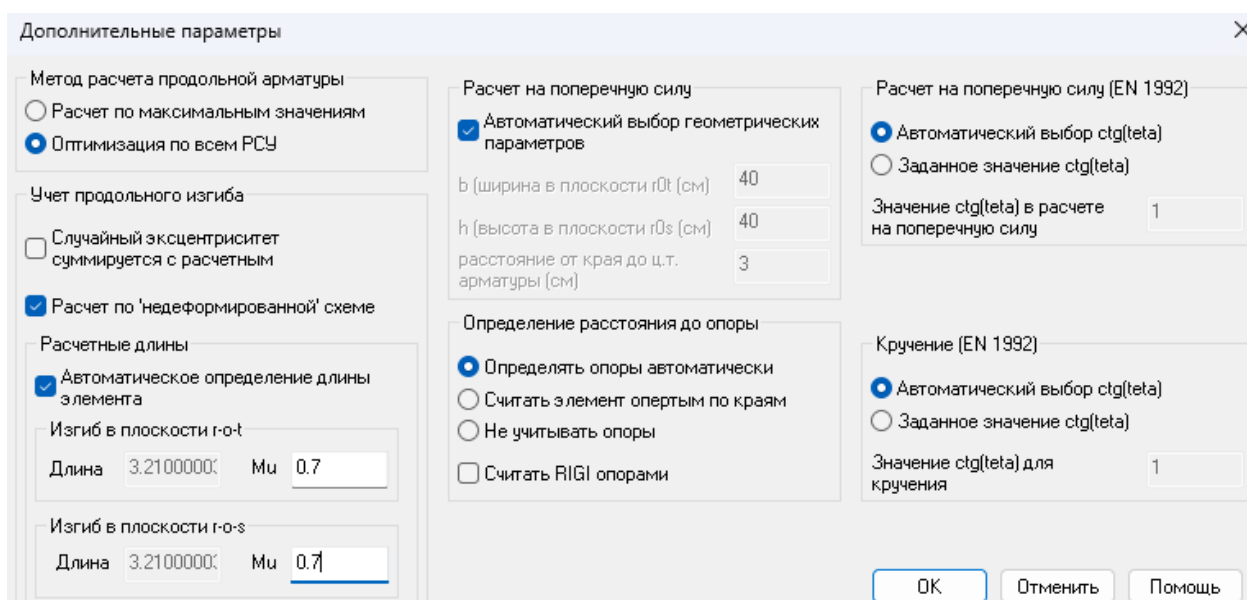
Учет ползучести при расчете влияния продольного изгиба

OK Отменить Помощь

Далее выбираем «Дополнительные параметры».



Задаем «Изгиб в плоскости  $r-o-t / r-o-s = 0.7$ ».



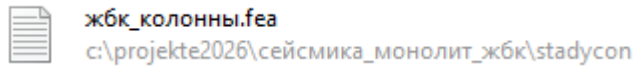
Данным образом устанавливаем параметры для всех групп колонн.

Остальные шаги выполняются аналогично пункту [4].

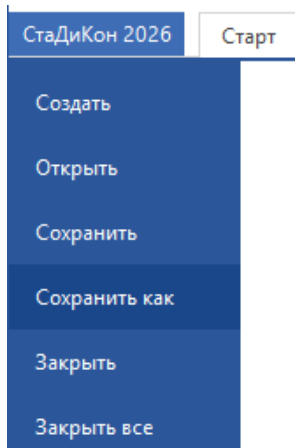
## 7. Выполнение расчета FEA-проекта с использованием стержневых элементов по нормам СП

Основные этапы расчета совпадают с описанными в пунктах [5] и [6], поэтому здесь будут описаны только отличающиеся этапы.

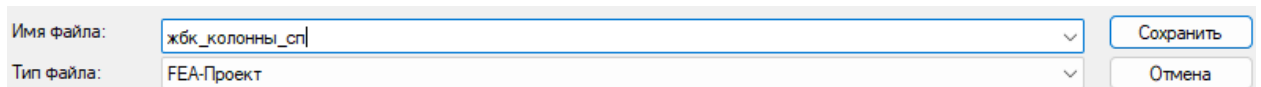
Открываем схему, полученную в ходе пункта [2.5].



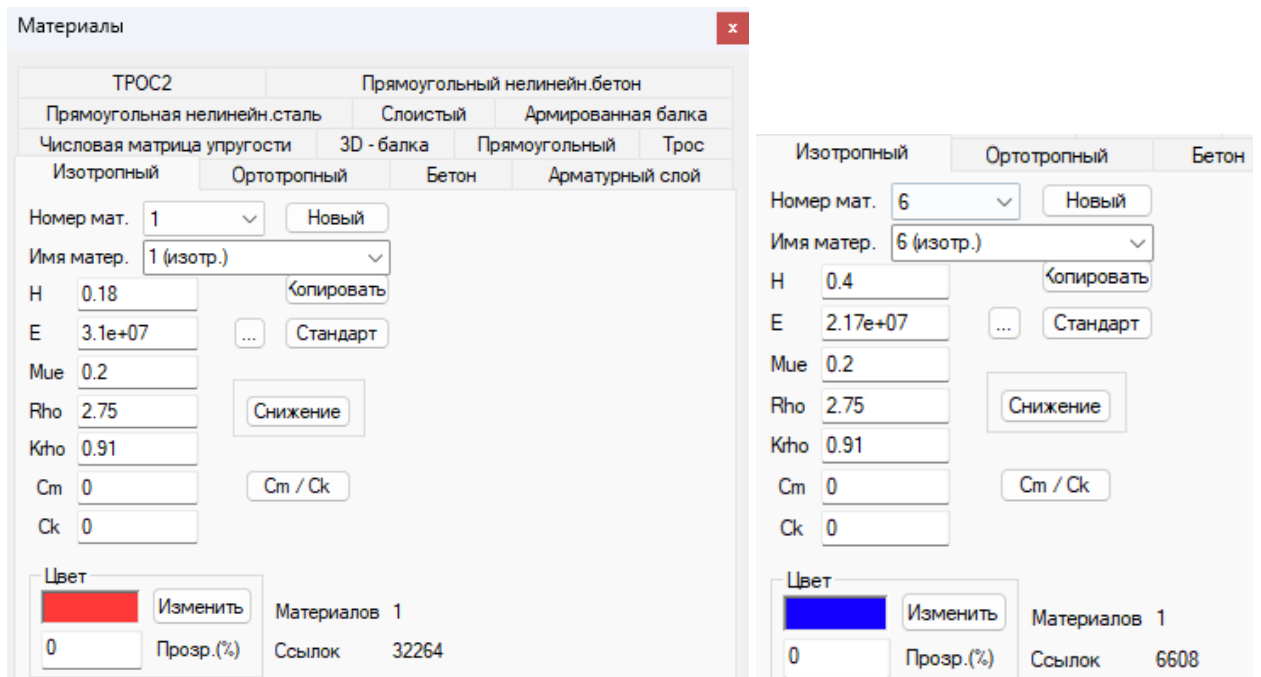
Сохраним данную схему под другим именем для расчетов по нормам СП.



Используя «Сохранить как» делаем копию.



Ниже приведены используемые материалы.



Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 2    Новый    Копировать

Имя матер. 2 (3D балка)

A 0.48    kA 1    Krho 0.91

As 0.360967    Cm 0    Cm / Ck

At 0.31246    Ck 0

Ir 0.0220483    klr 1    Проф. L UGR АСИММЕТРИЧНЫ



Is 0.032    kls 1    Угол 45.000000

It 0.0149333    klt 1    dy 0.000000

E 3.1e+07     пересчет    dz 0.000000

G 1.29167e+07     Отражение

Rho 2.75

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылка 60

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 3    Новый    Копировать

Имя матер. 3 (3D балка)

A 0.5    kA 1    Krho 0.91

As 0.416667    Cm 0    Cm / Ck

At 0.416667    Ck 0

Ir 0.0212953    klr 1    Проф. Прям.1250x400



Is 0.0651042    kls 1

It 0.00666667    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

G 1.29167e+07

Rho 2.75

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылка 120

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 4    Новый    Копировать

Имя матер. 4 (3D балка)

A 0.5    kA 1    Krho 0.91

As 0.416667    Cm 0    Cm / Ck

At 0.416667    Ck 0

Ir 0.0212953    klr 1    Проф. Прям.400x1250



Is 0.00666667    kls 1

It 0.0651042    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

G 1.29167e+07

Rho 2.75

... Стандарт        Цвет  Изменить

Ссылка 30

Числовая матрица упругости    3D - балка    Прямоугольный    Трос

Номер мат. 5    Новый    Копировать

Имя матер. 5 (3D балка)

A 0.25    kA 1    Krho 0.91

As 0.208333    Cm 0    Cm / Ck

At 0.208333    Ck 0

Ir 0.00879167    klr 1    Проф. Прям.500x500



Is 0.00520833    kls 1

It 0.00520833    klt 1

E 3.1e+07     пересчет

G 1.29167e+07

Rho 2.75

...    Стандарт        Цвет     Изменить

Ссылка 60

В окне «Конструктивные элементы» в свойствах колонн и подбалок устанавливаем «Материал» - «В 30 (тяжелый)».

Ж/б колонны-1 - Ж/б колонна

Сечение    Арматура    Дополнительные параметры

Материал    Унификация

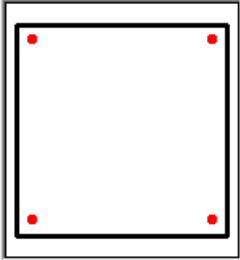


Схема армирования  
As1 = As2 = As3 = As4

Тип унификации :  
без унификации

Метод расчета -  
оптимизация по всем РСУ

Учет случайного  
эксцентриситета - как для  
статически неопределимой

OK    Отменить    Помощь

Конструктивные элементы

- Все группы
- Ж/б колонны-1
- Ж/б колонны-2
- Ж/б колонны-3
- Ж/б колонны-4
- Ж/б колонны-5
- Ж/б колонны-6
- Ж/б колонны-7
- Ж/б колонны-8
- Ж/б подбалки (об.)-1
- Ж/б подбалки (об.)-2

Параметры материала для СП 63.13330.2018

Бетон

Класс В 30 (тяжелый)

Кoeffициент условий работы Gb (без учета Gb1): 1

Влажность 40 - 75 %

Расчет по прочности по предельным усилиям

Расчет на трещиностойкость

Из условия обеспечения сохранности арматуры

Из условия ограничения проницаемости конструкции

Учет сейсмики (коэффициенты условий работы)

Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb : 1.2

Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs : 1.2

Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw : 1

Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw : 1

Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную

Для полного значения нагрузки 0.4

Для длительного значения нагрузки 0.3

OK    Отменить    Помощь

Остальные свойства и шаги расчета аналогично пунктам [5] и [6].

## 8. Результаты армирования колонн

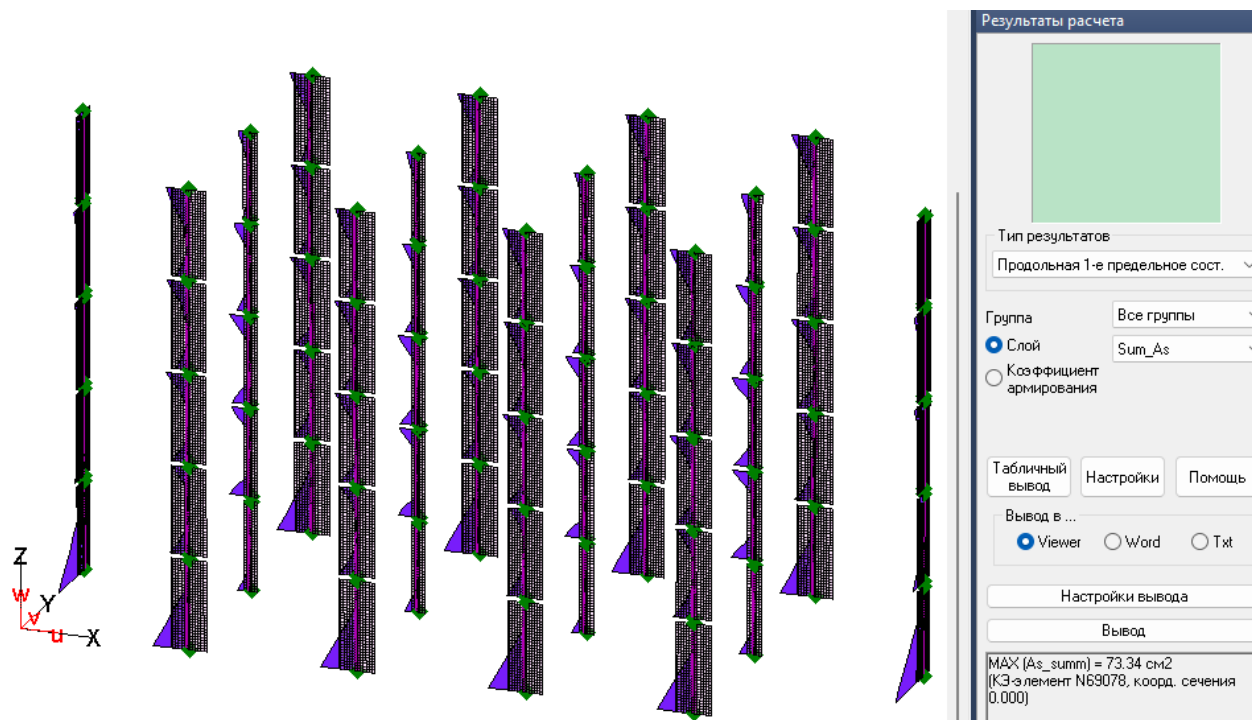


Рис. 8.1 – Эпюры арматуры в колоннах, кроме угловых (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода).

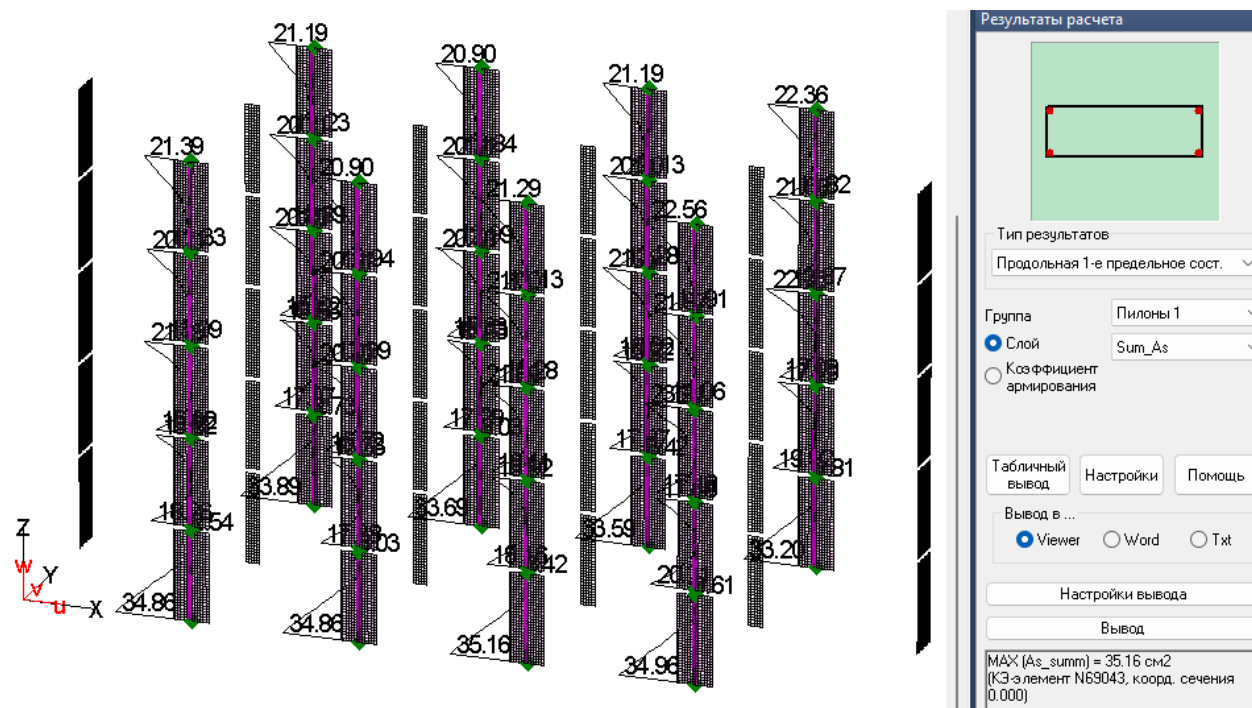


Рис. 8.2 – Значения эпюр арматуры в некоторых колоннах (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода).

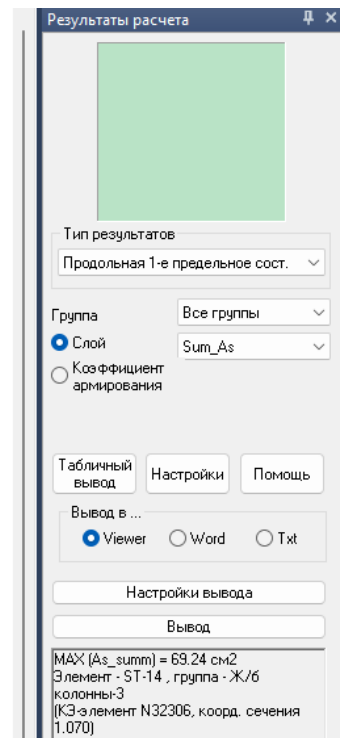
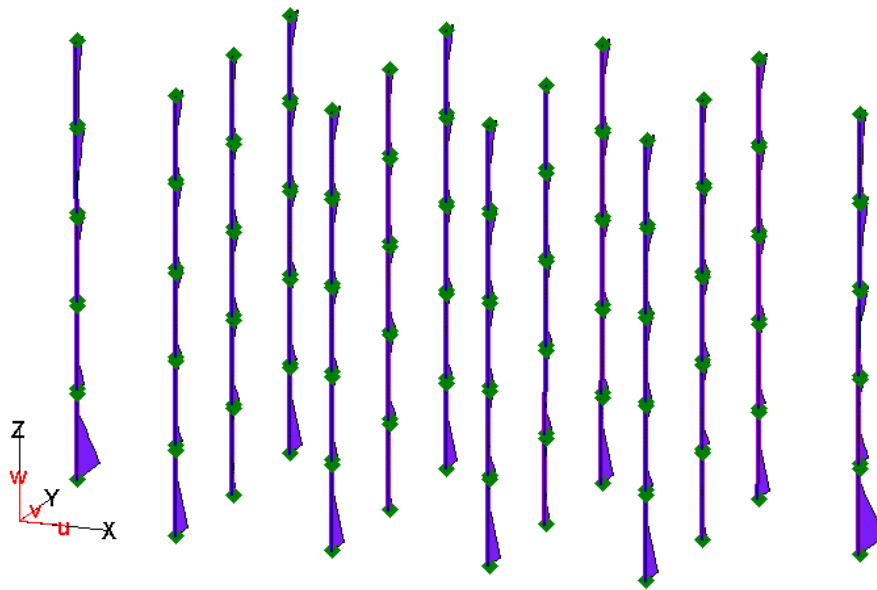


Рис. 8.3 – Эпюры арматуры в колоннах, кроме угловых (Схема с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода).

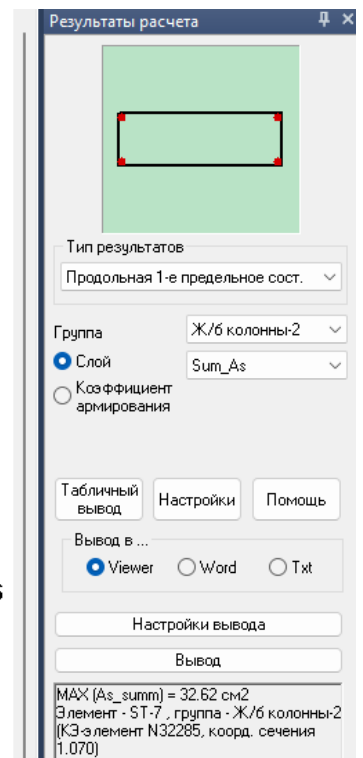
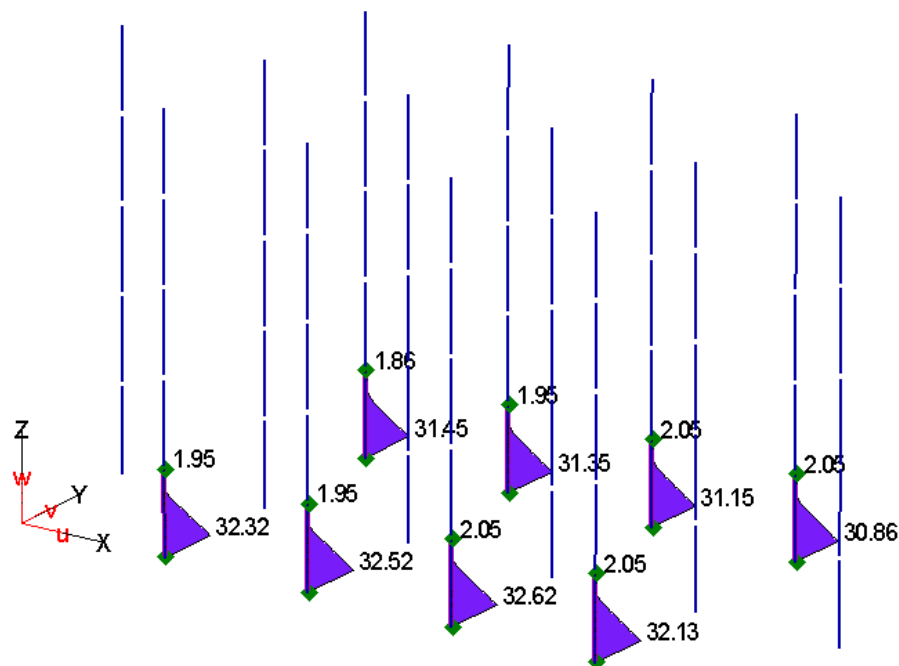


Рис. 8.4 – Значения эпюр арматуры в некоторых колоннах (Схема с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода).

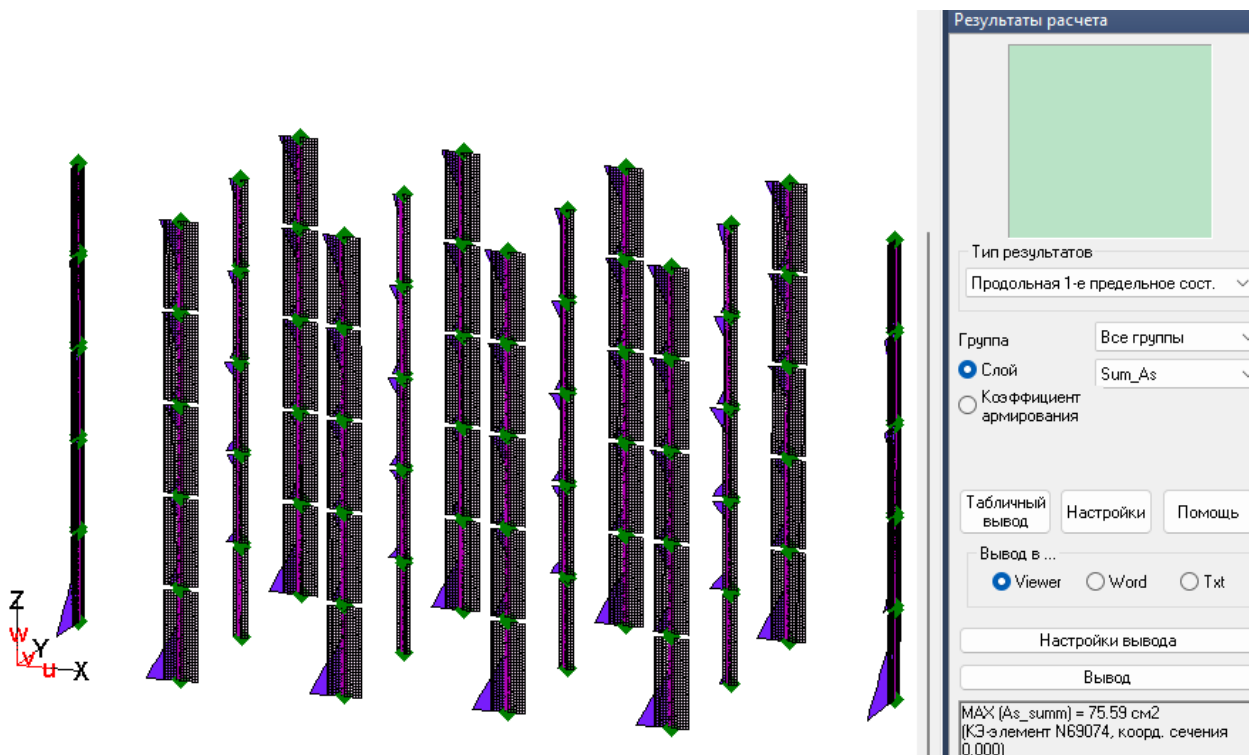


Рис. 8.5 – Эпюры арматуры в колоннах, кроме угловых (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП).

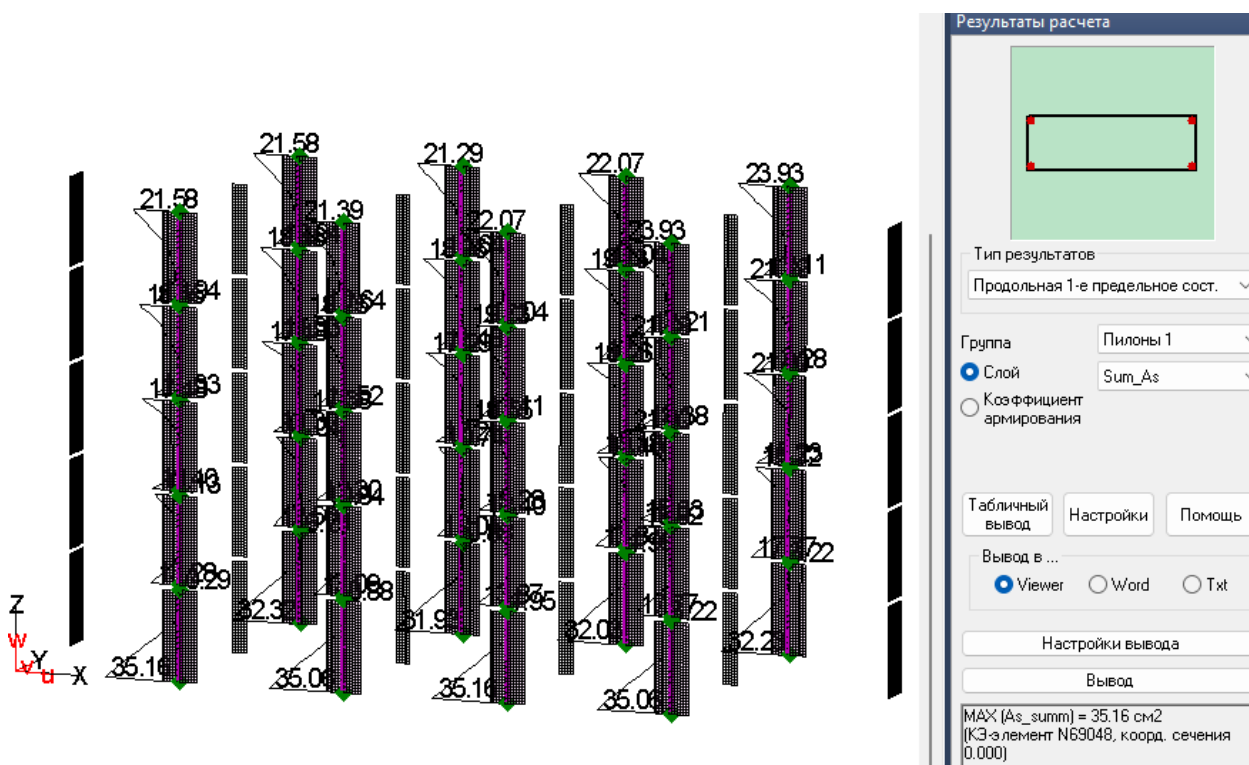
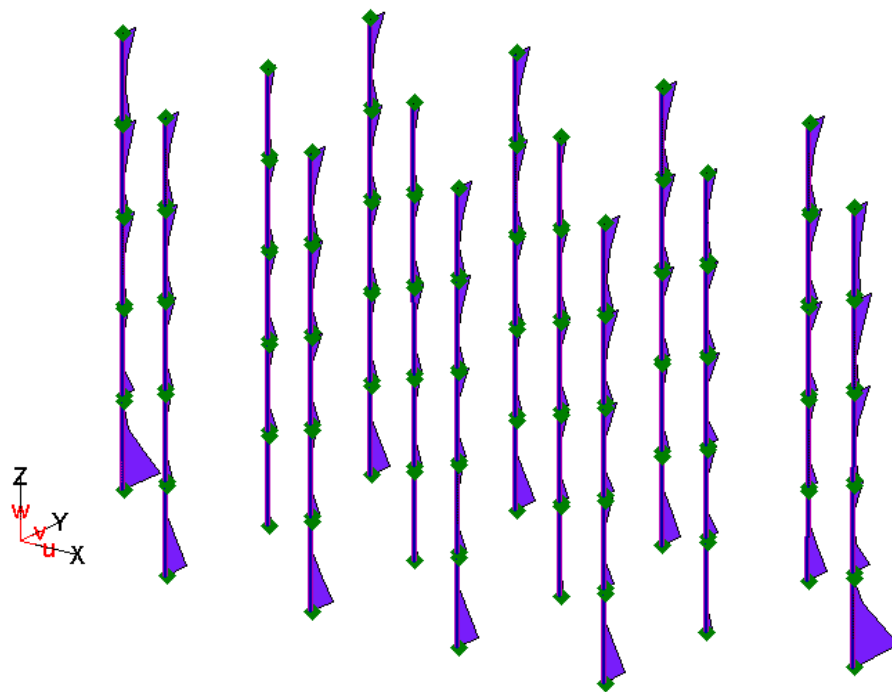


Рис. 8.6 – Значения эпюр арматуры в некоторых колоннах (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП).



Результаты расчета

Тип результатов  
Продольная 1-е предельное сост.

Группа: Все группы  
Слой: Sum\_As  
Кoeffициент армирования

Табличный вывод: Настройки Помощь

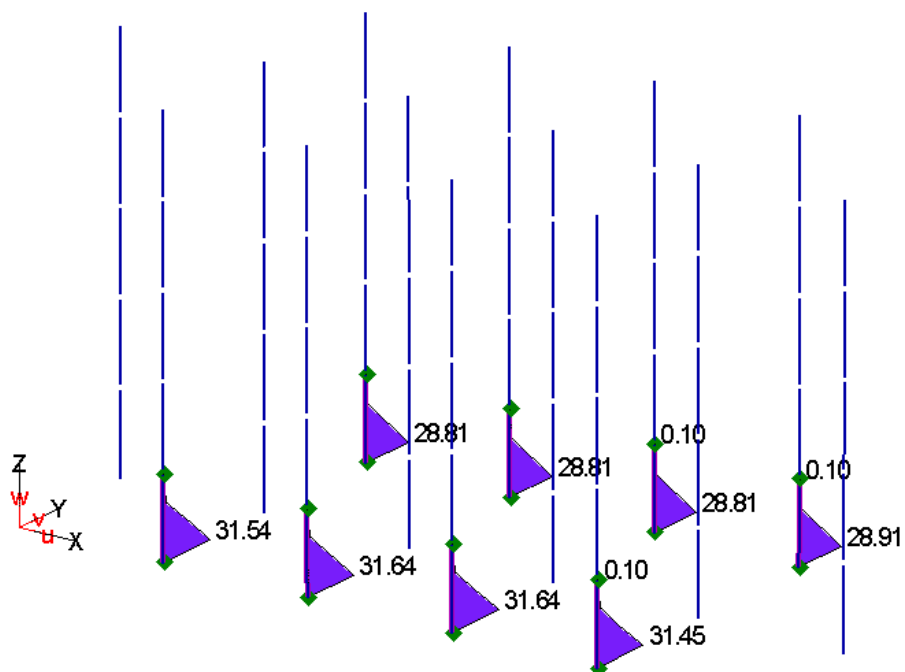
Вывод в ...: Viewer Word Txt

Настройки вывода

Вывод

MAX (As\_summ) = 69.73 см<sup>2</sup>  
Элемент - ST-14 , группа - Ж/б колонны-3  
(КЗ-элемент N32306, коорд. сечения 1.070)

Рис. 8.7 – Эпюры арматуры в колоннах, кроме угловых (Схема с использованием стержневых элементов по нормам СП).



Результаты расчета

Тип результатов  
Продольная 1-е предельное сост.

Группа: Ж/б колонны-2  
Слой: Sum\_As  
Кoeffициент армирования

Табличный вывод: Настройки Помощь

Вывод в ...: Viewer Word Txt

Настройки вывода

Вывод

MAX (As\_summ) = 31.64 см<sup>2</sup>  
Элемент - ST-7 , группа - Ж/б колонны-2  
(КЗ-элемент N32285, коорд. сечения 1.070)

Рис. 8.8 – Значения эпюр арматуры в некоторых колоннах (Схема с использованием стержневых элементов по нормам СП).

## 9. Результаты армирования подбалок и плит

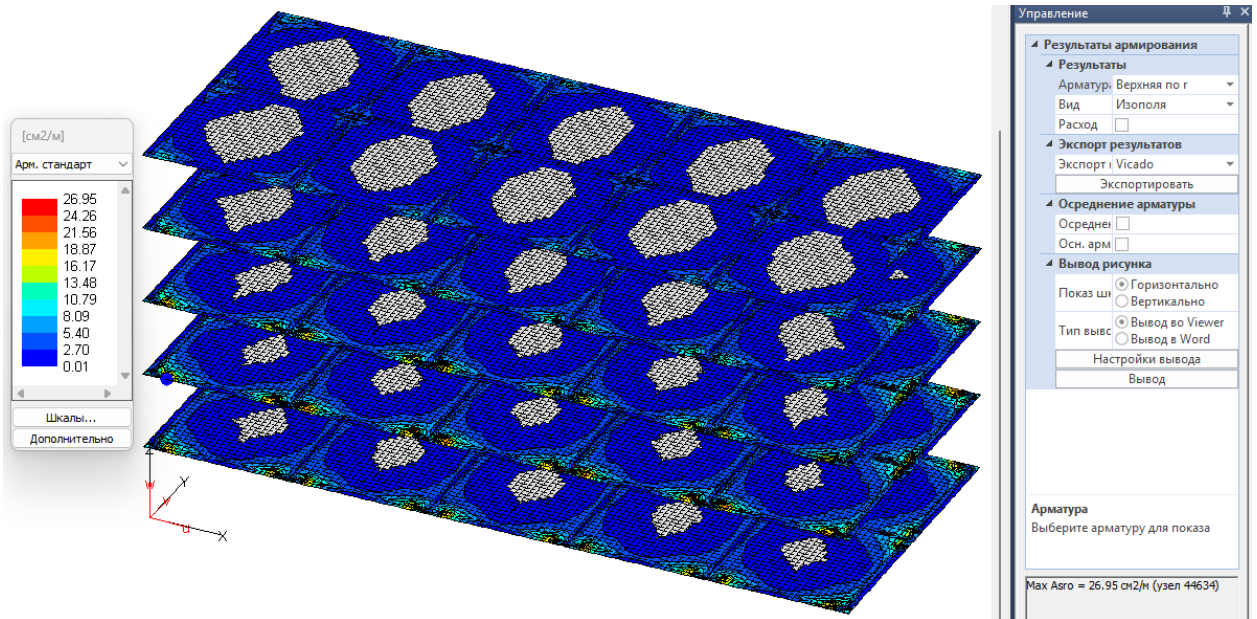


Рис. 9.1 – Изополю верхней арматуры по r (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода).

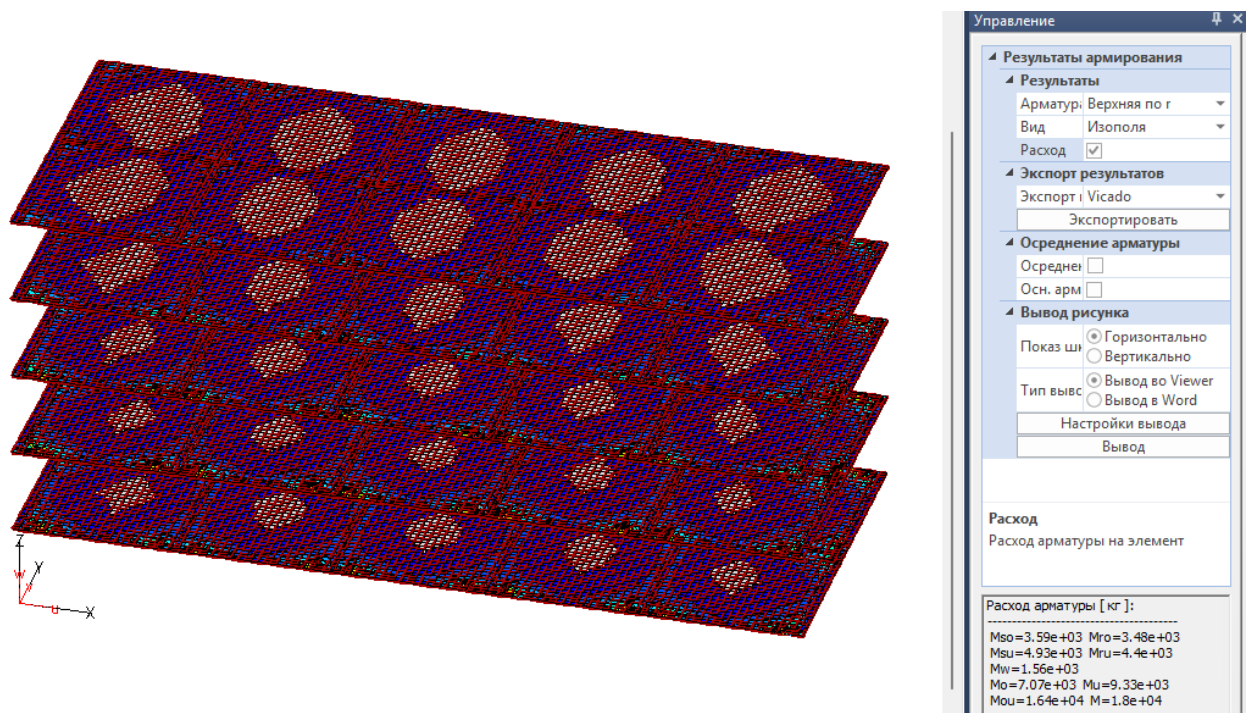


Рис. 9.2 – Расход арматуры (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам Еврокода).

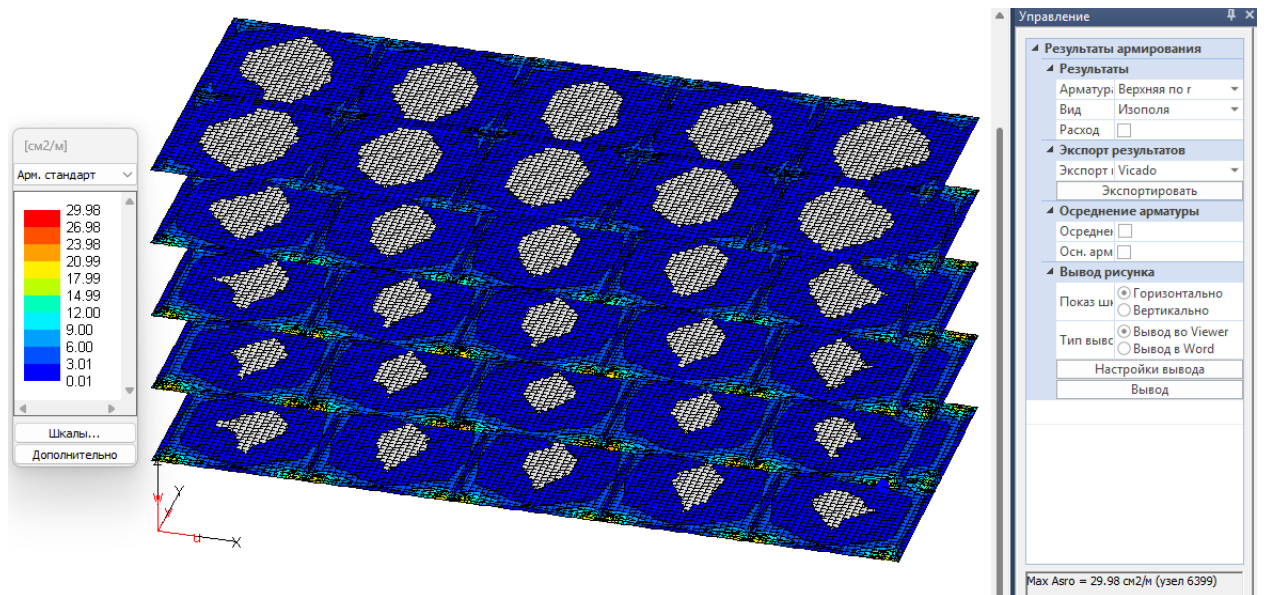


Рис. 9.3 – Изополя верхней арматуры по г (Схема с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода).

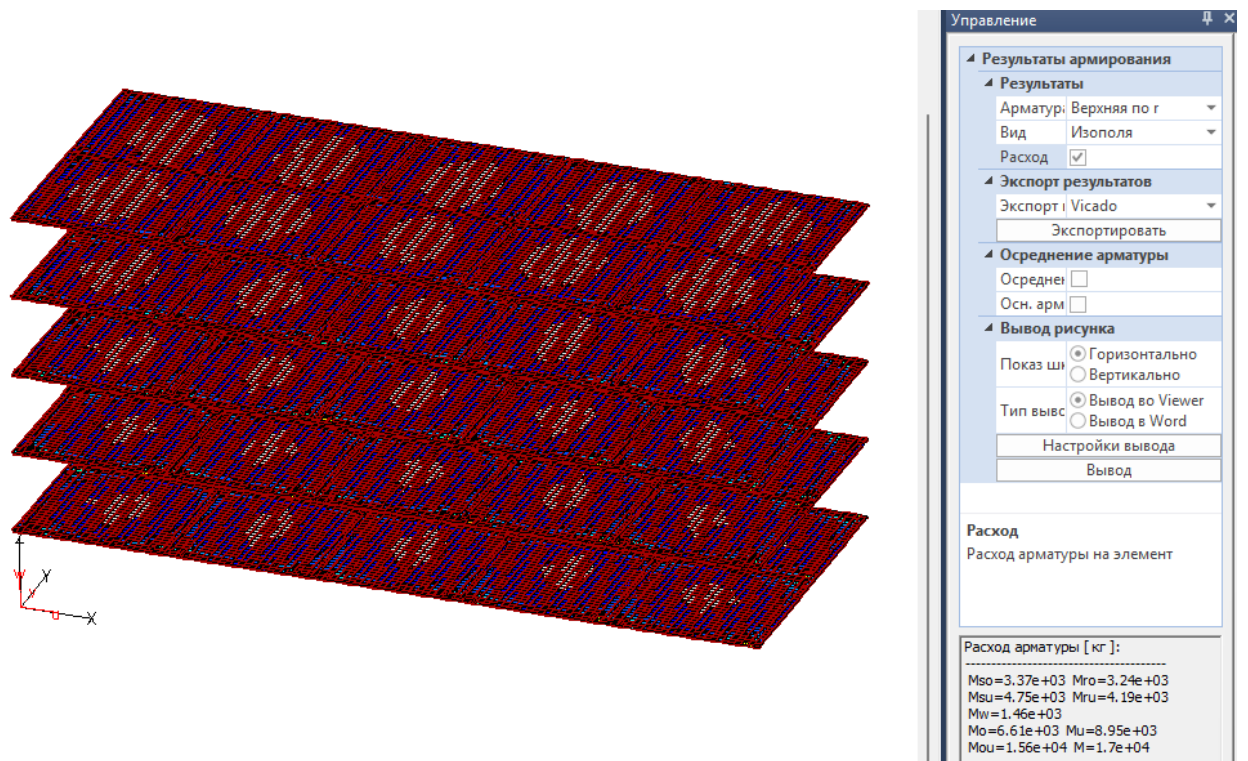


Рис. 9.4 – Расход арматуры (Схема с использованием стержневых элементов по нормам Еврокода).

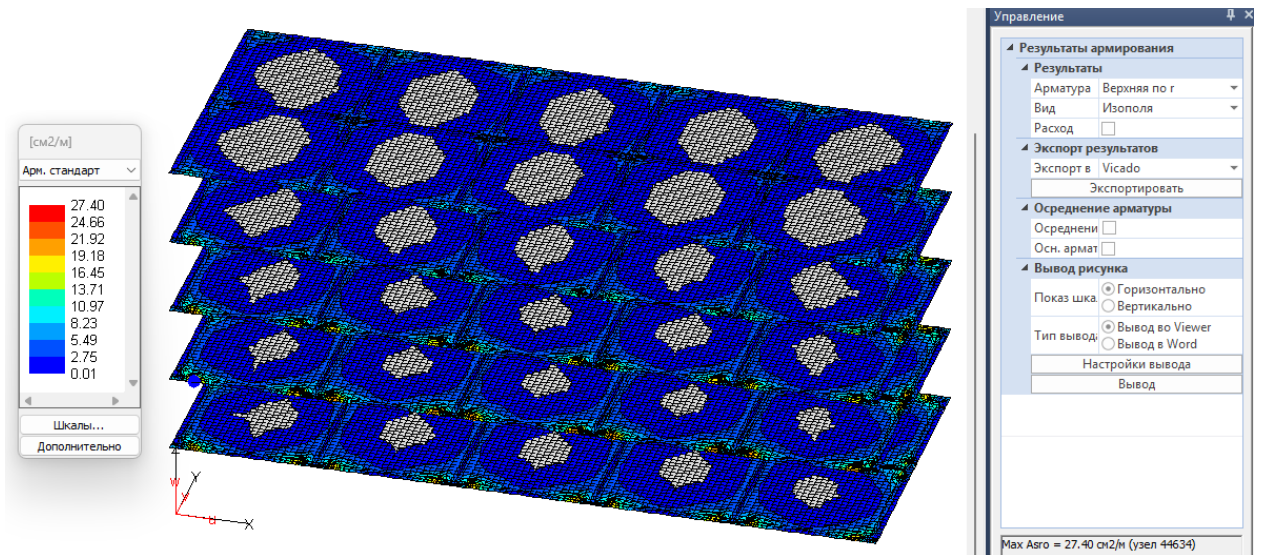


Рис. 9.5 – Изополя верхней арматуры по r (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП).

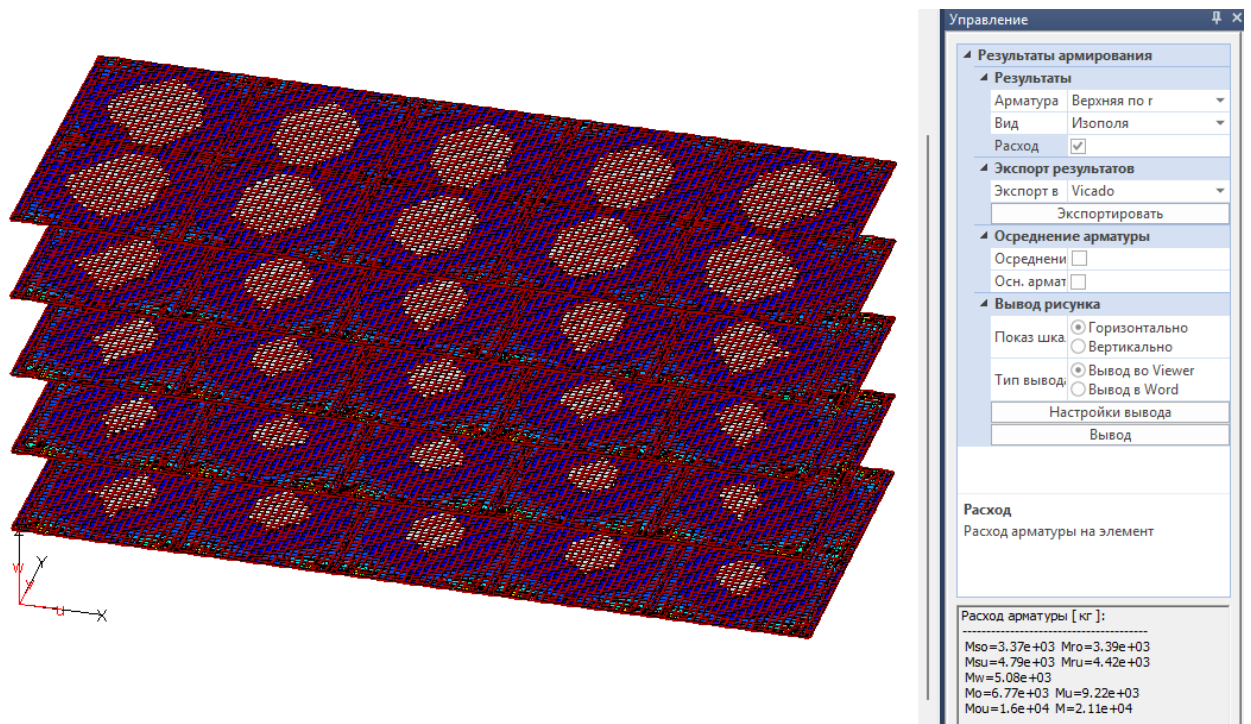


Рис. 9.6 – Расход арматуры (Схема с использованием оболочечных элементов стен по нормам СП).

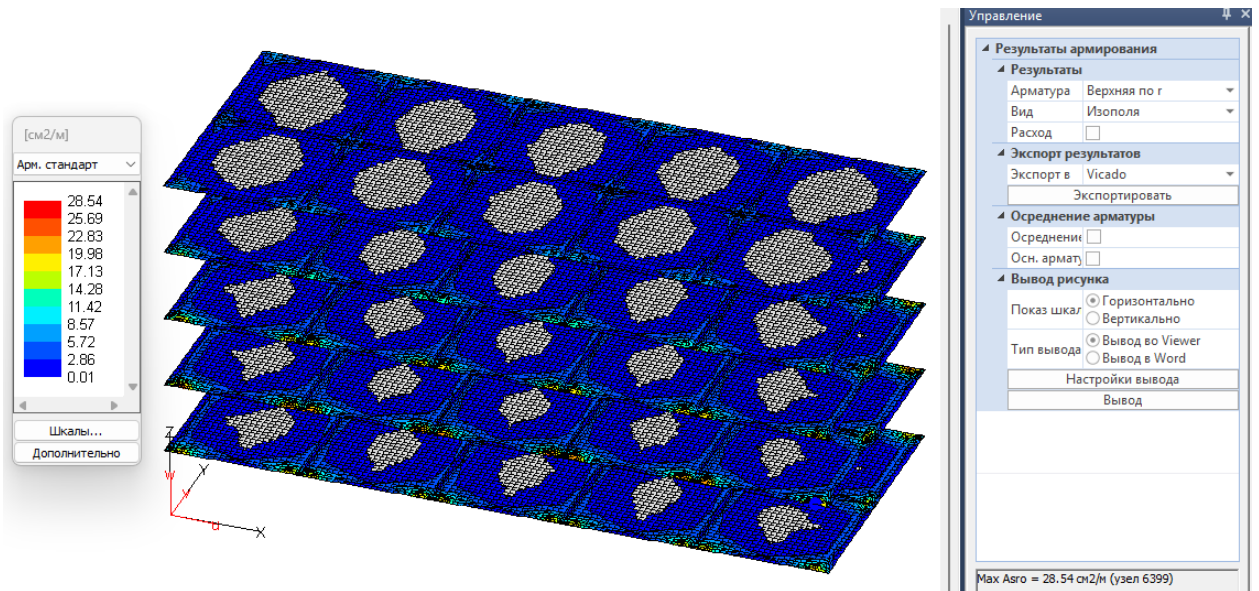


Рис. 9.7 – Изополя верхней арматуры по r (Схема с использованием стержневых элементов по нормам СП).

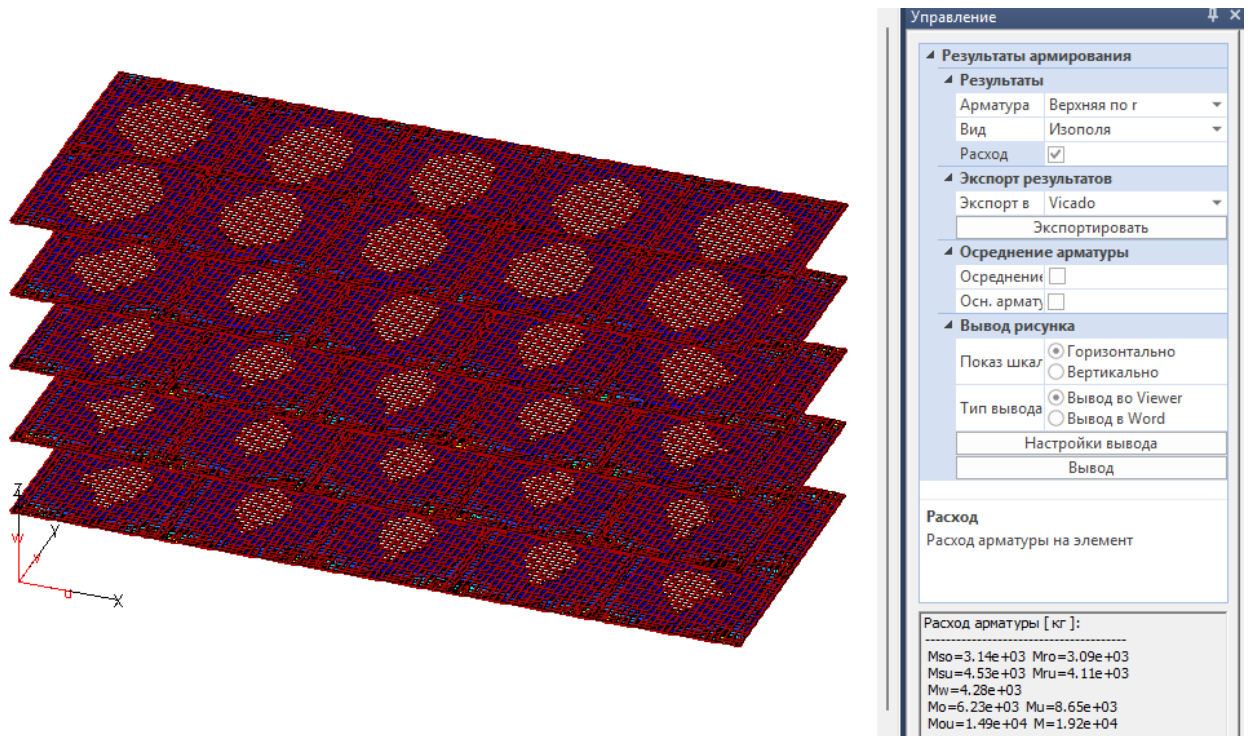


Рис. 9.8 – Расход арматуры (Схема с использованием стержневых элементов по нормам СП).

## 10. Сравнение результатов армирования

Также дополнительно для сравнения результатов был произведен расчет схемы без использования подрезки колонн и связей колонна/плита и схемы со стенами по нормам СП с учетом параметрических колебаний.

Параметрические колебания учитывались при определении сейсмических воздействий установкой галочки «Учет параметрических колебаний».

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность пл-ки: 9

Категория грунта: 1

Учет нелинейного деформирования грунтов

Тип расчета

Проектный расчет

Поверочный расчет

Таблица 4.2    Таблица 5.2    Таблица 5.3

Амплитуда = 1.4 м/с<sup>2</sup>

Количество исследуемых собственных значений: 7

Задать формы  1,4,7

Направление сейсм. воздействия

Задать углами

Задать направляющими косинусами

Направляющие косинусы воздействия

0    1    0

Учет параметрических колебаний

Определять нагрузки от неучтенных форм

Задать коэф. динамичности: 1

Точности сейсмических нагрузок ...

Используемые результаты

Свободные колебания

Таблица 10.1 – Сравнение расхода арматуры подбалок и плит.

Расход арматуры [кг]	Схема со стенами (Еврокод)	Схема со стержнями (Еврокод)	Схема со стенами (СП)	Схема со стержнями (СП)	Схема со стенами с учетом параметрич. колебаний (СП)	Схема со стержнями без подрезки и связей (СП)
M <sub>so</sub>	3590	3370	3370	3140	3770	3080
M <sub>ro</sub>	3480	3240	3390	3090	3530	3030
M <sub>su</sub>	4930	4750	4790	4530	5290	4690
M <sub>ru</sub>	4400	4190	4420	4110	4600	4210
M <sub>o</sub>	7070	6610	6770	6230	7300	6110
M <sub>u</sub>	9330	8950	9220	8650	9890	8900
M <sub>ou</sub>	16400	15600	16000	14900	17200	15000

Обозначения расхода арматуры:

M<sub>so</sub> – верхняя арматура по s;

M<sub>ro</sub> – верхняя арматура по r;

M<sub>su</sub> – нижняя арматура по s;

M<sub>ru</sub> – нижняя арматура по r;

M<sub>w</sub> – поперечная арматура (в данном примере не рассматривается);

M<sub>o</sub> – суммарная верхняя арматура;

M<sub>u</sub> – суммарная нижняя арматура;

M<sub>ou</sub> – суммарная верхняя и нижняя арматура;

M – суммарная верхняя, нижняя и поперечная арматура.

Таблица 10.2 – Сравнение площади армирования колонн в нижнем сечении.

[см <sup>2</sup> ]	Схема со стенами (Еврокод)	Схема со стержнями (Еврокод)	Схема со стенами (СП)	Схема со стержнями (СП)	Схема со стенами с учетом параметрич. колебаний (СП)	Схема со стержнями без подрезки и связей (СП)
Значение в нижнем сечении колонны (6,0,0)	34.86	32.32	35.16	31.54	35.94	42.77
Значение в нижнем сечении колонны (30,6,0)	73.34	69.24	75.59	69.73	88.48	86.62
Значение в нижнем сечении колонны (6,6,0)	12.79	10.35	7.13	4.10	11.04	6.64

Различия между нормами обуславливаются присутствием комбинирования сейсмических воздействий по нормам Еврокода, а также коэффициентами условия работы бетона по нормам СП.

Комбинированное сейсмическое воздействие по нескольким направлениям

Номер	Направление X	Направление Y	Направление Z
1	Пост. по X кручение	Пост. по Y кручение	<Не задано>

Добавить    Удалить    Очистить    Понижающий коэффициент : 0.3    ОК    Отмена

Параметры материала для СП 63.13330.2018

Бетон  
Класс В 30 (тяжелый)

Арматура  
Продольная : A500  
Поперечная : A240

Кoeffициент условий работы Gb (без учета Gb1): 1

Кoeffициент условий работы Gs: 1

Расчет по прочности по предельным усилиям

Расчет на трещиностойкость  Из условия обеспечения сохранности арматуры  Из условия ограничения проницаемости конструкции

Влажность 40 - 75 %

Учет сейсмики (коэффициенты условий работы )

Бетон (расчет нормальных сечений) Mkrb :	1.2
Арматура (расчет нормальных сечений) Mkrs :	1.2
Бетон (расчет наклонных сечений) Mkrbw	1
Арматура (расчет наклонных сечений) Mkrsw	1

Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную

Для полного значения нагрузки 0.4

Для длительного значения нагрузки 0.3

OK  
Отменить  
Помощь