

2025

Расчет многоэтажного здания в СтаДиКон



Техсофт
10.01.2025



Предисловие

Пособие составлено сотрудниками ООО «Техсофт» - российским разработчиком программного обеспечения **Инж-РУ**, предназначенного для выполнения полного комплекса работ (статика, динамика, устойчивость, нормативные расчеты и т.п.) строительных конструкций. Данный документ описывает работу с версией 2025 года. Мы будем рады видеть Вас и на обучении, которое организуем специально для Вас. Набор инструментов, в более ранних версиях, может отличаться от представленных. Пособие не является полной документацией и не описывает все возможности программных средств. Более подробную информацию Вы найдете в Online-документации на сайте www.tech-soft.ru.

Содержание

Содержание	3
1 Описание исходных данных	6
1.1 Описание задачи	6
1.2 Основные расчетные предпосылки	10
2 Создание проекта в Менеджере проектов.....	12
2.1 Работа с Менеджером проектов.....	12
2.2 Воздействия	14
3 Создание POS-проекта.....	15
4 Работа с позиционным проектом в СтаДиКон	17
4.1 Интерфейс	17
4.2 Создание прямоугольного растра	18
4.3 Ввод позиций	20
4.3.1 Ввод плиты	20
4.3.2 Ввод стен.....	26
4.3.3 Ввод колонн.....	27
4.3.4 Ввод отверстий.....	31
4.3.5 Ввод лестничных маршей	33
4.3.6 Ввод ребер жесткости плиты (подбалок)	35
4.4 Изменение свойств позиций.....	37
4.5 Изменение геометрии	39
4.6 Задание нагрузок и нагружений.....	41
4.6.1 Ввод линейных нагрузок	42
4.6.2 Ввод поверхностных нагрузок.....	44
4.7 Копирование этажа.....	45
4.8 Редактирование этажа.....	46
4.8.1 Установка опций сгущения сетки и элементов жесткости для колонн	46
4.8.2 Изменение геометрии стен.....	48
4.8.3 Перемещение дверных проемов	48
4.8.4 Изменение геометрии лестничного марша.....	50
4.8.5 Редактирование нагрузок и нагружений.....	52
4.8.6 Задание временной распределенной нагрузки на перекрытия жилых этажей в квартирах.....	53
4.9 Создание проемов.....	54
4.10 Создание балкона	56
4.10.1 Создание полярного растра.....	56

4.10.2	Ввод балконных плит	58
4.10.3	Задание нагрузки на балкон.....	58
4.11	Копирование жилого этажа.....	60
4.12	Редактирование нагрузки на покрытие.....	60
4.12.1	Удаление нагрузки 'Вес наружных стен'	60
4.12.2	Изменение нагрузок	61
4.12.3	Ввод нагрузки Вес парапетов	62
4.12.4	Задание временной распределенной нагрузки на кровле	62
4.13	Ввод нагрузки от технического этажа	64
4.14	Ввод 'Снеговой нагрузки' на покрытие.....	65
4.14.1	Подсчет значений нагрузки	65
4.14.2	Импорт слоя DXF	67
4.14.3	Ввод поверхностной трапецевидной нагрузки	70
4.14.4	Ввод снеговой нагрузки на покрытие балкона	72
4.15	Ввод фундаментной плиты	72
4.16	Ввод слоистого основания	73
4.17	Ввод ветровой нагрузки. Модель нагрузки 'Оболочка здания'	76
4.18	Заключение к расчетной (позиционной) модели	88
5	Работа с конечно-элементным проектом и расчеты в модуле СтаДиКон	89
5.1	Загрузка FEA и POS проекта	89
5.2	Рабочая область.....	89
5.3	Генерация конечно-элементной сетки.....	90
5.4	Правка конечно-элементной сетки.....	91
5.4.1	Визуальный контроль результатов генерации сетки	91
5.4.2	Проверка правильности расстановки эксцентриситетов	97
5.4.3	Изменение свойств колонн	99
5.4.4	Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты 102	
5.4.5	Выполнение проверочного статического расчета	104
5.4.6	Редактирование конечно-элементной сетки	105
5.4.7	Выполнение проверочного статического расчета	108
5.5	Оценка погрешности	108
5.6	Создание динамической модели.....	115
5.6.1	Редактирование свойств материала	115
5.6.2	Изменение граничных условий	116
5.6.3	Создание комбинаций нагружений для расчета собственных колебаний	116

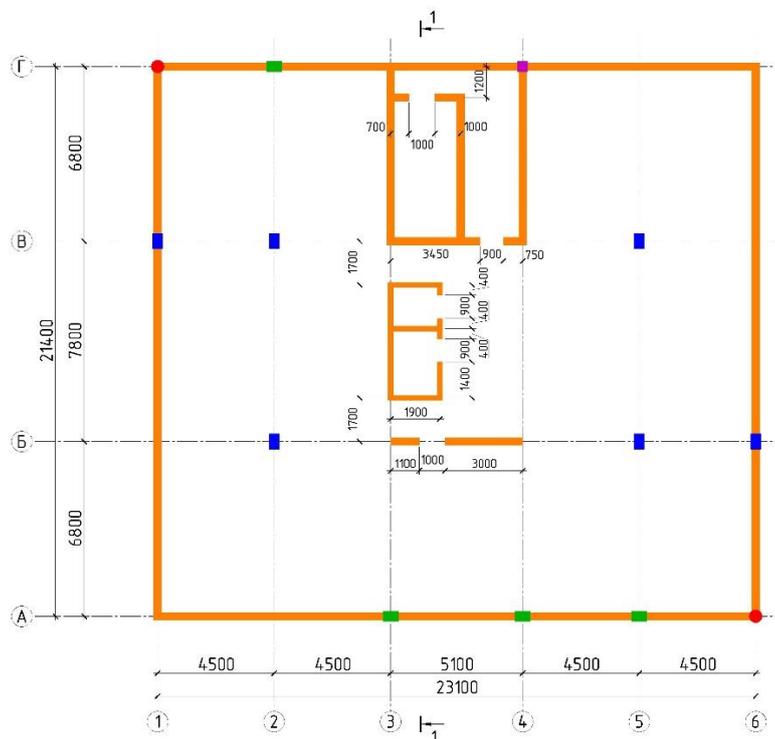
5.7	Расчет форм собственных колебаний.....	118
5.8	Анализ результатов расчета форм собственных колебаний	121
5.9	Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки	123
5.10	Определение сейсмических нагрузок.....	128
5.10.1	Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействий	128
5.10.2	Определение сейсмических нагрузок от вращательных компонент сейсмического воздействия.....	136
5.11	Статический расчет	140
5.12	Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки.....	140
5.13	Задание данных для РСУ	142
5.13.1	Формирование дополнительных нагружений	143
5.13.2	Задание свойств нагружений для автоматического формирования РСУ.....	144
5.13.3	Несочетаемые нагружения	149
5.14	Проверка законтурного основания	152
5.14.1	Анализ перемещений и редактирование основания.....	152
5.15	Учет этапности возведения	156
5.15.1	Ручное редактирование этапа возведения	159
5.16	Расчет на устойчивость.....	162
5.17	Просмотр результатов статического расчета	166
5.17.1	Просмотр усилий в плите.....	166
5.17.2	Просмотр усилий в колоннах и подбалках.....	169
5.18	Конструктивный расчет	172
5.18.1	Задание конструктивных элементов для стержней	173
5.18.2	Просмотр результатов конструктивного расчета стержней	182
5.18.3	Задание конструктивных элементов для оболочек.....	184
5.18.4	Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек.....	188
5.19	Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне	193
5.19.1	Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект	193
5.19.2	Задание краевых условий	195
5.19.3	Передача перемещений	197
5.19.4	Создание комбинации нагружений	198
5.19.5	Задание слоистого материала	199
5.19.6	Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов.....	206
6	Список литературы.....	209

1 Описание исходных данных

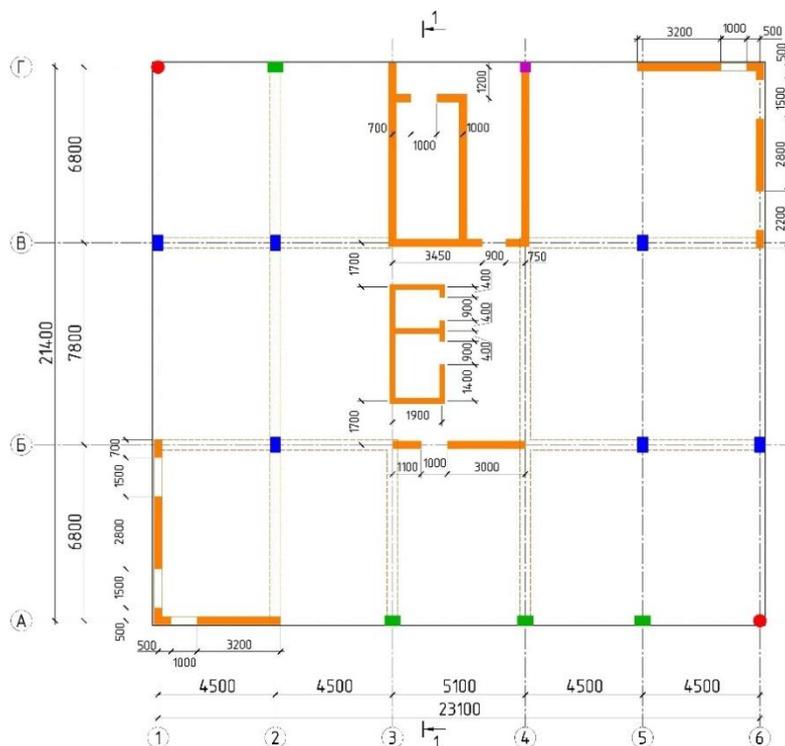
1.1 Описание задачи

Необходимо выполнить расчеты каркаса 11-этажного (13-ярусного с учетом подвального и технического этажей) жилого здания, выполненного в монолитном железобетоне. Исходные данные приведены ниже.

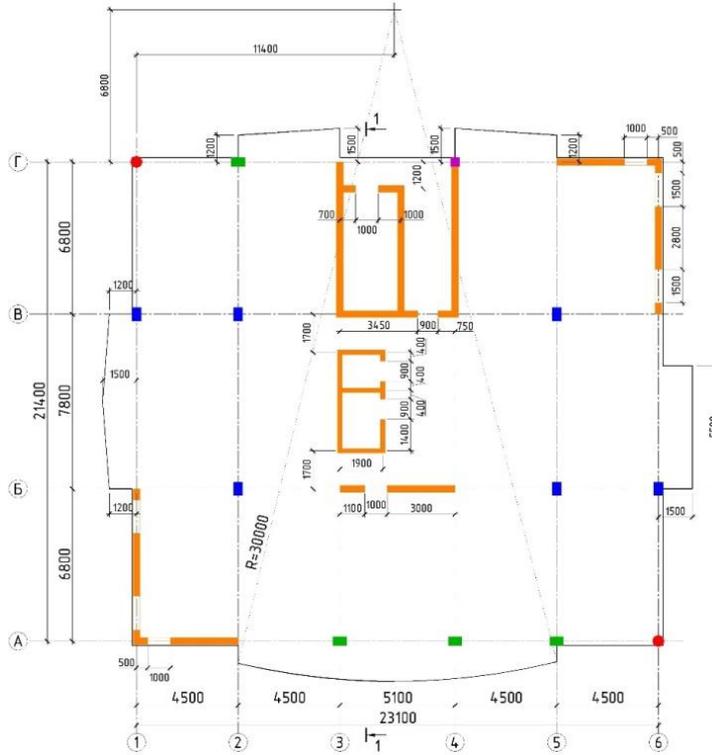
План подвального этажа



План первого этажа



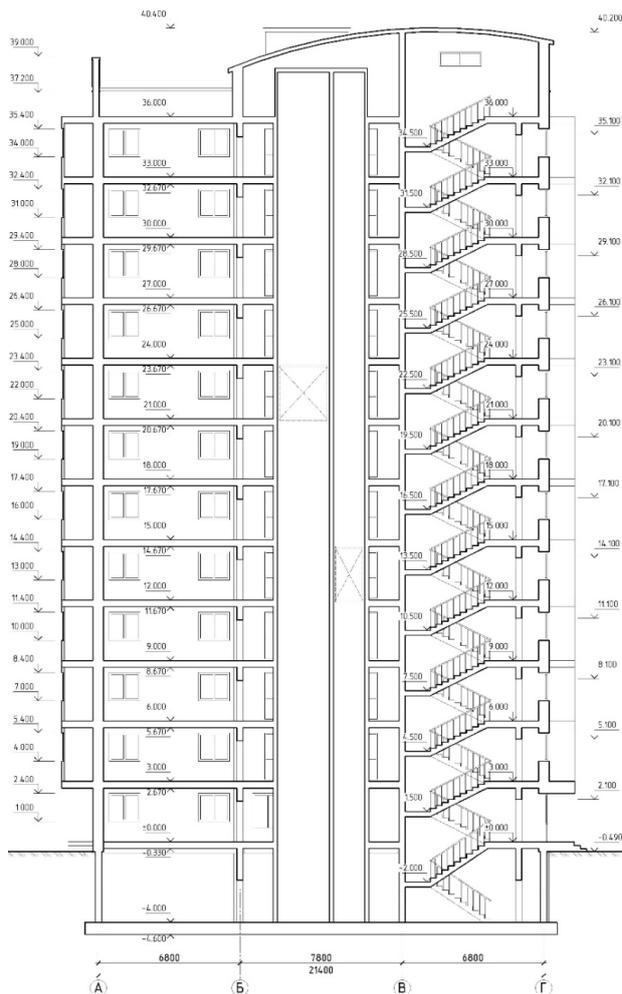
План типового этажа



Фасады в осях 1 – 6, Г – А



Разрез 1-1



Здание проектируется для возведения во II ветровом районе, типе местности В и в III снеговом районе, сейсмичность площадки 8 баллов, грунт основания относится к категории II согласно классификации СП 14.13330.2018.

Колонны каркаса имеют прямоугольное сечение 400x600 мм, квадратное сечение 400x400 мм и круглое сечение диаметром 500 мм. Толщина несущих стен, одновременно служащих вертикальными диафрагмами жесткости, составляет 300 мм. Толщина плоских дисков перекрытий 250 мм. Плита перекрытия над подвалом усилена перекрестной системой ребер жесткости размером 400x250 мм (под высотой ребра (250 мм) понимается высота выступающей под перекрытием части ребра, т.е. разница между полной высотой сечения балки и толщиной плиты перекрытия), расположенных снизу плиты. Стены лифтовых шахт - монолитные толщиной 200 мм. Каркас опирается на монолитную фундаментную плиту толщиной 600 мм.

Проектирование каркаса выполняется в соответствии с указаниями СП 20.13330.2016, СП 14.13330.2018, СП 63.13330.2018. Класс бетона всех несущих конструкций – В25, класс продольной арматуры – А400, класс поперечной арматуры – А240.

Информация о статических нагрузках, которые должны быть заданы пользователем, приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Статические нагрузки

Наименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. значение	Кэф-т надежности γ_f (Кн)	Длительная часть (Кд)	Номер нагружения, в котором задана нагрузка
Постоянные и длительные нагрузки					
Собственный вес несущих конструкций	кН/м ³	27.5	1.1	1.0	1
Вес полов и перегородок (действует на все перекрытия)	кН/м ²	3.0	1.2	1.0	3
Вес наружных стен	кН/м	12.0	1.2	1.0	3
Вес ограждений и балконов	кН/м	4.0	1.2	1.0	3
Вес парапетов	кН/м	10.0, 20.0	1.2	1.0	3
Вес конструкции кровли	кН/м ²	1.95	1.2	1.0	3
Временные нагрузки на перекрытия					
На фундаментную плиту	кН/м ²	2.4	1.2	0.35	2
На перекрытие подвала (1 этаж – офисные помещения)	кН/м ²	2.4	1.2	0.35	2
На балконах	кН/м ²	2.4	1.2	0.35	2
На перекрытия жилых этажей на общих коридорах и лестницах	кН/м ²	3.6	1.2	0.33	2
На перекрытия жилых этажей в квартирах	кН/м ²	1.95	1.3	0.22	4
На кровле	кН/м ²	0.65	1.3	0	5
Снеговая нагрузка					
На покрытие (с учетом образования снеговых мешков)	кН/м ²	1.8 - 5.4	1.4	0.5	6
Ветровая нагрузка (средняя составляющая)					
На наветренную сторону здания	кН/м ²	0.17 - 0.35	1.4	0	7-10
На подветренную сторону здания	кН/м ²	0.13 - 0.27	1.4	0	7-10

Требуется:

Выполнить расчет каркаса на действие вертикальных статических нагрузок, ветровых (средняя и пульсационная составляющие) и сейсмических нагрузок. Оценить общую жесткость и устойчивость каркаса.

Определить требуемое количество арматуры в колоннах каркаса, в балках перекрытия над подвалом, в плитах перекрытий и в фундаментной плите.

1.2 Основные расчетные предпосылки

В качестве расчетной модели каркаса здания будем использовать пространственную оболочечно-стержневую конечно-элементную модель. При ее разработке будем руководствоваться следующими положениями и предпосылками:

1. В расчетную модель каркаса вводим только несущие конструктивные элементы. Считаем, что поэтажно опертые наружные стены, а также перегородки не участвуют в работе каркаса, и лишь создают дополнительные нагрузки на плиты перекрытий.
2. Плоские плиты перекрытий и покрытия, фундаментную плиту, а также несущие стены моделируем элементами плоской оболочки, имеющими все шесть степеней свободы в узле, с учетом сдвиговых деформаций по толщине оболочки на основе теории Рейсснера-Миндлина.
3. Колонны представляем стержневыми конечными элементами общего вида, жестко сопряженными с элементами плит перекрытий, покрытия и фундаментной плитой.
4. Сопряжения стержневых элементов, представляющих колонны, с пластинчатыми элементами плит перекрытий и покрытия моделируем с использованием метода размазывания жесткости (создание групп CLPL). Такой подход позволяет получать более корректные результаты при определении усилий и армировании в надколонных зонах плит.
5. Ребра жесткости, усиливающие плиту перекрытия над подвалом, моделируем стержневыми конечными элементами прямоугольного сечения, сопряженными с плитой с эксцентриситетом относительно срединной плоскости плиты, которую они подкрепляют.
6. Верхнюю часть здания моделируем упрощенным способом. Машинное помещение для размещения и обслуживания лифтового оборудования учитываем только в виде дополнительной нагрузки.
7. При определении усилий в элементах каркаса здания, эффектами физической и геометрической нелинейности пренебрегаем.
8. Последовательность возведения здания в расчете его каркаса учитываем путем деления элементов всего каркаса на этапы возведения. Каждый этаж делится на два этапа: элементы плиты перекрытия; элементы между соседними плитами перекрытий (стены, колонны, лестничные марши).
9. Деформативность грунтового основания учитываем путем задания под фундаментной плитой слоистого основания из объемных элементов. Грунт имеет следующие характеристики: коэффициент Пуассона $\mu = 0,33$; глубина сжимаемой толщи $H_c = 7,2$ м; модуль деформаций на части площади основания под фундаментной плитой $E_{sl,s} = 16 \cdot 10^3$ кПа; на остальной части - $E_{sl,s} = 12 \cdot 10^3$ кПа.

10. Расчет на действие динамических ветровых и сейсмических нагрузок выполняем при абсолютно жестком закреплении в уровне фундаментной плиты.
11. Коэффициенты снижения временных нагрузок на перекрытия, согласно п.п. 3.8 и 3.9 СП 20.13330.2016, не учитываем.
12. Ветровую нагрузку прикладываем в виде линейной равномерно-распределенной по торцам плит перекрытий.

Кроме того, используем ряд расчетных предпосылок, принятых в нормативных документах, в соответствии с которыми должны быть запроектированы конструкции каркаса.

2 Создание проекта в Менеджере проектов

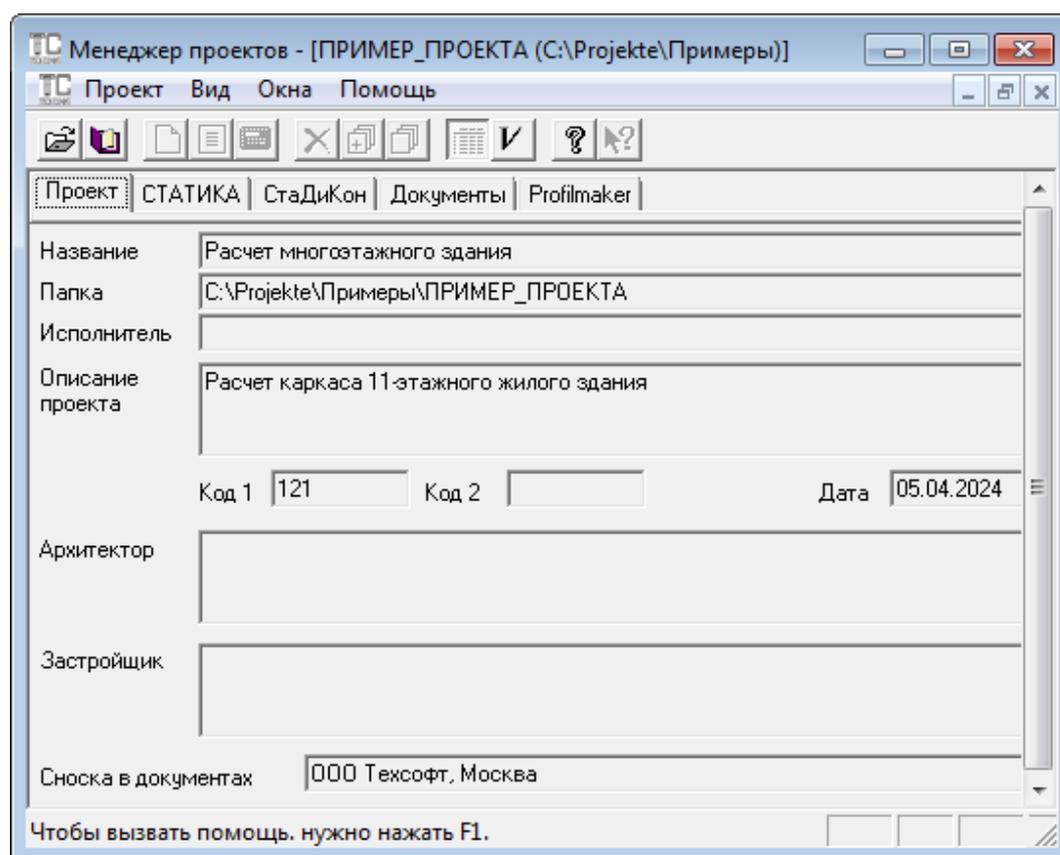
2.1 Работа с Менеджером проектов

При работе над проектом используется несколько приложений, при этом каждое приложение создает свои собственные данные. **Менеджер проектов** управляет этими данными. Копирование, удаление и перемещение данных для всех приложений происходит, благодаря **Менеджеру проектов**, единообразно.

Советы & рекомендации

Менеджер проектов можно устанавливать на любом компьютере без лицензии.

Главное окно Менеджера проектов



Строка заголовка

При отсутствии загруженных проектов, строка заголовка **главного окна программы** содержит имя программы. При наличии загруженного проекта, строка заголовка **окна программы** содержит имя проекта и путь.

Лента меню

Вид ленты меню зависит от выбранного приложения.

Панель инструментов

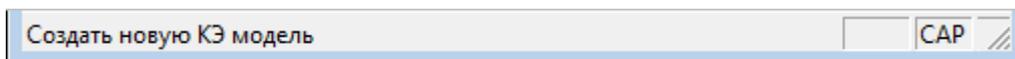
Панель инструментов содержит кнопки, обеспечивающие быстрый доступ к функциям **Менеджера проектов**.

Включать и отключать изображение панели инструментов на экране в **Менеджере проектов** можно, используя пункт меню **Вид > Панель инструментов**.

Строка состояния

Строка состояния расположена в нижней части окна **Менеджера проектов**. Она содержит информацию о текущем состоянии процесса. Когда Вы указываете курсором какую-либо функцию *меню* или *панели инструментов*, в строке состояния появляется соответствующая подсказка. В правой части строки состояния содержится индикатор состояния клавиатуры.

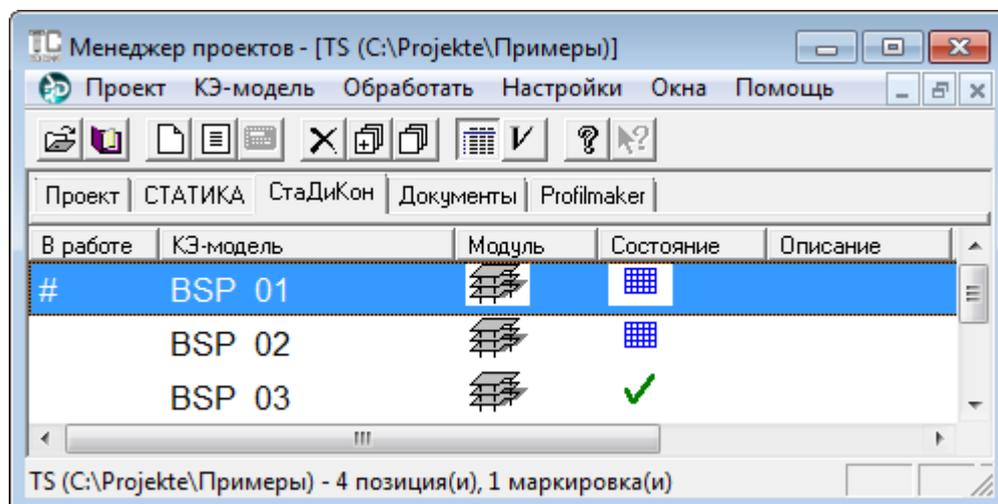
В приведенном ниже примере, присутствует подсказка к функции **КЭ-модель > Создать** и указано, что включена клавиша **Caps Lock**.



Включать и отключать изображение строки состояния на экране можно, используя пункт меню **Вид > Строка состояния**.

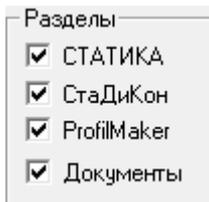
В окне **Менеджера проектов** для каждого приложения предусмотрена закладка.

Выбрав закладку щелчком клавишей мыши, Вы увидите позиции соответствующего приложения.



1. Вызов **Менеджера проектов** осуществляется из меню **Пуск > Все программы > Ing-RU (год выпуска)** или с помощью соответствующего ярлыка на рабочем столе.
2. На экране появится главное окно **Менеджера проектов**.
3. Выберите в меню команду **Проект > Новый**. Откроется диалог **Новый проект**, предназначенный для ввода данных проекта.
4. Выпадающие списки **Проект** и **в папке** позволяют задать или выбрать обозначение проекта и папку, в которой должен сохраниться проект со своими данными. В остальных полях диалога можно указать название проекта и другую необходимую информацию.
5. В группе диалога **Разделы** представлены приложения, которые будут использоваться в проекте.

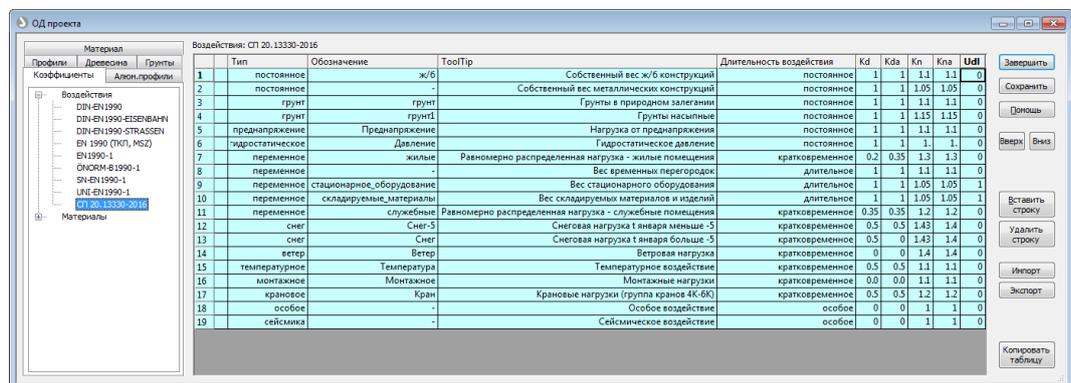
Шаг за шагом



6. С помощью кнопки **Импорт описания**, вызывается диалог **Проект для переноса**, позволяющий передать информацию о проекте (обозначение, папку, название и т.п.), уже заданную для другого проекта.
7. Выберите проект, информацию из которого Вы хотите использовать. Закройте диалог с помощью кнопки **ОК**, и информация будет передана в создаваемый проект.
8. Сохраните данные нового проекта, нажав на кнопку **ОК**. Проект появится в окне проекта. Откроется окно проекта с приложениями. Вкладка **Проект** будет активна.

2.2 Воздействия

Воздействия используются при задании нагрузок и классификации нагружений. В **Инж-РУ** есть возможность управлять воздействиями при помощи **Менеджера проектов**. При обращении к пункту меню **Проект > Основные данные проекта**, при создании любого проекта, загружается **Редактор основных данных проекта**, содержащий характеристики строительных материалов, данные по стальным профилям, коэффициенты надежности и т.п.

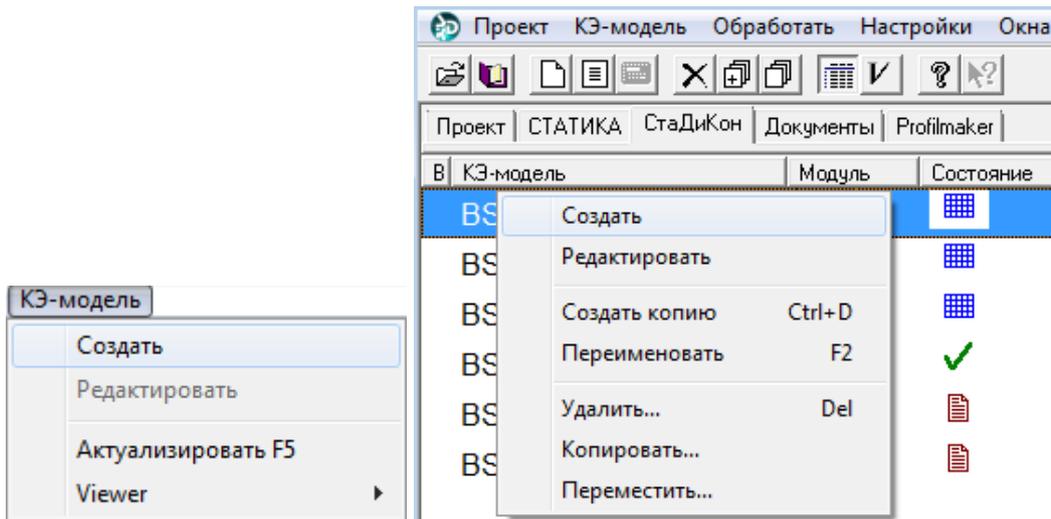


Шаг за шагом

1. Выберите пункт меню **Проект > Основные данные проекта**.
2. В открывшемся диалоге перейдите на вкладку **Коэффициенты**.
3. В **Воздействиях** укажите нормы **СП 20.13330.2016**.
4. Теперь Вы можете изменять коэффициенты у имеющихся воздействий (путем замены строки), добавлять к ним новые и удалять ненужные.

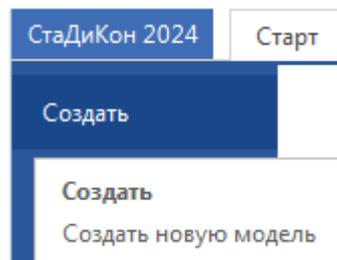
3 Создание POS-проекта

В окне проекта в **Менеджере проектов** активируйте вкладку **СтаДиКон**. Создайте новую **POS-модель**, выбрав функцию **Создать** в меню **КЭ-модель** или указав ее в контекстном меню (вызывается по правой клавише мыши):

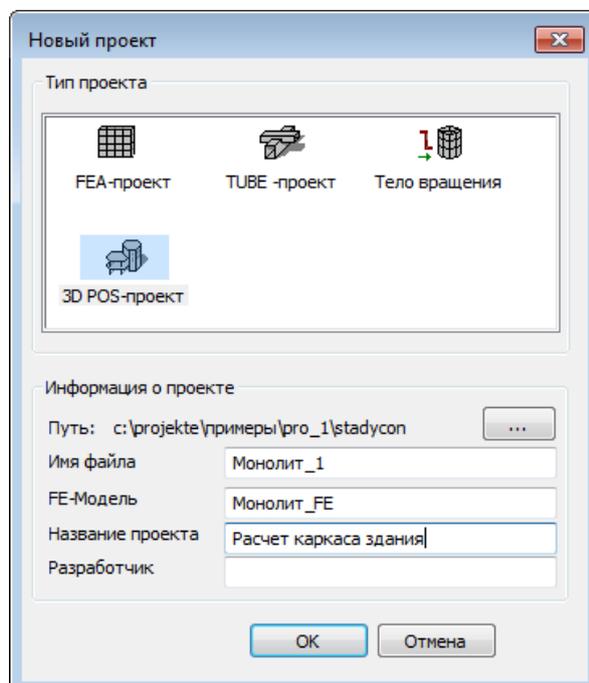


При обращении к этой функции, вызывается **ПК СтаДиКон**.

Системное меню **СтаДиКон** содержит команду **Создать**.



При выборе этой команды, на экране появляется диалог следующего вида:



Создание POS-проекта

Выберите тип проекта **3D POS-проект** и задайте **Имя файла** (эта информация является обязательной). Можно также указать информацию о проекте, разработчике и создаваемой модели (эта информация хранится в проекте, и может быть использована при выводе проекта в WORD/VIEWER или на принтер).

Подтвердите данные нажатием на кнопку **ОК**.

На экране появится диалог, в котором необходимо указать **Наименование этажа**, **Уровень этажа** (системной оси) и **Высоту этажа**.

Новый(е) этаж(и)

Наименование: План_Подвал

Замечания:

Высота этажа: 4.095 м

Уровень этажа: 0 м

Количество: 1

Скопировать ...

Этаж:

Всё Ничего Выбор

Наименование этажей

- Колонны
- Области толщин
- Отверстия
- Плиты
- Балки

Выбрать все Сброс

ОК Отмена Помощь

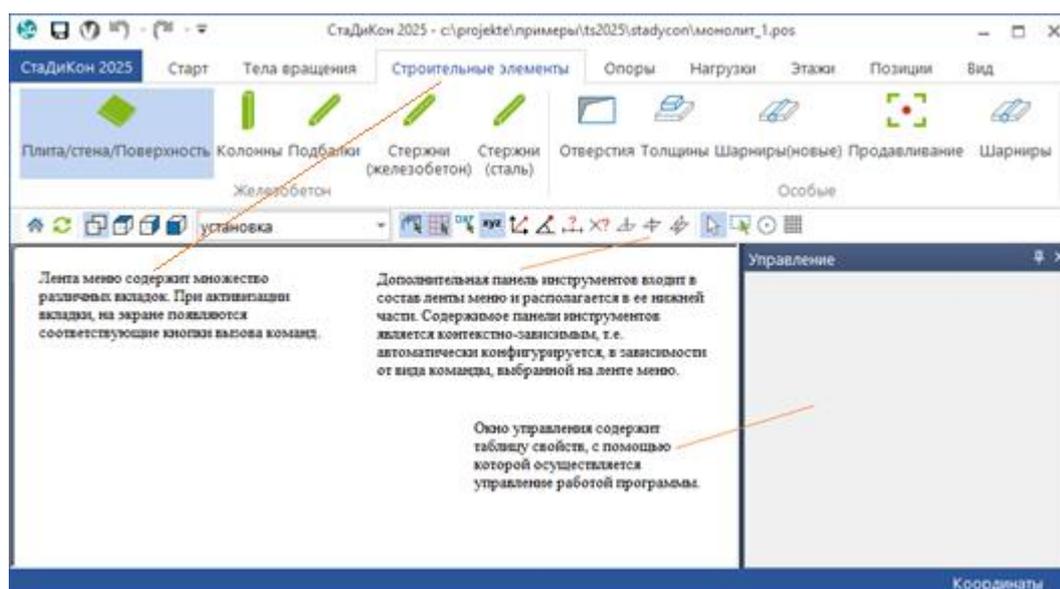
Наименование этажа в дальнейшем значительно облегчит поиск, и выбор элементов данного этажа, поскольку в маркировке элементов имеется обозначение этажа.

4 Работа с позиционным проектом в СтаДиКон

4.1 Интерфейс

Интерфейс программы **СтаДиКон** обеспечивает интуитивно понятное управление всеми функциями и создает основу для более эффективной работы. Программа является графической интерактивной Windows-программой, построенной на принципах MDI-интерфейса (многооконности). Одновременно, в разных окнах, могут обрабатываться несколько проектов.

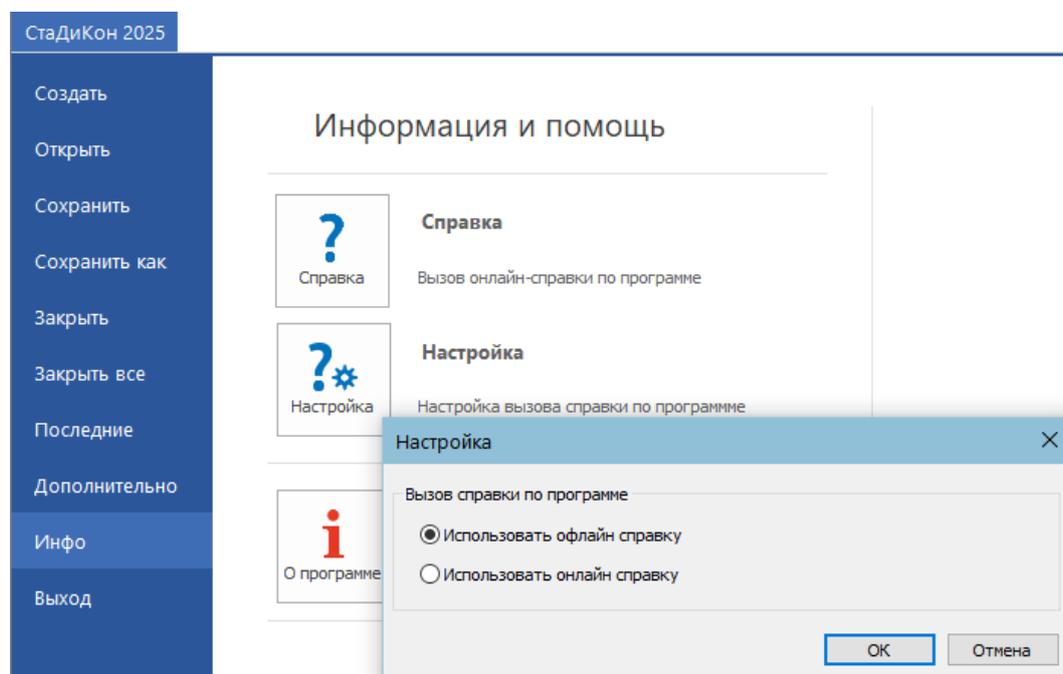
Доступ ко всем функциям **СтаДиКон** осуществляется с помощью ленты меню. Набор закладок ленты меню зависит от типа актуального проекта. Ниже приведен пример интерфейса для работы с позиционным проектом (**POS**-проектом).



- Окно **Управление** можно произвольно перемещать по экрану.
- Вызвав страницу помощи **Функциональные клавиши**, Вы можете ознакомиться с назначением всех функциональных клавиш программы.

Советы & рекомендации

Для получения контекстной помощи (в диалогах по кнопке **Помощь** или по клавише **F1**), рекомендуется использовать офлайн-справку. Для этого в системном меню **СтаДиКон**, в рубрике **Инфо** необходимо вызвать диалог **Настройка** и активировать в нем соответствующую опцию.



4.2 Создание прямоугольного растра

Как правило, при вводе позиций и нагрузок, в **СтаДиКон** используются классическое вспомогательное средство - **растр**. Кроме того, в качестве **подложки**, могут быть также использованы слои из файлов **dwg/dxf**.

При создании растра, можно использовать помощь к **СтаДиКон**. Ниже приведено краткое описание этой функции.

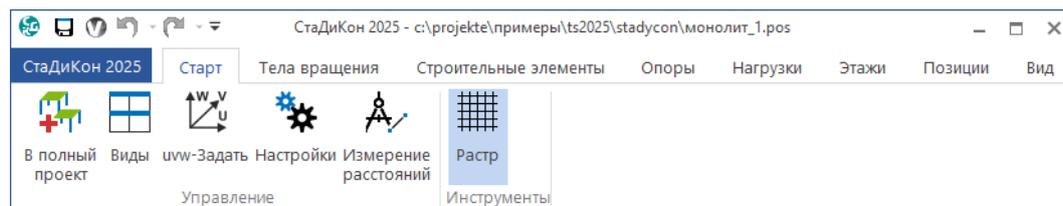
Растр

В проектах зданий строительные элементы часто размещаются с помощью растра (сетки осей), узлы которого используются как точки улавливания для конструктивных элементов (например, колонн).

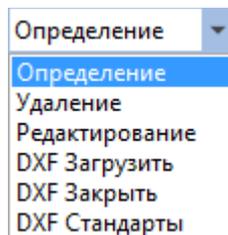
Для ввода сложных пространственных конструкций, прежде всего, многоэтажных зданий (или в терминах программы - **3D-позиций**), используются плоскости растров (так называемые опорные плоскости).

Шаг за шагом

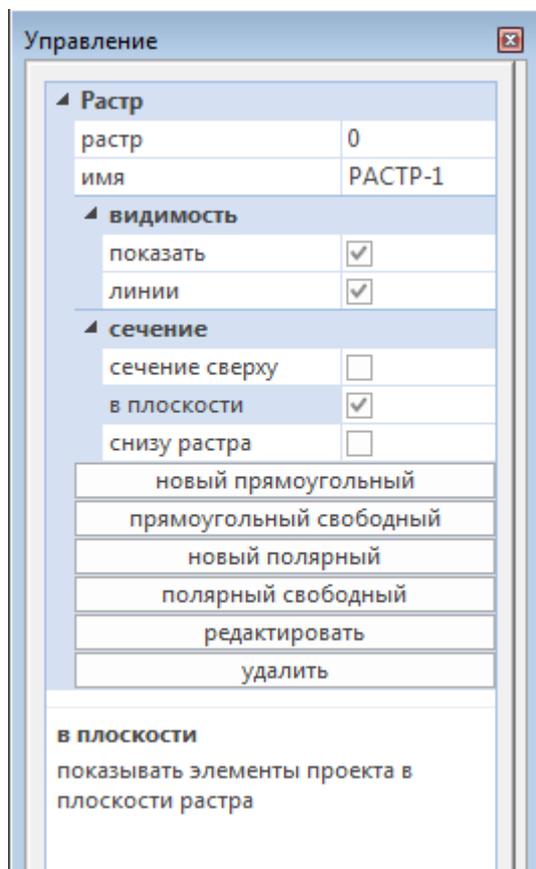
1. При активной вкладке **Старт**, нажмите на кнопку **Растр**.



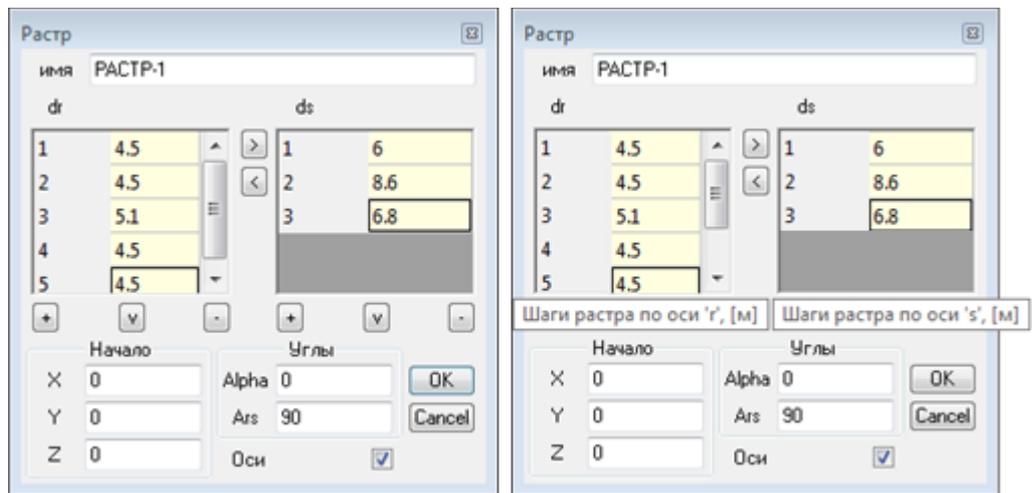
2. В выпадающем меню дополнительной панели инструментов выберите опцию **Определение**.



3. На экране появится диалог **Управление**:

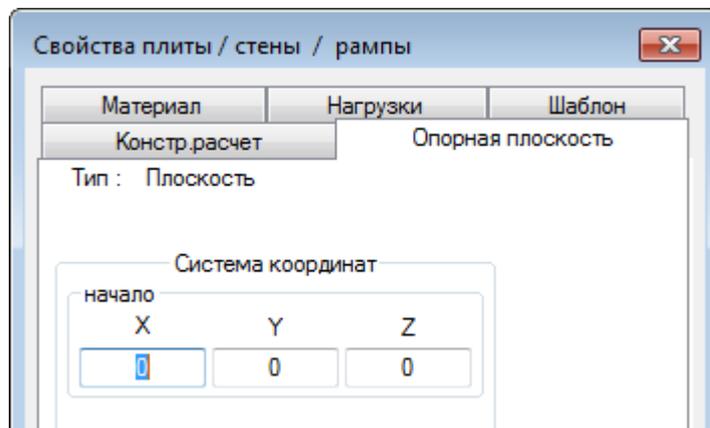


4. Выберите вариант **прямоугольный свободный** растр, который позволяет задать свободный ортогональный растр с переменным шагом сетки.
5. Область диалога **видимость** содержит опцию **показать**, с помощью которой можно включать и отключать изображение текущего растра. Опция **линии** этой же области позволяет изменять способ изображения растра на экране (в виде пунктирных линий, если опция активна, точками пересечения воображаемых линий, если опция не выбрана).
6. Активируйте опцию **в плоскости**, чтобы изображались только те элементы проекта, которые пересекаются плоскостью растра.
7. После выбора типа растра, нужно задать три точки для определения плоскости растра. Первая точка - это начало координат растра, вторая - направление **r**-оси растра, третья точка завершает ввод **r-s**-плоскости, в которой будет располагаться растр.
8. В появившемся диалоге задайте необходимые значения. При наведении курсора на поле ввода, появляется всплывающая подсказка.



Советы & рекомендации

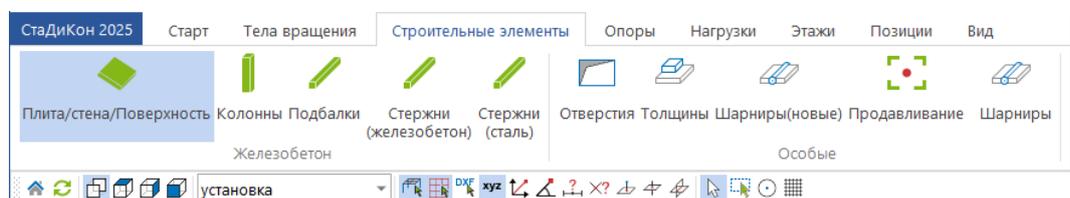
- При активной вкладке **Строительные элементы** можно выбрать тип элемента, активировать на дополнительной панели инструментов функцию **изменить свойства** и указать на чертеже уже установленный строительный элемент. На странице **Опорная плоскость** появляющегося диалога свойств можно поменять начало координат опорной плоскости относительно глобальной системы координат.



4.3 Ввод позиций

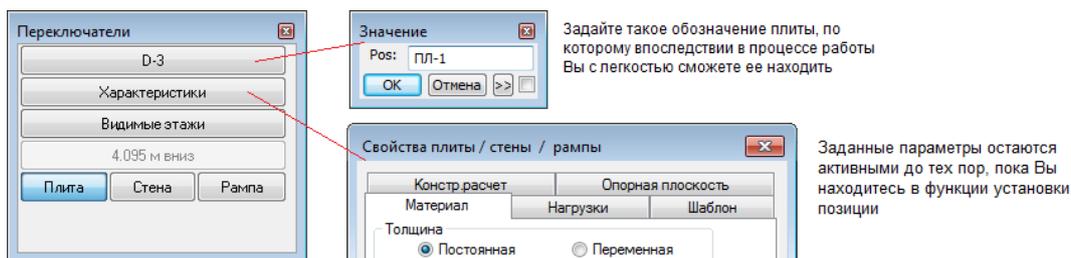
При вводе строительных конструкций методом позиций, пользователь отображает как геометрию конструкции, так и действующие на нее нагрузки.

4.3.1 Ввод плиты

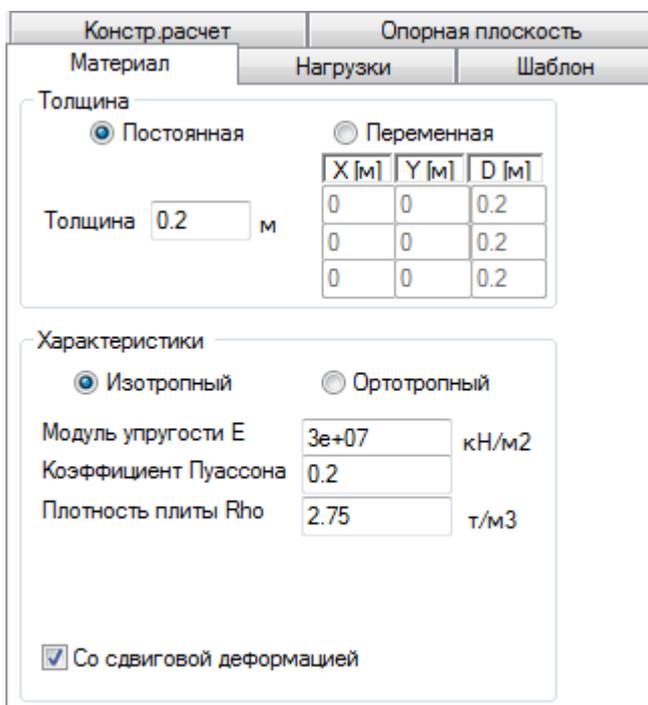


1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **установка** в выпадающем меню.
2. На экране появится диалог **Переключатели**. Нажмите на кнопку **Плита**.

Шаг за шагом



3. Введите **Обозначение** для плиты.
4. Задайте данные на страницах диалога свойств: информацию о материале, нагрузках и параметрах генерации конечно-элементной сетки для вводимой позиции.
5. Закладка **Материал**. Здесь задаются жесткостные характеристики плиты и расчетное значение плотности.



6. Закладка **Нагрузки**. Собственный вес плиты **СтаДиКон** автоматически определяет из толщины и плотности и присваивает его нагружению **№ 1** (можно задать значение плотности равным нулю, в этом случае, собственный вес элемента не учитывается). С помощью ввода значения в поле **Постоянная**, можно учесть дополнительный вклад в собственный вес (например, добавить вес покрытия пола или штукатурки). Эти нагрузки также будут добавлены в нагружение **№ 1**. Для удобства, все равномерно распределенные нагрузки, действующие на перекрытия и кровлю и отнесенные в **Таблице 1** к нагружению **№3** (вес полов и перегородок и вес конструкции кровли), зададим в свойствах позиций плит как **Постоянные нагрузки**.

После генерации расчетной схемы, т.е. в **FEA**-проекте скопируем эти нагрузки в нагружение №3, так как у этих нагрузок другое значение коэффициента надежности по нагрузке. В нагружении №1 эти нагрузки, соответственно, удалим.

Временная (полезная) нагрузка может относиться к разным нагружениям. В свойствах позиций плит можно задать значения равномерно распределенной нагрузки, действующей по всей области плиты. Эта нагрузка, при генерации расчетной схемы (**FEA**-проекта), автоматически будет отнесена к нагружению №2. Поэтому для удобства будем задавать временные нагрузки на фундаментную плиту, на перекрытие подвала, на балконах, на перекрытия жилых этажей на общих коридорах и лестницах, на перекрытия жилых этажей в квартирах и на кровле в свойствах позиций плит. Для этого, при создании жилых этажей, плиту перекрытия представим в виде нескольких позиций плит – для общих коридоров и лестниц и для квартир. При этом учтем в **FEA**-проекте, что нагрузки на перекрытия жилых этажей в квартирах должны быть отнесены к нагружению №4.

Так как в программе положительные нагрузки действуют всегда вдоль положительных осей координат, то для постоянной и временной нагрузки нужно задавать отрицательные значения.

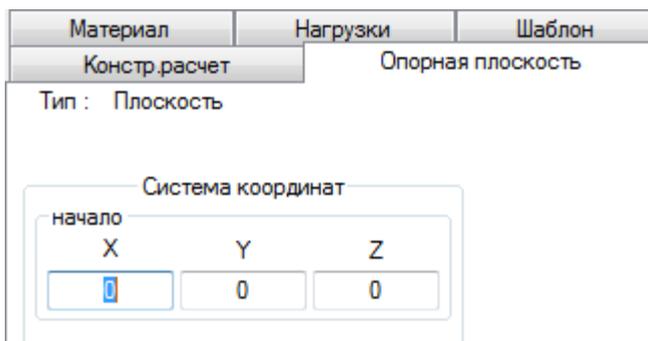
Констр.расчет		Опорная плоскость	
Материал	Нагрузки	Шаблон	
Нагрузки			
Постоянная	<input type="text" value="-3"/>	кН/м ²	
Временная	<input type="text" value="-2.4"/>	кН/м ²	

7. Закладка **Шаблон**. Вводятся параметры для генератора конечно-элементной сетки по методу шаблона в локальной системе координат позиции, плоскость **ROS** соответствует плоскости **XY** (**2D**-позиции) или опорной плоскости (**3D**-позиции), а ось **OT** параллельна оси **OZ** (**2D**-позиции) или перпендикулярна опорной плоскости (**3D**-позиции). Задается шаг сетки по каждому направлению и угол поворота шаблона.

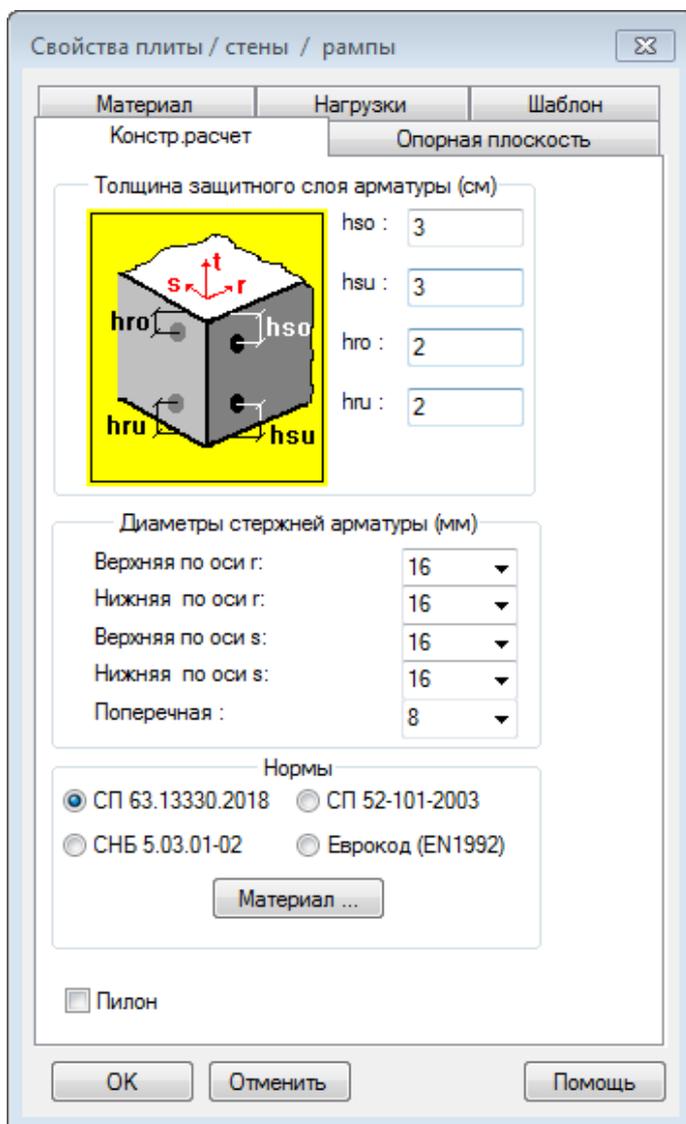
Констр.расчет		Опорная плоскость	
Материал	Нагрузки	Шаблон	
Координата X начала	<input type="text" value="0"/>	м	
Координата Y начала	<input type="text" value="0"/>	м	
Шаг в направлении оси OR	<input type="text" value="0.5"/>	м	
Шаг в направлении оси OS	<input type="text" value="0.5"/>	м	
Угол поворота отню оси OR	<input type="text" value="0"/>	°	

8. Закладка **Опорная плоскость (3D-позиции)**. При вводе элементов **3D**-позиций существует понятие активной опорной плоскости. При наличии активного растра – это плоскость активного растра, при его отсутствии – это плоскость **XOY**, расположенная на уровне активного этажа.

Корректируя начало координат активной опорной плоскости по оси **OZ**, можно сместить плиту перекрытий или стену относительно уровня актуального этажа. Первоначально координата **Z** начала координат активной опорной плоскости соответствует уровню актуального этажа.



9. Зкладка **Конструктивный расчет**. Здесь Вы можете указать исходные данные для конструктивного расчета элементов железобетонных конструкций: толщину защитных слоев, диаметры стержней арматуры, а также выбрать нормы, по которым будет проводится расчет.



По кнопке **Материал** вызывается диалог, позволяющий задать параметры бетона и арматуры.

Диалог "Параметры материала для СП 63.13330.2018" с настройками для бетона и арматуры.

Параметр	Значение
Класс Бетон	В 25 (тяжелый)
Класс Арматура Продольная	A400
Класс Арматура Поперечная	A240
Кoeffициент условий работы Gb	1
Кoeffициент условий работы Gs	1
Влажность	40 - 75 %
Расчет по прочности по предельным усилиям	<input type="checkbox"/>
Расчет на трещиностойкость	<input checked="" type="radio"/> Из условия обеспечения сохранности арматуры <input type="radio"/> Из условия ограничения проницаемости конструкции
Учет сеймики (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	<input checked="" type="checkbox"/>
Для полного значения нагрузки	0.4
Для длительного значения нагрузки	0.3

С помощью выпадающих списков **Класс**, **Продольная** и **Поперечная** можно выбрать необходимый класс бетона и марку стали для продольной и поперечной арматуры.

Скриншот выпадающих списков для выбора параметров материала.

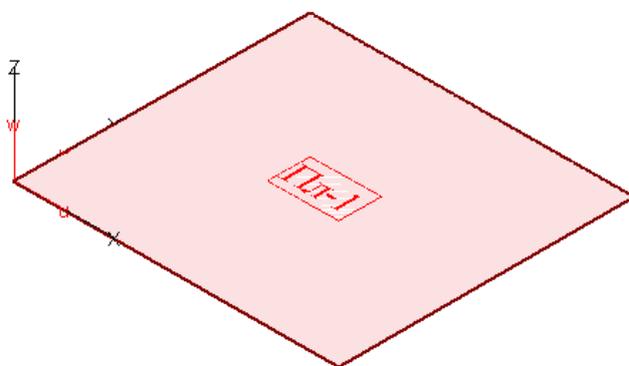
Бетон	Арматура
Класс: В 25 (тяжелый)	Продольная: A500
В 10 (тяжелый)	A240
В 12,5 (тяжелый)	A400
В 15 (тяжелый)	A500
В 20 (тяжелый)	A600
В 25 (тяжелый)	A800
В 30 (тяжелый)	A1000
В 35 (тяжелый)	B500
В 40 (тяжелый)	Bp500
В 45 (тяжелый)	A500С марки
В 50 (тяжелый)	A600С марки
В 55 (тяжелый)	A500С марки
В 60 (тяжелый)	B500С марки
В 70 (тяжелый)	
В 80 (тяжелый)	
В 90 (тяжелый)	
В 100 (тяжелый)	

Все исходные данные по конструктивному расчету впоследствии можно откорректировать при назначении конструктивных элементов в конечно-элементной расчетной схеме. Подтвердите введенные данные нажатием на кнопку **ОК**.

10. Кнопка **Видимые этажи** диалога **Переключатели** позволяет, при вводе **3D**-позиций, автоматически скопировать все последующие вводимые позиции на все видимые этажи.

Примечание: По умолчанию, кнопка **Видимые этажи** активна.

11. Переключатель "... м вниз" используется только при вводе стен, с его помощью можно изменить высоту стены.
12. Убедитесь, что активна функция **Строительные элементы > Плита/Стена/Поверхность > установка**, установите курсор в первую точку контура позиции и щелкните левой клавишей мыши. Возле курсора появится метка в виде квадрата. Это та точка, в которой будет размещена точка плиты.
13. **Задание позиции по точкам.** Плита может задаваться замкнутой ломаной линией с помощью мыши в рабочем окне, или вводом координат вершин плиты в окне редактора ввода. Координаты задаются в плоскости **XOY** глобальной системы координат. Конец ввода области позиции задаётся повторным выбором первой точки плиты с помощью левой клавиши мыши.
14. **Задание позиции Вох'ом.** Плита задается в виде прямоугольной области. При наличии активного растра, стороны **ВОХ'**а ориентируются по осям **r**- и **s**- этого растра.
15. В рабочем окне отобразится построенная Вами плита.



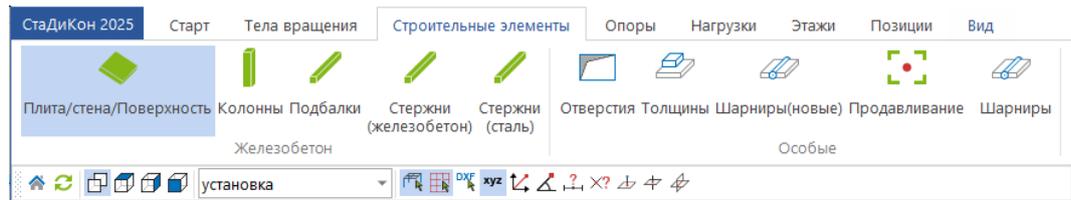
16. Завершите ввод плиты нажатием на кнопку **Домой**



- Размеры плиты задаются по фактическим архитектурным размерам, поэтому границы плиты выступают за границы растра, обозначающего координационные оси, на величину наиболее выступающего элемента (в рассматриваемом примере это радиус колонны).

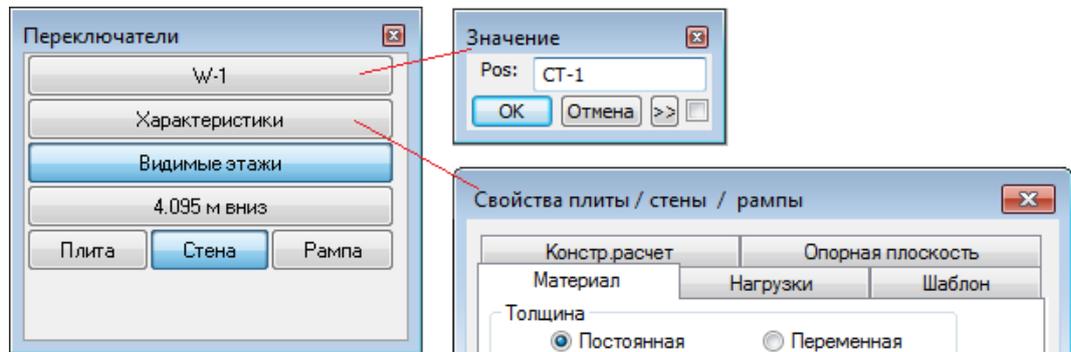
Советы & рекомендации

4.3.2 Ввод стен

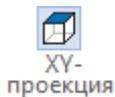


Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **установка** в выпадающем меню.
2. На экране появится диалог **Переключатели**. Нажмите на кнопку **Стена**.



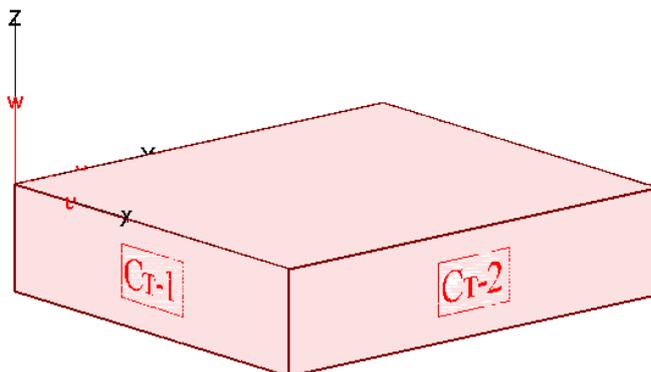
3. Задайте **Обозначение** стены.
4. Введите данные на страницах диалога **Материал**, **Нагрузки** и **Констр.расчет** (см. раздел 4.3.1).
5. В нашем примере, при создании **POS**-проекта, высота этажа была задана равной **4.095 м**. Кнопка **4.095 м вниз** диалога **Переключатели** позволяет изменить высоту стены.



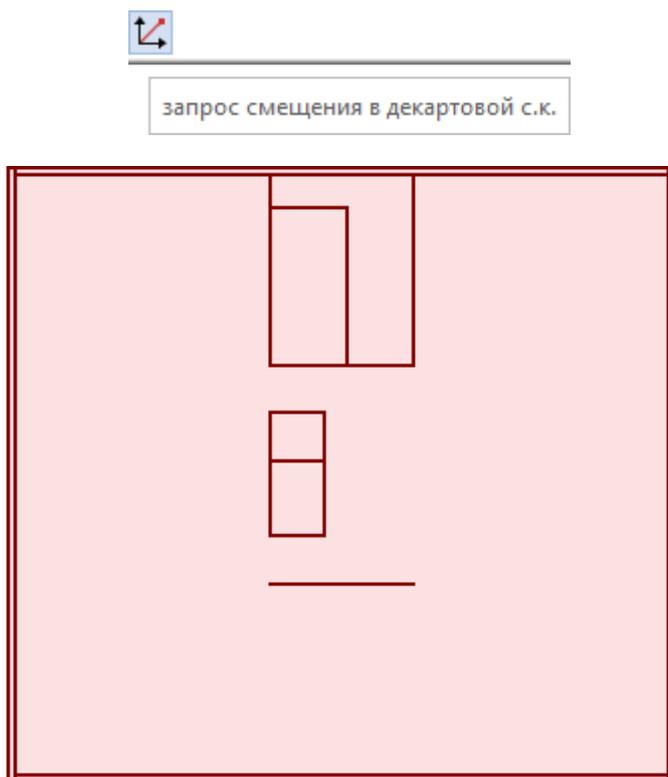
6. Устанавливать стены можно как на *виде в плане (XY-проекция)*, так и в **3D**-виде.

7. При активной функции **улавливать геометрию** , используя геометрию плиты, установите стены. Конец ввода стены задаётся повторным выбором конечной точки стены с помощью левой клавиши мыши.

8. Завершите ввод стен нажатием на кнопку **Домой**.



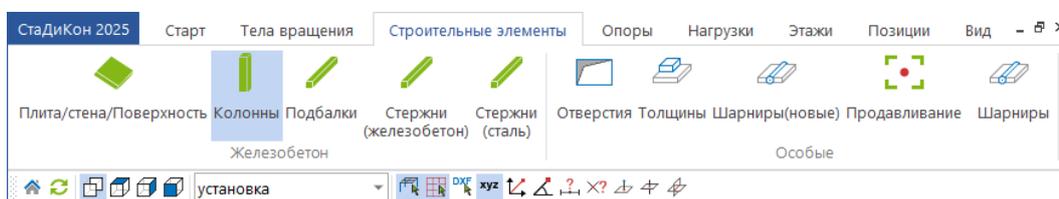
9. Для остальных стен этажа, повторите процедуру ввода позиций, согласно пунктам, описанным выше. При этом можно использовать функцию **запрос смещения в декартовой с.к.**



- Продолжение срединных плоскостей стен до наружных граней примыкающих стен осуществляется с целью корректной обработки зоны сопряжения стен и плит.

Советы & рекомендации

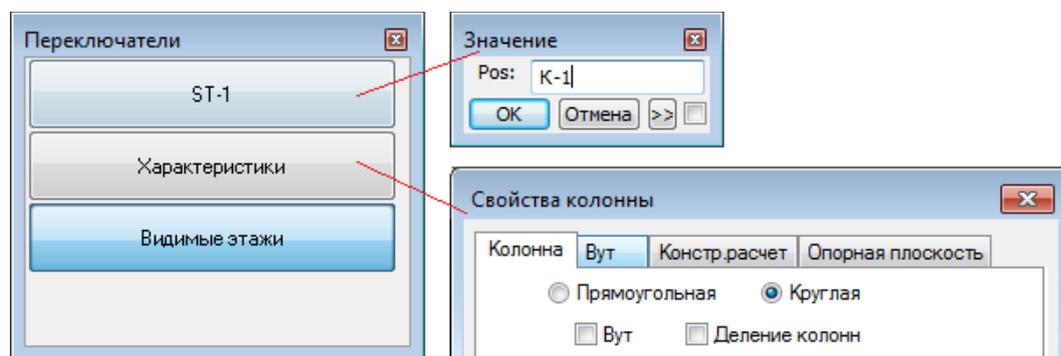
4.3.3 Ввод колонн



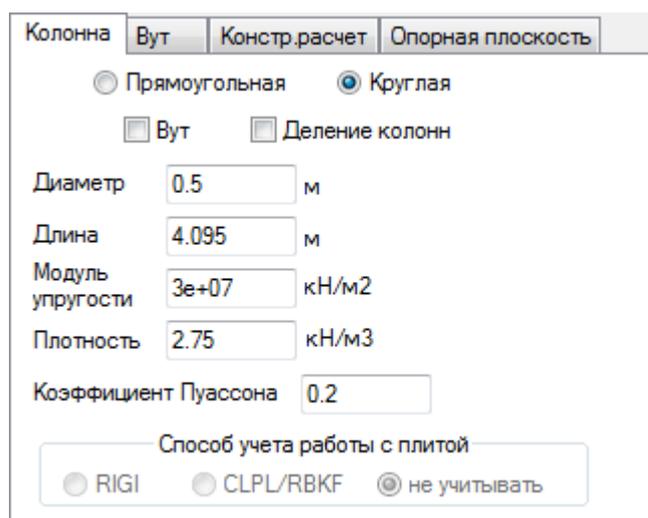
1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Колонны** и опцию **установка** в выпадающем меню.
2. На экране появится диалог **Переключатели**.
3. Кнопка **Видимые этажи** диалога **Переключатели** позволяет, при вводе **3D-позиций**, автоматически скопировать все последующие вводимые позиции на все видимые этажи.

Шаг за шагом

Примечание: По умолчанию, кнопка **Видимые этажи** активна.



4. Задайте **Обозначение** колонны.
5. Введите данные на странице диалога **Колонна**.



Диалог позволяет создавать **круглые** и **прямоугольные** колонны. В зависимости от выбранного типа сечения, запрашиваются те или иные геометрические характеристики.

Деление колонн. При задании этого параметра, при генерации конечно-элементной сетки, область вокруг колонн будет разбита на конечные элементы, в противном случае, - колонна рассматривается как отдельный конечно-элементный узел.

Способ учета работы с плитой. Данные опции доступны только для колонн, для которых задана опция **Деление колонн**. При генерации сетки для таких колонн можно задать разные способы учета совместной работы плиты и колонны:

RIGI - при генерации сетки, автоматически генерируются кинематические гипотезы (узлы, расположенные в области колонны, перемещаются как абсолютно твердые тела);

CLPL/RBKF - при генерации сетки, в области колонн автоматически генерируются группы CLPL (пространственный случай) или RBKF (плоский случай);

не учитывать - совместная работа плиты и колонны не учитывается.

6. Колонны всегда располагаются перпендикулярно плоскостям, параллельным плоскости **XOY**.

7. Используя страницу диалога **Констр.расчет**, введите исходные данные для конструктивного расчета.

Колонна Вут Констр.расчет Опорная плоскость

Толщина защитного слоя арматуры (см)

hн : 3
hв : 3
hб : 3

Сечение:
ширина = 0.3 м
высота = 0.4 м

hн : 3
hв : 3
hб : 3

Сечение:
ширина = 0.3 м
высота = 0.4 м

Армирование

сосредоточенное распределенное

Схема: независимая

Нормы

СП 63.1330.2018 СП 52-101-2003
 СНБ 5.03.01-02 Еврокод (EN1992)

Материал ...

В случае прямоугольного сечения колонны, Вам будет предложено две схемы армирования: когда арматура располагается в виде отдельных стержней (сосредоточенная) или в виде слоев (распределенная). При этом на значения площадей арматуры может быть наложено одно из предлагаемых ограничений:

$$As1 = As2 = As3 = As4$$

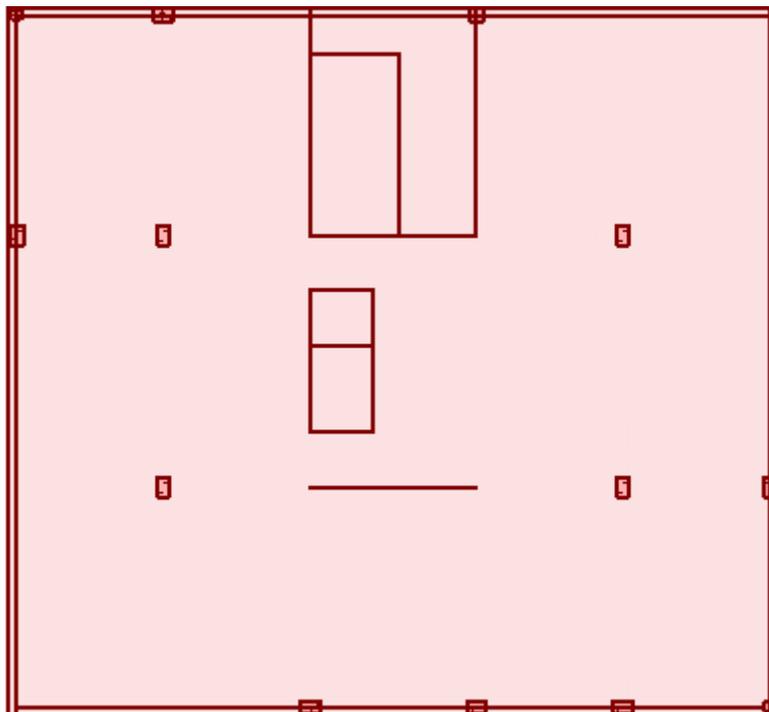
$$As1 = As3, As2 = As4$$

8. По кнопке **Материал** вызывается диалог, позволяющий задать параметры бетона и арматуры.

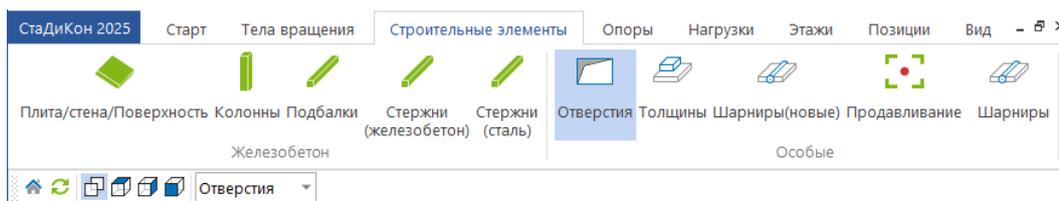
Параметры материала для СП 63.13330.2018

Бетон	Арматура	<input type="button" value="OK"/>
Класс: В 25 (тяжелый)	Продольная: A400	<input type="button" value="Отменить"/>
Кoeffициент условий работы Gb (без учета Gb1): 1	Поперечная: A240	<input type="button" value="Помощь"/>
Кoeffициент условий работы Gs: 1	Кoeffициент условий работы Gs: 1	
Расчет по прочности по предельным усилиям <input type="checkbox"/>	Расчет на трещиностойкость	
Влажность: 40 - 75 %	<input checked="" type="radio"/> Из условия обеспечения сохранности арматуры	
	<input type="radio"/> Из условия ограничения проницаемости конструкции	
Учет сеймики (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
<input checked="" type="checkbox"/> Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную		
Для полного значения нагрузки		0.4
Для длительного значения нагрузки		0.3

- Установите колонны согласно архитектурному плану. Прямоугольные колонны задаются аналогично круглым. Размеры сечения установите в соответствии с планом.
- Устанавливаем колонны по заданию.



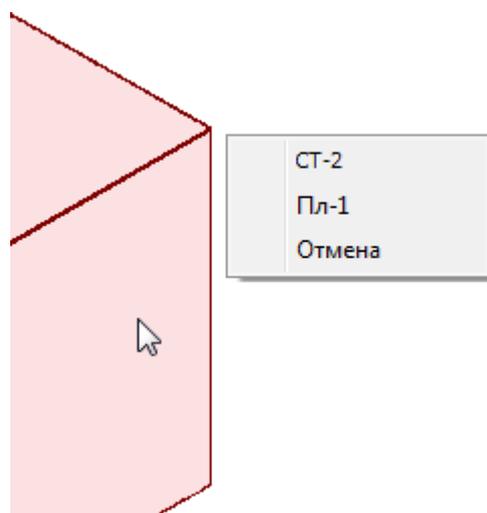
4.3.4 Ввод отверстий



Используя отверстия, можно моделировать проёмы внутри плиты, стены, рампы или балки-стенки. При генерации конечно-элементной сетки, конечные элементы в области отверстий не генерируются.

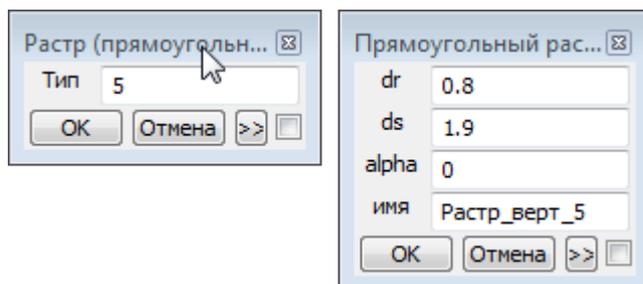
При активной вкладке **Строительные элементы** выберите кнопку **Отверстия** и одноименную опцию в выпадающем меню.

Для выбора рабочей плоскости, установите курсор вблизи нужной стены и используйте комбинацию клавиш **Shift + F4**. На экране появится список наименований позиций, расположенных в окрестности положения курсора.

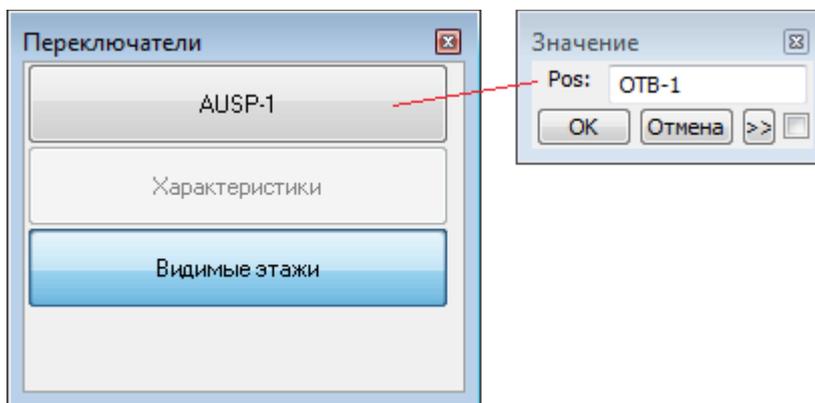


1. В нашем примере мы выбираем стену **СТ-2**.
2. В появляющихся диалогах определите вертикальный растр.

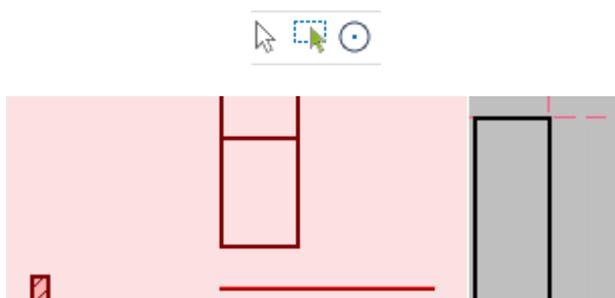
Шаг за шагом



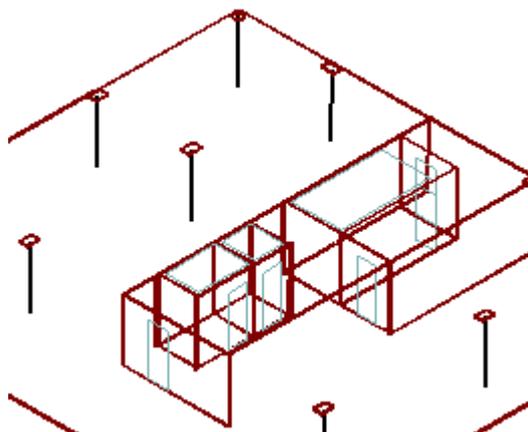
3. Из выпадающем меню дополнительной панели инструментов выберите функцию **установка** и активируйте функцию **улавливать растр**.
4. На экране появится диалог **Переключатели**.



5. Задайте **Обозначение** отверстия.
6. Выберите способ установки отверстия и установите его.

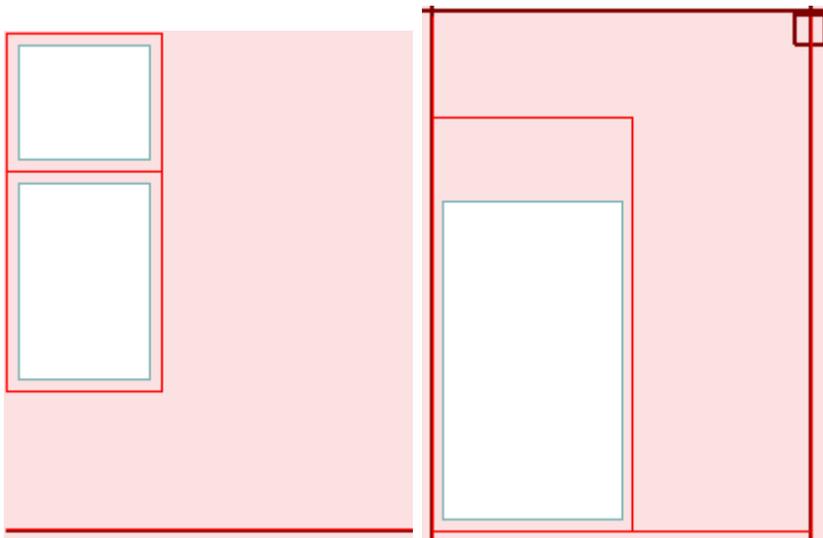


7. Аналогичным образом постройте проемы в остальных стенах и в плите.



Советы & рекомендации

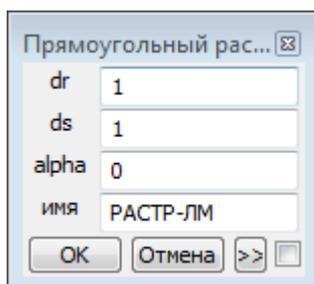
- Обратите внимание на то, что проемы в перекрытии строятся по граням стен, с целью отражения действительной работы конструкции в месте примыкания плита – стена.



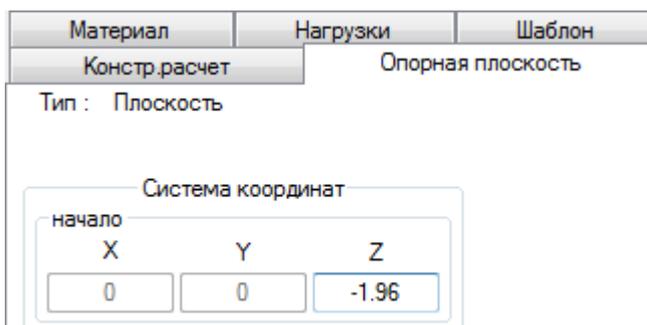
4.3.5 Ввод лестничных маршей

1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **установка** в выпадающем меню.
2. Установите рабочую плоскость на перекрытие подвала, указав его курсором и нажав на клавишу **F4**.
3. В появляющихся диалогах определите растр.

Шаг за шагом



4. На странице **Опорная плоскость** диалога **Свойства плиты/стены/рампы** укажите положение плоскости лестничной площадки относительно плоскости перекрытия подвала ($Z = -1.96$).

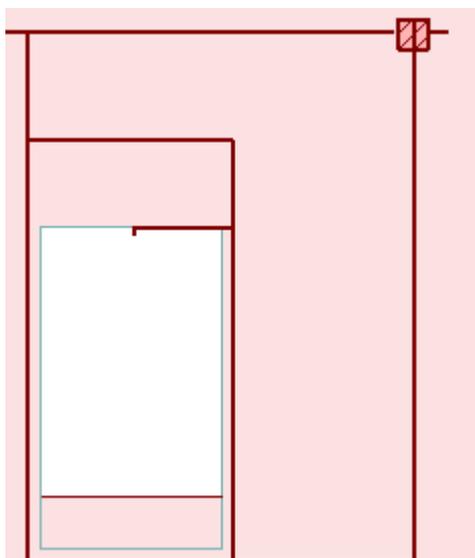


5. Перейдите во вкладку **Нагрузка** и укажите необходимые значения.

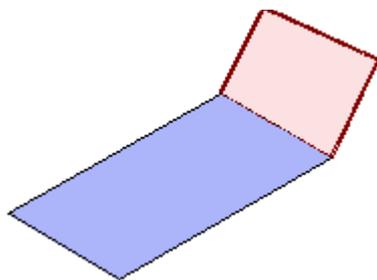
Констр.расчет	Опорная плоскость	
Материал	Нагрузки	Шаблон
Нагрузки		
Постоянная	<input type="text" value="0"/>	кН/м2
Временная	<input type="text" value="-2.4"/>	кН/м2

Постоянная нагрузка автоматически добавляется в **нагружение № 1**, а **временная** (полезная) - в **нагружение № 2**.

- Установите для модели *вид сверху* **XY-проекция**.
- Выберите необходимый вариант установки  , активируйте функцию **улавливать растр**  и постройте плиту размером 1м x 3м в месте расположения лестничной площадки. Ввод завершите нажатием на кнопку **Домой**.

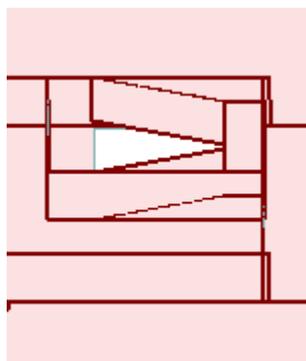


- При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **установка** в выпадающем меню.
- В появившемся диалоге **Переключатели** нажмите на кнопку **Рампа** и в диалоге **Свойства плиты/стены/рампы** задайте все необходимые значения.
- Активируйте функцию **улавливать геометрию** .
- Постройте плоскость лестничного марша, используя привязку к уже имеющимся узловым точкам позиций.
- Для завершения построения полигона, укажите первую точку. Завершите ввод, нажав на кнопку **Домой**.



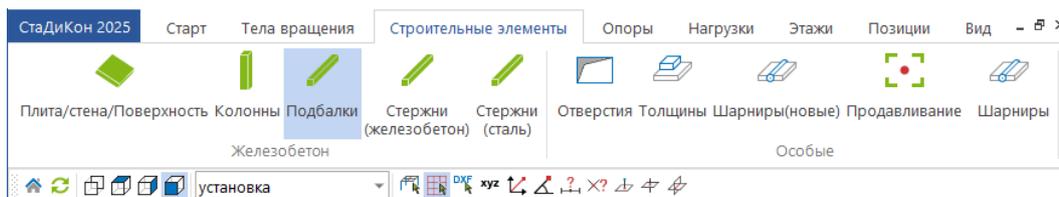
13. Аналогичным образом постройте второй лестничный марш.

На рисунке приведен *вид снизу*:



14. После завершения ввода, вернитесь на рабочую плоскость плиты перекрытия подвала (используя клавишу **F4**).

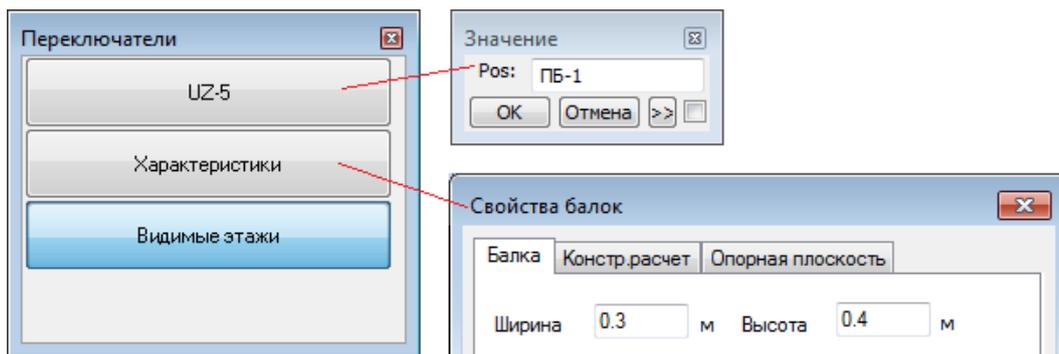
4.3.6 Ввод ребер жесткости плиты (подбалок)



1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Подбалки** и опцию **установка** в выпадающем меню.

Шаг за шагом

2. На экране появится диалог **Переключатели**.



3. Задайте **Обозначение** подбалки.

4. Введите данные на страницах диалога **Балка** и **Констр.расчет**.

Свойства балок

Балка | Констр.расчет | Опорная плоскость

Ширина м Высота м

Эксцентриситет

Подбалка
 Надбалка
 Вручную

Материал

E - Модуль кН/м²
Рho т/м³
Т - Фактор
G - Модуль кН/м²

Балка с переменными размерами по длине

OK Отменить Помощь

5. Последовательно установите подбалки так, чтобы ось балки была доведена до оси (срединной плоскости) стены.

Примечание. В рабочем окне на чертеже отображается срединная плоскость стены.



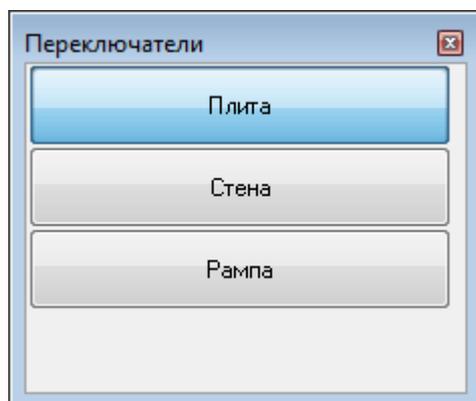
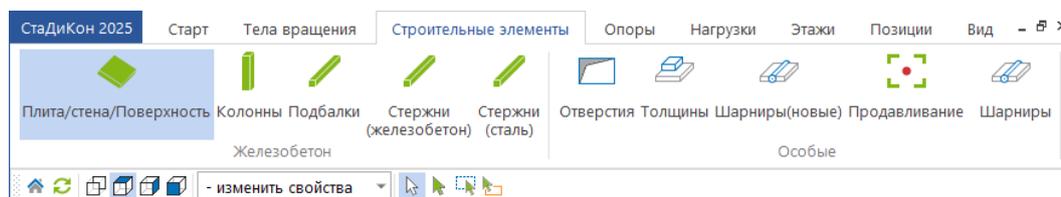
6. Завершите ввод подбалок нажатием на кнопку **Домой**.

4.4 Изменение свойств позиций

При необходимости, можно изменить свойства уже установленной позиции, например, толщину плиты или ширину колонны.

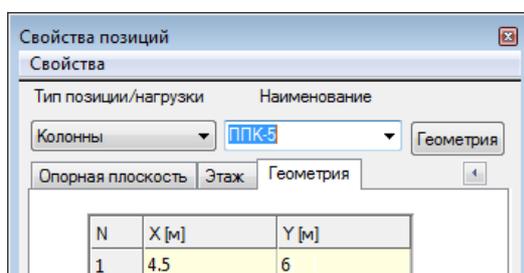
Вы можете одновременно изменить свойства нескольких позиций одного типа, например, плит.

Для этого выберите тип позиций **Плита/Стена/Поверхность**, активируйте функцию **изменить свойства** и в появившемся диалоге **Переключатели** укажите **Плита**. Для редактирования нескольких плит, нажмите на кнопку **выбор группы объектов** на дополнительной панели инструментов.

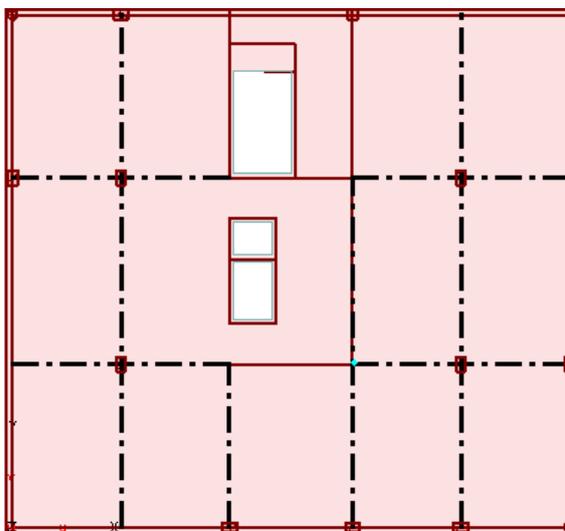
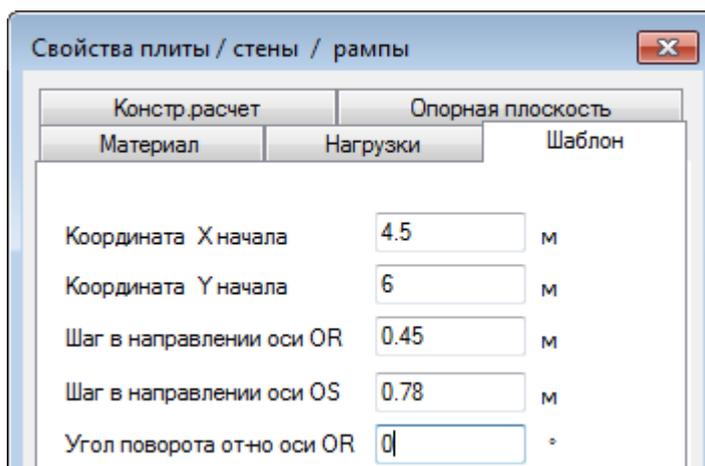


1. В нашем примере мы изменим параметры генерации конечно-элементной сетки для плиты перекрытия.
2. Перенесем начальную точку генерации сетки в точку, где расположена средняя колонна и изменим размеры ячейки конечно-элементной сетки.
3. Для определения координат средней колонны, при активной вкладке **Строительные элементы** щелкните правой клавишей мыши в пустом поле чертежа, и на экране появится диалог **Свойства позиций**. Выберите тип позиции **Колонны**, укажите название средней колонны и перейдите на страницу диалога **Геометрия**. В таблице отобразятся координаты колонны.

Шаг за шагом



4. На ленте меню выберите тип позиций **Плита/Стена/Поверхность**, активируйте функцию **изменить свойства** и в появившемся диалоге **Переключатели** укажите **Плита**.
5. Для редактирования отдельной плиты, нажмите на кнопку **выбор одного объекта**.
6. Щелчком левой клавишей мыши выберите на чертеже плиту перекрытия. Плита выделится цветом, и на экране появится диалог ее свойств.
7. На вкладке **Шаблон** можно задать новое положение начальной точки генерации сетки и размеры ячейки. Например, перенесем начальную точку генерации сетки (начало шаблона) в точку, где расположена ось средней колонны и изменим размеры ячейки конечно-элементной сетки.



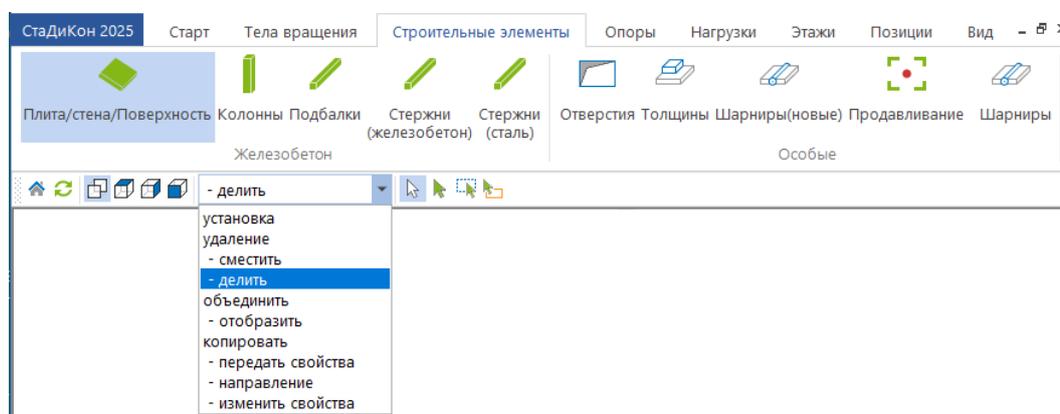
8. Для лестничных площадок установите размер ячейки 0,45x0,78 м, а для лестничных маршей – 0,45x0,5 м.

Советы & рекомендации

- Чтобы перейти к изменению свойств других позиций, выберите в окне свойств соответствующий тип позиций.

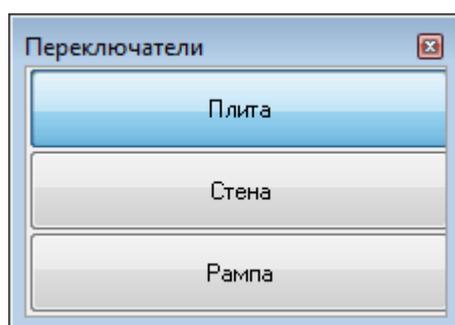
4.5 Изменение геометрии

При конструировании модели, впоследствии может потребоваться изменение геометрии или положения позиций (например: переместить/копировать или разделить/объединить позиции). Для этого Вы можете воспользоваться выпадающим меню на дополнительной панели инструментов после выбора необходимого элемента.

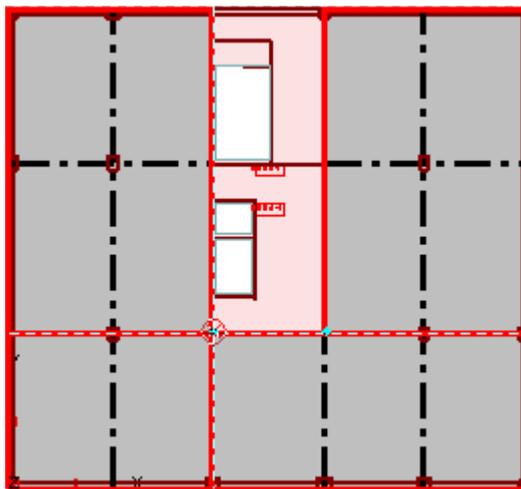


1. В нашем примере мы разделим плиту перекрытия подвала, с целью задания различных значений полезной нагрузки в служебных помещениях и в общих коридорах и лестницах. Из выпадающего меню дополнительной панели инструментов выберите функцию **делить** и укажите на чертеже плиту перекрытия.
2. Появляющийся диалог **Переключатели** позволяет определить тип позиции для деления (выбрать можно только один тип позиции).

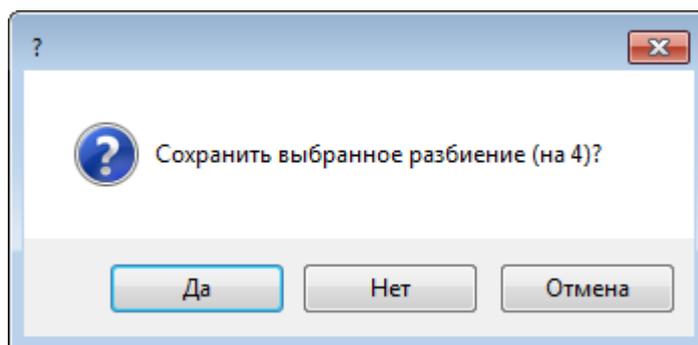
Шаг за шагом



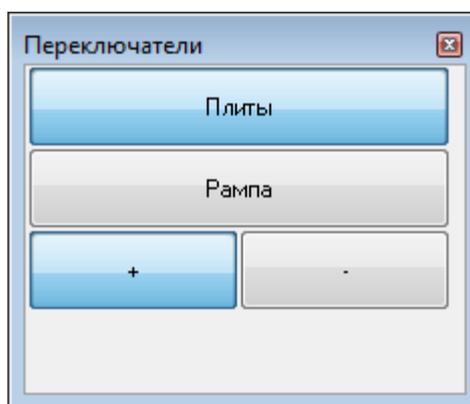
3. Выбранная для деления позиция подсвечивается.
4. При наличии активного растра, линии деления ориентированы параллельно **г**- или **с**-направлениям активного растра, при его отсутствии – параллельно оси **г**- или **с**- опорной плоскости, в которой задана позиция. В данном случае линии деления расположены в плоскости выбранной позиции и проходят через точку, определяемую курсором.
5. Укажите точку деления таким образом, чтобы вырезать участок плиты, отведенный под общие коридоры и лестничную клетку.



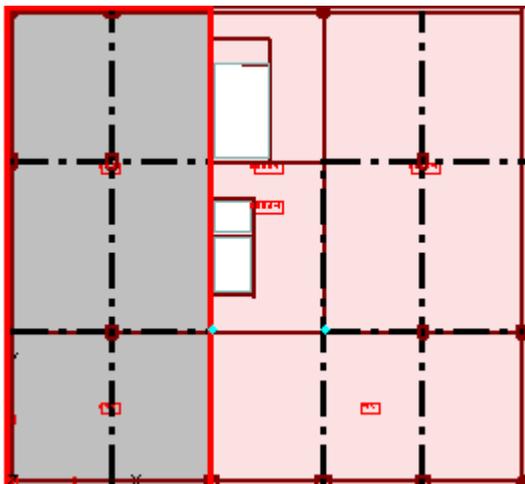
6. После задания линии деления, на экране появляется запрос на подтверждение:



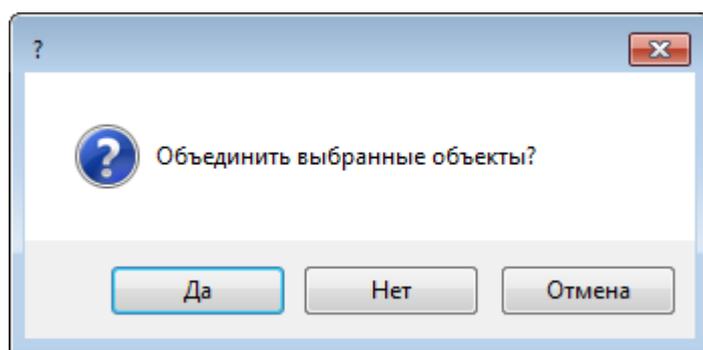
7. При утвердительном ответе пользователя, выбранная для деления позиция удаляется и заменяется новыми, полученными при делении, которые изображаются на экране. При этом новые позиции наследуют все свойства исходной позиции.
8. Из выпадающего списка дополнительной панели инструментов выберите функцию **объединить**.
9. На экране появится диалог **Переключатели**:



10. Выберите первый участок плитки. Он будет выделен.
11. Выберите второй участок для объединения аналогичным образом.



12. На экране появится запрос на подтверждение.



13. Пользователь может разрешить или запретить операцию объединения.

14. Новая позиция, полученная таким образом, наследует имя, а также все свойства материалов и нагрузок первой позиции.

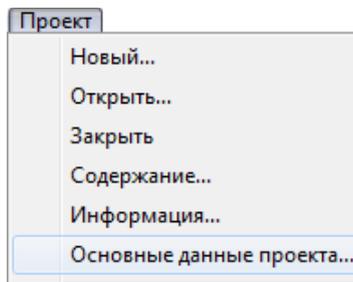
15. Аналогичным образом создайте второй участок плиты.

16. Завершите операцию объединения, нажав на кнопку **Домой**.

17. Если требуется, задайте поверхностную нагрузку способом, описанным в п. 4.6.2, указав номер нагружения для полезной нагрузки.

4.6 Задание нагрузок и нагружений

После того как задана несущая конструкция, можно приступить к явному определению нагрузок. Перед определением собственно нагрузок, можно уточнить параметры **Воздействий**, к которым будут относиться нагружения, применяемые в модели. Параметры воздействий для проекта задаются в диалоге **Основные данные проекта**. Открыть окно **Основных данных проекта** можно в **Менеджере проектов**, используя пункт меню **Проект > Основные данные проекта**.



В окне основных данных выберите вкладку **Коэффициенты**, раздел **Воздействия** и строку **СП 20.13330.2016**.

№	Тип	Обозначение	ToolTip	Длительность воздействия	Kd	Kda	Kn	Kna	Udfl
1	постоянное	ж/б	Собственный вес ж/б конструкций	постоянное	1	1	1.1	1.1	0
2	постоянное	-	Собственный вес металлических конструкций	постоянное	1	1	1.05	1.05	0
3	грунт	грунт	Грунты в природном залегании	постоянное	1	1	1.1	1.1	0
4	грунт	грунт1	Грунты насыщенные	постоянное	1	1	1.15	1.15	0
5	преднапряжение	Преднапряжение	Нагрузка от преднапряжения	постоянное	1	1	1.1	1.1	0
6	гидростатическое	Давление	Гидростатическое давление	постоянное	1	1	1	1	0
7	переменное	жилая	Равномерно распределенная нагрузка - жилые помещения	кратковременное	0.2	0.35	1.3	1.3	0
8	переменное	-	Вес временных перегородок	длительное	1	1	1.1	1.1	0
9	переменное	стационарное оборудование	Вес стационарного оборудования	длительное	1	1	1.05	1.05	1
10	переменное	складируемые материалы	Вес складываемых материалов и изделий	длительное	1	1	1.05	1.05	1
11	переменное	служебные	Равномерно распределенная нагрузка - служебные помещения	кратковременное	0.35	0.35	1.2	1.2	0
12	снег	Снег-5	Снеговая нагрузка 1 января меньше -5	кратковременное	0.5	0.5	1.43	1.4	0
13	снег	Снег	Снеговая нагрузка 1 января больше -5	кратковременное	0.5	0	1.43	1.4	0
14	ветер	Ветер	Ветровая нагрузка	кратковременное	0	0	1.4	1.4	0
15	температурное	Температура	Температурное воздействие	кратковременное	0.5	0.5	1.1	1.1	0
16	монтажное	Монтажное	Монтажные нагрузки	кратковременное	0.0	0.0	1.1	1.1	0
17	крановое	Кран	Крановые нагрузки (группа кранов 4К-6К)	кратковременное	0.5	0.5	1.2	1.2	0
18	особое	-	Особое воздействие	особое	0	0	1	1	0
19	сейсмичка	-	Сейсмическое воздействие	особое	0	0	1	1	0

В таблице приведены предустановленные воздействия. С помощью кнопки **Вставить строку** можно вставить свое воздействие. Стандартные воздействия не удаляются.

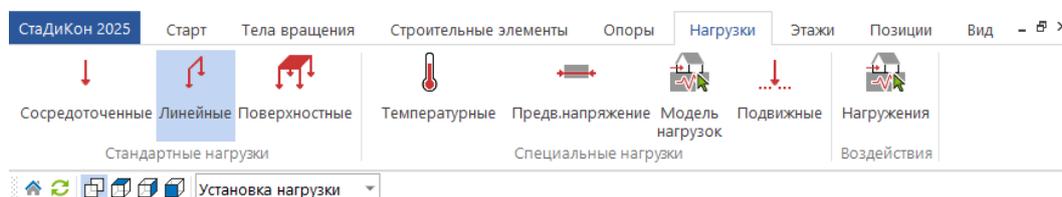
Советы & рекомендации

В данном окне также можно добавить новые виды бетона и арматуры в закладке **Материал**.

В модели различают нагрузки, заданные через **нагрузки плит, стен/рамп** и явным образом заданные **позиции нагрузок**. В **СтаДиКон**, наряду с обычными сосредоточенными, линейными, поверхностными и температурными нагрузками, нагрузками считаются нагрузки, возникающие в результате предварительного напряжения, а также деформационные нагрузки в форме перемещений по линии и перемещений в точке. Деформационные нагрузки в версии **СтаДиКон 2025** можно задать непосредственно в конечно-элементной расчетной схеме (**FEA-проекты**).

4.6.1 Ввод линейных нагрузок

На данной стадии готовности модели, в виде линейных равномерно распределенных нагрузок, задайте вес наружных стен. По мере ввода элементов модели, в виде линейных распределенных нагрузок, также задайте вес ограждений балконов и вес парапетов.

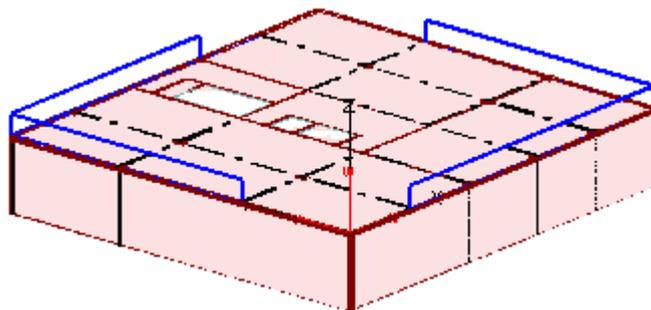


1. При активной вкладке **Нагрузки**, выберите кнопку **Линейные** и опцию **Установка нагрузки** в выпадающем меню. На экране появится диалог **Управление**.

Шаг за шагом

Параметры	
Обозначение	ЛН-1
Нагружение	(3) Новое нагружение 3
Новое нагружение	
Принадлежит этажу	План_Подвал
Направление нагрузки	Pz
начало	-12
конец	<input type="checkbox"/>
Система координат	Глобальная
Подгонка сетки	Нет
Зона распределения	
Площадь Нагрузки	<input type="checkbox"/>
Распределение нагрузки до линии[градусы]	<input type="checkbox"/>

2. Нажмите на кнопку **Новое нагружение** и укажите номер нагружения **3**, обозначение и направление нагрузки.
3. Задайте нагрузку в глобальной системе координат, так как направление ее распределения совпадает с направлением осей системы.
4. Линейная нагрузка на поверхностные строительные элементы внутри программы моделируется как равномерно распределенная поверхностная нагрузка при наличии площади распространения нагрузки.
Площадь распространения нагрузки можно определить через **Площадь нагрузки** и/или через **Распределение нагрузки до линии**.
При линейных нагрузках вводится ширина s перпендикулярно направлению r линейной нагрузки.
Распределение нагрузки по половине толщины нагрузки до линии системы происходит, при определенных обстоятельствах, с учетом площади нагрузки, - по заданному углу.
5. После задания всех параметров нагрузки, можно приступить к вводу.
6. Нагрузку необходимо задать на плиту в тех местах, где проектом предусмотрено наличие наружных самонесущих стен.
7. Допустим, что вес наружных стен воспринимается плитой перекрытия, а значит, равномерно распределенную нагрузку Вы зададите на плиту.
8. В рабочем окне укажите отрезки, на которых должна быть данная нагрузка.
9. Завершите ввод линейной нагрузки нажатием на кнопку **Домой**.

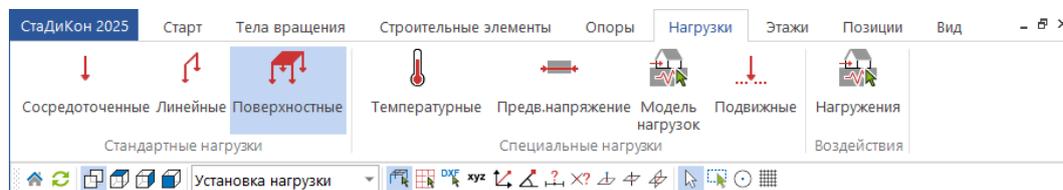


Советы & рекомендации

- ❑ Ввод нагрузок аналогичен вводу позиций стен.

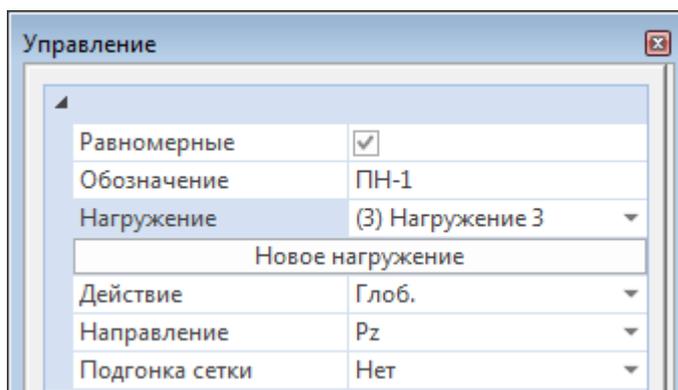
4.6.2 Ввод поверхностных нагрузок

В виде поверхностных нагрузок, на данном этапе создания модели, можно было бы задать нагрузку от веса полов и перегородок. Однако эту нагрузку мы уже задали ранее в свойствах позиции плиты перекрытия. Поэтому ниже просто описываем последовательность задания такой нагрузки. Напомним, что этой нагрузке соответствует нагружение № 3.



Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Нагрузки**, выберите кнопку **Поверхностные** и опцию **Установка нагрузки** в выпадающем меню. На экране появится диалог **Управление**.



2. Поверхностная нагрузка задается в виде плоского полигона, значения нагрузки задаются в **3-х** первых точках этого полигона. Если значения нагрузки совпадают во всех **3-х** точках, то имеем *равномерную поверхностную нагрузку*, в противном случае, имеем *трапецидальную (или неравномерную) поверхностную нагрузку*.
3. После задания всех параметров нагрузки, можно приступить к вводу.
4. Ввод параметров нагрузки аналогичен вводу параметров линейной нагрузки п.4.6.1.

- Обратите внимание на *опции ввода* на дополнительной панели инструментов, позволяющие заметно упростить задачу определения нагрузок.

4.7 Копирование этажа

Этажом считается перекрытие и расположенные ниже стены и опоры. При создании новых этажей, можно скопировать информацию из уже созданных этажей. Это заметно ускорит ввод данных, так как Вам не придется заново вводить параметры элементов и задавать их положение в пространстве.

Для создания 1-го этажа здания воспользуйтесь функцией копирования.

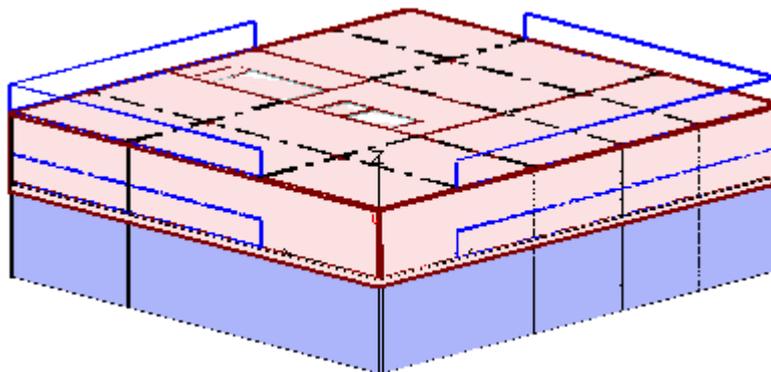
- При активной вкладке **Этажи**, выберите кнопку **Новый этаж** и на экране появится одноименный диалог.

Шаг за шагом



- Задайте в этом диалоге обозначение, высоту и уровень создаваемого этажа (высоту расположения срединной поверхности перекрытия этажа).
- В области диалога **Скопировать** выберите из уже имеющихся этажей этаж-источник (по наименованию). С помощью опций **Всё**, **Ничего** и **Выбор**, определите, какие элементы необходимо скопировать в создаваемый этаж.

- Используя опцию **Выбор**, скопируйте все созданные конструкции со всеми нагрузками, кроме подбалок (элемент **Балки**).
- Завершите копирование этажа нажатием на кнопку **Домой**.



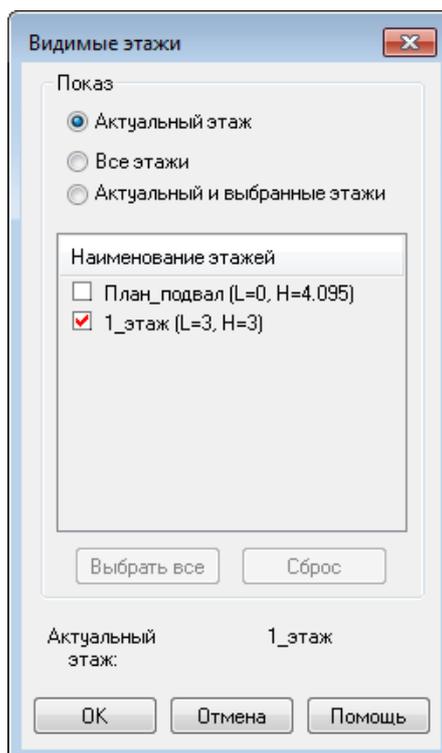
4.8 Редактирование этажа

4.8.1 Установка опций сгущения сетки и элементов жесткости для колонн

После операции копирования, необходимо внести изменения в геометрию некоторых элементов: дверных проемов, лестничных маршей, стен, а также добавить оконные проемы.

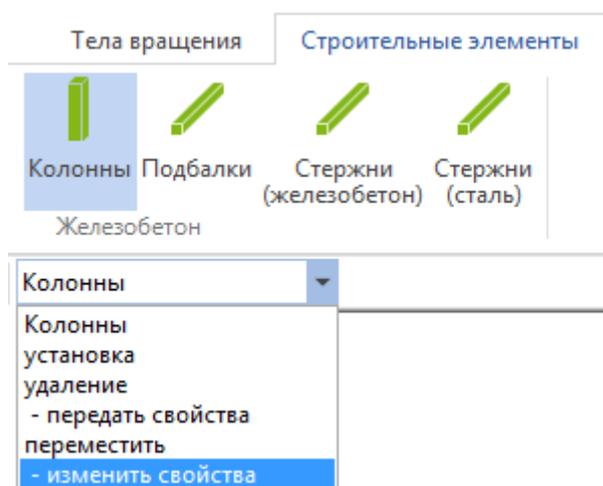
Шаг за шагом

- Для удобства выполнения операций, отключите видимость подвального этажа. Выберите кнопку **Этажи > Видимые этажи** и в появившемся диалоге уберите соответствующую 'галочку'.

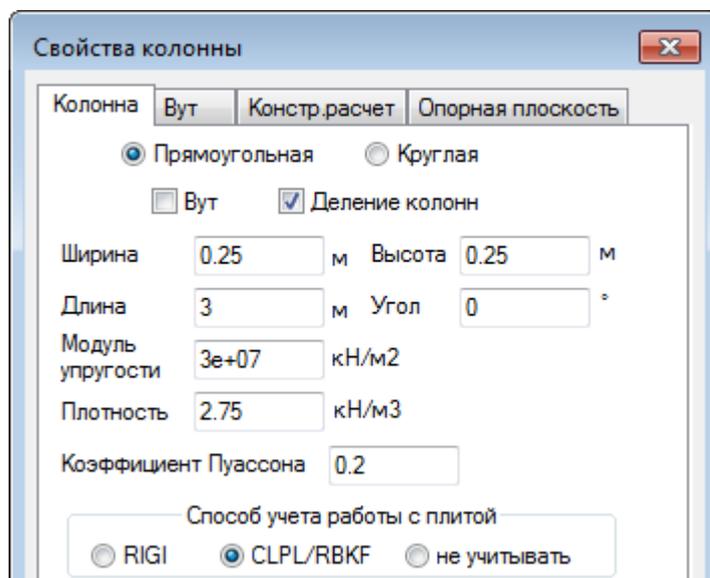


Так же, из списка **Показ**, Вы можете выбрать объем отображаемой информации. Подтвердите выбор, нажав на кнопку **ОК**.

2. Так как из копирования были исключены подбалки, то, для корректного моделирования связи плиты с колонной, необходимо установить дополнительные опции.
3. При активной вкладке **Строительные элементы** нажмите на кнопку **Колонны** и из выпадающего списка дополнительной панели инструментов выберите опцию **изменить свойства**.



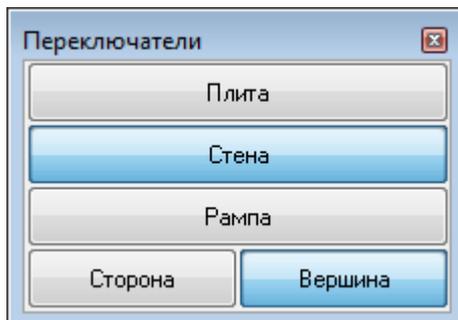
4. Используя функцию **выбор группы объектов** дополнительной панели инструментов, последовательно выделите все элементы **Колонны** актуального этажа, кроме установленных в пересечении стен.
5. В появляющихся диалогах **Свойства колонны**, на странице **Колонна**, указывайте опцию **Деление колонн** и способ учета работы колонны с плитой **CLPL/RBKF**.



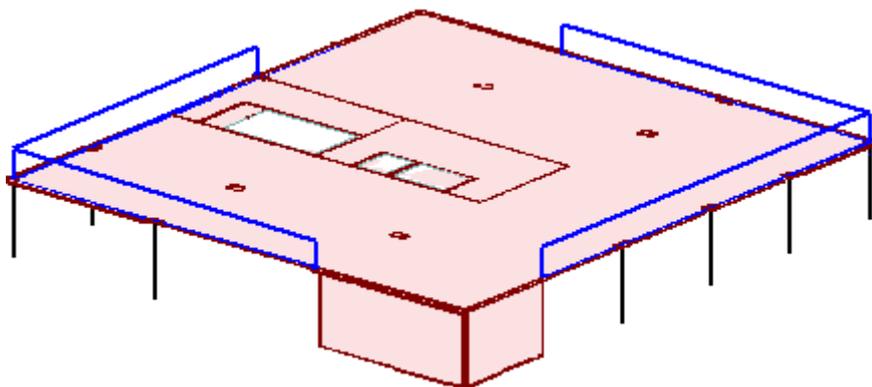
4.8.2 Изменение геометрии стен

Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **сместить** в выпадающем меню.
2. На экране появится диалог **Переключатели**.



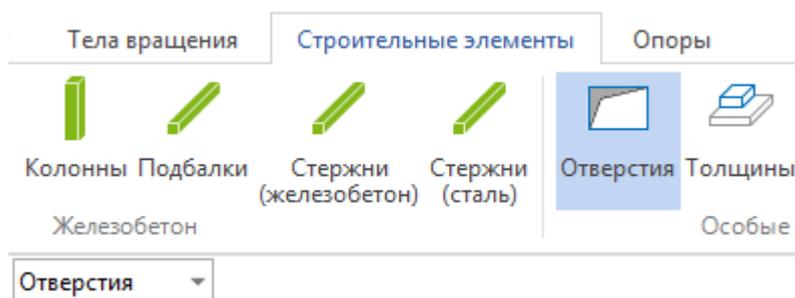
3. Нажмите на кнопки **Стена** и **Вершина**.
4. Выберите вершину стены, которую нужно сместить.
5. Для задания конечной точки перемещения стены, согласно архитектурному плану первого этажа, используйте функцию **запрос смещения в декартовой системе координат** дополнительной панели инструментов или линии растра.



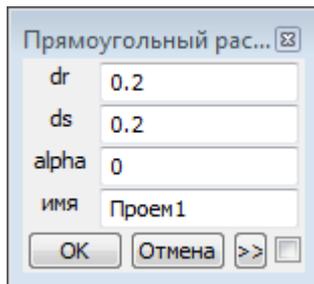
4.8.3 Перемещение дверных проемов

Шаг за шагом

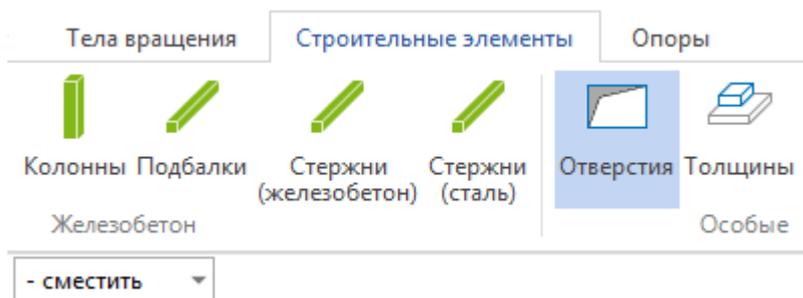
1. При активной вкладке **Строительные элементы** нажмите на кнопку **Отверстия** и из выпадающего списка дополнительной панели инструментов выберите опцию **Отверстия**.



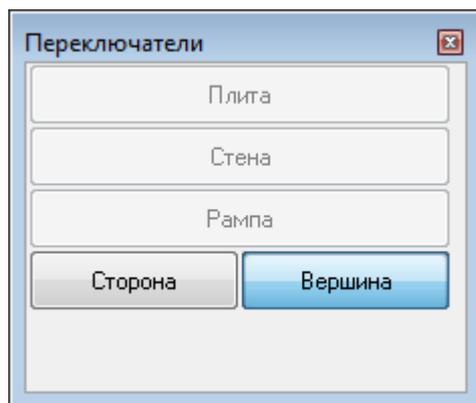
- Установите рабочую плоскость на одну из стен, в которой есть дверной проем.
- С помощью появляющихся диалогов определите прямоугольный растр.



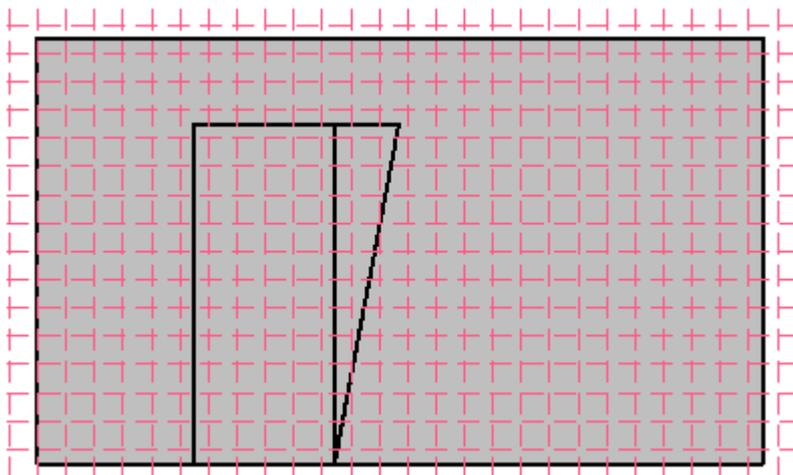
- Активируйте функцию **сместить**.



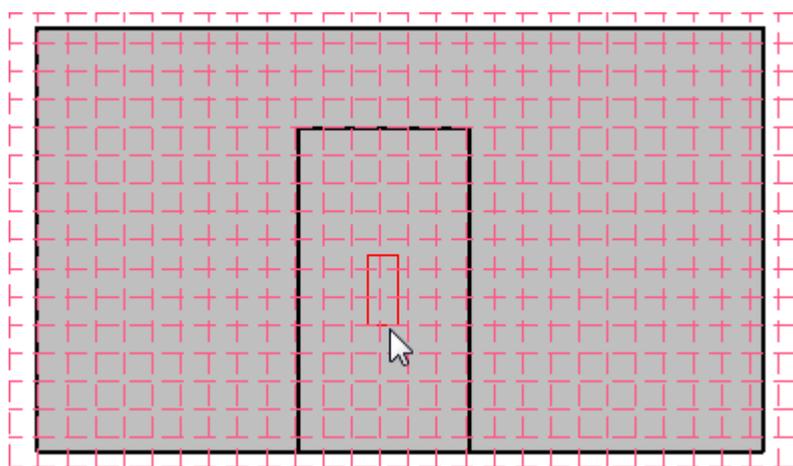
- В появившемся диалоге **Переключатели** нажмите на кнопку **Вершина** (функция **Сторона** в данном случае не подходит, т.к. при смещении стороны отверстия, между двумя вершинами этой стороны вводится новая вершина).



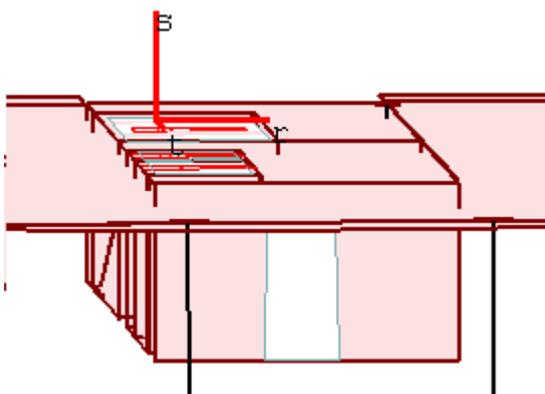
- Укажите первую точку, щелкнув левой клавишей мыши в соответствующей вершине проема на выбранной стене. Затем укажите вторую точку – новое положение вершины.



7. Для перемещения вершин проема, можно также использовать значок проема (указан на рисунке стрелкой).



8. Аналогичным образом переместите другие вершины проема.
9. Установите для модели вид **3D**.

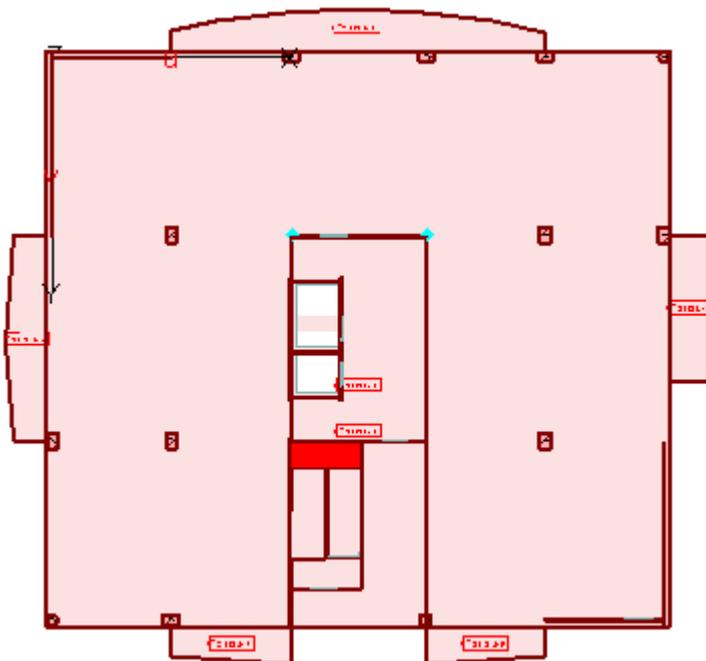


4.8.4 Изменение геометрии лестничного марша

Так как высота этажа равна 3 м, то срединная поверхность площадки находится на средней отметке этажа 1,5 м.

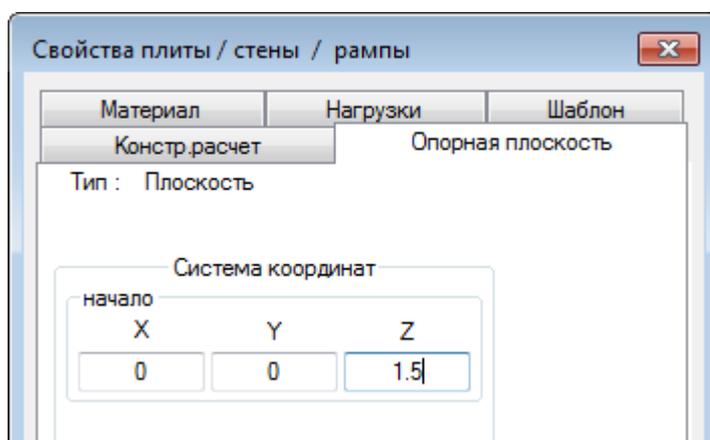
1. Измерьте расстояние до срединной плоскости площадки относительно плоскости плиты перекрытия. При активной вкладке **Старт** нажмите на кнопку **Измерение расстояний**.
2. Значение равно 1.96 м. Значит, площадку необходимо сместить на 0.46 м на уровень 1.5 м.
3. Активируйте позицию площадки, щелкнув по ней левой клавишей мыши.

Шаг за шагом



На рисунке приведен *вид снизу*.

4. В появившемся диалоге, на странице **Опорная плоскость**, укажите положение опорной плоскости площадки 1.5м.



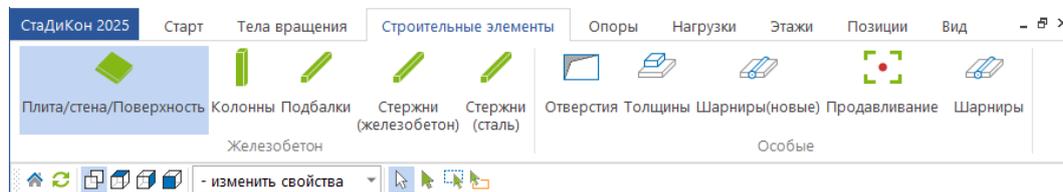
5. Лестничные марши удалите, и задайте снова способом, описанным в п.4.3.5.

4.8.5 Редактирование нагрузок и нагружений

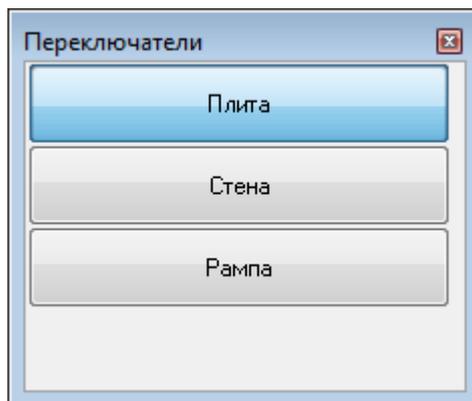
Поскольку на созданном этаже плита является перекрытием жилого этажа, то характер нагрузок на нее меняется, в связи с чем, необходимо внести ряд изменений в свойства некоторых позиций.

Шаг за шагом

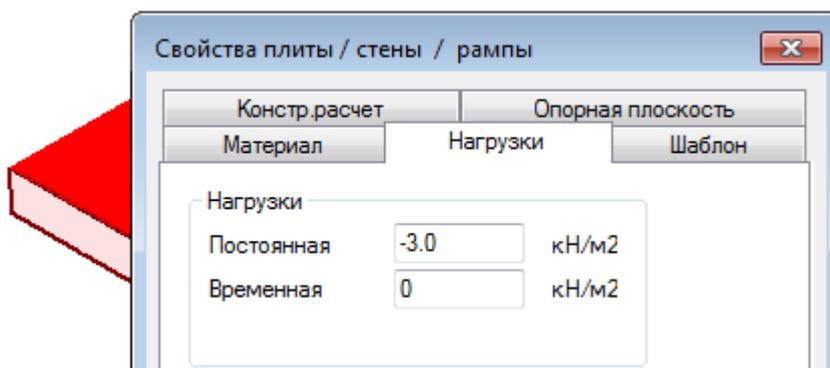
1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **изменить свойства** в выпадающем меню.



2. В диалоге **Переключатели** укажите **Плита**.



3. На чертеже выберите плиту перекрытия первого этажа в квартирах.

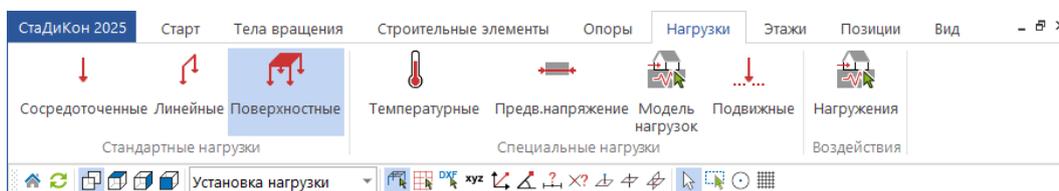


4. В появляющемся диалоге свойств перейдите на вкладку **Нагрузки** и измените значение временной нагрузки на значение, соответствующее временной нагрузке в квартирах.
5. На чертеже выберите плиту перекрытия первого этажа для **общих коридоров и лестниц**.
6. В появляющемся диалоге свойств перейдите на вкладку **Нагрузки** и измените значение временной нагрузки на значение, соответствующее временной нагрузке в общих коридорах и лестницах.

Постоянная нагрузка автоматически добавляется в нагружение № 1, а временная (полезная) - в нагружение № 2.

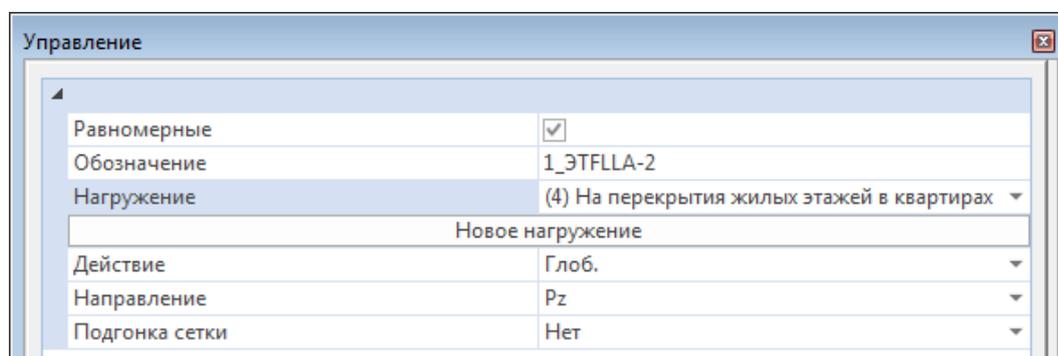
4.8.6 Задание временной распределенной нагрузки на перекрытия жилых этажей в квартирах

В виде поверхностных нагрузок, на данном этапе создания модели, задается временная распределенная нагрузка на перекрытия жилых этажей в квартирах.

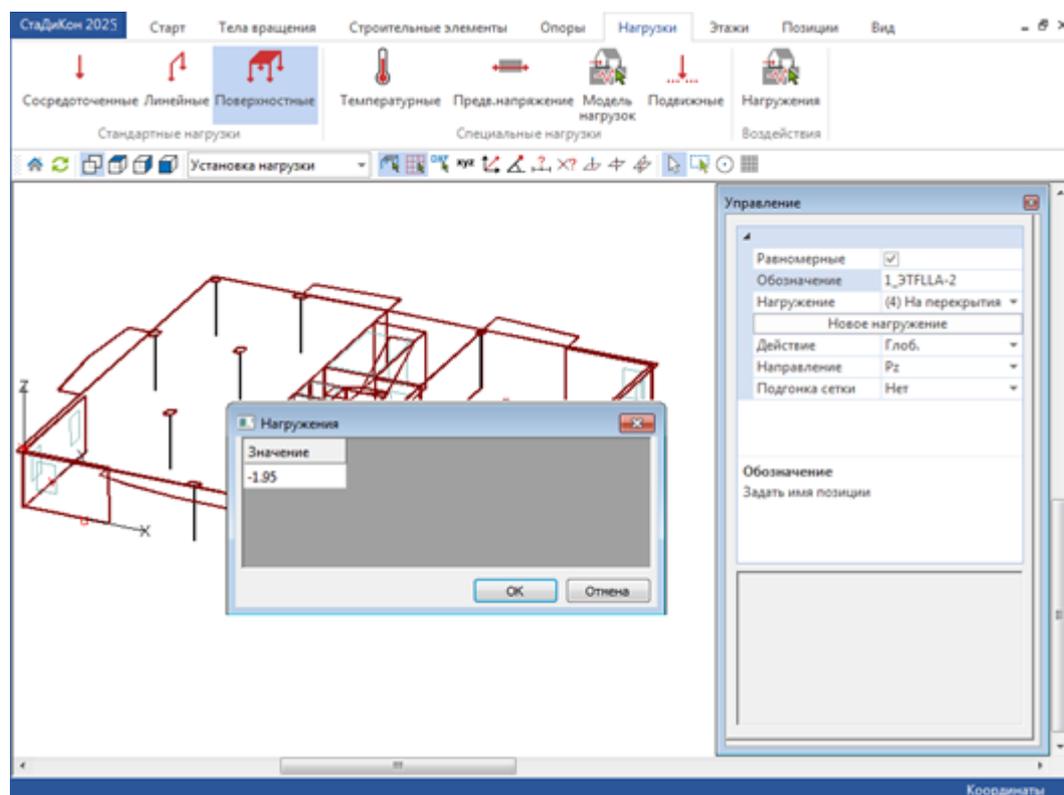


1. При активной вкладке **Нагрузки**, выберите кнопку **Поверхностные** и опцию **Установка нагрузки** в выпадающем меню. На экране появится диалог **Управление**.

Шаг за шагом



2. Поверхностная нагрузка задается в виде плоского полигона, значения нагрузки (-1.95) задаются в **3-х** первых точках этого полигона. Если значения нагрузки совпадают во всех **3-х** точках, то имеем *равномерную поверхностную нагрузку*, в противном случае, имеем *трапецидальную* (или *неравномерную*) *поверхностную нагрузку*.
3. После задания всех параметров нагрузки, можно приступить к вводу.
4. Ввод параметров нагрузки аналогичен вводу параметров линейной нагрузки п.4.6.1.
5. Обратите внимание на *опции ввода* на дополнительной панели инструментов, позволяющие заметно упростить задачу определения нагрузок.
6. Значения нагрузки задайте равным **-1.95**, а номер нагружения, согласно **Таблице 1, - № 4**.

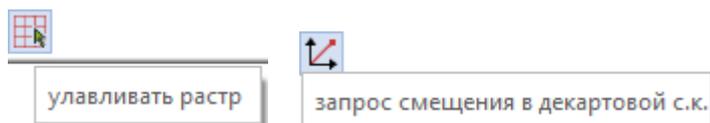


4.9 Создание проемов

Создание оконных проемов происходит в локальных координатах стены.

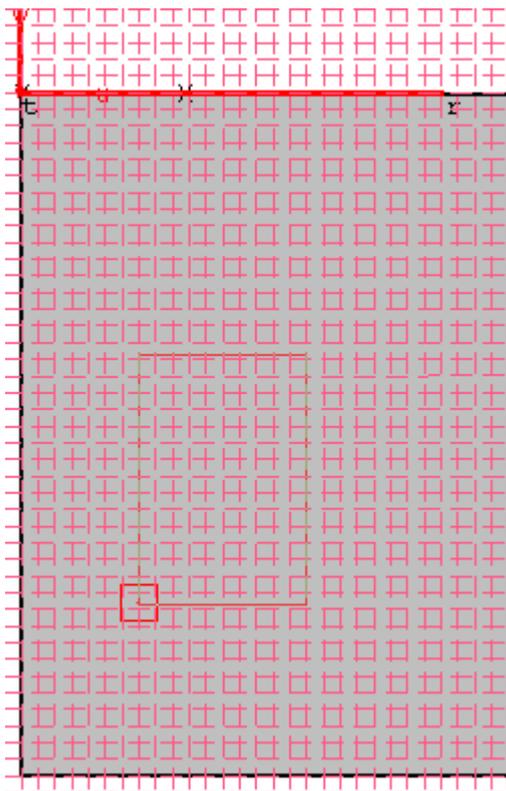
Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Отверстия**.
2. Перейдите в рабочую плоскость стены, в которой необходимо создать оконный проем, нажав на клавишу **F4** и выбрав соответствующую стену.
3. С помощью появляющихся диалогов создайте новый растр, и на экране появится изображение стены с растром.
4. Из выпадающего меню дополнительной панели инструментов выберите режим **установка** и активируйте следующие функции:



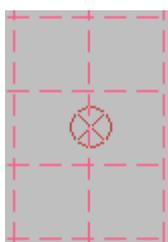
5. Укажите курсором нижний угол поверхности стены и в появившемся диалоге **Значения** задайте смещение нижнего угла оконного проема с учетом того, что расстояние от угла стены – 0,7м и уровень подоконника равен 1.025м (так как на архитектурных разрезах от чистого пола до проема 0.9м необходимо также учесть расстояние до срединной плоскости).
6. После указания смещения, нижний угол проема будет зафиксирован (там появится метка).

7. Выберите щелчком клавишей мыши эту точку и в появившемся диалоге **Значения** укажите геометрические размеры данного проема. Высота 1.5 м, ширина 1 м.



Копирование проема

8. Используя выпадающее меню дополнительной панели инструментов, активируйте функцию **копировать**.
9. Выделите отверстие. Процесс выбора отверстий для копирования завершается при нажатии правой клавиши мыши. После чего дополнительная панель инструментов изменяет свой вид.
10. После выбора проема для копирования, необходимо указать начальное положение точки привязки. Укажите угол отверстия как точку привязки, задав ее координаты в окне **Значения**, на экране появится изображение метки, и курсор окажется связанным с изображением копии.



11. Укажите новое положение этой точки таким же образом. При вводе смещений в окне **Значения** можно использовать арифметические выражения.

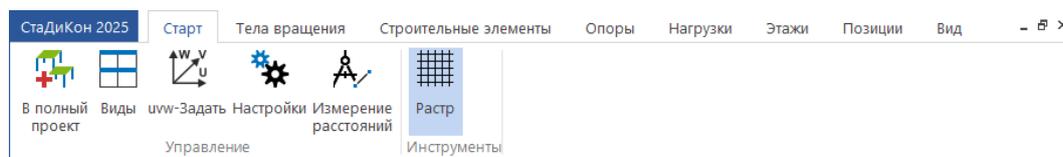
Аналогичным способом расставьте остальные оконные проемы.

4.10 Создание балкона

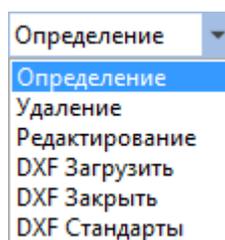
4.10.1 Создание полярного растра

Шаг за шагом

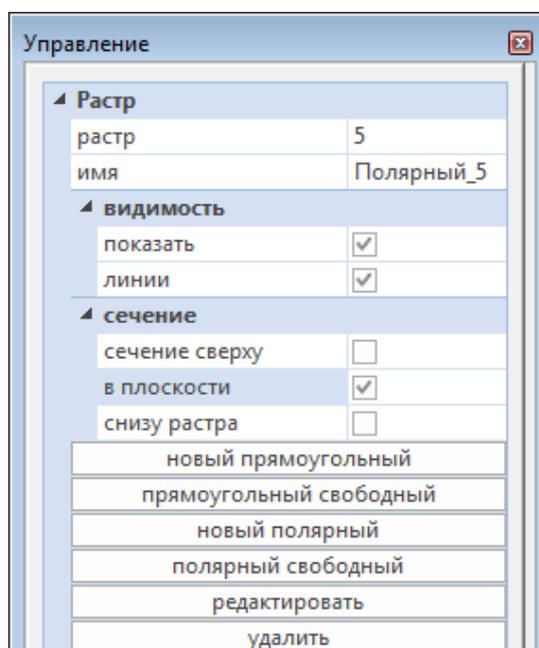
1. При активной вкладке **Старт**, нажмите на кнопку **Растр**.



2. В выпадающем меню дополнительной панели инструментов выберите опцию **Определение**.



3. На экране появится диалог **Управление**:



4. Выберите вариант **полярный свободный**, который позволяет создать свободный полярный растр с переменным шагом радиуса и углов.
5. Следуя подсказкам в строке состояния, укажите 3 точки растра (центр окружности сегментного балкона, согласно архитектурному плану, начальную точку рабочей плоскости плиты и точку в плоскости R-S).
6. В появляющемся диалоге **Растр** введите значения, указанные на скриншоте.
В первой строке **dr** задается значение радиуса, в остальных строках указывается приращение этого параметра.

В окне ввода **Alpha** задается угол наклона оси **r** относительно линии **P1-P2**. В таблице **da** указываются приращения этого угла.

Растр

имя Полярный

dr		da	
1	16.6	12	5
2	6	13	5
		14	5
		15	5

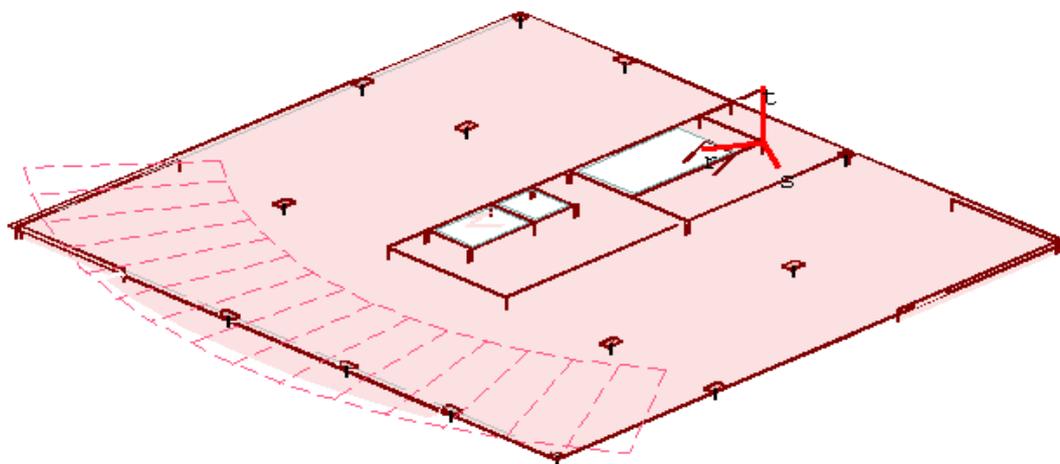
+ v - + v -

Начало Угол

X 11.7 Alpha 350 OK

Y 20.2 линии 'dr' от 0 Cancel

Z 3 Оси

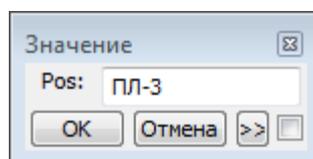


4.10.2 Ввод балконных плит

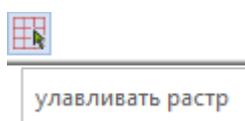
По готовому полярному растру создайте балкон.

Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **установка** в выпадающем меню
2. В диалоге **Переключатели** укажите название плиты.



3. В диалоге **Свойства плиты/стены/рампы** задайте необходимые параметры плиты балкона. Не забудьте про временные нагрузки на балконах (нагружение № 2).
4. Задайте геометрию балкона с помощью полигона при активной функции **улавливать растр**:



5. Для построения линий балкона, перпендикулярных к грани плиты, используйте функцию **запрос смещения в декартовой с.к.**, отключив, с помощью клавиши **Пробел**, изображение полярного растра.



6. Завершите ввод балкона, замкнув контур.
7. Обратите внимание, что край плиты покрытия совпадает с краем балконной плиты.
8. Задайте оставшиеся балконы.

4.10.3 Задание нагрузки на балкон

Задание линейной нагрузки на балкон от веса ограждения балкона осуществляется аналогично варианту задания, описанному в п.4.6.1. Будьте внимательны при выборе значения нагрузки и номера нагружения № 3.

Шаг за шагом

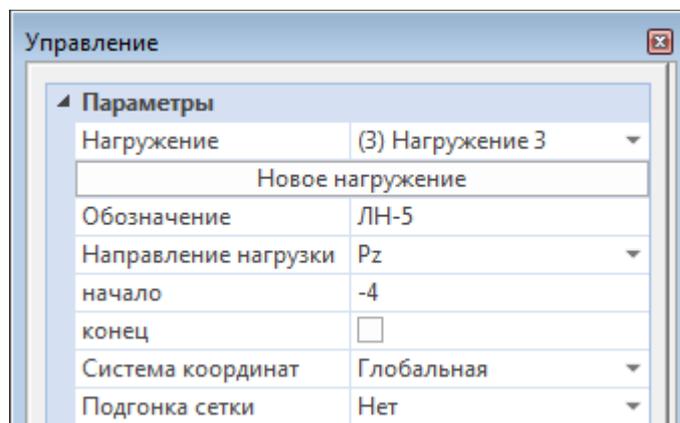
1. При активной вкладке **Нагрузки**, выберите кнопку **Линейные** и опцию **Установка нагрузки** в выпадающем меню. На экране появится диалог **Управление**.
2. С помощью одноименной кнопки, создайте новое нагружение.

3. Укажите тип воздействия, используя выпадающее меню:

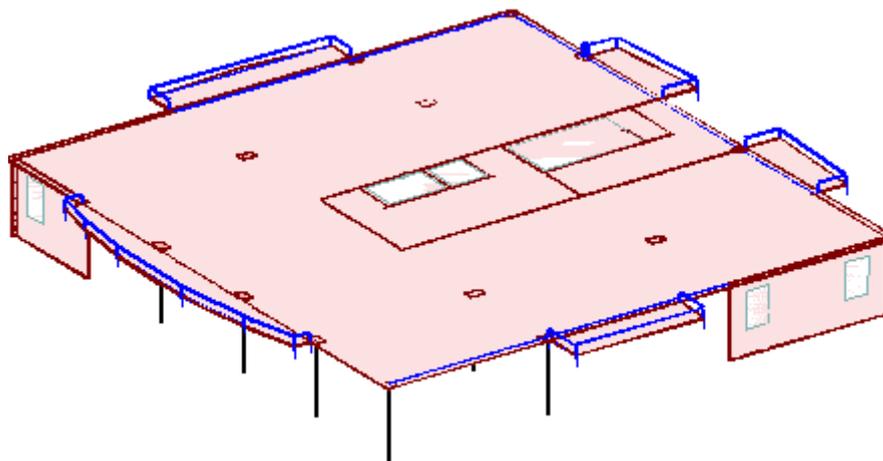
4. Если требуется информация о коэффициентах надежности и длительности, нажмите на кнопку .

Имя воздействия	Надежности	Длительности
Собственный вес ж/б конструкций	1.1	1
Собственный вес металлических конструкций	1.05	1
Грунты в природном залегании	1.1	1
Грунты насыпные	1.15	1
Нагрузка от преднапряжения	1.1	1
Гидростатическое давление	1	1
Равномерно распределенная нагрузка - жилые помещения	1.3	0.35
Вес временных перегородок	1.1	1
Вес стационарного оборудования	1.05	1
Вес складированных материалов и изделий	1.05	1
Равномерно распределенная нагрузка - служебные помещения	1.2	0.35
Снеговая нагрузка t января меньше -5	1.4	0.5
Снеговая нагрузка t января больше -5	1.4	0

5. Задайте остальные параметры нагрузки.



6. Задайте линейную нагрузку, указав начальную и конечную точку приложения нагрузки.



4.11 Копирование жилого этажа

Скопируйте необходимое количество этажей. Копирование этажа описано в п.4.7. Аналогичным образом выполните все команды. Используя кнопку **Этажи > Видимые этажи**, установите видимость актуального этажа.

4.12 Редактирование нагрузки на покрытие

После операции копирования, есть нагрузки на конструкции покрытия последнего этажа, которые необходимо удалить или изменить.

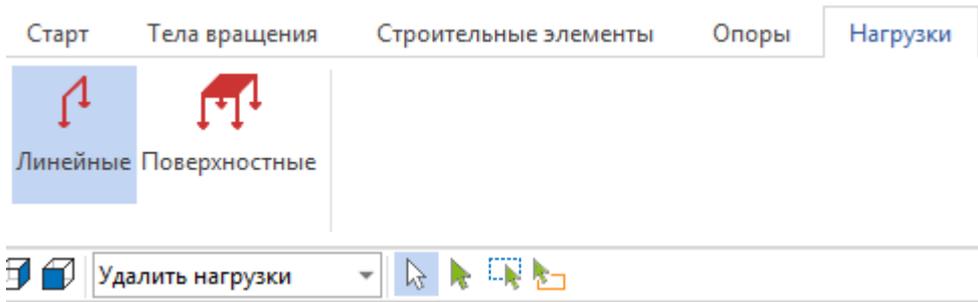
4.12.1 Удаление нагрузки 'Вес наружных стен'

При копировании этажа, нагрузкам автоматически присваиваются обозначения, например:

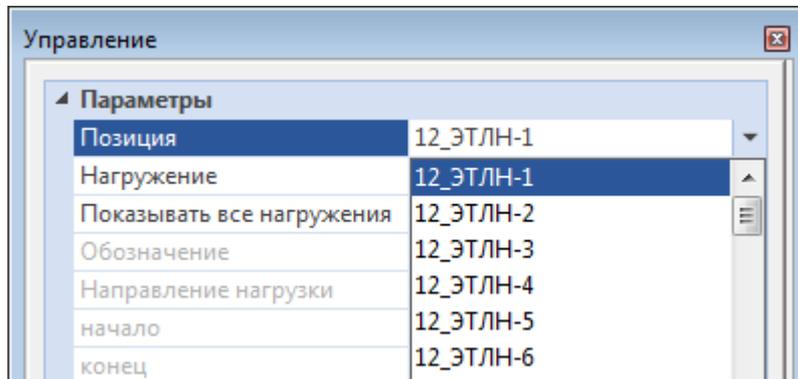
12_ЭТЛН-18

Шаг за шагом

1. Для удаления нагрузки, активируйте вкладку **Нагрузки**, нажмите на кнопку **Линейные** и выберите функцию **Удалить нагрузки** на дополнительной панели инструментов.



- Для поиска нагрузки можно использовать диалог **Управление**.



Выбранная нагрузка выделится на чертеже красным цветом.

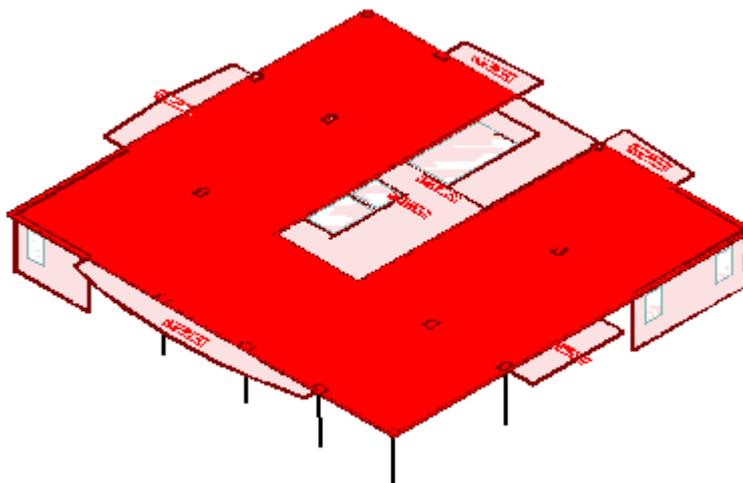
Удалите следующие нагрузки: вес наружных стен, вес ограждений балконов.

4.12.2 Изменение нагрузок

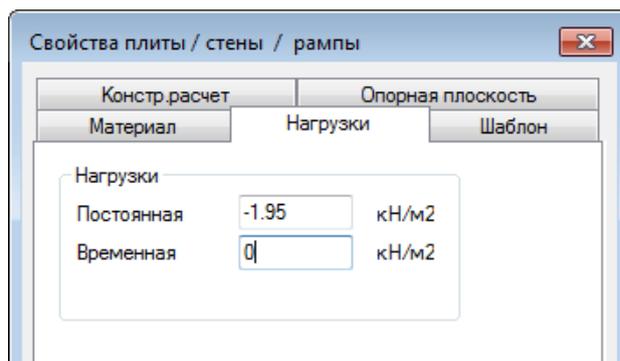
Чтобы не вводить новые нагрузки на покрытие, можно изменить уже имеющиеся, отредактировав их свойства.

- При активной вкладке **Строительные элементы**, выберите кнопку **Плита/Стена/Поверхность** и опцию **изменить свойства** в выпадающем меню. В диалоге **Переключатели** укажите **Плита** и выберите на чертеже вначале одну из **позиций плиты покрытия**, а затем вторую **позицию плиты покрытия**.

Шаг за шагом



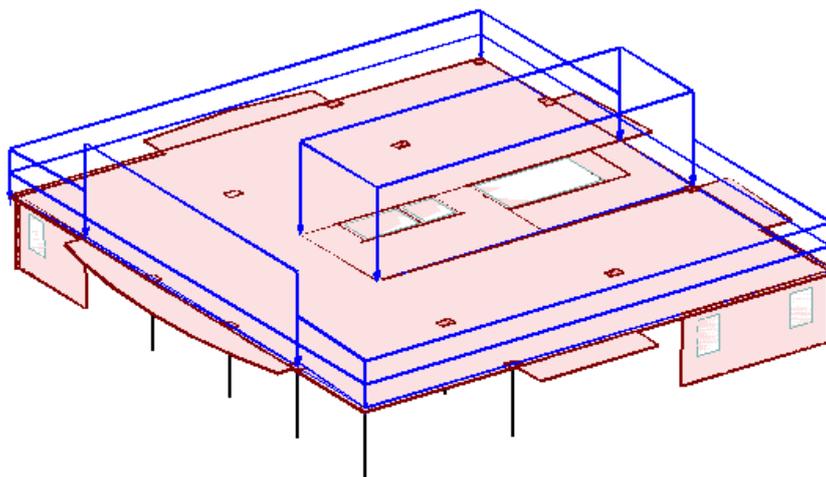
- Используя страницу **Нагрузки** диалога **Свойства плиты/стены/рампы**, измените полезную нагрузку на плиту.



4.12.3 Ввод нагрузки Вес парапетов

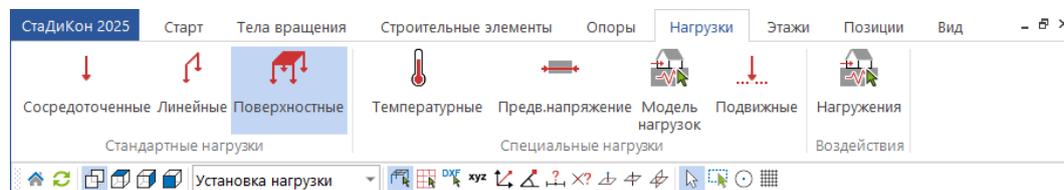
Шаг за шагом

- Ввод линейных нагрузок от веса парапетов, выполните аналогичным способом, описанным в п.4.6.1.
- Значения нагрузки для парапета высотой 1,2 м задайте равным 10 кН/м, а для парапета высотой 3 м и 4,4 м - равным 20 кН/м, номер нагружения, согласно **Таблице 1, - № 3**.



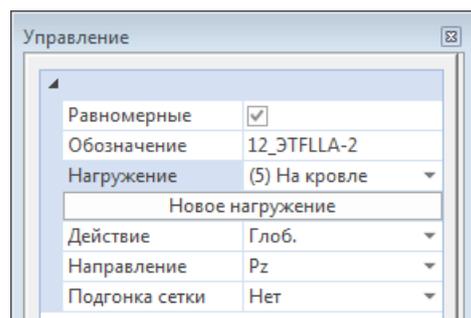
4.12.4 Задание временной распределенной нагрузки на кровле

В виде поверхностных нагрузок, на данном этапе создания модели, задается временная распределенная нагрузка на кровле.

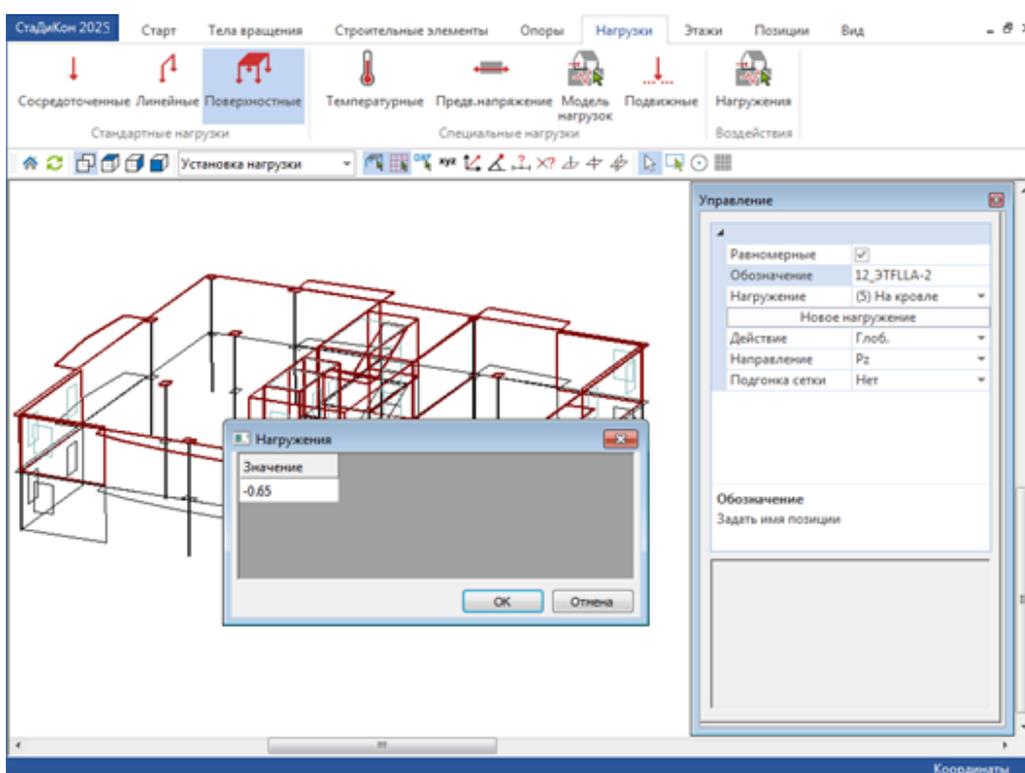


1. При активной вкладке **Нагрузки**, выберите кнопку **Поверхностные** и опцию **Установка нагрузки** в выпадающем меню. На экране появится диалог **Управление**.

Шаг за шагом



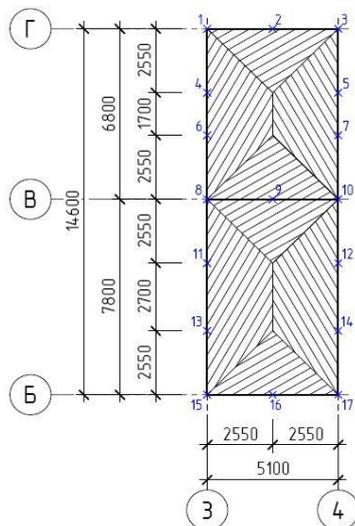
2. Поверхностная нагрузка задается в виде плоского полигона, значения нагрузки (-0.65) задаются в **3-х** первых точках этого полигона. Если значения нагрузки совпадают во всех **3-х** точках, то имеем *равномерную поверхностную нагрузку*, в противном случае, имеем *трапецидальную* (или *неравномерную*) *поверхностную нагрузку*.
3. После задания всех параметров нагрузки, можно приступить к вводу.
4. Ввод параметров нагрузки аналогичен вводу параметров линейной нагрузки п.4.6.1.
5. Обратите внимание на *опции ввода* на дополнительной панели инструментов, позволяющие заметно упростить задачу определения нагрузок.
6. Значения нагрузки задайте равным **-0.65**, а номер нагружения, согласно **Таблице 1, - № 5**.



4.13 Ввод нагрузки от технического этажа

С целью упрощения модели здания, несущие конструкции машинного отделения в данном примере задавать не будем. Все нагрузки, воспринимаемые машинным отделением, передаются на нижележащие конструкции через стены, поэтому задаем их в виде линейных.

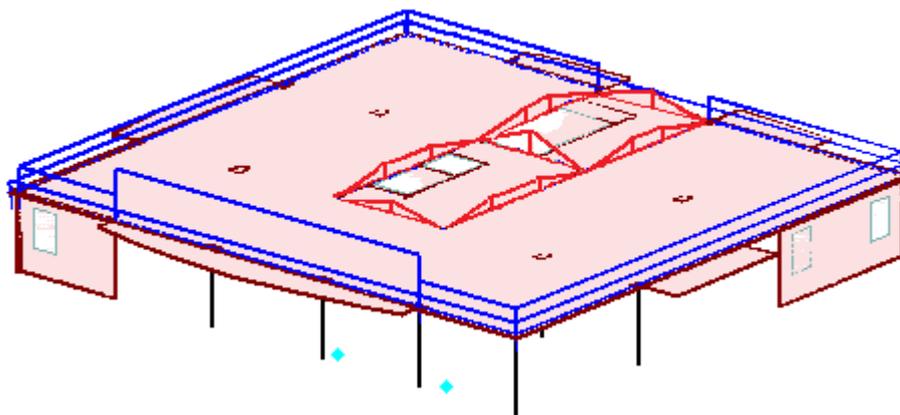
Схема распределения грузовых площадей приведена на рисунке.



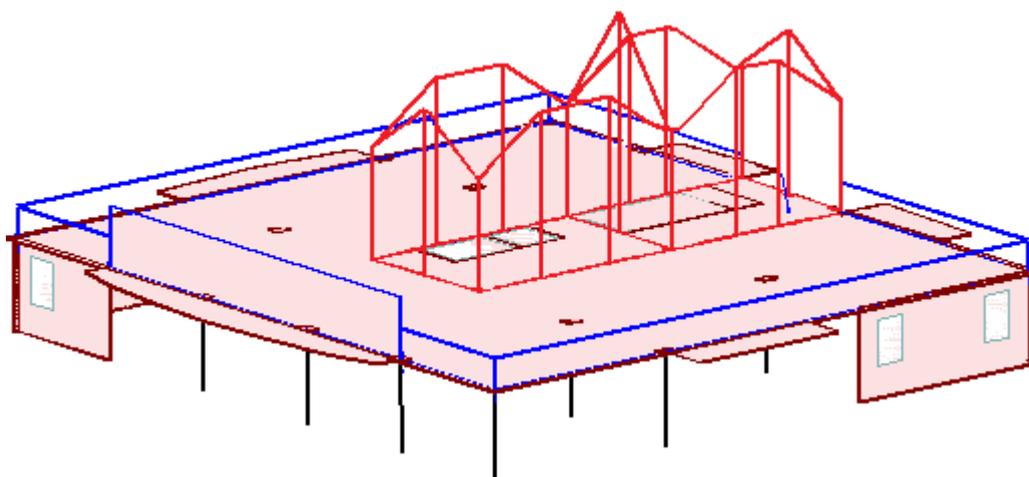
Значения нагрузок в точках приведены в таблице:

№ точки	Значение нагрузки, кН/м		
	вес конструкций кровли	вес несущих конструкций	снеговая нагрузка
1	0,000	-36,300	0,000
2	-4,970	-53,830	-4,590
3	0,000	-36,300	0,000
4	-4,970	-53,830	-4,590
5	-4,970	-53,830	-4,590
6	-4,970	-53,830	-4,590
7	-4,970	-53,830	-4,590
8	0,000	-36,300	0,000
9	-9,940	-71,360	-9,180
10	0,000	-36,300	0,000
11	-4,970	-53,830	-4,590
12	-4,970	-53,830	-4,590
13	-4,970	-53,830	-4,590
14	-4,970	-53,830	-4,590
15	0,000	-36,300	0,000
16	-4,970	-53,830	-4,590
17	0,000	-36,300	0,000
Номер нагружения	3	1	6

Задайте линейную нагрузку, следуя указаниям п.4.6.1.



Способом, описанным выше, задайте вес несущих конструкций. Значения нагрузки смотрите в таблице выше.

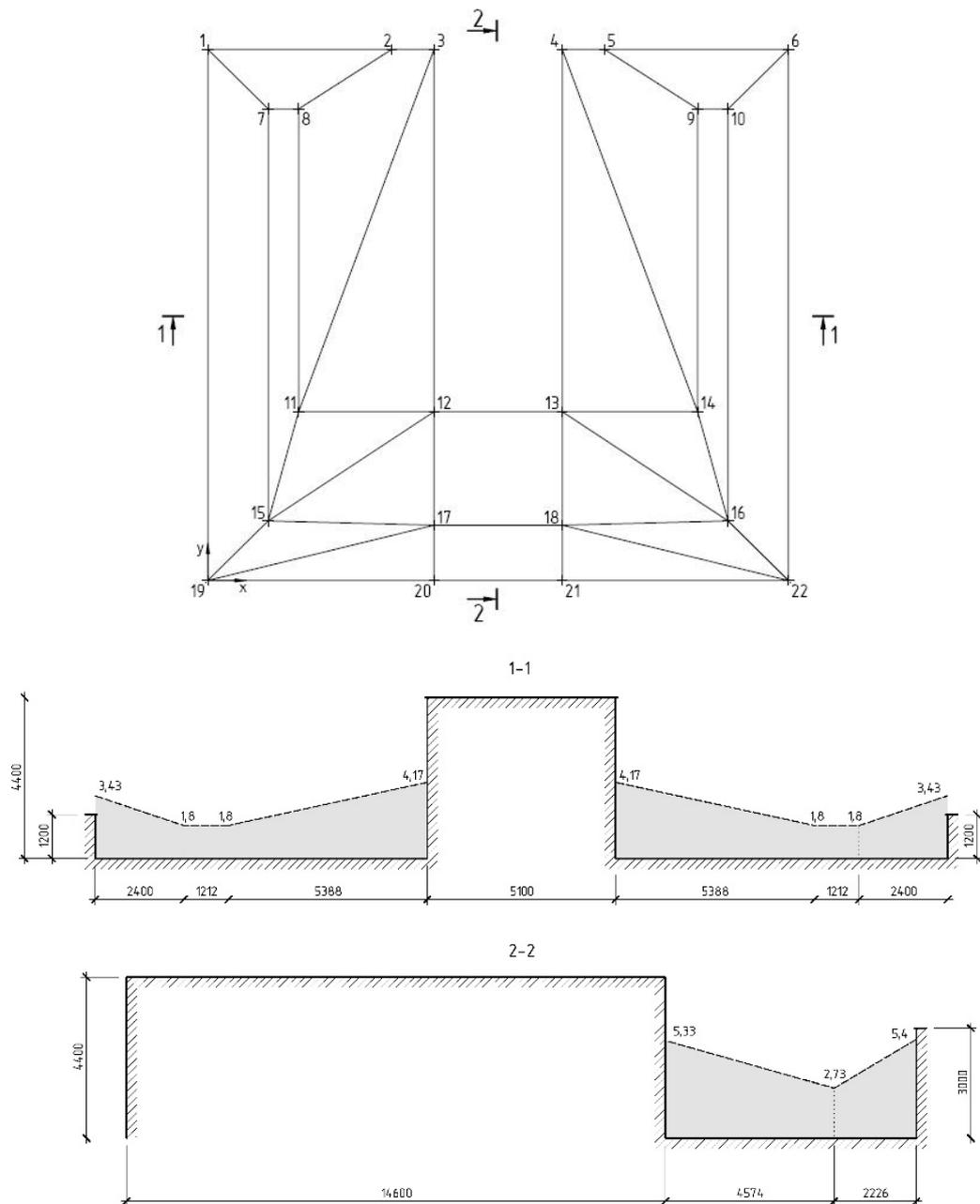


Аналогичным образом задайте вес снегового покрова. Значения нагрузки смотрите в таблице выше.

4.14 Ввод 'Снеговой нагрузки' на покрытие

4.14.1 Подсчет значений нагрузки

Значения нагрузок от веса снеговых мешков подсчитаны согласно СП 20.1333.2016 Приложение Б. Нагрузка в плане имеет вид, показанный на рисунке. Координаты точек и значения соответствующих нагрузок приведены в таблице.



Для более быстрого ввода снеговой нагрузки, действующей на перекрытие, предлагаем Вам создать чертеж нагрузки в плане, показанной на рисунке, в любом графическом приложении, способном экспортировать файл в формат DXF/DWG. Координаты точек приведены в таблице.

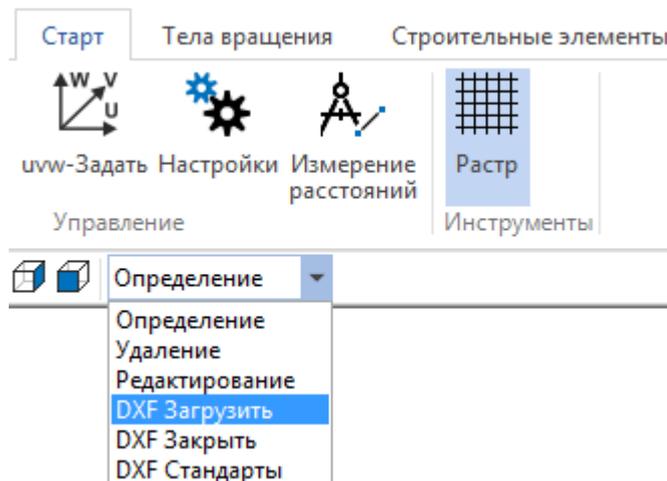
№ точки	x, м	y, м	P_z , кН/м ²
1	0,000	21,400	-3,43
2	7,318	21,400	-3,43
3	9,000	21,400	-4,17
4	14,100	21,400	-4,17
5	15,782	21,400	-3,43
6	23,100	21,400	-3,43
7	2,400	19,000	-1,8
8	3,612	19,000	-1,8

№ точки	x, м	y, м	P_z , кН/м ²
9	19,488	19,000	-1,8
10	20,700	19,000	-1,8
11	3,612	6,800	-1,8
12	9,000	6,800	-5,329
13	14,100	6,800	-5,329
14	19,488	6,800	-1,8
15	2,400	2,400	-1,8
16	20,700	2,400	-1,8
17	9,000	2,226	-2,728
18	14,100	2,226	-2,728
19	0,000	0,000	-3,43
20	9,000	0,000	-5,4
21	14,100	0,000	-5,4
22	23,100	0,000	-3,43

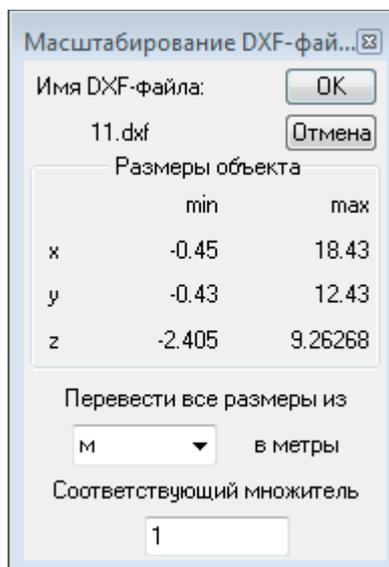
4.14.2 Импорт слоя DXF

1. При активной вкладке **Старт**, выберите кнопку **Растр** и опцию **DXF Загрузить** в выпадающем меню дополнительной панели инструментов.

Шаг за шагом



2. Выбор того или иного файла происходит при помощи стандартного окна для загрузки файлов.
3. После выбора **DXF**-файла, на экране появляется диалог, позволяющий отмасштабировать объект из **DXF**-файла.

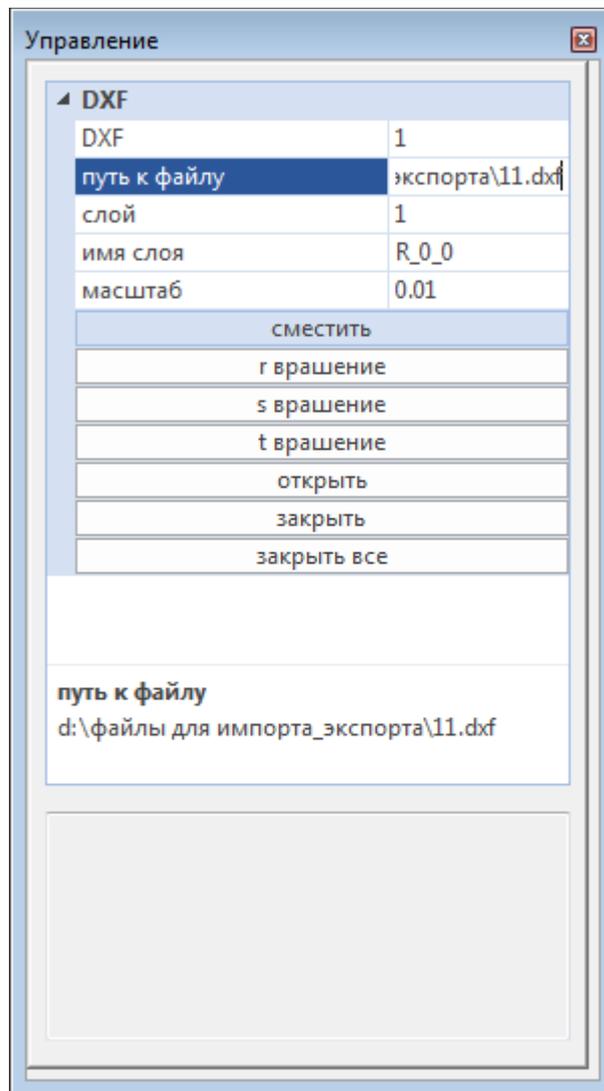


4. В диалоге выводится информация о максимальных и минимальных значениях координат объекта из **DXF**-файла. Коэффициент масштабирования для изображения объекта из DXF-файла определяется следующим образом:
- автоматически, если пользователь на основе анализа информации о размерах объекта, задаёт, в каких единицах (в миллиметрах, в сантиметрах, в дециметрах, в метрах, в дюймах, в футах) заданы координаты объекта;
 - задаётся вручную пользователем.

Если загружено несколько **DXF**-файлов, то смена активного **DXF**-файла происходит по нажатию клавиши [ENTER]. В строке состояния выводится название активного файла и количество слоев.

11.dxf (слоев: 5) активен.

5. Активируйте функцию **DXF Стандарты**, и на экране появится окно **Управление**.

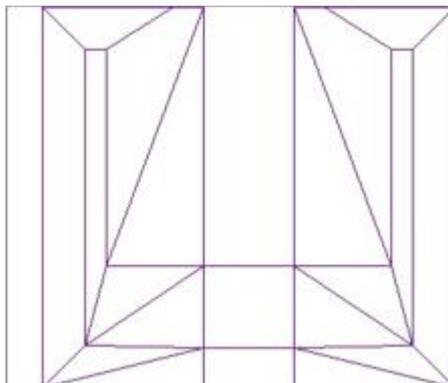


Выбор слоя. После загрузки, на экране изображаются все слои, описанные в **DXF**-файле ($n=0$). С помощью линейки прокрутки, можно перейти к показу предыдущего/следующего слоя.

слой	4
имя слоя	R_0_3
масштаб	0.01

Масштаб. При вводе коэффициента > 1 , изображение увеличивается, при вводе коэффициента < 1 , изображение уменьшается.

Сместить. Вводятся две точки, задающие вектор сдвига. Изображение **DXF**-файла будет перенесено в направлении от первой точки ко второй.

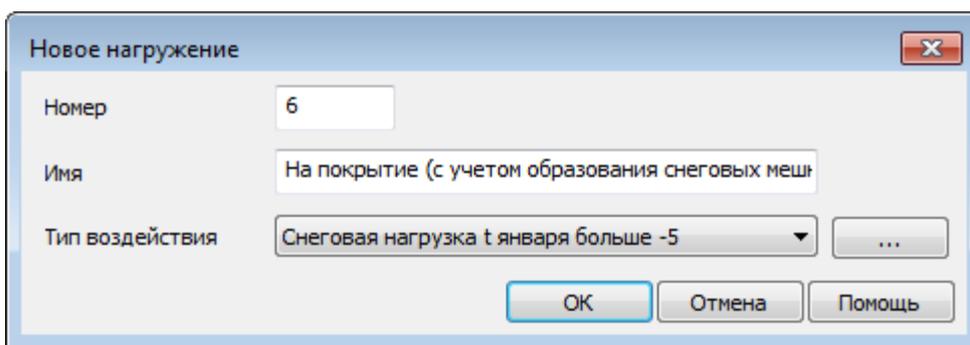


6. По окончании задания свойств слоя, установите его в начало координат, указав в качестве второй точки вектора сдвига начало координат.

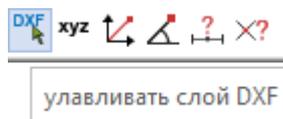
4.14.3 Ввод поверхностной трапециевидной нагрузки

Шаг за шагом

1. Ввод снеговой нагрузки будет происходить по полигонам, обозначенным в слое.
2. Начните с полигона с номерами углов 1,2,7,8.
3. Вызовите команду **Нагрузки > Поверхностные > Установка нагрузки**.
4. В диалоге **Управление** задайте номер нагружения, согласно заданию, равный **6**.



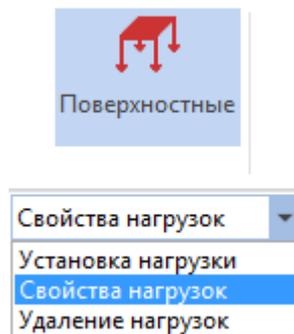
5. Отключите опцию **Равномерные**.
6. Активируйте функцию **улавливать слой DXF**.



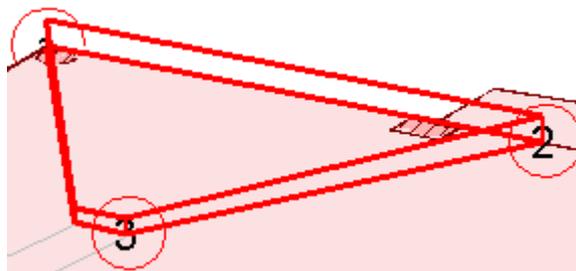
7. Введите границы требуемого полигона, последовательно указав точки 1, 2, 8, 7 на слое **DXF**.
8. В появляющейся таблице введите значения для точек **P-1 – P-3** (в слое -точки 1,2,8).

Точка	x	y	Значение
1	0.000	21.400	-3.43
2	7.318	21.400	-3.43
3	3.612	19.000	-1.8

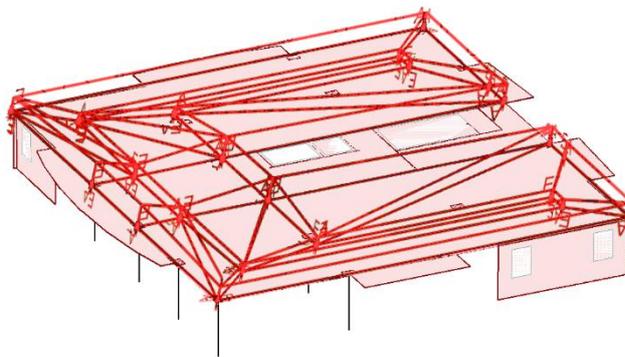
- Первые три введенные точки будут базовыми, по значениям которых далее будет выстроена нагрузка.
- Положение точек с известной интенсивностью нагрузки можно изменить. Активируйте функцию **Свойства нагрузок**.



- Поверхностная нагрузка выделится на чертеже красным цветом. Вершины полигона будут пронумерованы.
- В диалоге **Управление** нажмите на кнопку **Геометрия**. В появившемся диалоге координат выберите точку (например **P-1**) и укажите новое положение точки.



- Аккуратно задайте оставшиеся нагрузки.

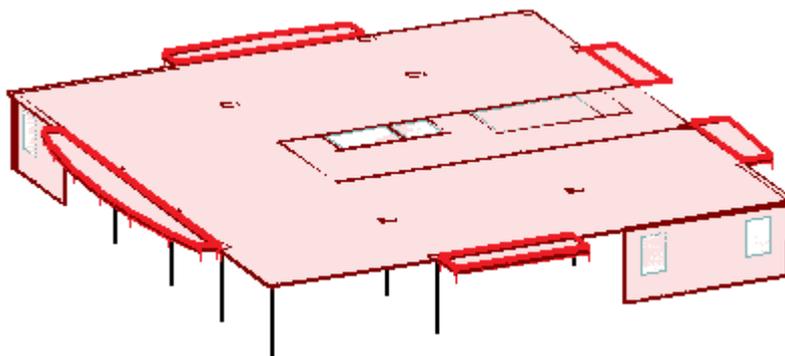


Советы & рекомендации

- ❑ С помощью клавиши [ENTER], активный в данный момент DXF-файл можно заменить на следующий (в порядке их загрузки). Переход от последнего DXF-файла к первому осуществляется через "пустой" DXF-файл (т.е. нужно дважды нажать на клавишу [ENTER]).

4.14.4 Ввод снеговой нагрузки на покрытие балкона

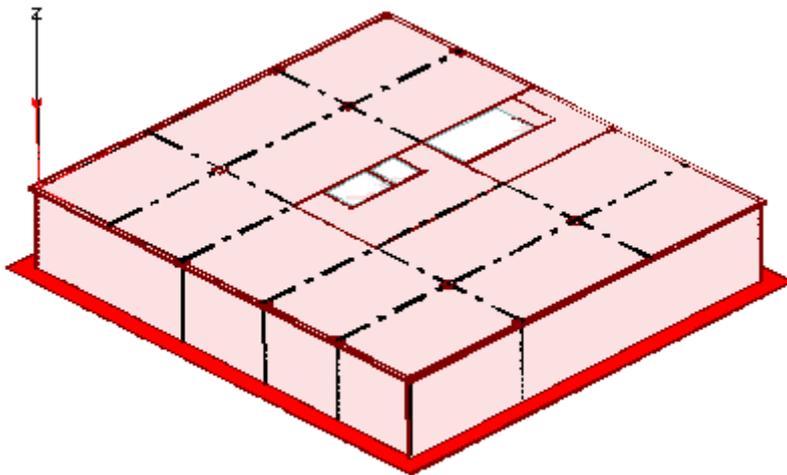
На покрытие балкона задайте равномерно распределенную поверхностную нагрузку равной 1,8 кН/м². Нагружение 6. Способ приложения нагрузки описан в п.0.



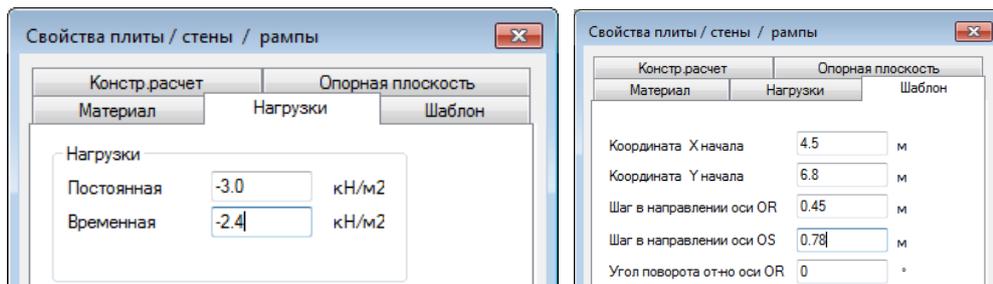
4.15 Ввод фундаментной плиты

Шаг за шагом

1. С помощью функции **Этажи > Видимые этажи**, сделайте видимым только подвальный этаж здания (см. п. 4.8.1 (пп.1)).
2. Установите рабочую плоскость на плиту перекрытия подвального этажа.
3. В появляющихся диалогах определите растр.
4. Постройте фундаментную плиту, отступив за края плиты по 1м в каждую сторону.



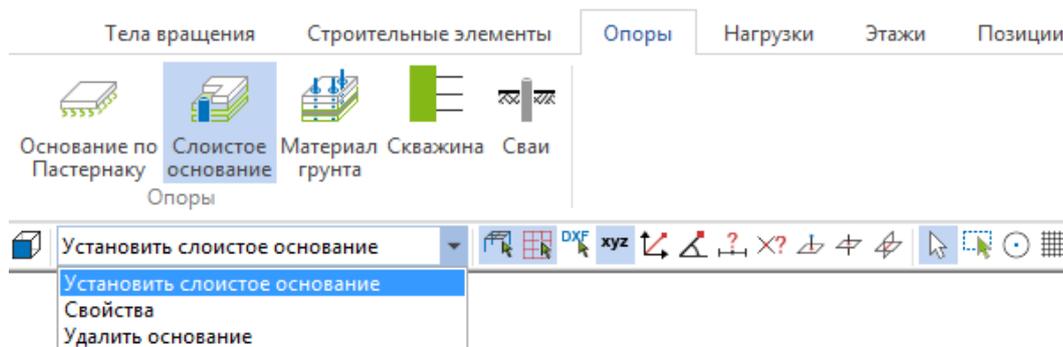
- В свойствах плиты измените параметры опорной плоскости (см. п.4.3.5 (пп.4)), полезной нагрузки (передайте значение полезной нагрузки на фундаментную плиту) (см. п.4.8.5) и генерации FE-сетки (см. п.4.4 (пп.1)).



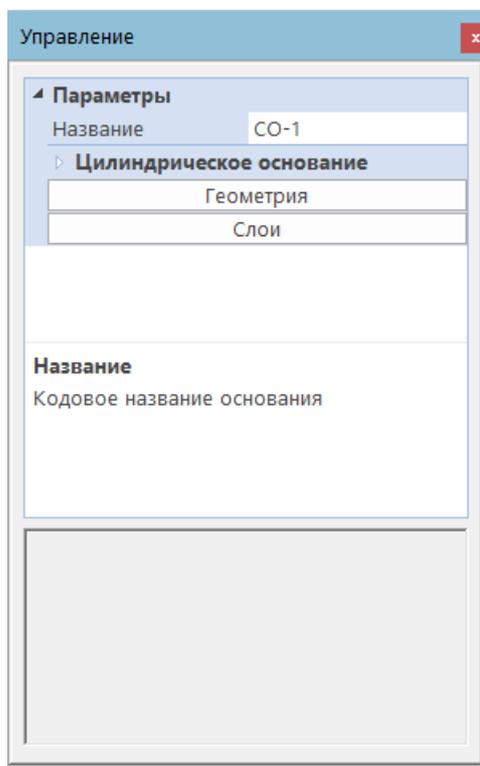
4.16 Ввод слоистого основания

- При активной вкладке **Опоры** нажмите на кнопку **Слоистое основание** и выберите опцию **Установить слоистое основание** из выпадающего меню.

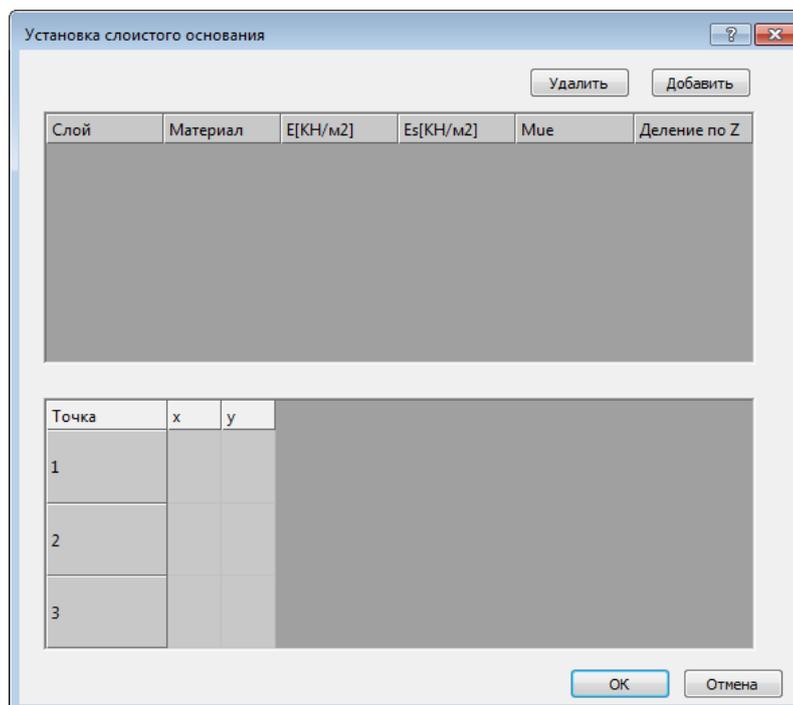
Шаг за шагом



- В диалоге **Управление** задайте название слоистого основания и нажмите на кнопку **Слой**.

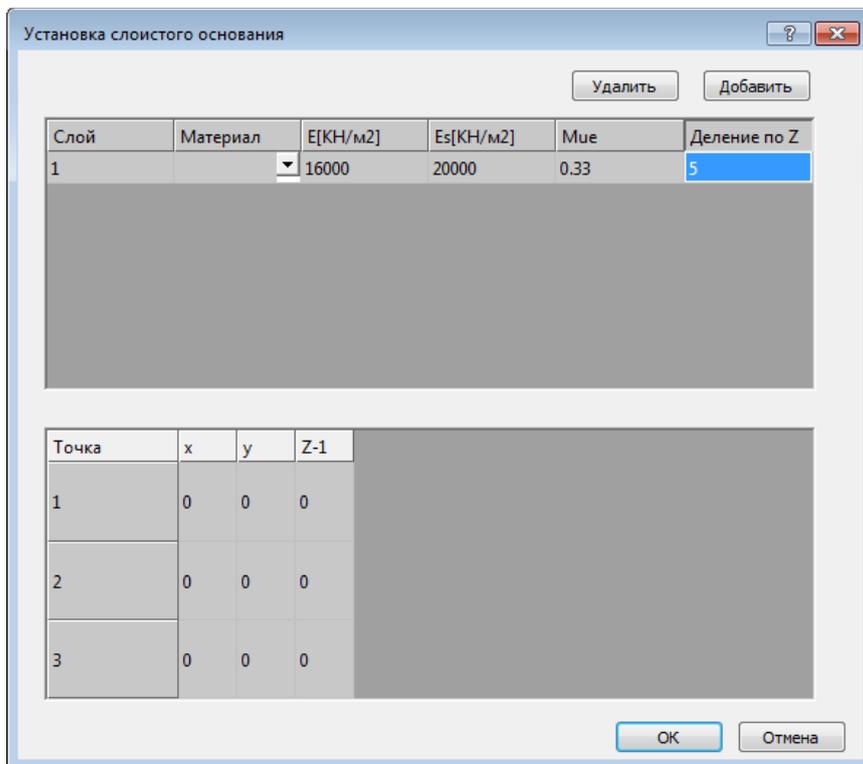


3. На экране появится окно, позволяющее задать параметры слоистого основания с объемными элементами:



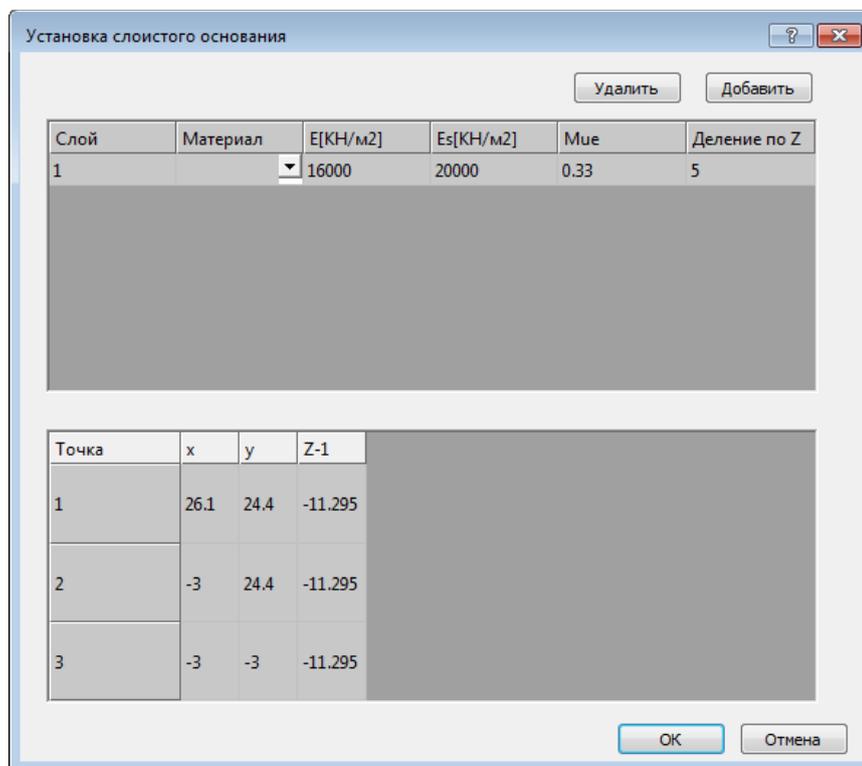
Через E обозначен модуль деформаций, через μ_{ie} – коэффициент Пуассона, через E_s – модуль жесткости. В столбце **Деление по Z** – задается количество слоев объемных конечных элементов по вертикали на которое при расчете разбивается слой грунта.

4. Нажмите на кнопку **Добавить**. В таблице материалов появится строка свойств материала основания. Заполните ее значениями по заданию.

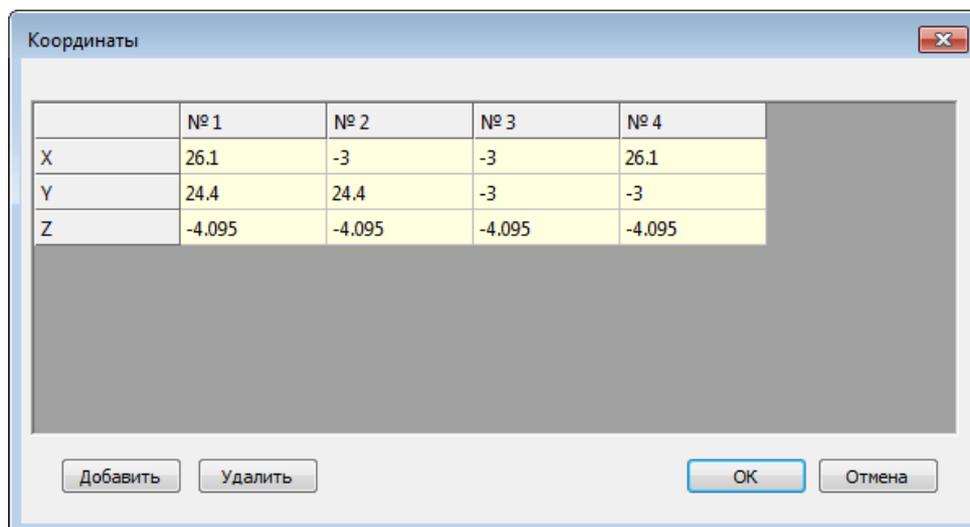


Поскольку модуль деформации **E** и коэффициент Пуассона **Mue** являются определяющими для описания свойств основания, то при вводе данных, в нашем случае, необходимо задать коэффициент Пуассона, модуль деформации **E** и модуль жесткости **Es**.

5. Нажмите на кнопку **ОК**, и, используя *функции ввода* дополнительной панели инструментов, задайте контур основания.
6. После задания контура слоистого основания, переключаемся в режим **Свойства** (выпадающее меню дополнительной панели инструментов) и в диалоге **Управление** нажимаем на кнопку **Слой**. В нижней таблице появившегося диалога устанавливаем значения вертикальной координаты нижней границы слоя.



Кнопка **Геометрия** диалога **Управление** позволяет, при необходимости, изменить геометрию слоистого основания.



4.17 Ввод ветровой нагрузки. Модель нагрузки 'Оболочка здания'

Ветровую нагрузку задаем в виде линейной, приложенной к перекрытиям (без учета балконов). Для упрощения задания ветровых, снеговых нагрузок и нагрузок от ограждающих конструкций в **СтаДиКон** предусмотрена функция **Модель нагрузок** для различных шаблонов крыш. Этот инструмент позволяет быстро и удобно задать нагрузку на поверхность здания с прямоугольным планом. Ограничение на форму здания связано с указаниями норм для ветровой нагрузки.

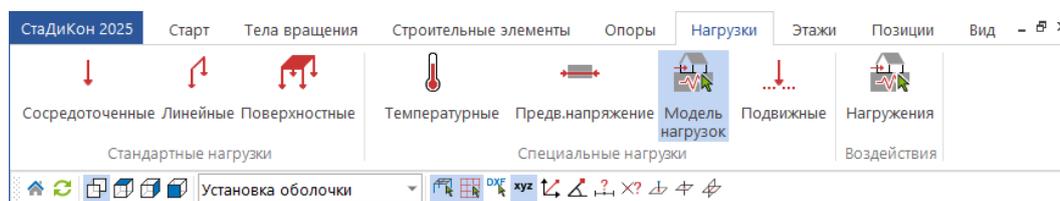
При этом, при указании снеговой нагрузки, в данном инструменте не учитываются снеговые мешки, поэтому мы использовали в модели ручное задание снеговой нагрузки. Нагрузка задается как распределённая по поверхности здания, с возможностью пересчета в линейные нагрузки по граням плит/стен или стержням.

Модель нагрузки **Оболочка здания** является основой для автоматизированного задания всех ветровых и снеговых нагрузок, действующих на здание.

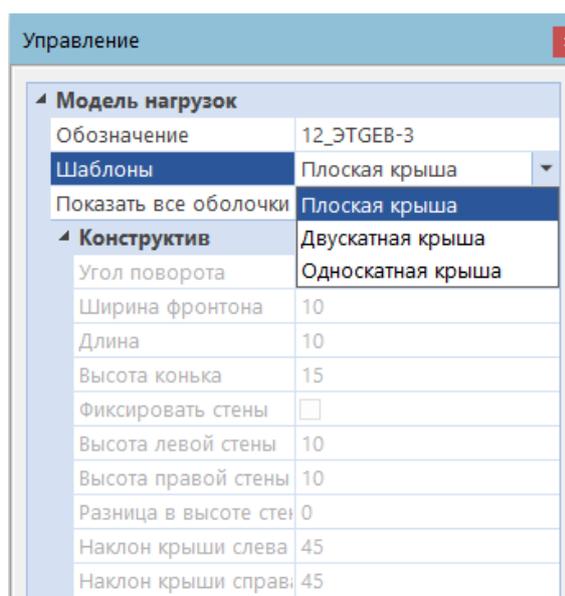
Ниже приводится описание работы с **Оболочкой здания** на примере определения ветровой нагрузки для нашей модели.

1. При активной вкладке **Этажи**, перейдите на 1 этаж и выберите видимость всех этажей.
2. Активируйте вкладку **Нагрузки**, нажмите на кнопку **Модель нагрузок** и выберите опцию **Установка оболочки** в выпадающем меню дополнительной панели инструментов.

Шаг за шагом

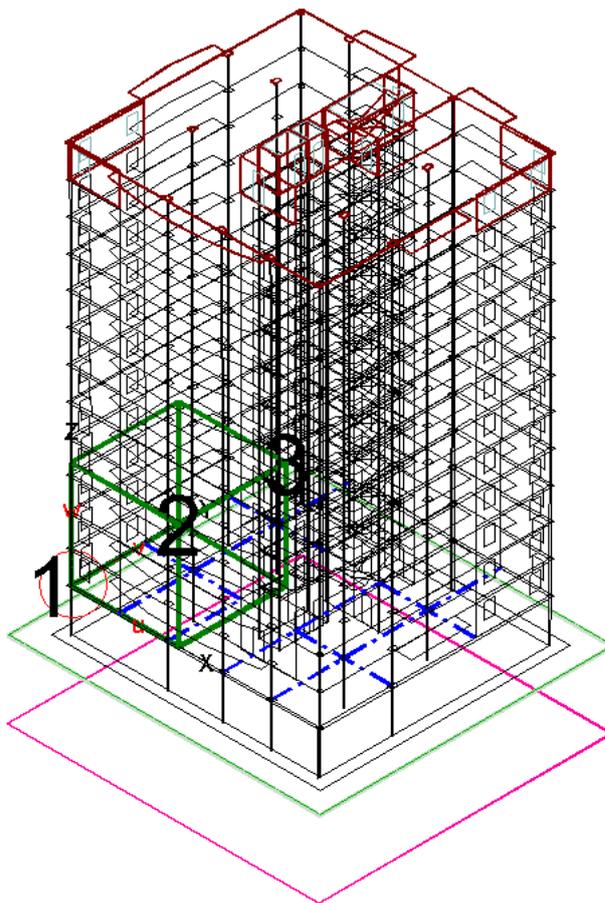


3. В появляющемся диалоге **Управление** из выпадающего списка **Шаблоны** выберите вариант **Плоская крыша**:

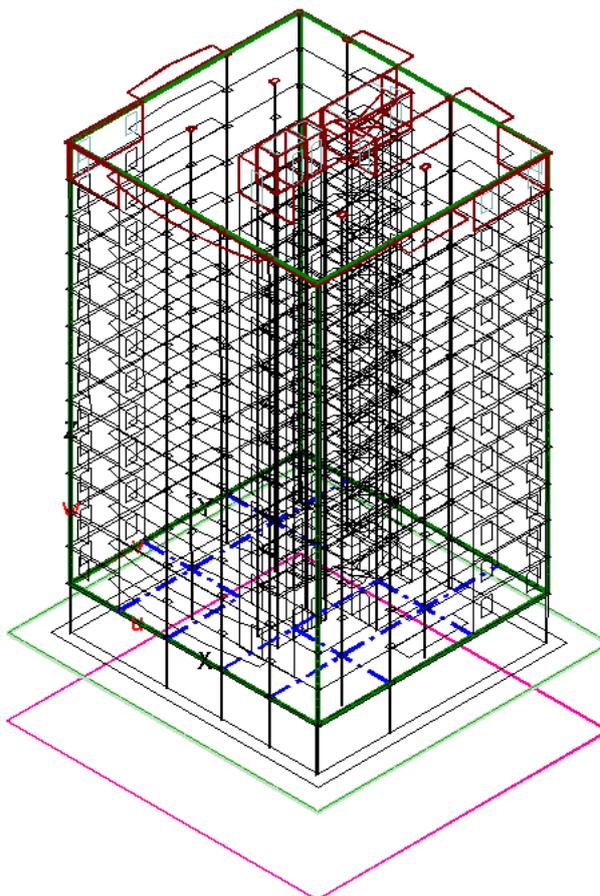


(Область диалога **Конструктив** позволит впоследствии отредактировать данные, необходимые для определения геометрии здания).

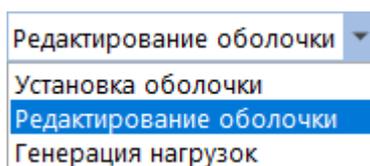
4. Для задания геометрии здания, укажите на чертеже точки **1,2,3**, которые определяют оболочку на расчетной модели (см. рис. ниже).



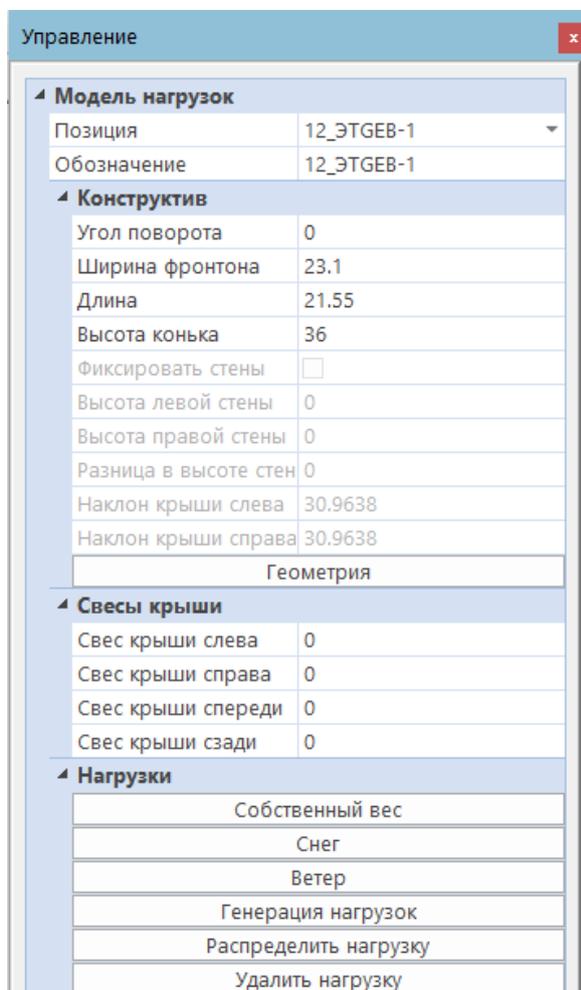
После ввода указанных точек, Вы получите следующий контур оболочки:



5. Из выпадающего меню дополнительной панели инструментов выберите опцию **Редактирование оболочки**.



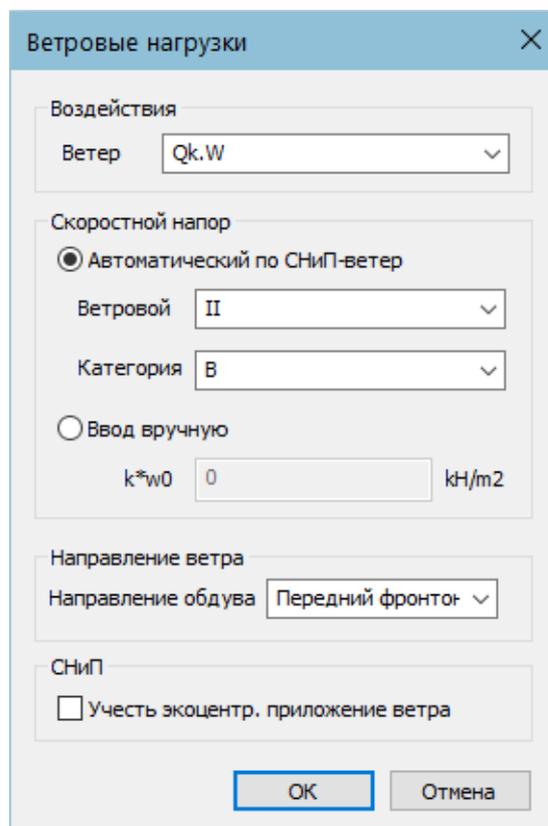
Диалог **Управление** изменит свой вид:



Область диалога **Конструктив** станет активной, что позволит, при необходимости, изменить значения, полученные графическим путем.

В области диалога **Свесы крыши** можно указать, в каких пределах от контура оболочки можно задавать нагрузку.

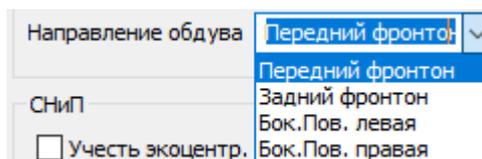
6. Для задания нагрузки, нажмите на кнопку **Ветер**. На экране появится диалог **Ветровые нагрузки**.



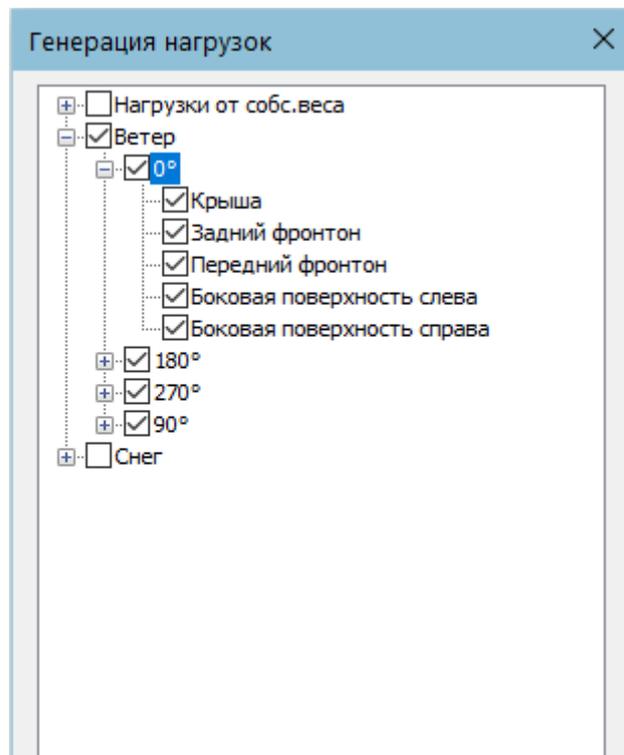
Согласно заданию, здание проектируется для возведения во **II** ветровом районе и типе местности **B**. Задайте в диалоге соответствующие значения.

Область диалога **Скоростной напор** позволяет, при необходимости, задать значение вручную.

7. Из одноименного списка выберите **Направление обдува**.



8. После ввода данных, закройте диалог с помощью кнопки **ОК**.
9. Для выбора типа и варианта генерации нагрузок, нажмите на кнопку **Генерация нагрузок** диалога **Управление**.



Если в расчетах необходимо учитывать только отдельное направление, то используя соответствующую галочку, можно, например, выбрать только задний фронтон.

10. Выберите для генерации нагрузки от ветра для боковых поверхностей и фронтонов. Для крыши, в модели нагрузки **Оболочка здания**, нагрузка генерироваться не будет, так как снег задан отдельной нагрузкой, а ветровая нагрузка на крышу разгружает конструкцию.
11. Нажмите на кнопку **Распределить нагрузку** диалога **Управление** и в появляющемся диалоге задайте параметры преобразования нагрузок для всех поверхностей.

Распределение нагрузки

Выбор элемента

Передняя стена Задняя стена

Левая стена Правая стена

Крыша

Распределить нагрузки

На стержни и грани

Индивидуально

Автоматически в плоскости

Нагрузки на все стержни и грани

Только края перекрытий

Нагрузка на ригели

Нагрузка на колонны

В направлении 0 ° г-оси

С расстоянием <= 1 м.

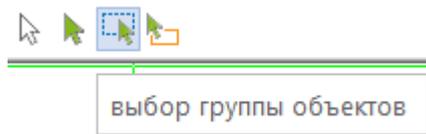
+ -

Метод

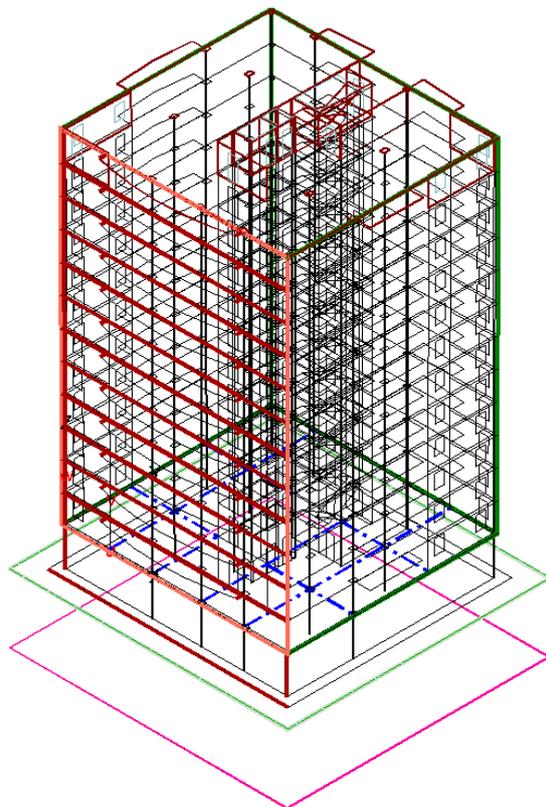
Коэффициенты влияния

Грузовые площади 0

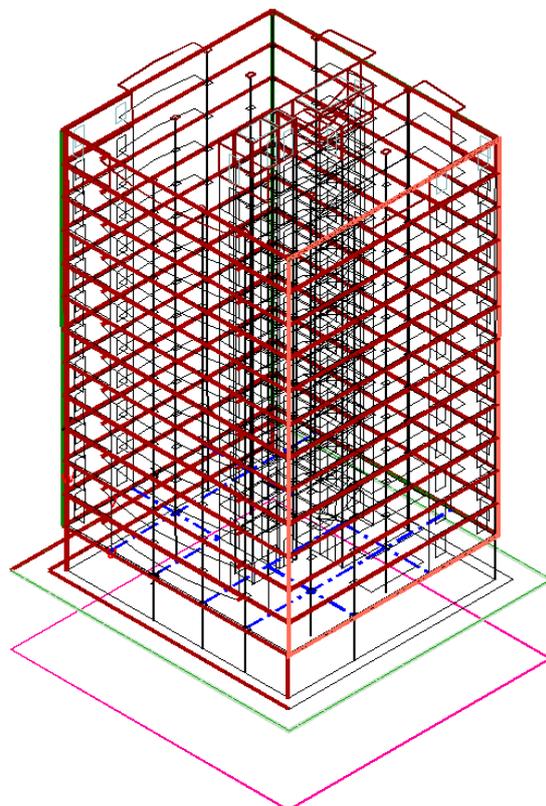
12. Выберите элемент **Передняя стена** и распределение нагрузки только на **края перекрытий** автоматически внутри плоскости.
13. Активируйте опцию **плюс**  и нажмите на кнопку **Выбрать**.
14. На дополнительной панели инструментов активируйте кнопку **выбор группы объектов**.



15. С помощью появляющейся рамки выделите все здание, и на экране появится изображение здания с маркированными линиями, по которым будет распределяться нагрузка.



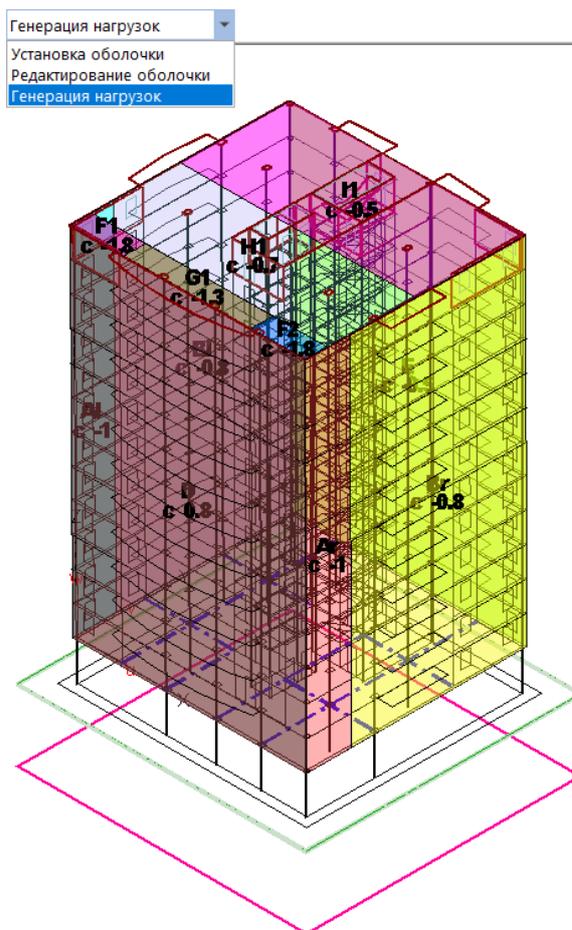
16. Прodelайте данную операцию для каждой стены.



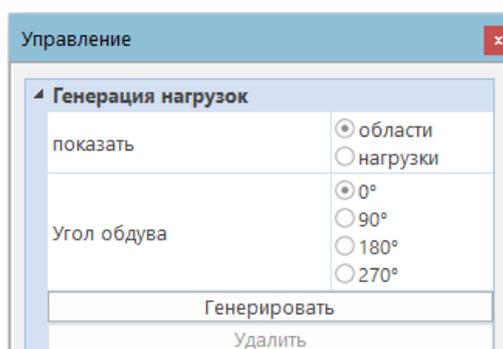
(Опция минус  диалога **Распределение нагрузки** позволяет удалить неправильно сгенерированные линии распределения нагрузок.

17. Подтвердите ввод данных нажатием на кнопку **ОК**.

18. Генерация ветровых нагрузок осуществляется в соответствии с аэродинамическими коэффициентами, просмотр которых можно осуществить, используя пункт **Генерация нагрузок** из выпадающего меню дополнительной панели инструментов.

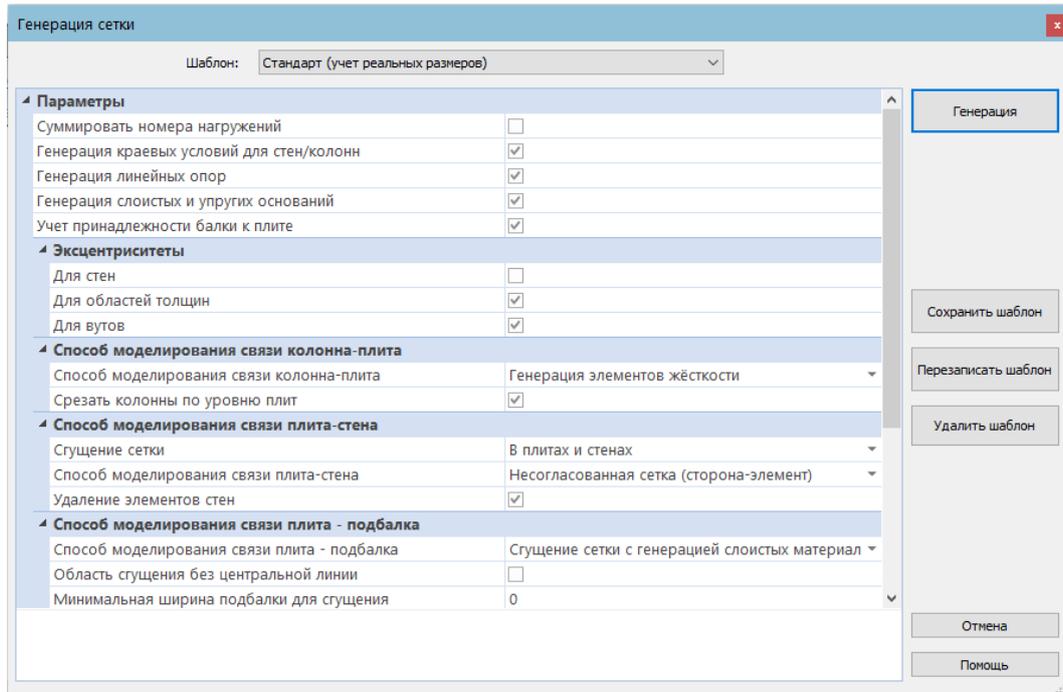


Из диалога **Управление** видно, что рисунок соответствует опции **показать области** для угла обдува 0 град.



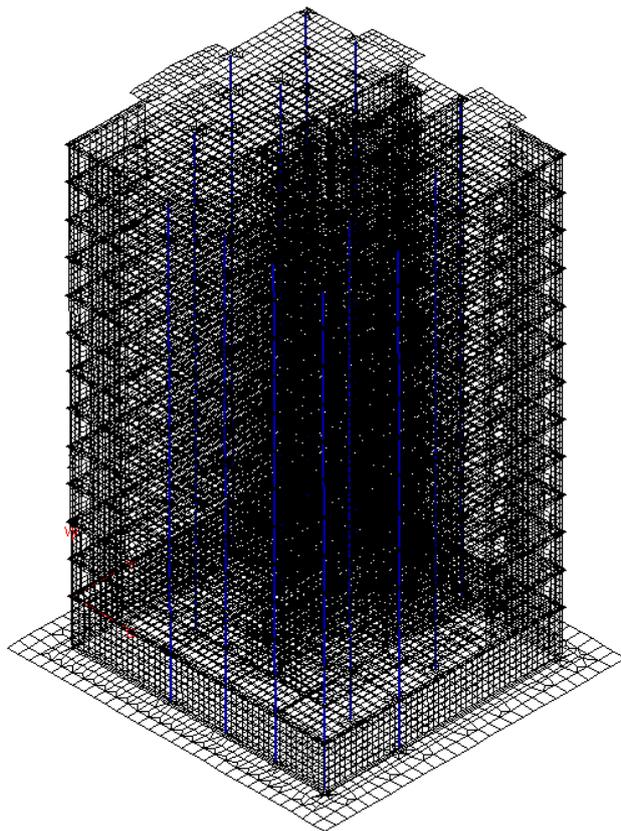
19. Сохраните проект под именем **monolit**, закройте проект и снова загрузите его.
20. Активируйте вкладку **Старт** и нажмите на кнопку **В полный проект**.
21. На ленте меню полного проекта нажмите на кнопку **Вставка**, а затем – на кнопку **Генерация сетки**.

На экране появится одноименный диалог:

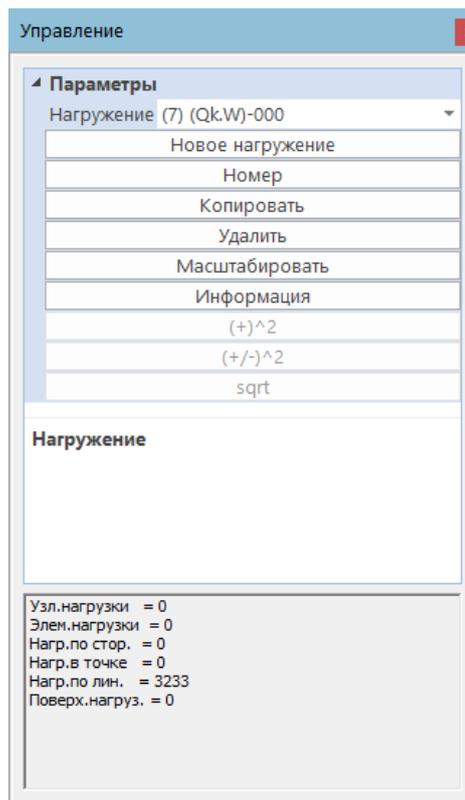


22. Оставьте значения, приведенные на скриншоте, и нажмите на кнопку **Генерация**.

23. Программа предложит сохранить проект. Сохраните его с именем **monolit**, и на экране появится FEA-проект здания.

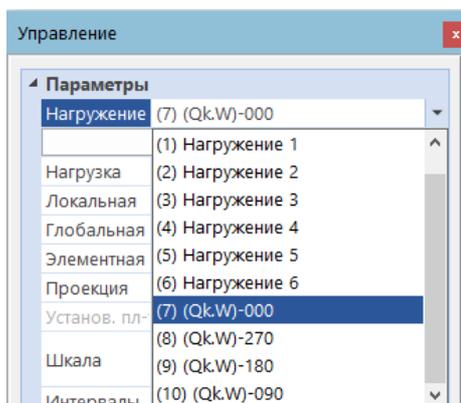


24. Для просмотра сгенерированный нагрузок, активируйте вкладку **Нагрузки** и нажмите на кнопку **Нагружения**. На экране появится диалог **Управление**.



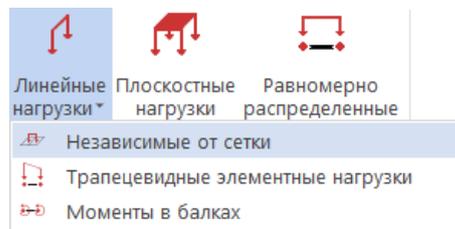
В информационном окне диалога приведены данные по типам нагрузок для выбранного нагружения.

25. С помощью выпадающего списка **Нагружение** выберите необходимое нагружение.

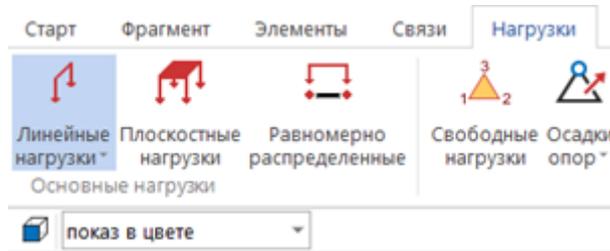


Примечание. Как видно из списка, имена нагружений не являются содержательными, поэтому в дальнейшем будет проведена коррекция наименований нагружений с целью приведения их в соответствие с **Таблицей 1** (стр. 9).

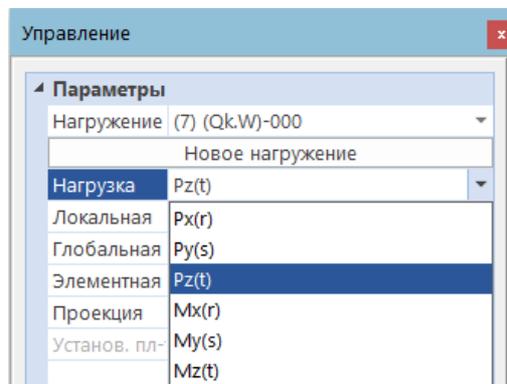
26. Нажмите на кнопку **Линейные нагрузки** и выберите опцию **Независимые от сетки**.



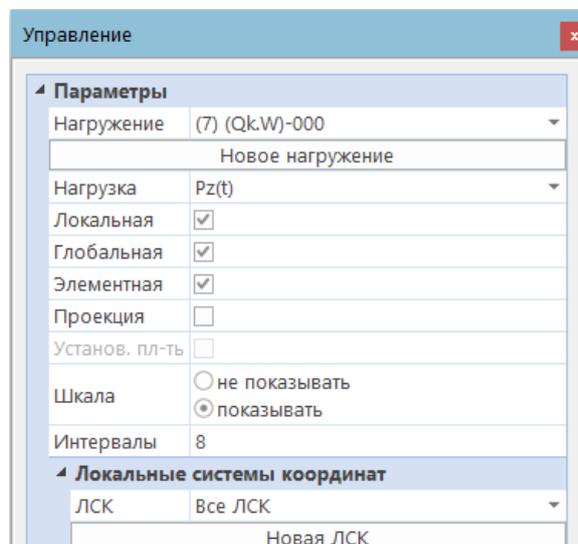
27. Из выпадающего меню на дополнительной панели инструментов выберите **показ в цвете**.



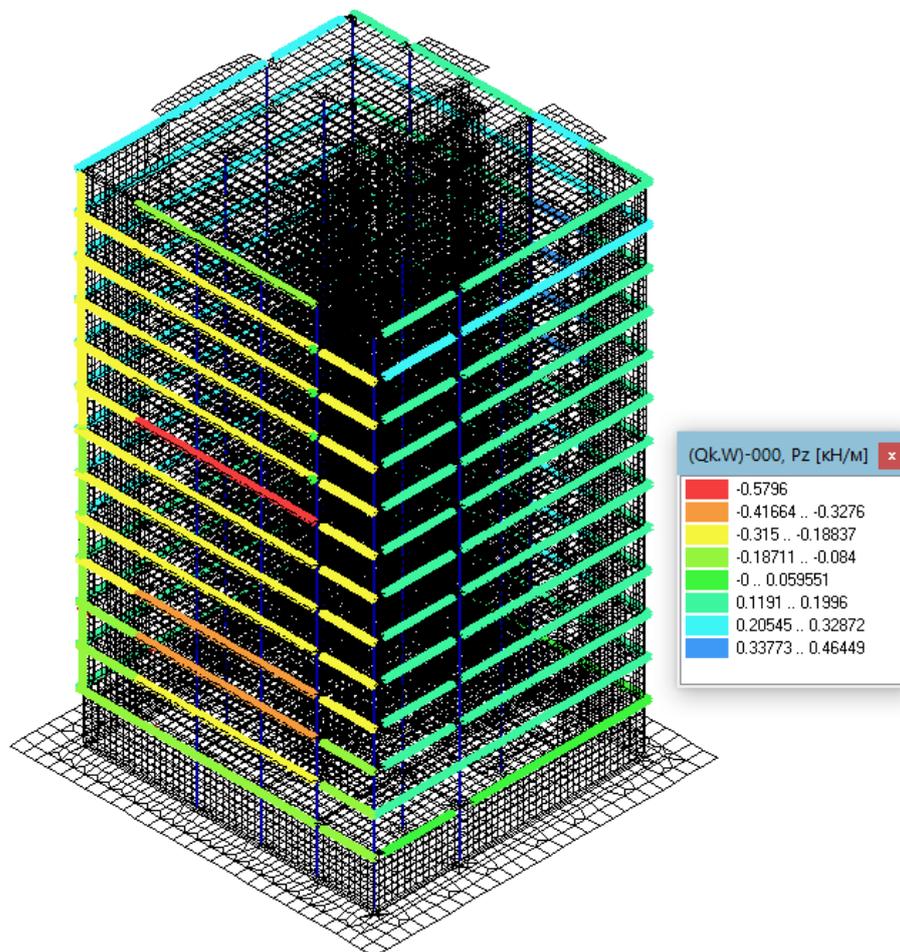
28. В диалоге **Управление** выберите для показа нагрузку **$P_z(t)$** .



29. Активируйте опцию **показывать** в строке параметра **Шкала** и выберите локальную систему координат.



На экране появляется изображение, позволяющее просмотреть преобразованные нагрузки.



Советы & рекомендации

- ❑ Значения линейных нагрузок вычисляются в зависимости от распределения нагрузки по высоте (задается нормами) и расстояния между элементами.
- ❑ Таким же образом могут быть заданы нагрузки от снега и веса ограждающих конструкций для стен и крыши. Интенсивность нагрузок на единицу поверхности задается на соответствующей вкладке.
- ❑ Моделей нагрузки **Оболочка здания** может быть несколько. Также возможно использование различных способов распределения нагрузки (соответствующие опции приведены в диалоге **Распределение нагрузки**).

4.18 Заключение к расчетной (позиционной) модели

Итак, мы создали расчетную модель (**POS**-проект) и расчетную схему в виде конечно-элементного проекта (**FEA**-проект). Еще раз обратим внимание на то, что для создания конечно-элементной схемы, необходимо сохранить созданный **POS**-проект, закрыть его и загрузить снова. После чего **POS**-проект следует вставить в окно полного проекта и перейти к генерации расчетной схемы.

5 Работа с конечно-элементным проектом и расчеты в модуле СтаДиКон

5.1 Загрузка FEA и POS проекта

Есть несколько различных способов задания конечно-элементных проектов.

Первый из них – это непосредственная работа с конечными элементами. Этот способ подходит для работы с маленькими конструкциями или с чисто стержневыми конструкциями. Кроме того, данный способ удобно использовать при точечном редактировании сложных конечно-элементных моделей: при подгонке сетки, корректировке материалов, нагрузок и т.п.

В конечно-элементном проекте хранятся все данные о конечно-элементной модели конструкции: данные о конечно-элементной сетке (узлы и конечные элементы), данные о жесткостях элементов (материалы), данные о связях (краевые условия, шарниры), данные о нагрузках и т.п. Файлы конечно-элементных проектов в **СтаДиКон** имеют расширение *.fea. В дальнейшем, для конечно-элементных проектов может использоваться сокращенное название **FEA-проекты**.

В общем случае, для задания сложных конструкций рекомендуется использовать концепцию позиций. Концепция позиций призвана облегчить работу по созданию и редактированию конечно-элементных проектов. При работе с позициями, пользователь оперирует абстракциями более высокого уровня, чем конечные элементы, такими как плиты, отверстия, стены, балки, колонны и т.п. Из этих элементов (которые называются позициями) создается позиционный проект, для которого впоследствии генерируется конечно-элементная сетка. Позиционные проекты хранятся в файлах с расширением *.pos (в дальнейшем, будет использоваться сокращенное наименование позиционных проектов – **POS-проекты**). Ранее созданный **POS-проект** можно отредактировать, а затем повторно сгенерировать для него сетку, или же редактировать уже непосредственно конечно-элементную модель. Различают два основных вида **POS-проектов**: плоские **2D-POS-проекты** (плиты и балки-стенки) и пространственные **3D-POS-проекты**.

5.2 Рабочая область

Для создания моделей сложных пространственных конструкций, удобно использовать концепцию полного проекта. В этом случае, проект разрабатывается по частям. Создается несколько частичных проектов, которые потом, при помощи механизма вставок, объединяются в единый проект. В качестве частичных проектов, могут выступать как **конечно-элементные проекты**, так и **POS-проекты**. Операция вставки частичного проекта в полный реализована предельно просто: необходимо указать только смещение и углы поворота осей системы координат частичного проекта **u-v-w** для вставляемого частичного проекта.

Фактически полный проект содержит ссылки на частичные проекты с указанием их положения. Для создания итоговой конечно-элементной модели требуется провести операцию слияния (если частичные проекты являются **конечно-элементными проектами**) или сгенерировать сетку (если частичные проекты - это **POS-проекты**).

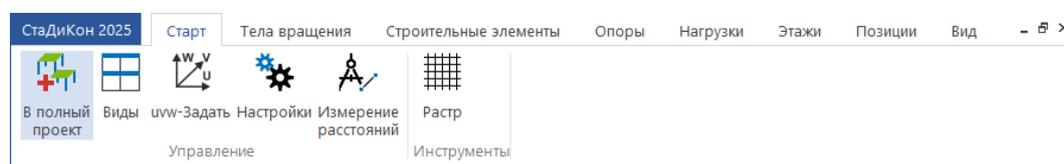
Отметим, что использование механизма ссылок позволяет более гибко организовать работу с проектом. Проект можно не только создавать, но и редактировать по частям.

Перед генерацией, для каждой вставленной позиции, должен быть задан прямоугольный шаблон сетки. Задается шаг сетки по каждому направлению и угол поворота шаблона (страница **Шаблон** в диалоге свойств позиции). Затем сетка автоматически генерируется с учетом заданного шаблона. Генератор сеток позволяет создавать сгущение сетки для плит в месте примыкания колонн, учитывать физические размеры сечений колонн, стен, а также автоматически создавать группы узлов для учета совместной работы колонны и плиты и групп несогласованных сеток для учета совместной работы плиты и стен.

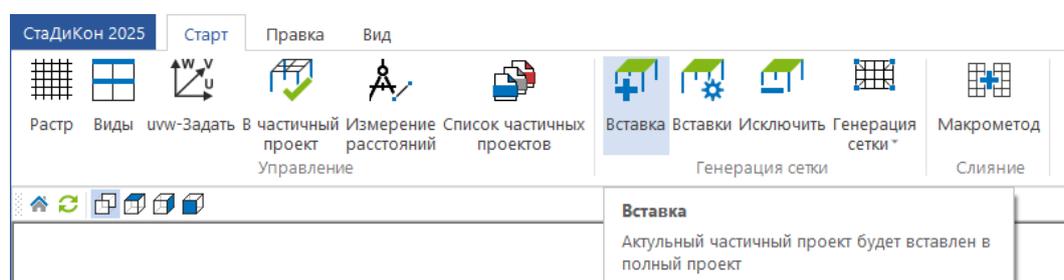
Существует единственное ограничение на работу с полным проектом - вставляемые частичные проекты должны быть одного типа: или только **конечно-элементные проекты**, или только **POS-проекты**.

Шаг за шагом

1. Для того, чтобы сгенерировать конечно-элементную сетку для **POS-проекта monolit**, загрузите этот проект при помощи функции **Открыть** и перейдите в режим полного проекта, для чего при активной вкладке **Старт**, нажмите на одноименную кнопку.



2. Вы перейдете в окно редактирования полного проекта, и *лента меню* изменит свой вид. Чтобы добавить в полный проект имеющийся **POS-проект**, используйте функцию **Вставка**.

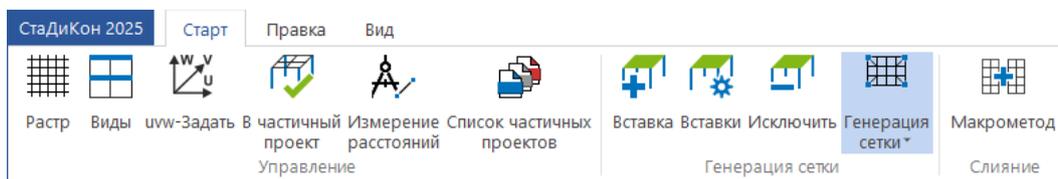


3. В рабочем окне появится модель многоэтажного здания. При использовании данного типа вставки не запрашивается смещение и угол поворота частичного проекта, т.к. они совпадают с положением осей **u-w** в частичном проекте.

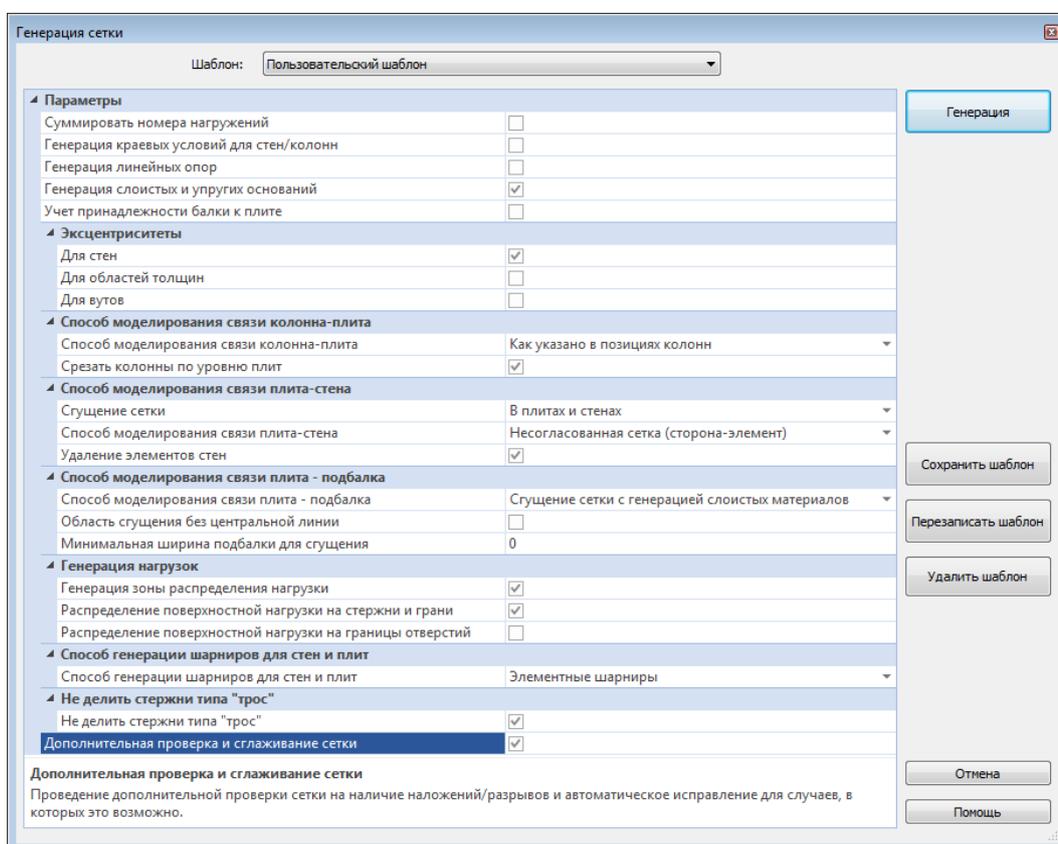
5.3 Генерация конечно-элементной сетки

Шаг за шагом

1. Для запуска генерации конечно-элементной сетки, вызовите команду **Генерация сетки** (**Полный проект > Старт > Генерация сетки**).



2. В появившемся диалоге выберите параметры генерации, как указано на рисунке. Данные параметры ориентированы на получение наиболее адекватной модели с учетом реальных размеров и взаимодействия элементов.



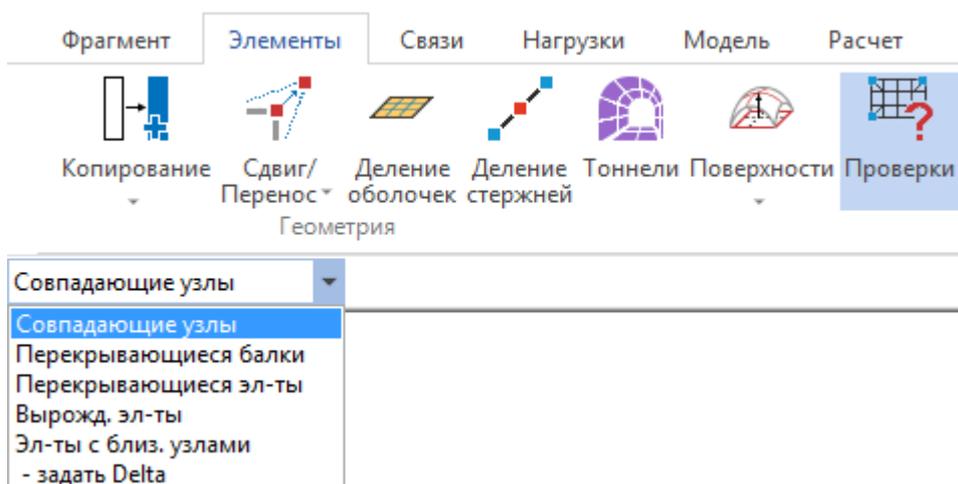
3. Нажмите на кнопку **Генерация**. После генерации сетки, перед появлением запроса на сохранение, во **Viewer** может появиться информация о конечных элементах, которые были исправлены в процессе дополнительной проверки и сглаживания сетки.
4. На экране появится стандартный диалог для сохранения. Проект имеет расширение *.fea. Нажмите на кнопку **Сохранить**.

5.4 Правка конечно-элементной сетки

5.4.1 Визуальный контроль результатов генерации сетки

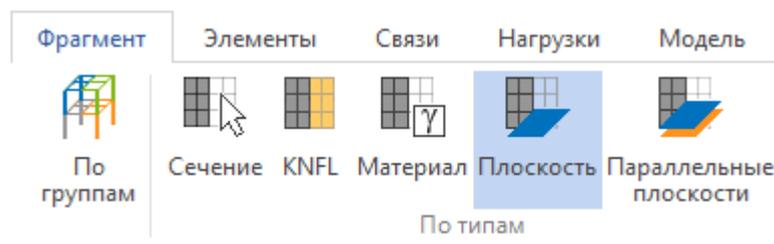
Используя опцию вкладка **Вид > сетка/контур**, можно осуществлять визуальный контроль результатов генерации конечно-элементной сетки. Данная опция позволяет включить и отключить изображение конечно-элементной сетки (когда остаются видимыми только контуры конструкции).

Наличие дополнительных линий на «контурной» модели здания показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке (например, отсутствие связи между элементами, наложение элементов друг на друга, неплоские пластинчатые элементы и т.п.). Чаще всего, такие дефекты вызваны ошибками при вводе позиций (например, неточным заданием координат), а также неудачным выбором шаблона для генерации конечно-элементной сетки. Для исправления подобных дефектов сетки, применяется **Дополнительная проверка и сглаживание сетки** (см. выше диалог **Генерация сетки**). Но даже при применении данной проверки, необходимо следить за корректностью сетки. Также можно применить проверки наложения элементов и их геометрии с использованием функции **Проверки** на вкладке **Элементы**.

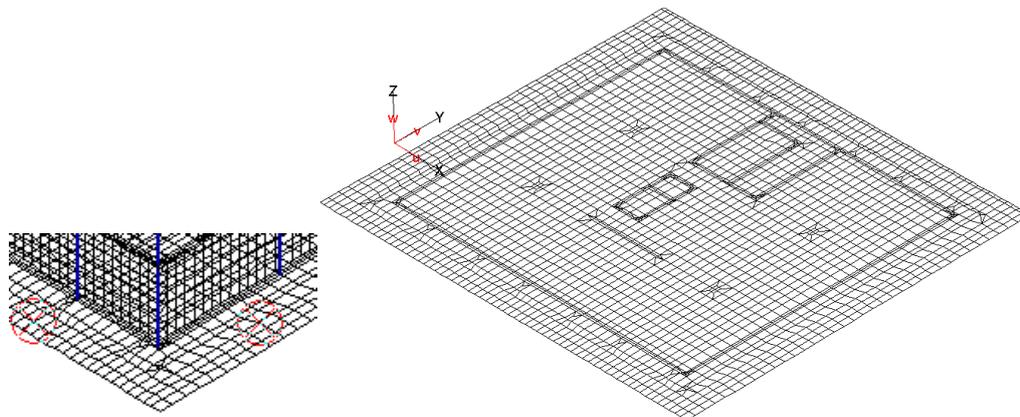


Шаг за шагом

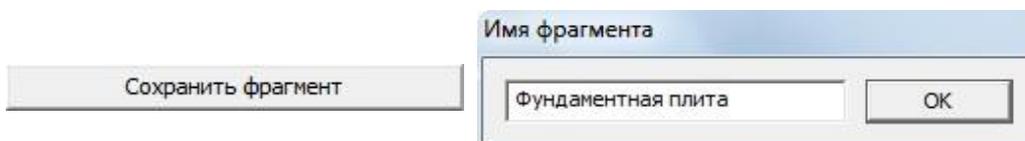
1. Проверьте правильность генерации сетки на фундаментной плите. Для того чтобы скрыть остальные элементы здания, необходимо выбрать для отображения на экране фрагмент модели - фундаментную плиту. Используйте для этого функцию **Плоскость** в закладке **Фрагмент**.



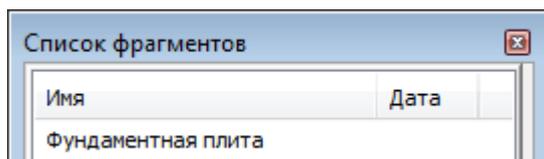
2. Последовательно укажите три точки в плоскости фундаментной плиты, не лежащие на одной прямой, для того, чтобы программа выбрала необходимую плоскость для отображения.



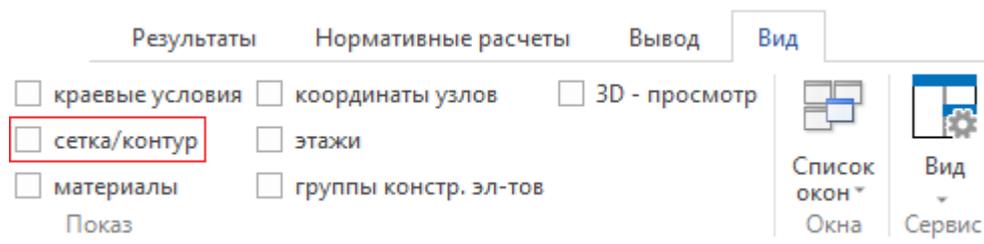
- Для более быстрого последующего отображения данного фрагмента на экране, сохраните его в **Списке фрагментов**, щелкнув клавишей мыши по кнопке **Сохранить фрагмент**.
- В появившемся окне введите имя фрагмента **Фундаментная плита** и нажмите **ОК**.

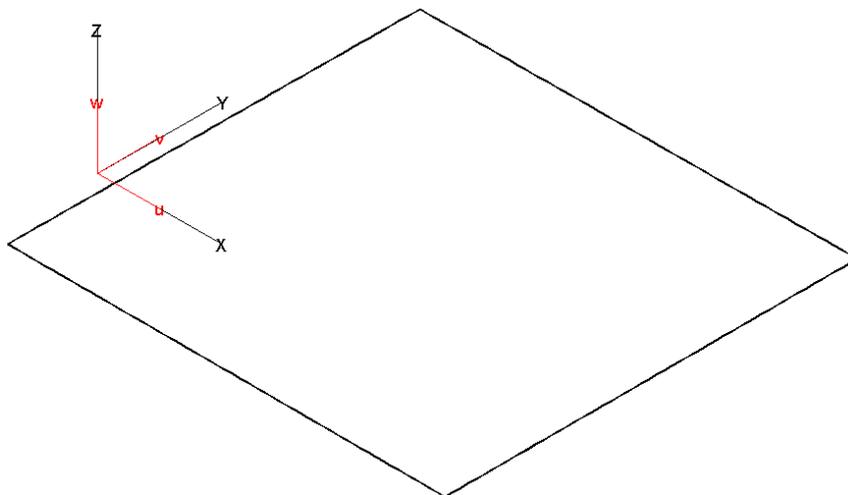


- Для активации сохраненного фрагмента в последующем, выберите его название в диалоге **Список фрагментов**.

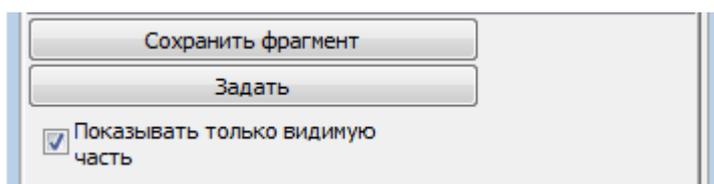


- Выйдите из режима задания фрагмента, используя кнопку **Домой** на дополнительной панели инструментов. 
- Отключите опцию **сетка/контур** на вкладке **Вид** ленты меню.

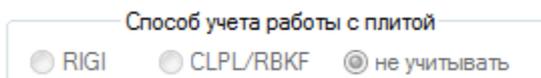




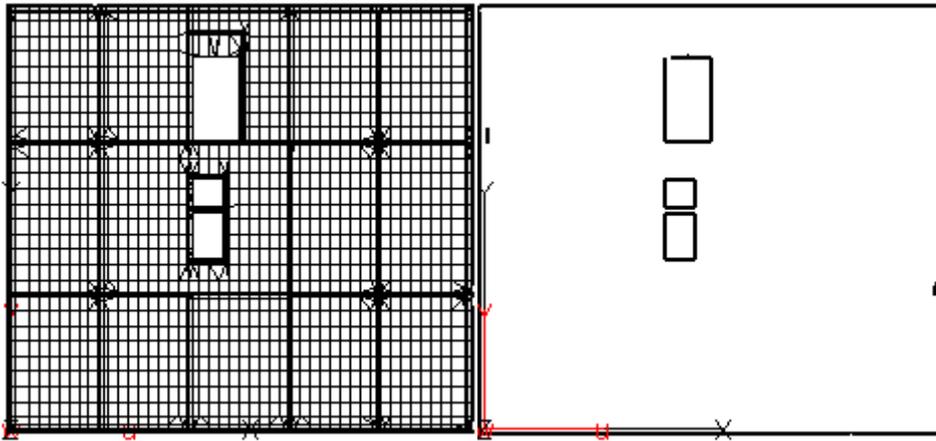
8. Наличие дополнительных линий на «контурной» модели плиты показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке. В данном случае, «контурная» модель плиты имеет корректный вид.
9. Для возврата к полной модели, используйте функцию **Показать все** при активной вкладке **Фрагмент**.
10. Определите как фрагмент перекрытие подвального этажа, используя функцию **Плоскость**, по аналогии с фундаментной плитой.
11. Укажите плоскость, задав три точки принадлежащие перекрытию, и сохраните фрагмент под именем **Перекрытие подвала**.



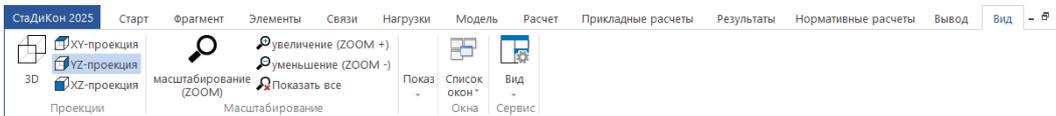
12. На перекрытии нет сгущения конечно-элементной сетки для колонн, так как в параметрах колонн данного этажа активна опция **не учитывать**.



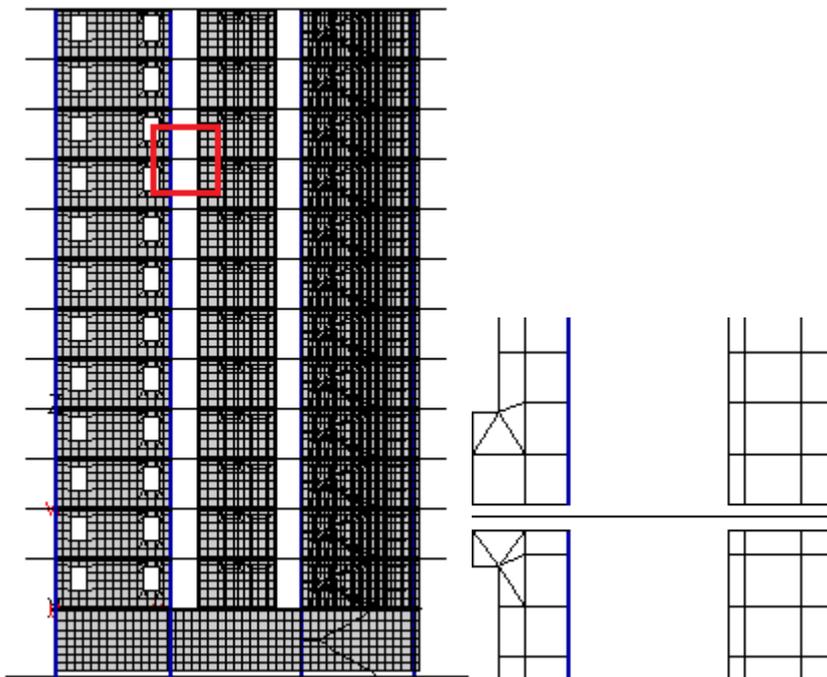
13. Для подбалок мы видим сгущение сетки, так как при генерации, программа преобразовала их в плоскостные элементы со специальным типом материала (слоистый).
14.  Выйдите из режима **Фрагмент**, используя кнопку **Домой** на дополнительной панели инструментов.
15. Проверьте «контурную» модель на наличие дефектов, отключив опцию **сетка/контур** на вкладке **Вид** ленты меню.

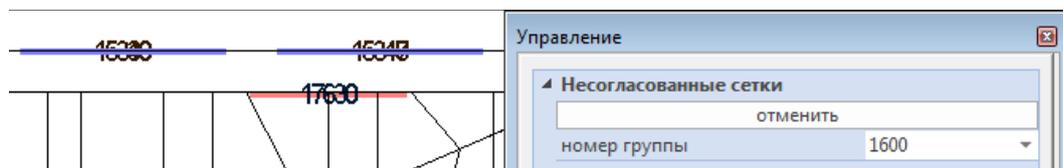


16. Проверьте модель на наличие сгущения сетки в местах установки колонн и отсутствие дефектов генерации сетки на всех этажах и крыше здания.
17. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, нажав на соответствующую кнопку на дополнительной панели инструментов или на такую же кнопку при активной вкладке **Вид**.



18. Обратите внимание на зазор между плоскостью плиты и стены. Для того чтобы избежать учета «двойной» жесткости (наложение жесткости плиты на жесткость стены), перед генерацией сетки, Вы задали параметр: **Способ моделирования связи плита-стена > Несогласованные сетки (сторона - элемент) > Удаление элементов стен. п.5.3 (пп.2).**





19. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Несогласованные сетки**.

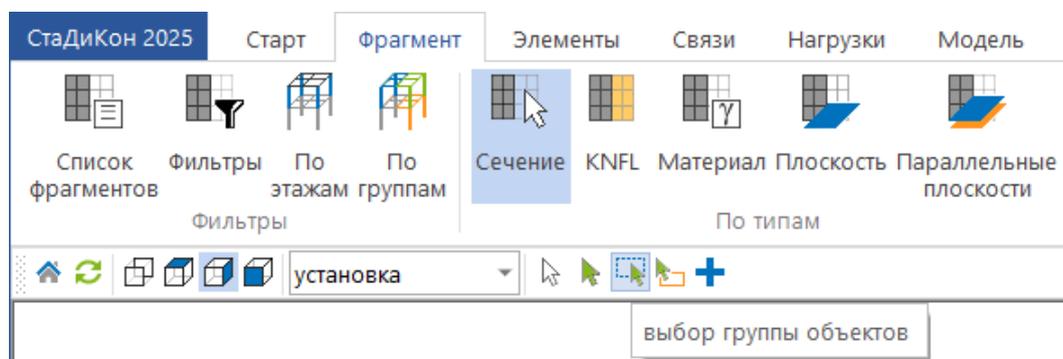


20. Появившиеся на чертеже номера – это порядковые номера групп элементов, в которых есть связь.

21. Проверьте корректность генерации несогласованных сеток по всему зданию.

22. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, нажав на соответствующую кнопку на дополнительной панели инструментов.

23. При активной вкладке **Фрагмент**, выберите кнопку **Сечение**.

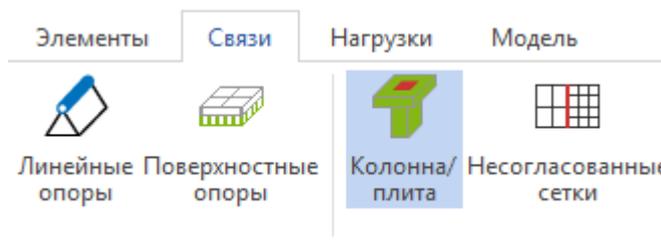


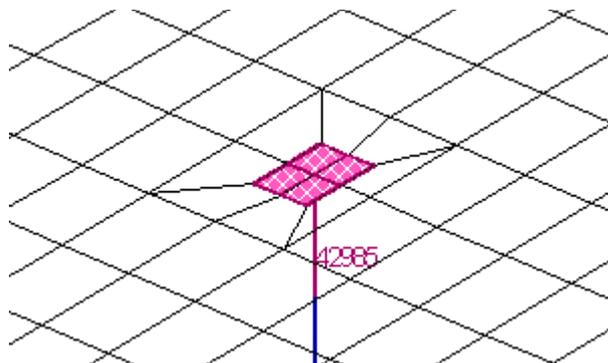
24. На дополнительной панели инструментов активируйте опцию выделения **выбор группы объектов** с помощью указанной кнопки. Выделите только последний этаж здания.

25. Для завершения команды, воспользуйтесь кнопкой **Домой**.

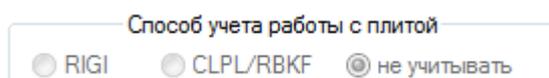
26. С помощью одноименной кнопки, установите вид **3D**.

27. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Колонна/плита**.





28. Заштрихованная область и номер связи на колоннах говорят о наличии связи элементов жесткости - **CLPL**.
29. При генерации конечно-элементной сетки, для элементов колонн была включена опция **Срезать колонны по уровню плит**, поэтому стержни не были доведены до срединной плоскости плиты. Данное обстоятельство позволит корректно учесть реальную длину элемента и избежать двойного учета жесткости в стыке колонна-плита.
30. В местах сопряжения колонн и перекрытия подвального этажа связи **CLPL** отсутствуют, так как в свойствах колонн соответствующая опция неактивна.

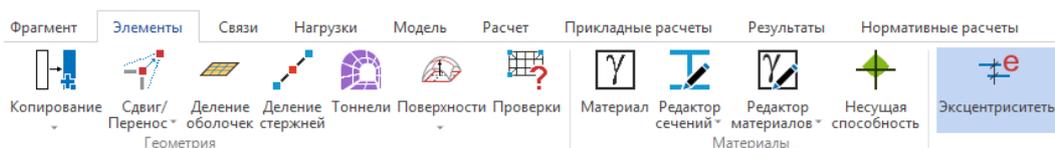


31. Проверьте правильность сгенерированных связей **CLPL**.

5.4.2 Проверка правильности расстановки эксцентриситетов

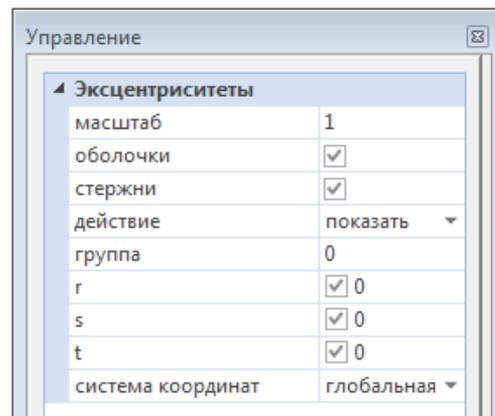
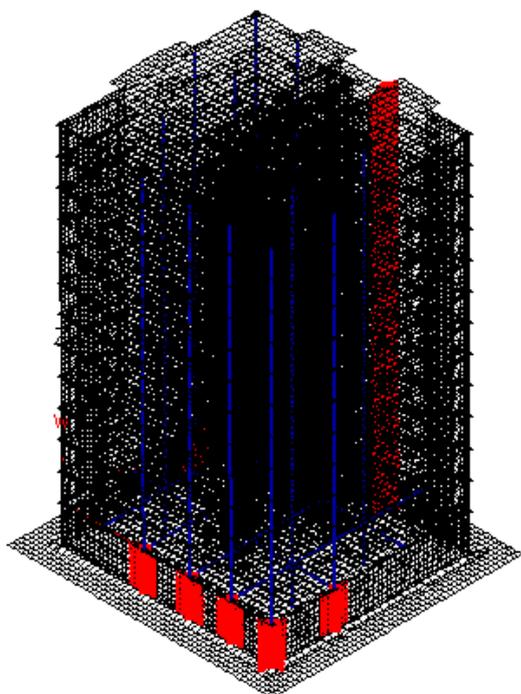
Несмотря на то, что при генерации конечно-элементной сетки мы включили в параметрах генерации опцию автоматической расстановки эксцентриситетов для стен, после генерации необходимо проверить правильность их расстановки.

При активной вкладке **Элементы**, выберите кнопку **Эксцентриситеты**.

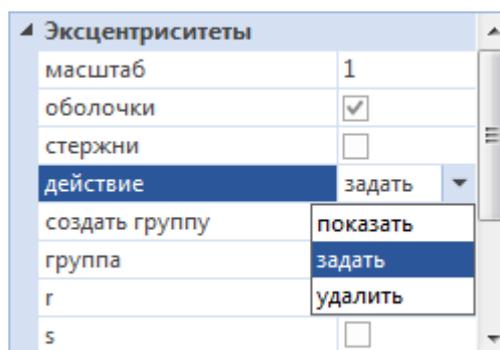


1. В окне **Управление** проследите, чтобы были отмечены направления, виды элементов и выбрано действие - **показать**.
2. Номер группы укажите равным 0, что соответствует выбору всех имеющихся в проекте групп эксцентриситетов. В рабочем окне отобразятся все введенные эксцентриситеты.

Шаг за шагом



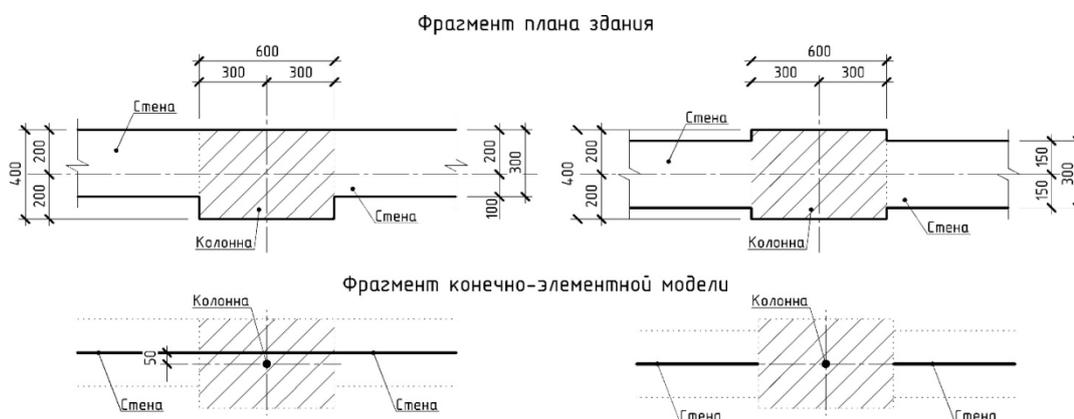
3. Проверьте правильность расстановки эксцентриситетов, последовательно выбирая номера в выпадающем списке **группа**. Значения эксцентриситетов при этом будут отображаться в окне **Управление**, а соответствующая группа выделяться в рабочем окне.
4. При наличии ошибок, выйдите в режим редактирования эксцентриситетов, выбрав действие **задать**.



5. С помощью выпадающего списка **группа**, выберите группу для редактирования.
6. Укажите направление действия эксцентриситета, систему координат и тип элементов, для которых задается эксцентриситет, выбрав соответствующие опции.
7. Щелкните левой клавишей мыши в строке направления и измените значение эксцентриситета.
8. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.

5.4.3 Изменение свойств колонн

В реальной проектной практике достаточно часто встречаются такие случаи, когда несущая колонна расположена в точке пересечения координатных осей, а несущая стена с неким эксцентриситетом от оси (в данном примере эксцентриситет равен 50 мм), при этом внешние грани колонны и стены совпадают.



В первом случае, при вводе позиций и дальнейшей генерации сетки, взаимосвязь узлов колонны и стен отсутствует, так как нет общих узлов. Элементы стены генерируются по срединной плоскости стены, а элементы колонны генерируются по ее оси без взаимной связи.

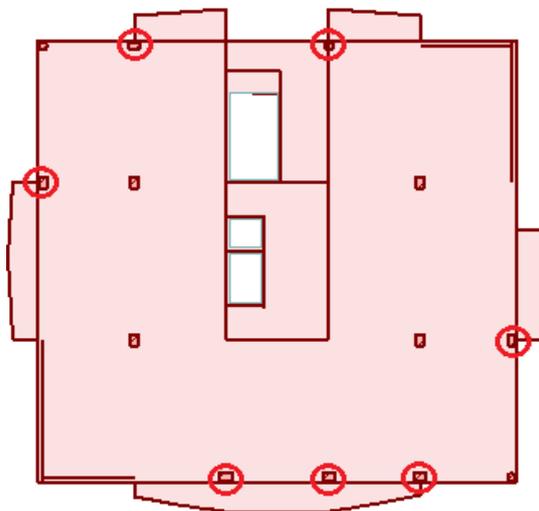
В случае же когда колонны и стены «привязаны» к координатным осям центрально, то ввод позиций и генерация элементов происходит корректно без задания дополнительных параметров.

Для моделирования такого рода связи, можно использовать несколько разных вариантов. Рассмотрим один из них.

Для того чтобы была связь узлов стены и колонны, и генерация сетки в первом случае, происходила корректно, необходимо проделать некоторые операции.

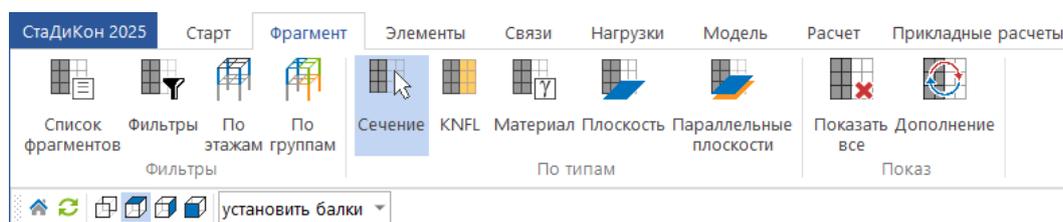
Во-первых, при вводе позиций, колонны устанавливаются по оси стен. Далее задаются необходимые эксцентриситеты в свойствах специального типа материала - прямоугольный. Для других типов сечений можно использовать непосредственное задание эксцентриситета в модели. Следует помнить, что для примыкающих колонн данные должны быть согласованы (в зависимости от реального положения элементов).

Задайте эксцентриситеты для следующих колонн:

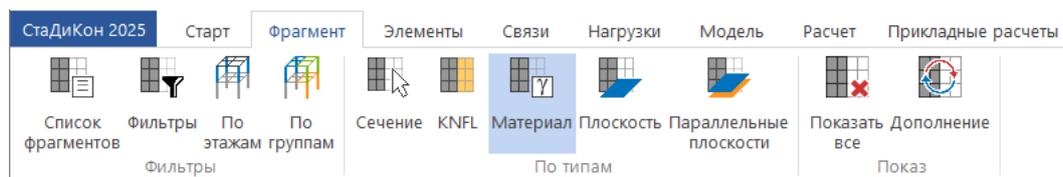


Шаг за шагом

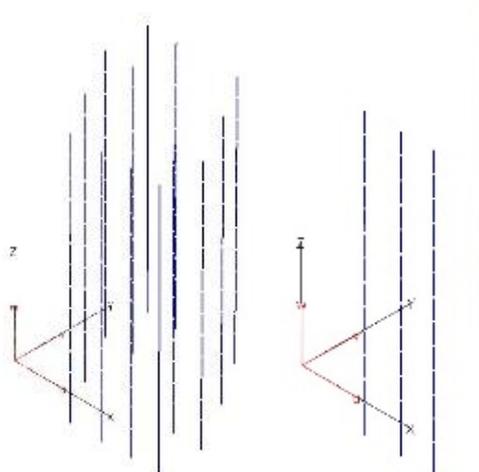
1. При активной вкладке **Фрагмент**, выберите кнопку **Сечение** и опцию **установить балки** в выпадающем меню.



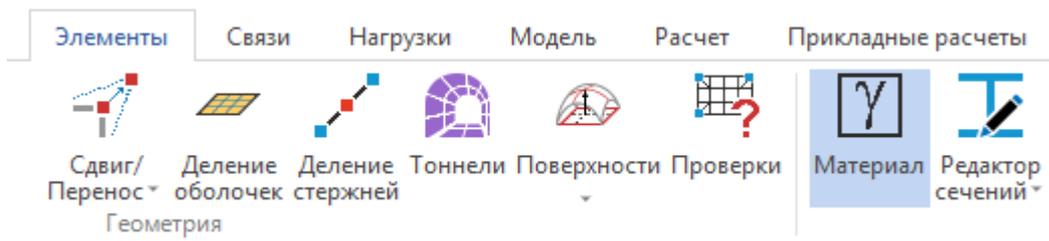
2. Воспользуйтесь кнопкой **Материал** для перехода к выбору колонн.



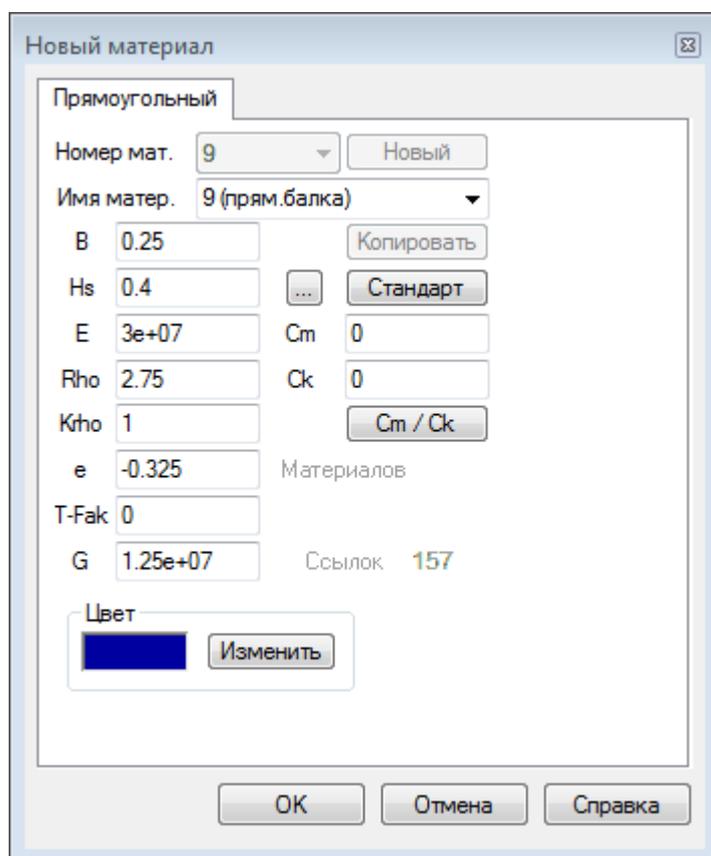
3. Кликните по необходимой колонне для фильтрации их по материалу.



4. Выйдите из режима, нажав на кнопку **Домой**.
5. Отобразите **локальные координаты** элементов и установите вид сверху **XY-проекция**, выбрав соответствующие опции на вкладке **Вид**.
6. Перейдите к функции **Элементы > Материал**.



7. В окне **Управление** выберите тип материала **прямоугольный** и нажмите на кнопку **новый**.
8. В появившемся диалоге задайте все необходимые значения в полях ввода. Значение эксцентриситета задается только вдоль оси **S**.



9. Подтвердите параметры, нажав на **ОК**.
10. Активируйте опцию ввода **выбор группы объектов** и выделите элементы. На экране появится номер созданного материала.
11. Выйдите из режима **Установка материалов**, используя кнопку **Домой**.

12. Необходимо повернуть оси. При активной вкладке **Элементы**, выберите кнопку **ЛСК стержней** и в окне **Управление** установите галочку возле параметра **g-поворот**.
13. Рядом появится значение 0, задайте значения угла поворота, на который необходимо повернуть элемент, равным 180 градусам.
14. Выделите необходимые элементы.

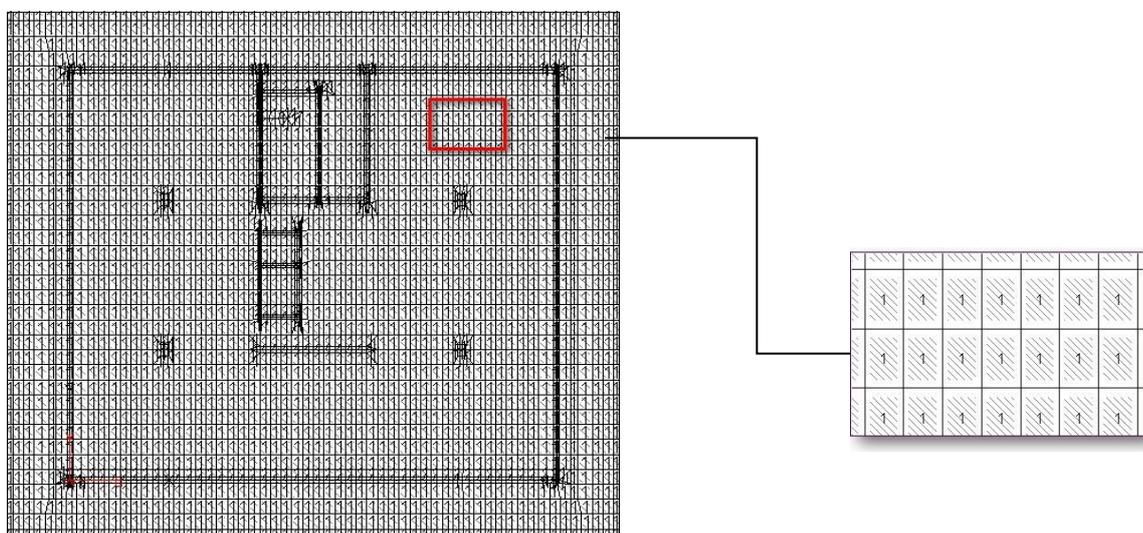


15. Выйдите из режима редактирования, используя кнопку **Домой**.
16. Аккуратно проделайте операции с остальными колоннами, в которых необходимо задать эксцентриситет.

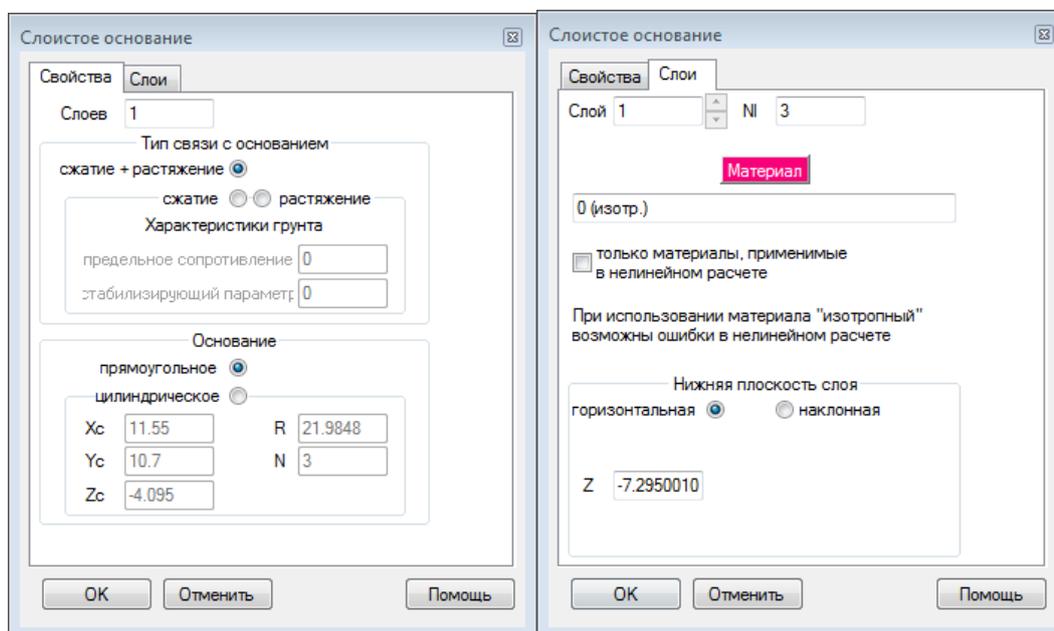
5.4.4 Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты

Шаг за шагом

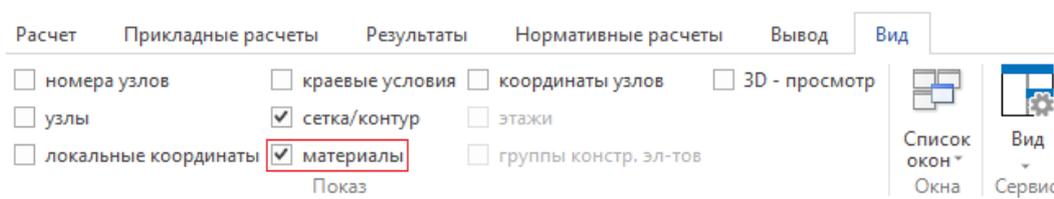
1. Сделайте видимым ранее созданный фрагмент **Фундаментная плита** (см. п.5.34.1 (пп.5)).
2. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Слоистое основание**. В рабочем окне на элементах основания отобразится слоистое основание в виде цветной заливки. Выберите опцию **Подписи** в окне **Управление** для показа номера присвоенного слоистого основания.

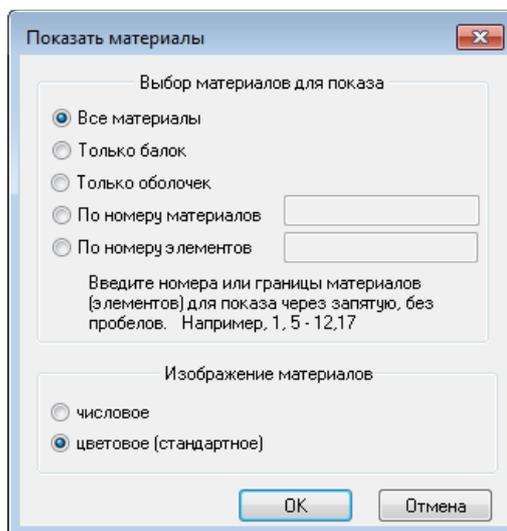


3. Просмотреть свойства слоистого основания можно, щелкнув левой клавишей мыши в информационном окне.
4. Поскольку по заданию под фундаментной плитой и за ее пределами основание имеет разные свойства, то необходимо создать новое основание с измененными характеристиками. Для этого, в режиме **Связи > Слоистое основание > установка**, нажмите на кнопку **Новое** в окне **Управление**.
5. В появившемся диалоге укажите свойства основания, соответствующего той его части, которая находится за пределами фундаментной плиты.

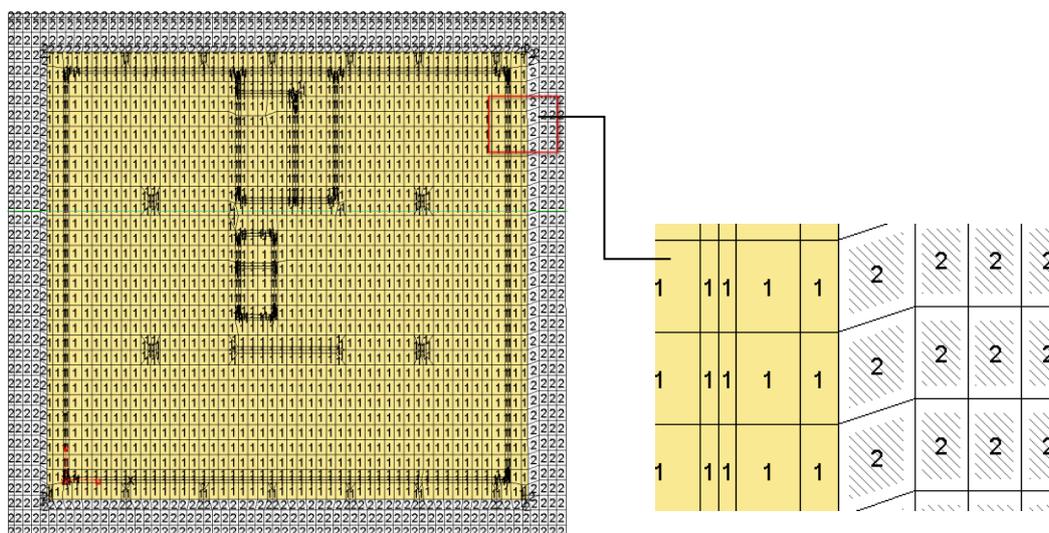


6. Чтобы проще найти законтурные элементы основания, включите цветное отображение материалов. Для этого, при активной вкладке **Вид**, выберите кнопку **материалы** и в появившемся окне активируйте опции **Все материалы** и **цветовое (стандартное)** отображение.





7. Последовательно выделите все элементы основания за контуром фундаментной плиты при активной функции **выбор группы объектов**.



Советы & рекомендации

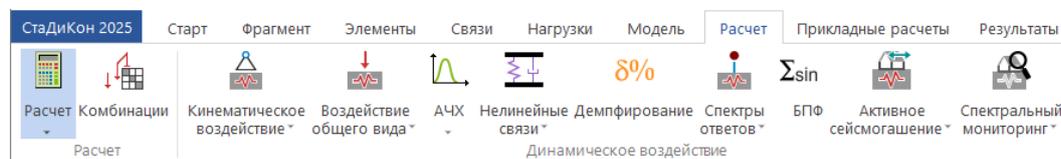
Обратите внимание на то, что при задании слоистого основания, никаких дополнительных опорных закреплений вводить не требуется.

5.4.5 Выполнение проверочного статического расчета

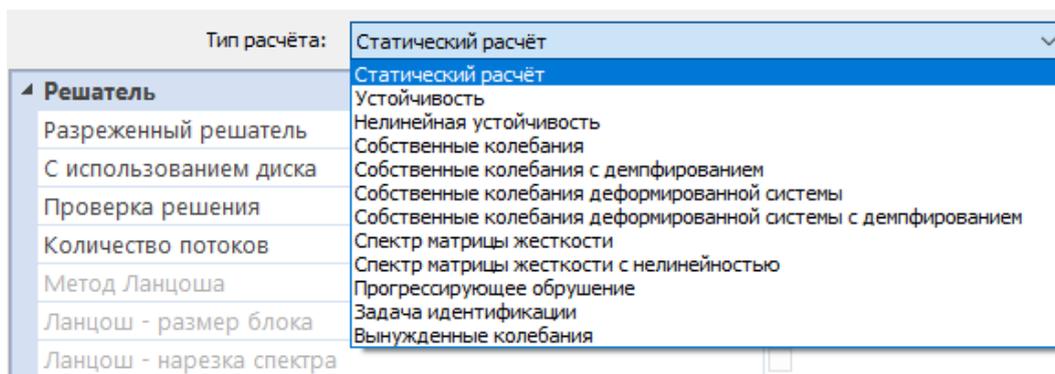
Для того чтобы выявить остальные ошибки генерации конечно-элементной сетки, выполним предварительный «проверочный» расчет.

Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Расчет**, выберите одноименную кнопку.



На экране появится диалог **Параметры расчета**, позволяющий указать **Тип расчёта**.



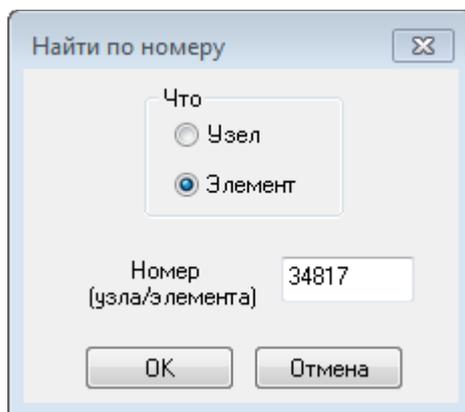
2. Оставьте все параметры по умолчанию и нажмите на кнопку **Расчёт**.
3. Начнется расчет. Одновременно, в программе **Viewer** будет происходить формирование протокола расчета, содержащего замечания, информацию об объемах данных и т.п.
4. Если в модели есть грубые ошибки, то расчет будет автоматически прерван, и в отчете появится информация об ошибках. Например: *"В модели присутствует элемент с нулевой площадью или длиной. Номер элемента 34817"*.

Данная ошибка появляется в связи с совпадением (превышением) значения эксцентриситета (сопряжение колонны и стены) с размером конечного элемента. Для устранения ошибки, нельзя изменять значение эксцентриситета, так как его изменение означает несоответствие расчетной схемы и проекта, что недопустимо при расчете зданий и сооружений. Необходимо изменить размер конечного элемента путем перемещения узлов на некоторое расстояние. Рассмотрим решение проблемы при ее возникновении.

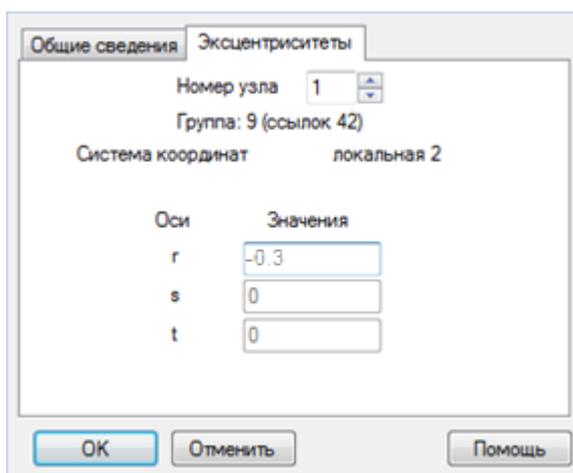
5.4.6 Редактирование конечно-элементной сетки

1. Откройте **FEA**-проект многоэтажного здания.
2. Щелкните правой клавишей мыши в свободном поле рабочего окна и в появившемся меню выберите команду **Элемент > Найти элемент**.
3. В появившемся диалоговом окне укажите номер элемента, вызвавшего ошибку при расчете.

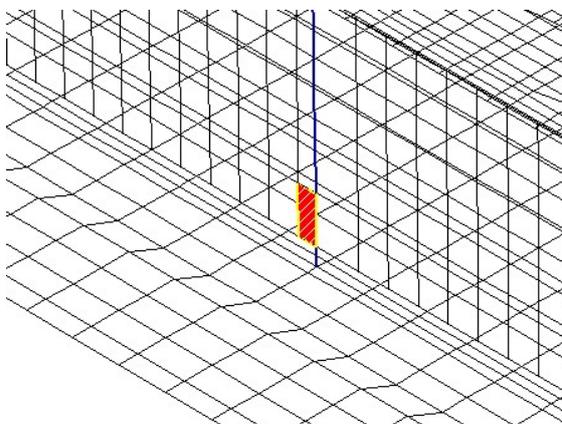
**Шаг за
шагом**



4. В рабочем окне у Вас выделится искомый элемент и появится окно с его свойствами.

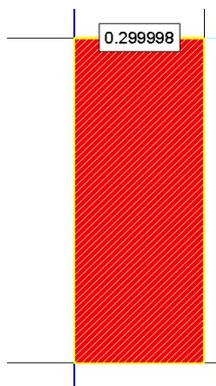
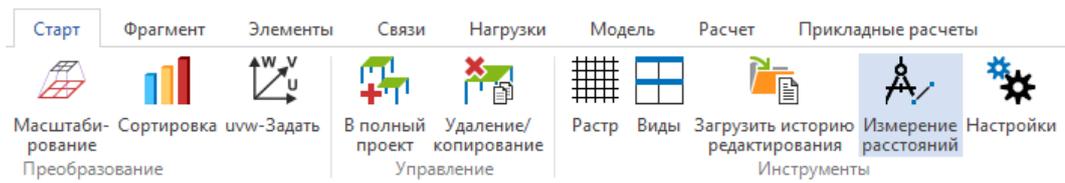


5. Обратите внимание на то, что в элементе заданы эксцентриситеты. Перейдите во вкладку **Эксцентриситеты** и просмотрите значения эксцентриситетов, изменяя номер узла.
6. Нажмите на кнопку **ОК**.
7. Посмотрите, где находится данный элемент в каркасе здания.

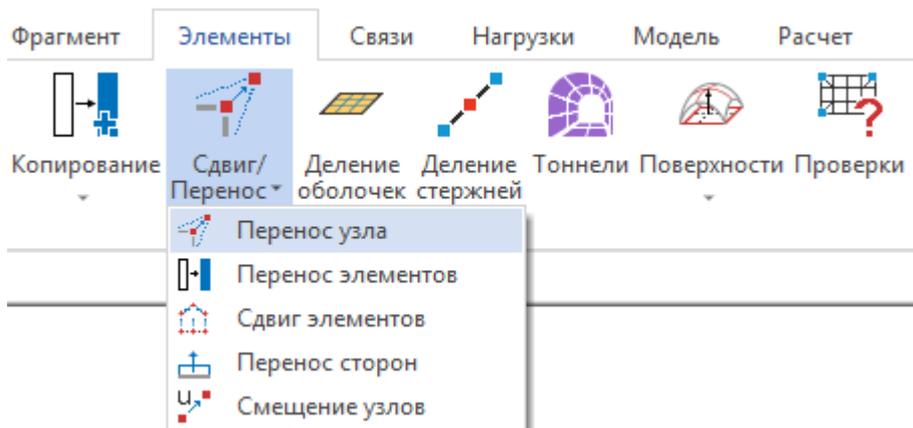


8. Сделайте видимой только плоскость стены, которой принадлежит данный элемент (см. п. 5.4.1 (пп.1))
9. Установите для модели вид спереди, нажав на кнопку **XZ-проекция** при активной вкладке **Старт**.

10. Измерьте длину элемента. Для этого при активной вкладке **Старт**, выберите кнопку **Измерение расстояний** и укажите две угловые точки элемента.

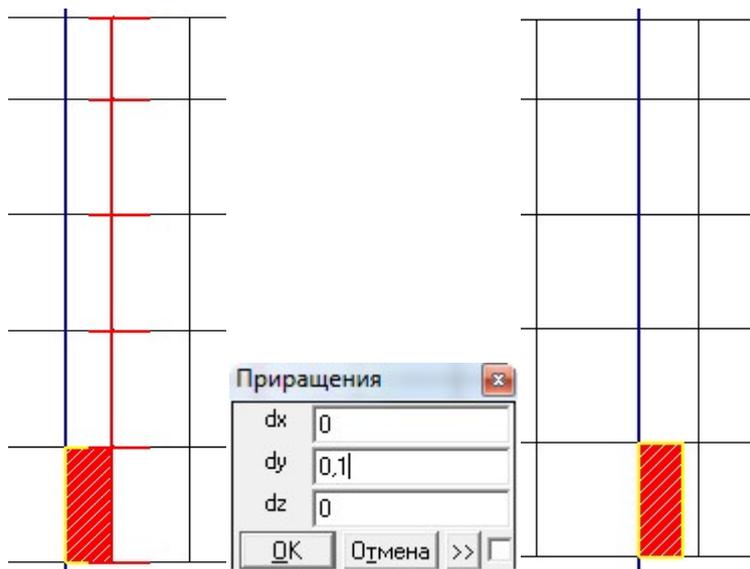


11. При измерении видно, что эксцентриситет полностью «съедает» элемент, в результате чего в процессе расчета появляется сообщение об ошибке.
12. Просмотрите нет ли еще элементов, примыкающих к колоннам, чьи размеры могут быть меньше эксцентриситетов. Измерьте эти элементы. Очевидно, что элементы, примыкающие к соседней колонне, также могут оказаться с нулевой площадью, что подтверждается при измерении.
13. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.
14. При активной вкладке **Элементы**, выберите кнопку **Сдвиг/Перенос** и опцию **Перенос узла** в выпадающем меню.



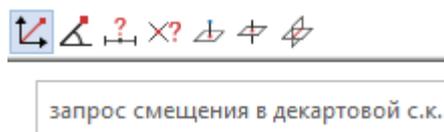
15. На дополнительной панели инструментов сделайте активной опцию ввода **выбор группы объектов**.

16. Выделите рамкой узлы, которые необходимо переместить.



Для завершения выделения, щелкните правой клавишей мыши в рабочем окне.

17. На дополнительной панели инструментов активируйте функцию **запрос смещения в декартовой системе координат**.



18. Укажите начальную точку, щелкнув по ней левой клавишей мыши, и в появившемся окне задайте значение смещения.

19. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.

5.4.7 Выполнение проверочного статического расчета

Для проверки корректности генерации конечно-элементной сетки, вновь выполните проверочный статический расчет.

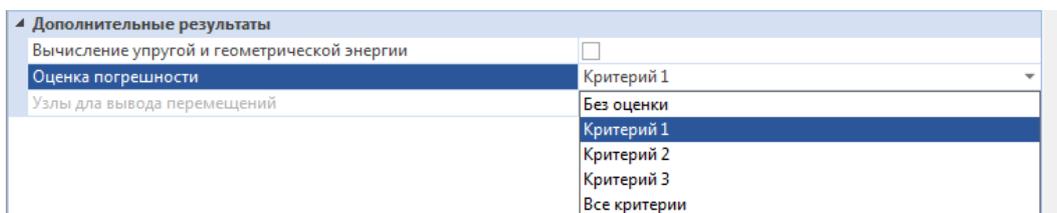
5.5 Оценка погрешности

В ходе выполнения любого расчета по методу конечных элементов, необходимо контролировать, достаточно ли принятых размеров ячейки сетки и оценивать возникающие при расчете погрешности.

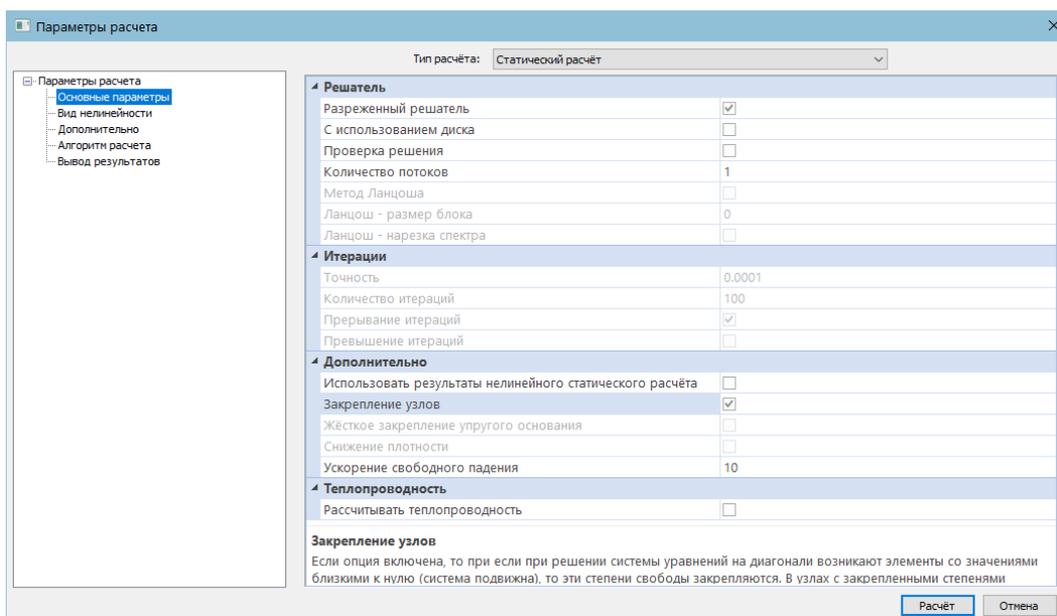
В **СтаДиКон** оценку погрешностей можно выполнить в ходе статического расчета.

1. При активной вкладке **Расчет**, выберите одноименную кнопку.
2. В появляющемся диалоге укажите тип расчета **Статический** и в качестве параметра расчета выберите **Вывод результатов**.
3. Укажите для оценки погрешности **Критерий 1**.

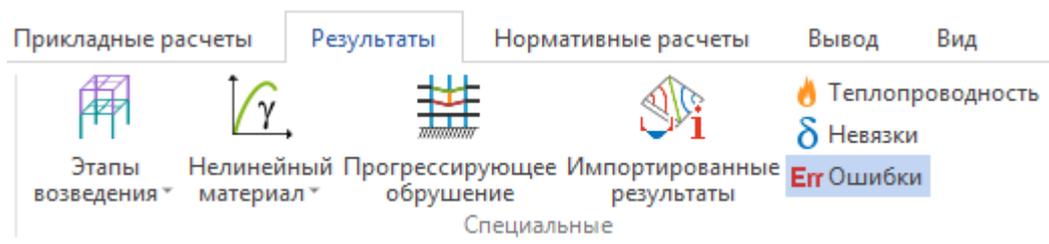
Шаг за шагом



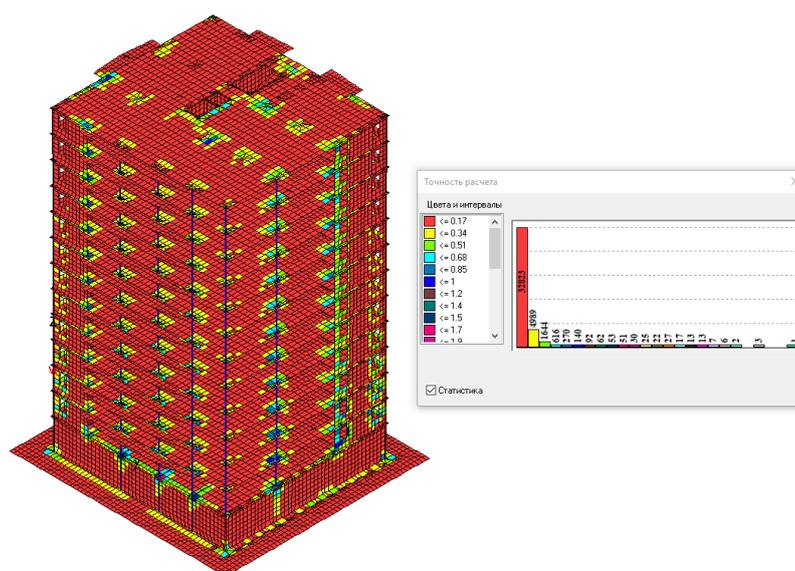
4. По результатам статического расчета проводится апостериорная оценка точности решения для элементов плосконапряженного/плоскодеформированного состояния, плит и оболочек. Результаты выводятся в файл $\langle \rangle.ee1$. При этом точность оценивается по норме разности осредненного и неосредненного решения для напряжений. В **критерии 1** используется "энергетическая" норма. Значения погрешностей выводятся в долях от единицы. Следует учитывать, что речь идет не об истинном значении ошибок, а об их оценке с точностью до константы. Таким образом, представляемая информация не позволяет судить, о количественном значении ошибки решения, но может быть полезна для определения тех участков конечно-элементной сетки, где реальная ошибка больше. Выводимые значения являются индикатором ошибки.
5. Запустите расчет.



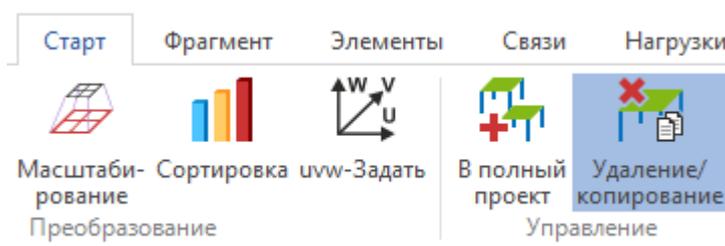
6. По окончании расчета откройте **FEA**-проект.
7. Вызовите команду **Результаты > Ошибки** на ленте меню в группе **Специальные**.



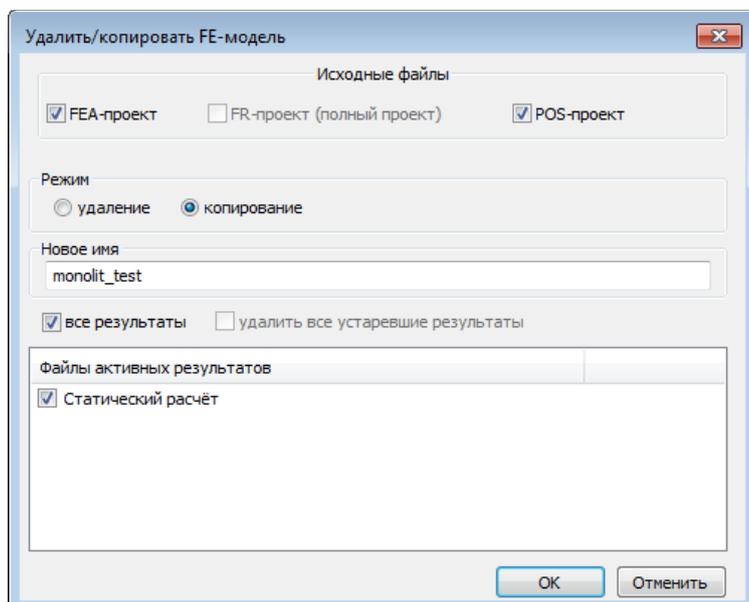
8. В рабочем окне отобразится цветовая индикация погрешностей, определенных по **критерию 1**. При этом элементы с наименьшей ошибкой будут покрашены красным цветом, а элементы с наибольшей ошибкой – зеленым. Соответствие цветов значениям погрешностей приведено в окне **Точность расчета**. Можно просмотреть статистику распределения погрешности по элементам, установив опцию **Статистика**.



9. Обратите внимание на то, что в пролетах в элементах накапливается наименьшая ошибка, а над опорами наибольшая. В качестве примера, попробуем сгустить сетку в плите, в области примыкания колонны, и сравнить полученные результаты.
10. Поскольку в дальнейшем мы будем работать с созданным на данном этапе проектом, а не с отредактированным, то необходимо скопировать проект и сохранить его под другим именем. Для этого вызовите команду **Старт > Удаление/копирование**.

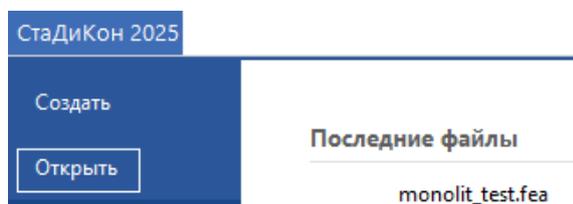


11. В появившемся диалоговом окне задайте параметры копирования проекта. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.

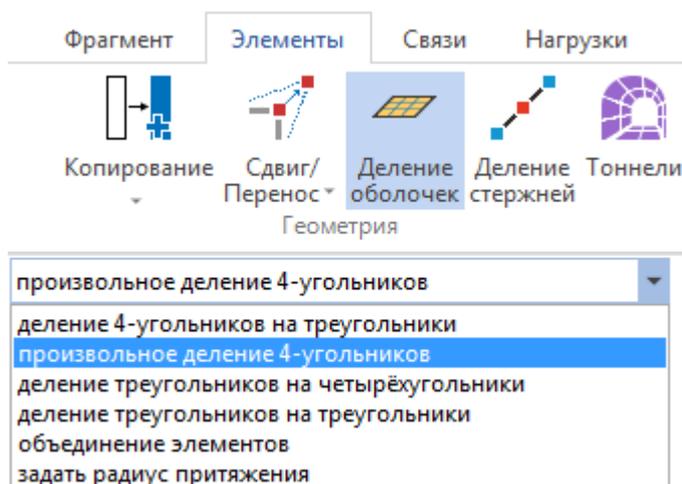


Закройте **СтаДиКон** и **Менеджер проектов**. Снова запустите **Менеджер проектов** и выберите скопированный проект **monolit_test.fea**. На экране появится интерфейс ПК **СтаДиКон**.

12. Обратитесь к системному меню **СтаДиКон** и, с помощью функции **Открыть**, загрузите скопированный проект **monolit_test.fea**.

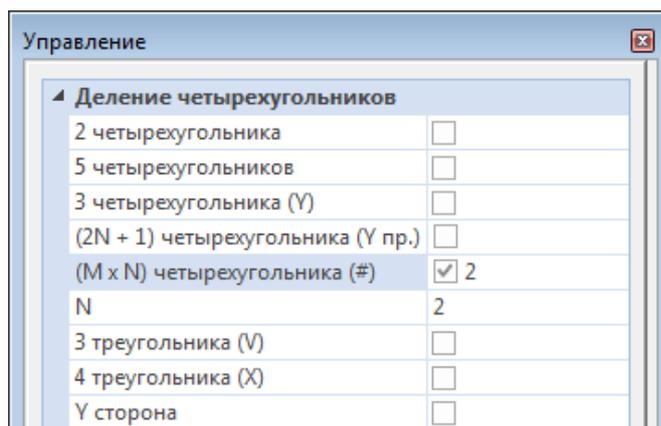


13. Сделайте видимой только плоскость верхнего перекрытия (см. п. 5.4.1 (пп.1)).
14. При активной вкладке **Элементы**, выберите кнопку **Деление оболочек** и опцию **произвольное деление 4-угольников** в выпадающем меню.

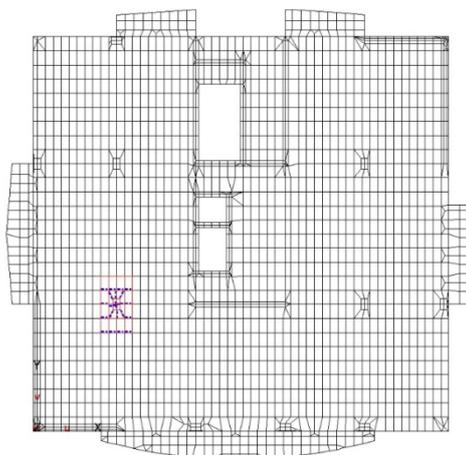


15. В окне **Управление** укажите тип деления (**MxN**) **четырёхугольника** (#).

16. В окне диалога, необходимо задать количество делений исходного элемента вдоль *первой* и *второй* стороны соответственно (**M** справа от 'галочки' и **N** в отдельной строке, расположенной ниже).



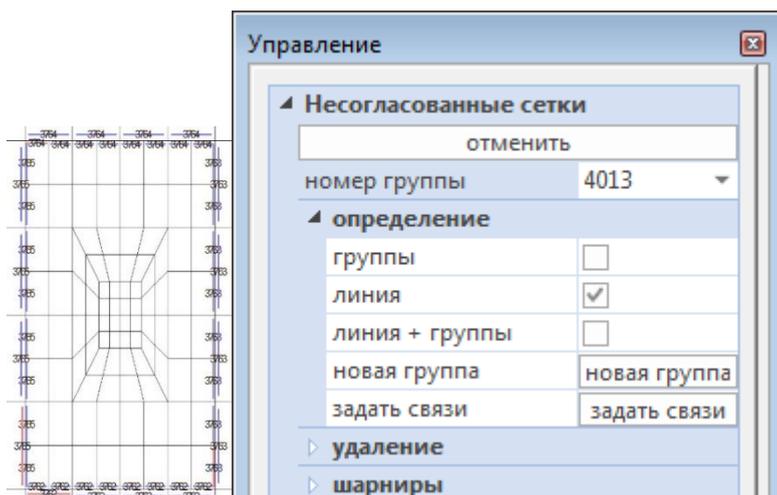
17. Сделайте активной опцию ввода **выбор группы объектов** и выделите элементы перекрытия, примыкающие к колонне.



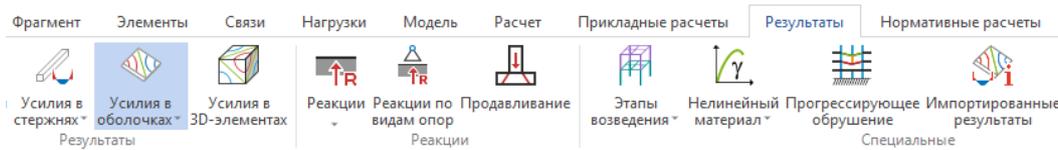
18. Обратите внимание на то, что сетка получилась несогласованной, не все элементы стыкуются друг с другом во всех узлах.
19. Устранить эту проблему можно дополнительно установив между элементами связь. Для этого вызовите команду **Связи > Несогласованные сетки**.



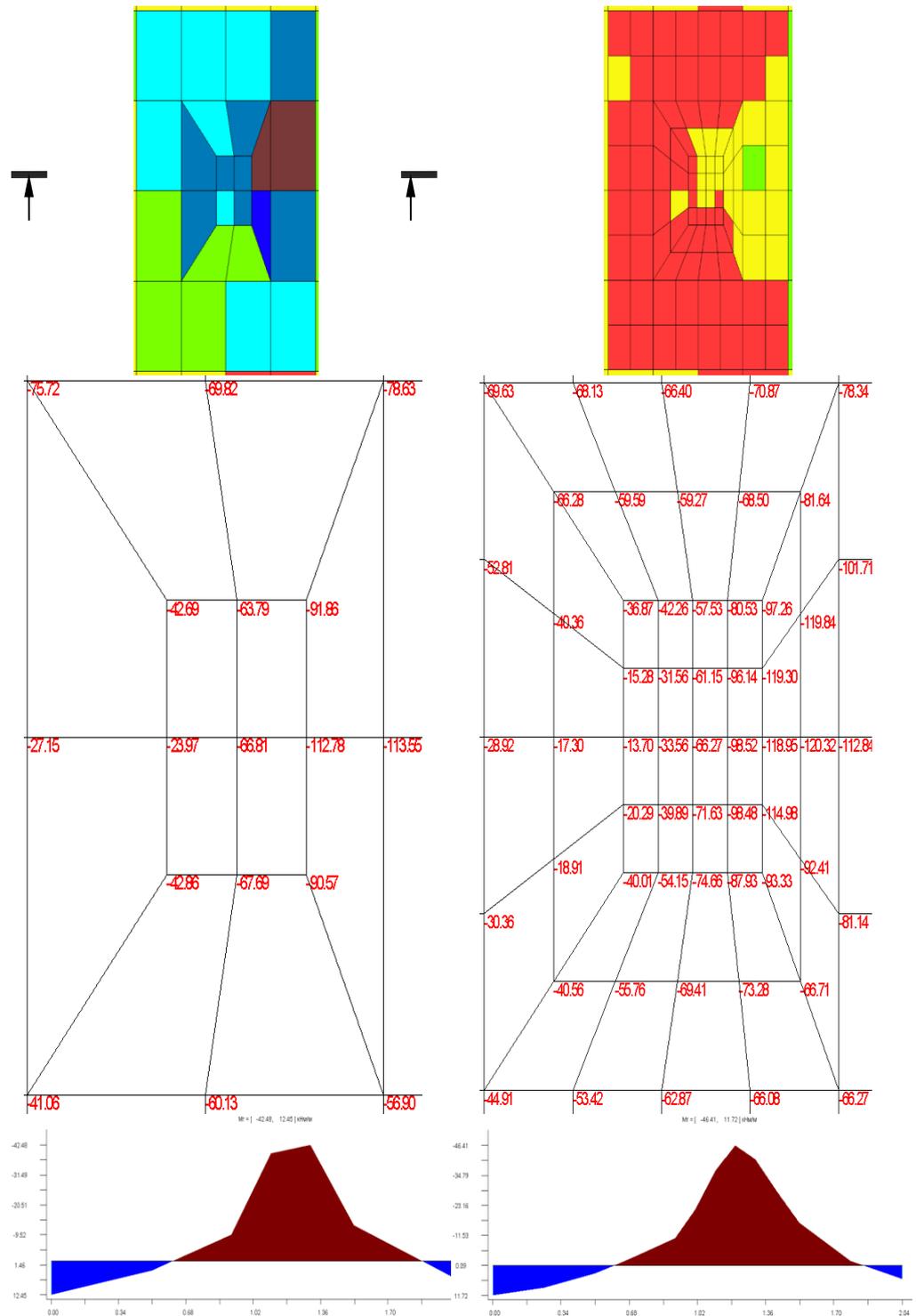
20. В окне **Управление** установите тип ввода **Линия** в группе **Определение**.
21. В рабочем окне укажите положение начальной и конечной точки линии, по которой Вы хотите установить связь. Подтвердите выбор нажатием на кнопку **задать связи** в окне **Управление**.



22. Повторно запустите статический расчет с теми же параметрами, с которыми он выполнялся до редактирования сетки.
23. По окончании расчета, откройте **FEA**-проект.
24. Вызовите команду **Результаты > Ошибки**.
25. Сравните результаты расчета погрешностей по первому и второму варианту. Как видно при включении цветовой индикации точности расчета, погрешность при расчете данных элементов снизилась.
26. Включите отображение усилий в элементах. Для этого вызовите команду **Результаты > Усилия в оболочках**.



27. В окне **Управление** выберите отображаемые усилия **Mr**, вид отображения – **Значения**.



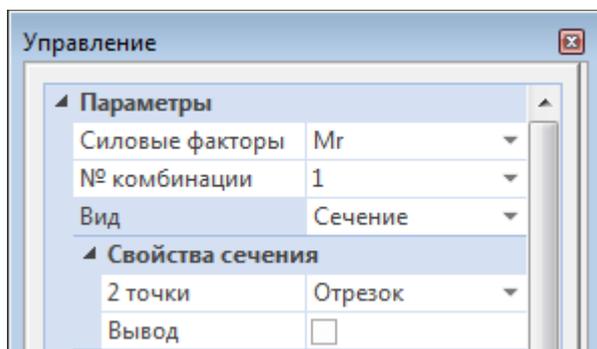
28. Для просмотра усилий в сечении, в окне **Управление** включите вид отображения результатов **Сечение**.

29. В дополнительной панели инструментов сделайте активной опцию **сечение по отрезку/линии, проходящим через 2 точки**.

2

сечение по отрезку/линии, проходящим через 2 точки

30. В окне **Управление** в группе **Свойства сечения** в выпадающем меню **2 точки** выберите **Отрезок**.



31. Укажите начальную и конечную точки отрезка, по которому будет построено сечение.
32. Сравните значения усилий, полученных до и после сгущения сетки. Как видно из графиков, значения не сильно расходятся, и при конструктивном расчете эта разница не повлияет на выбор диаметра арматуры.

5.6 Создание динамической модели

При расчете каркаса здания на действие динамических нагрузок (пульсацию ветра и сейсмические воздействия), в расчетную схему необходимо ввести ряд изменений, которые будут учитываться при расчете на собственные колебания.

Во-первых, необходимо изменить свойства материалов, задав множитель для плотности при переводе собственного веса в массу. При создании позиционной модели, Вы указывали расчетные значения плотности материала. Расчет собственных форм и частот колебаний должен выполняться от нормативных значений инерционных характеристик с учетом соответствующих расчетных случаев.

Во-вторых, расчет на действие динамических нагрузок должен выполняться при абсолютно жестком основании.

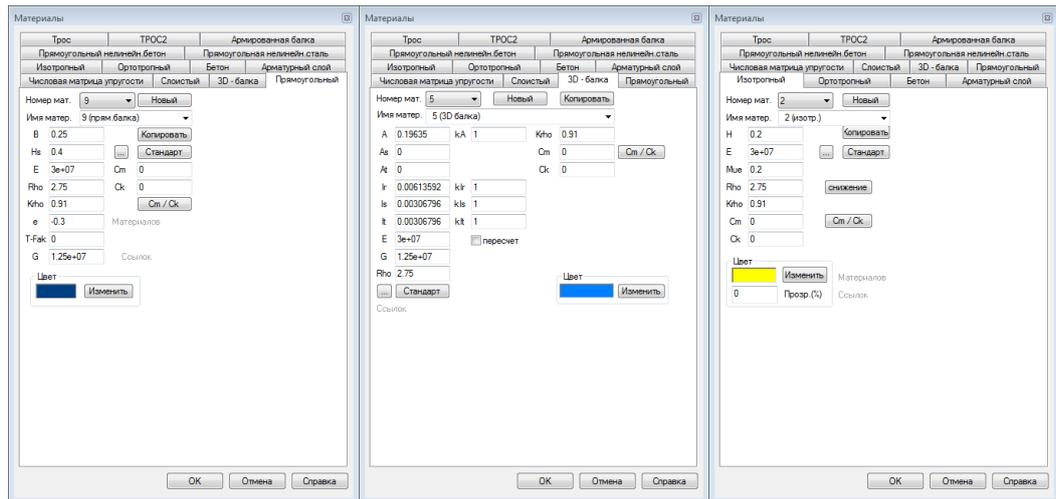
В-третьих, для учета инерционных масс, которыми обладают прочее нагрузки (полезная, постоянная от веса ограждающих конструкций и вес снегового покрова), необходимо создать комбинацию нагружений, введя корректирующие коэффициенты перехода от расчетной нагрузки к нормативной массе вида: $k = \frac{1}{\gamma_f}$ (γ_f - коэффициент надежности по нагрузке (таблица 7.1, СП 20.13330.2016)).

5.6.1 Редактирование свойств материала

1. Перейдите к функции **Элементы > Материал**. В окне **Управление** нажмите на кнопку **редактировать**.

Шаг за шагом

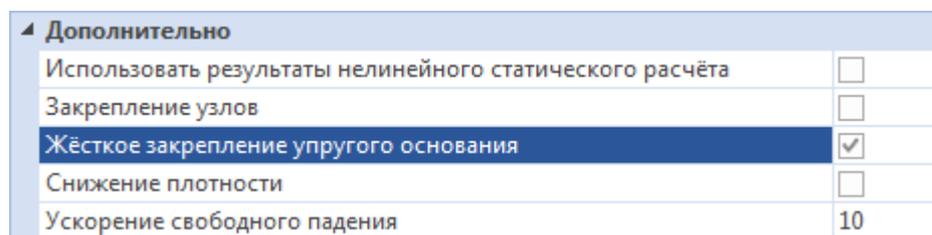
- Измените значение коэффициента **Krho** с 1 на 0,91, переключая номера материалов на вкладках **Слоистый/Прямоугольный**, **3D – балка**, **Изотропный**.



- Для слоистой подбалки параметр меняется в свойствах изотропных слоев (то есть, изменив свойства изотропного материала, мы изменим этот параметр и для подбалки).
- Для фундаментной плиты значение **Krho** должно быть равно **0** для корректного вычисления факторов участия.
- Завершите изменения, нажав на **ОК**.

5.6.2 Изменение граничных условий

Начиная с версии 2011, для учета жесткого защемления, при расчете на собственные колебания, нужно выбрать соответствующую опцию в **Параметрах расчета: Собственные колебания > Основные параметры > Жесткое закрепление упругого основания**.



5.6.3 Создание комбинаций нагрузжений для расчета собственных колебаний

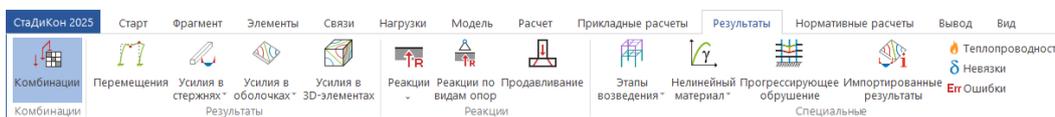
Для учета нагрузок в качестве масс при расчете на собственные колебания, в **СтаДиКон** используются комбинации для собственных колебаний. Расчет на собственные колебания должен выполняться для каждого расчетного случая. Ниже рассмотрен один расчетный случай (с учетом снеговой нагрузки). Для расчета используется только одна комбинация.

Для каждого расчетного случая должна быть сформирована (например, копированием) отдельная модель. Коэффициенты для нагружений в комбинации приведены в таблице.

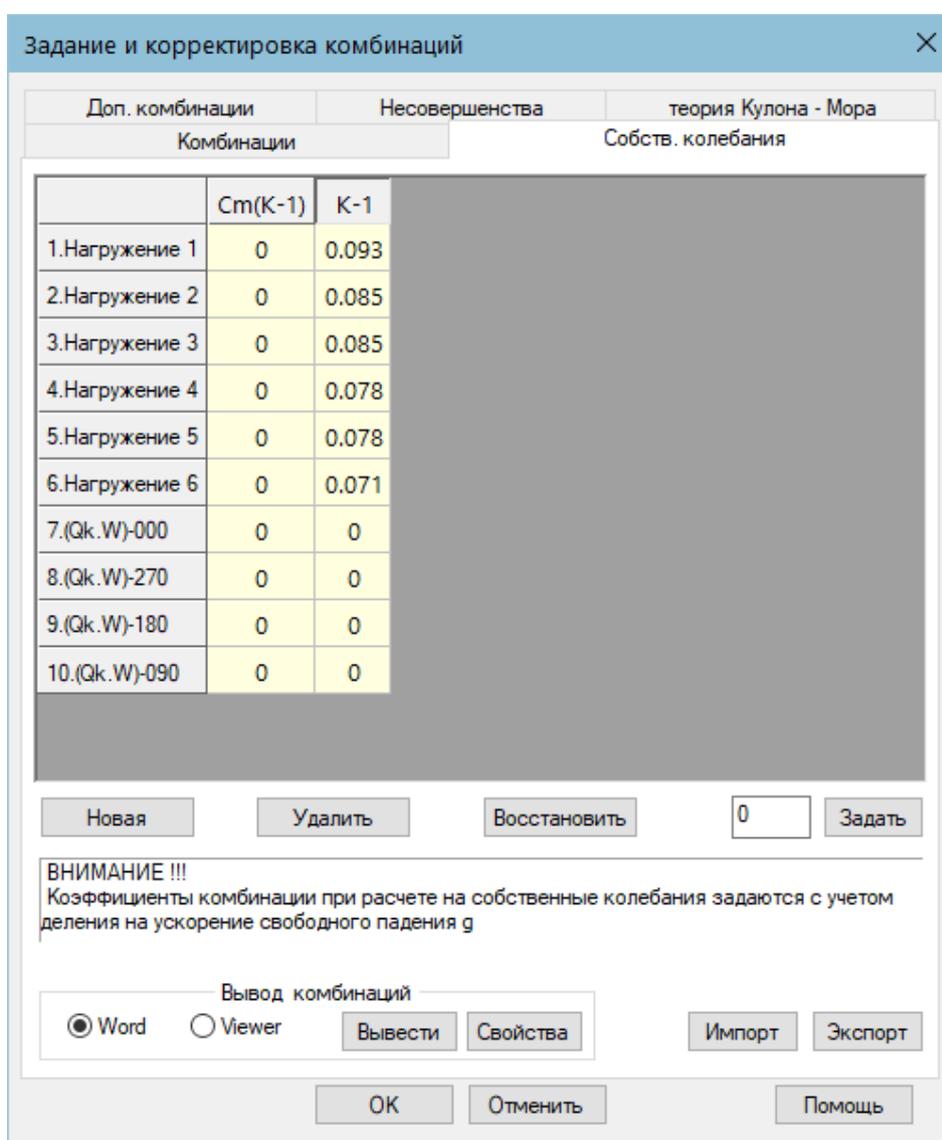
№ нагруж.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэфф.	0.093	0.085	0.085	0.078	0.078	0.071	0	0	0	0

1. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**.

Шаг за шагом



2. В появившемся диалоге перейдите во вкладку **Собственные колебания**.



3. Для задания новой комбинации нажмите на кнопку **Новая**.

4. В появившемся столбце последовательно введите коэффициенты для нагружений, которые будут учтены как массы.
5. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

5.7 Расчет форм собственных колебаний

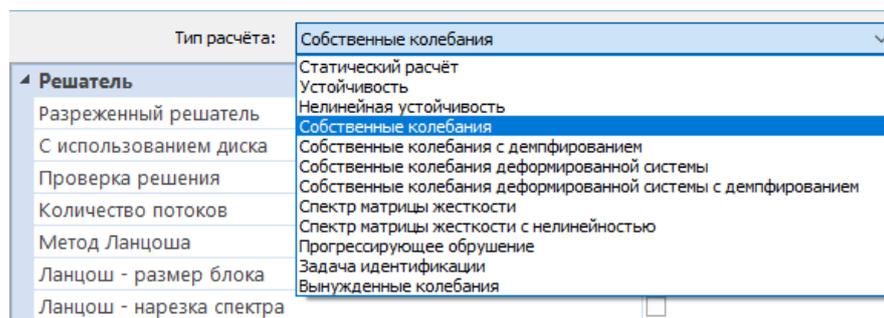
Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Расчет**, выберите одноименную кнопку.



На экране появится диалог **Параметры расчета**, позволяющий указать **Тип расчёта**.

2. Укажите тип расчета **Собственные колебания**.



В группе **Основные параметры** задайте следующие параметры:

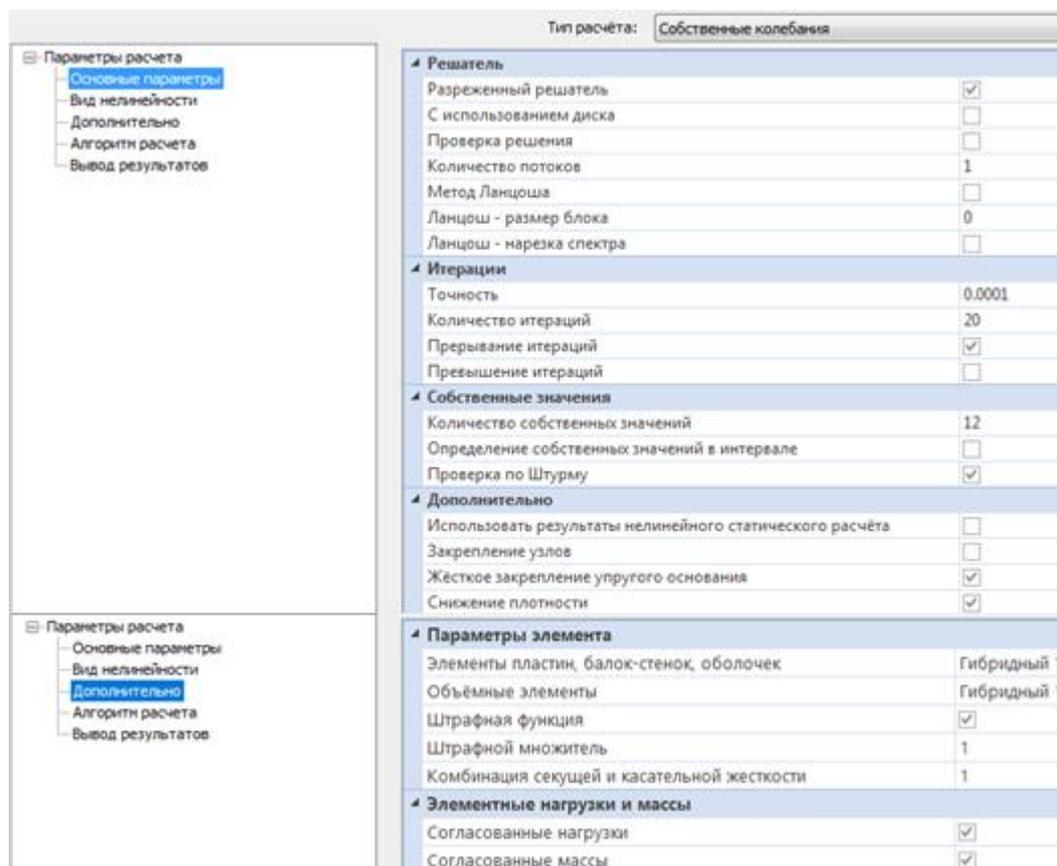
3. Количество собственных значений установите равным 12. Такое количество обусловлено тем, что, согласно СП 20.13330.2016, необходимо учитывать минимум по три формы в каждом из направлений плюс крутильные формы. Далее количество форм будет уточнено по результатам анализа модальных масс.
4. В поле **Точность** укажите значение 0,0001. Такой точности вполне достаточно для решения данной задачи. При назначении более высокой точности увеличивается время выполнения расчета.
5. **Количество потоков** – эта функция позволяет задействовать при расчете максимум возможностей вашего компьютера. Для ускорения процесса расчета установите **Количество потоков** равным количеству ядер вашего компьютера. Если установлено значение 0, то число потоков автоматически определяется по числу процессоров (ядер). Узнать о количестве ядер можно в свойствах компьютера либо в сервисной книжке.
6. **Проверка по Штурму**. В задачах на собственные значения (собственные колебания, устойчивость, спектральный сдвиг) опция позволяет определить, все ли собственные значения получены.

Задача решается методом итераций подпространства, и может возникнуть ситуация, когда будет пропущено одно или несколько собственных значений. Проверка по Штурму позволяет отследить такую ситуацию.

7. Опция **Жесткое закрепление упругого основания** позволяет для данного вида расчетов осуществить автоматическое защемление расчетной схемы в уровне фундаментной плиты.
8. Опция **Снижение плотности** для расчетов собственных колебаний включает в вычисление масс от собственного веса множитель **Krho**.

В группе **Дополнительно** укажите опции:

9. Опция **Согласованные нагрузки** показывает, следует ли учитывать распределенные нагрузки на элементы с использованием функций форм. Если эта опция отключена, то распределенные нагрузки распределяются по узлам конечных элементов равномерно. При включенной опции расчет более точен. Активируйте данную опцию.
10. Опция **Согласованные массы**. Если опция отключена, то создается только диагональная матрица масс. Активируйте данную опцию.
11. В области диалога **Параметры элемента** задается тип используемых при расчете конечных элементов.



12. Для запуска расчета нажмите на кнопку **Расчёт**. Расчет может занять несколько минут, в зависимости от характеристик вашего компьютера.

Одновременно с расчетом, в программе **Viewer** будет происходить формирование протокола расчета.

13. В нашем случае, анализ протокола расчета показал, что процесс не сошелся и приведены соответствующие рекомендации.

```
--Итерации подпространства
Итерация      Время счета      Заданная      Актуальная
                сек              точность      точность
-----
1              18              1.0000e-04    1.0000e+00
2              6               1.0000e-04    1.8480e+02
3              7               1.0000e-04    9.0506e-01
4              6               1.0000e-04    7.1570e-01
5              6               1.0000e-04    4.2022e-01
6              7               1.0000e-04    2.7791e-01
7              6               1.0000e-04    7.0184e-02
8              6               1.0000e-04    1.8964e-01
9              7               1.0000e-04    9.0697e-02
10             6               1.0000e-04    3.8325e-02
11             6               1.0000e-04    1.3932e-02
12             7               1.0000e-04    6.0216e-03
13             6               1.0000e-04    2.3988e-03
14             6               1.0000e-04    1.1065e-03
15             7               1.0000e-04    8.6179e-04
16             6               1.0000e-04    7.1784e-04
17             6               1.0000e-04    6.2167e-04
18             6               1.0000e-04    5.5123e-04
19             7               1.0000e-04    4.9626e-04
20             6               1.0000e-04    4.5178e-04

**** Остановка программы ****
Итерационный процесс не сошелся

Рекомендации:
-Увеличьте максимальное количество итераций
-Уменьшите точность для окончания итерационного процесса
(если это возможно)
-Проверьте модель на подвижность
```

14. Увеличим **Количество итераций**, активируем опцию **Превышение итераций** и снова запустим расчет.

Итерации	
Точность	0.0001
Количество итераций	200
Прерывание итераций	<input checked="" type="checkbox"/>
Превышение итераций	<input checked="" type="checkbox"/>

15. После успешного завершения расчета, проведем анализ результатов.

```
72              6              1.0000e-04    1.0283e-04
73              7              1.0000e-04    8.3257e-05
--Проверка полноты собственных значений (проверка по Штурму)
Комбинация      Время счета      Предел      Количество      Количество
                сек              СобствЗнач      СобствЗнач
                                (тест)      (найдено)
-----
11              2.105433e+03    12          12
--Полная масса (эффективная)
Mx              My              Mz              Rmx              Rmy              Rmz
                [t]              [tm~2]
-----
1.20e+04    1.20e+04    1.20e+04    7.03e+00    2.38e+01    8.27e-01
--Нагрузка / Опорные реакции
Н/ф              Rx / Ax              Py / Ay              Pz / Az
                [Kn]              [Kn]              [Kn]
-----
1              3485.28 / -3485.28    241.70 / -241.70    -18.99 / 18.99
2              577.65 / -577.65    -3818.88 / 3818.88    -75.15 / 75.15
3              -87.24 / 87.24    -6074.06 / 6074.06    -51.20 / 51.20
4              -25224.38 / 25224.38    -2063.03 / 2063.03    -808.45 / 808.45
5              3428.59 / -3428.59    -21504.81 / 21504.81    36030.88 / -36030
6              -4764.99 / 4764.99    4623.72 / -4623.72    32317.38 / -32317
7              -830.49 / 830.49    20051.68 / -20051.68    53820.84 / -53820
8              6028.50 / -6028.50    -48091.56 / 48091.56    20043.25 / -20043
9              -1591.71 / 1591.71    12169.46 / -12169.46    31902.54 / -31902
10             -1369.83 / 1369.99    3937.05 / -3937.15    29186.18 / -29187
11             1457.03 / -1458.44    -6736.65 / 6737.30    -44417.85 / 44425.
12             -230.18 / 234.45    -722.82 / 717.71    2465.35 / -2496.
--Проверка ортогональности собственных форм успешно завершена
```

5.8 Анализ результатов расчета форм собственных колебаний

Анализируя формы и частоты сооружения, можно сделать вывод о грамотности принятого конструктивного решения, о нехватке жесткости конструктивных элементов или количестве диафрагм жесткости.

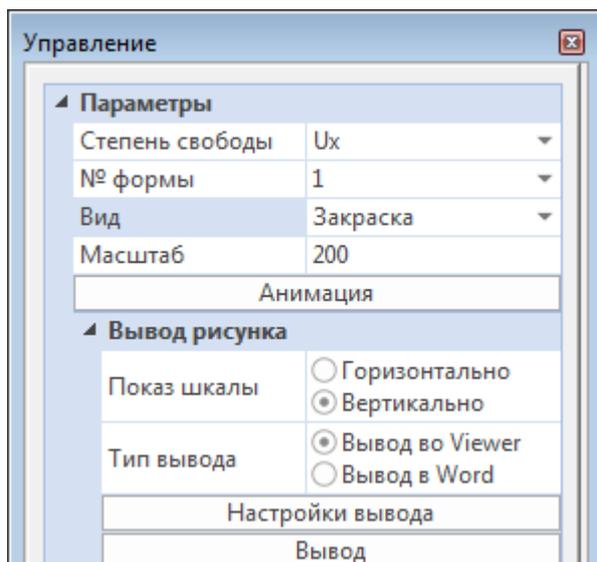
Для просмотра результатов, сделайте следующие действия:

1. Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.

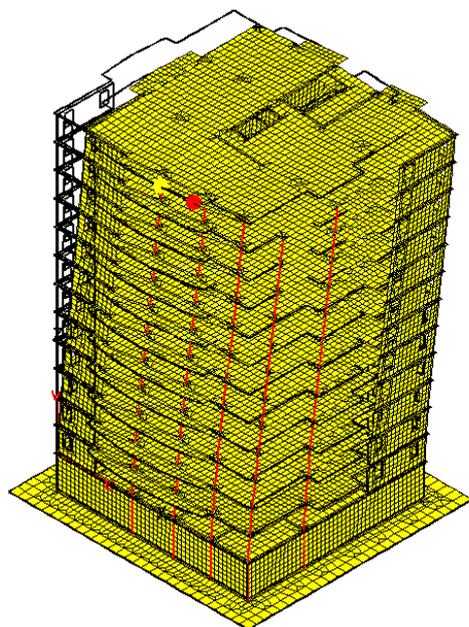
Шаг за шагом



2. Установите в окне **Управление** режим просмотра **Закраска**.
3. Установите масштаб отображения 200.



4. Переключайте **№ формы** для просмотра других деформированных схем модели по соответствующей форме. Переключение возможно не только выбором из выпадающего списка, но и по двойному щелчку клавишей мыши по названию **№ формы**.
5. Просмотрим первые три формы колебаний.



Управление

Параметры

Степень свободы Dsum

№ формы 1

Вид Закраска

Масштаб 200

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкалы Горизонтально Вертикально

Тип вывода Вывод во Viewer Вывод в Word

Настройки вывода

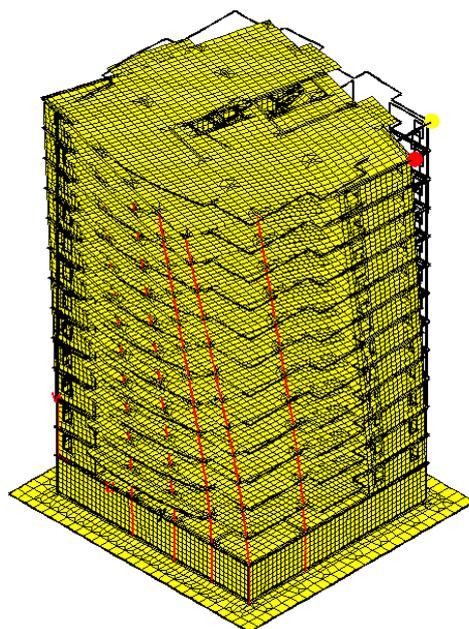
Вывод

Степень свободы

Показ перемещений (Ux, Uy, Uz), углов поворота (Rx, Ry, Rz), суммарных перемещений (Dsum), суммарных вращений

W = 6.412 рад/с
 F = 1.02 Гц
 T = 0.9799 с

Max.перемещение = 18.26472 mm в узле = 38202



Управление

Параметры

Степень свободы Dsum

№ формы 2

Вид Закраска

Масштаб 200

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкалы Горизонтально Вертикально

Тип вывода Вывод во Viewer Вывод в Word

Настройки вывода

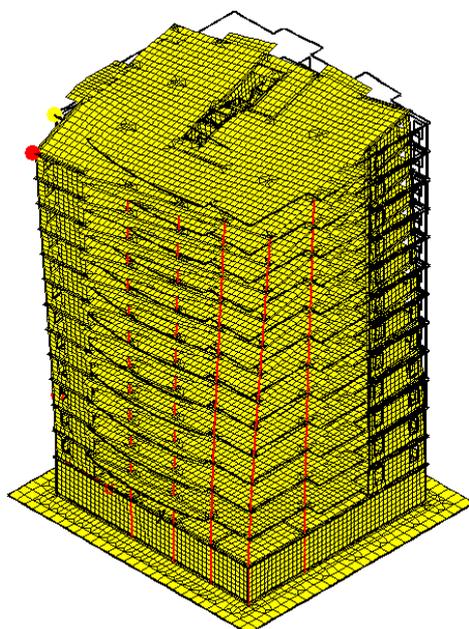
Вывод

Степень свободы

Показ перемещений (Ux, Uy, Uz), углов поворота (Rx, Ry, Rz), суммарных перемещений (Dsum), суммарных вращений

W = 8.422 рад/с
 F = 1.34 Гц
 T = 0.746 с

Max.перемещение = 30.82257 mm в узле = 39625



Управление

Параметры

Степень свободы Dsum

№ формы 3

Вид Закраска

Масштаб 200

Анимация

Вывод рисунка

Показ шкалы Горизонтально Вертикально

Тип вывода Вывод во Viewer Вывод в Word

Настройки вывода

Вывод

Степень свободы

Показ перемещений (Ux, Uy, Uz), углов поворота (Rx, Ry, Rz), суммарных перемещений (Dsum), суммарных вращений

W = 9.67 рад/с
 F = 1.539 Гц
 T = 0.6498 с

Max.перемещение = 28.56644 mm в узле = 38302

❑ Следует стремиться к тому, чтобы первые две формы колебаний не были крутильными. В данном примере крутильная форма наблюдается во втором случае, что говорит о не совсем удачном конструктивном решении.

Советы & рекомендации

6. Переключая номер формы в окне **Управление**, в **Информационном окне** Вы увидите частоту и период колебаний, соответствующие данной форме.

❑ В соответствии с ISO 48666: 1990/1:1994, для зданий, близких в плане к прямоугольным, действуют следующие рекомендации по соотношению периодов:

Советы & рекомендации

$$\frac{T_1}{T_2} = 1,26; \frac{T_1}{T_3} = 1,56 - 1,67;$$

а также соотношения собственных частот и высоты сооружения

$$f_1 = 46 \text{ Н}; f_2 = 58 \text{ Н}; f_3 = (72 - 77) \text{ Н}$$

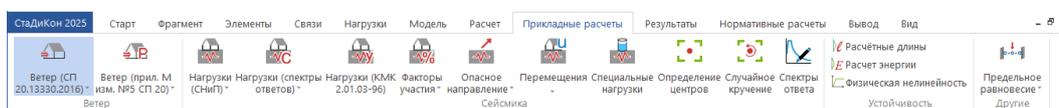
5.9 Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Определение пульсационной составляющей производится согласно СП 20.13330.2016.

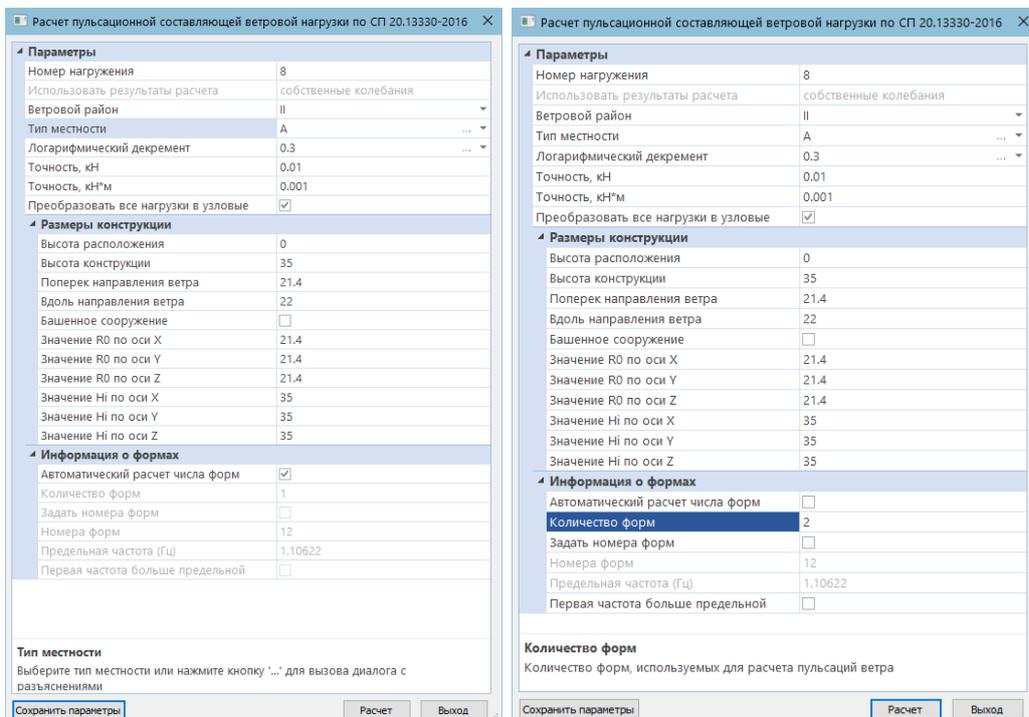
Определите пульсационную составляющую ветровой нагрузки, действующей по направлению оси **X**.

1. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Ветер (СП 20.13330.2016)**.

Шаг за шагом



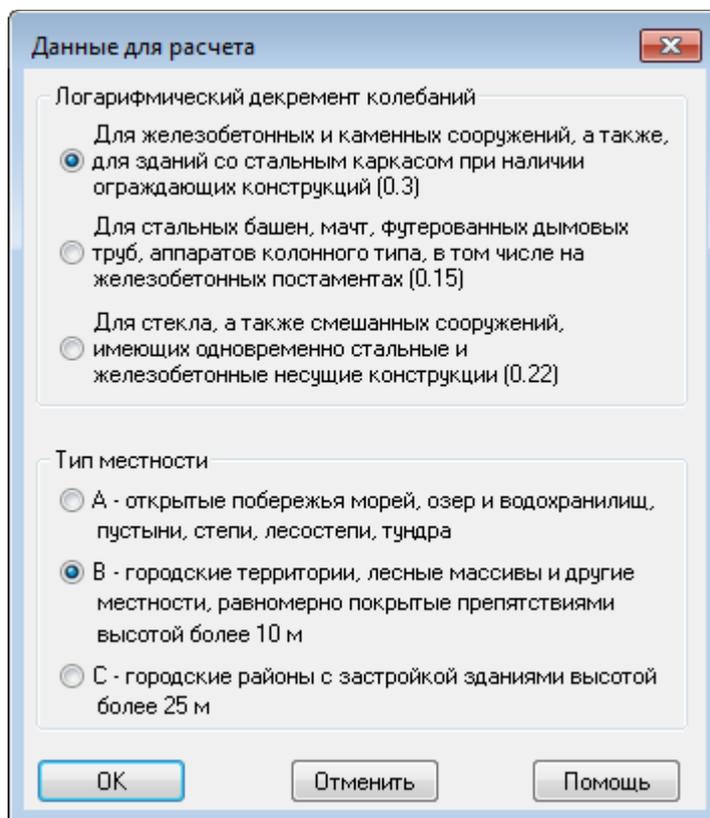
2. В появившемся диалоге укажите необходимые параметры. (В приведенных ниже диалогах показаны примеры ввода данных при активной/отключенной опции **Автоматический расчет числа форм**).



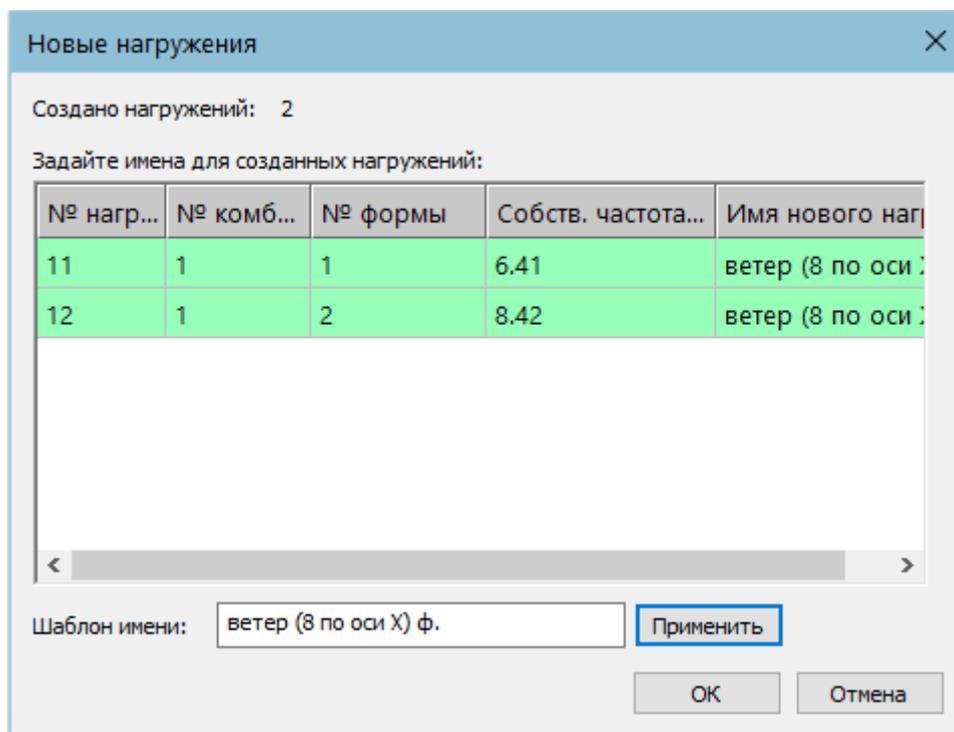
Советы & рекомендации

- ❑ Особенности задания параметров таковы, что при решении пространственной задачи, значения **R₀** по осям **X**, **Y** и **Z** определяют направление нормали потока ветра, значение которой равно размеру здания в перпендикулярном направлении потока ветра (Если направление ветра параллельно оси **Y**, то значение **R₀** равняется протяженности сооружения по оси **X**).
- ❑ Значение **H_i** - высота сооружения от уровня земли до верха ограждающих конструкций назначается в соответствии с заданием.

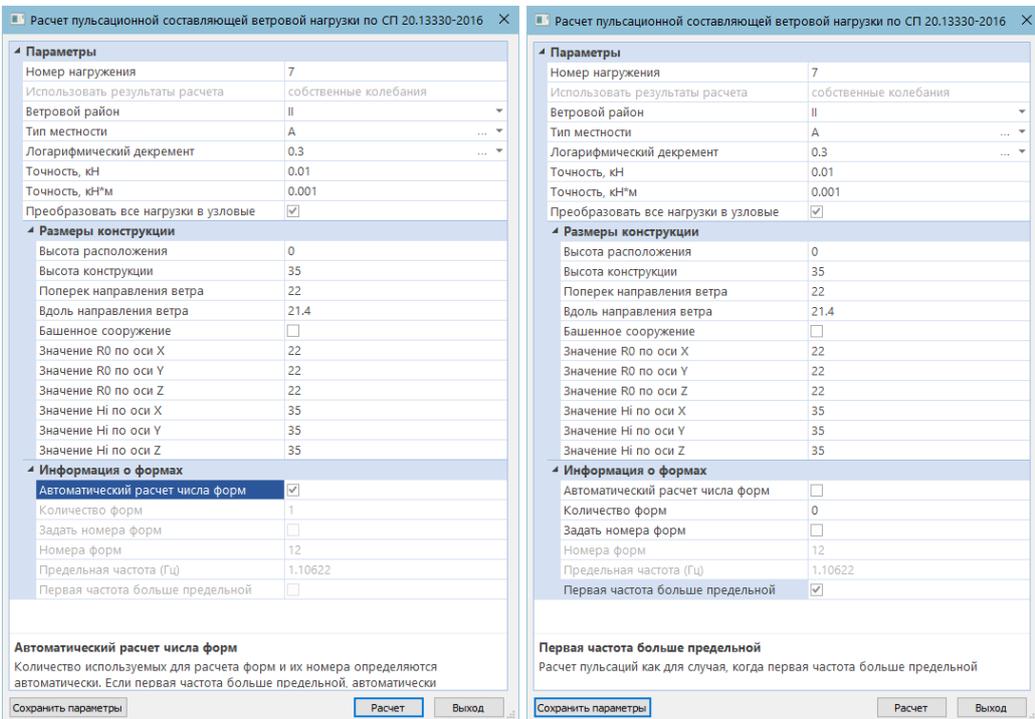
3. Выберите ветровой район II.
4. Используя кнопку , вызовите диалог **Данные для расчета** и укажите **Логарифмический декремент колебаний** и **Тип местности**.



5. Задайте точности для ветровых нагрузок. Точность 0,001 в данном примере достаточна. Определить достаточность точности можно, умножив количество узлов на значение точности, $45478 \text{ ум} \cdot 0,001 \text{ кН} = 45.478 \text{ кН}$ Получившееся значение невелико, если учесть, что такая нагрузка распределяется по всей модели.
6. Установите галочку у опции **Преобразовать все нагрузки в узловые**. Это необходимо для учета статической составляющей ветровой нагрузки, которая была введена как линейная нагрузка. В случае использования узловых нагрузок, данную опцию активировать не нужно.
7. Нажмите на кнопку **Расчет**. После выполнения расчета, появится диалог задания информации о сформированных нагружениях. Добавьте в поле **Шаблон имени** информацию о номере статического ветра. Нажмите на кнопку **Применить**.

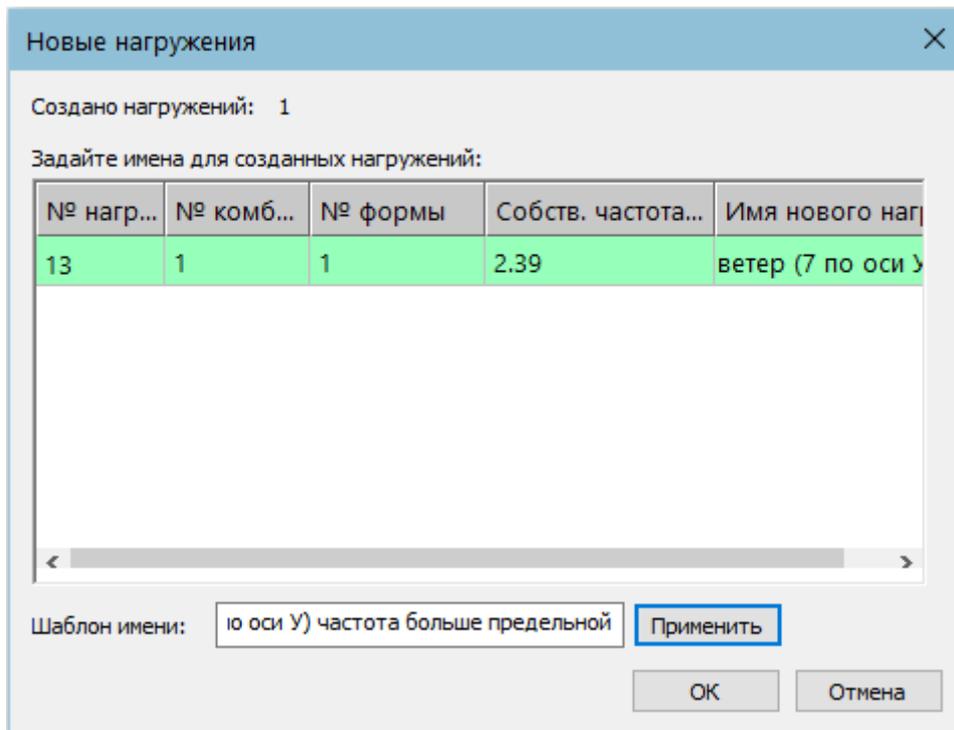


8. Заметьте, что теперь нагрузжений стало 12. Это связано с тем, что при расчете, для каждой учитываемой формы колебаний, формируются нагрузжения. В дальнейшем, для определения полной пульсации, они будут складываться по СНиП в момент формирования РСУ или комбинаций. Но если по указанной форме получены нулевые нагрузки, то она не формируется. То есть при расчете пульсационной составляющей для ветровой нагрузки по отрицательному направлению оси **X** (нагружение 8) образуются нагрузжения 11 и 12.
9. Определите пульсационную составляющую ветровой нагрузки, действующей по направлению оси **Y**.
(В приведенных ниже диалогах показаны примеры ввода данных при активной/отключенной опции **Автоматический расчет числа форм**).

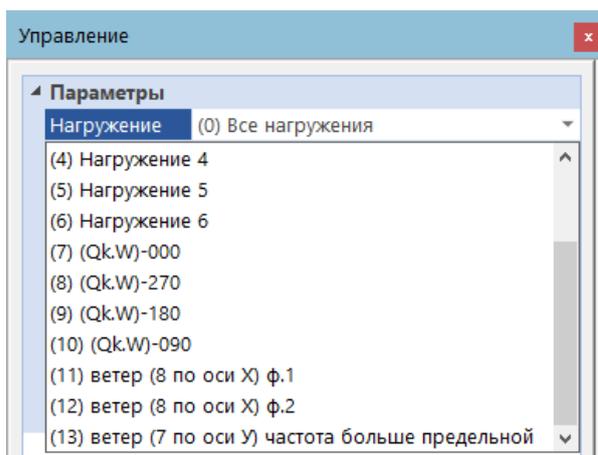
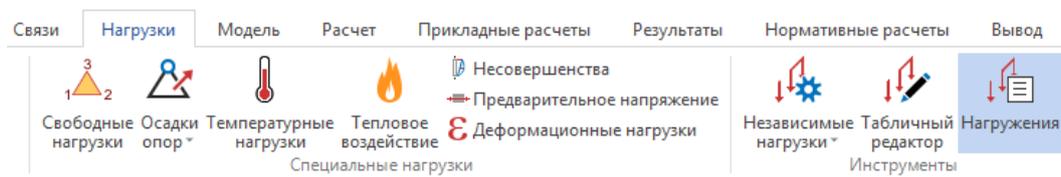


10. Нажмите на кнопку **Расчет**.

11. При расчете пульсационной составляющей для ветровой нагрузки по оси **У** (нагружение 7), образуется нагружение 13.



12. После окончания расчета, вызовите команду **Нагрузки > Нагружения** и в окне **Управление** раскройте список нагружений.



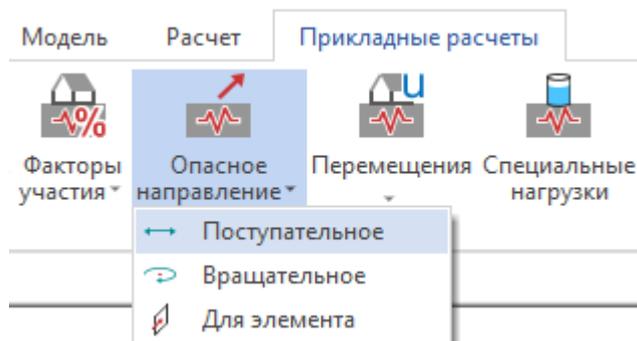
5.10 Определение сейсмических нагрузок

5.10.1 Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействия

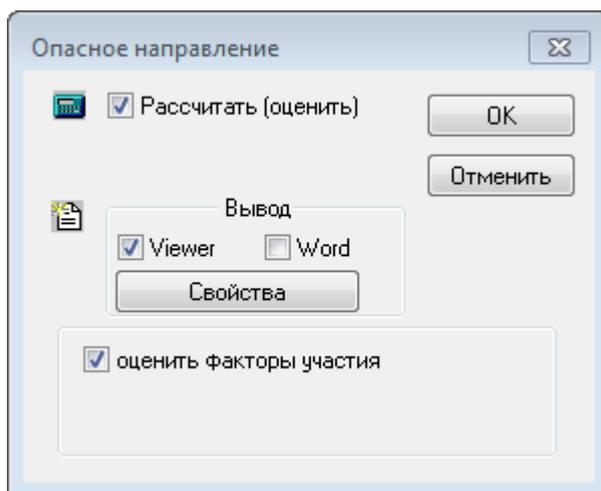
При расчете на сейсмическое воздействие, следует помнить, что во многих районах направление воздействия равновероятно. Поэтому необходимо определить некие расчетные направления воздействия. Будем рассматривать три наиболее неблагоприятных направления поступательного сейсмического воздействия – два направления, соответствующих ориентации первых двух форм собственных колебаний каркаса, а также направление, при котором реализуется максимум динамической реакции конструкций здания при учете всех определенных собственных форм - наихудшее направление. Определим ориентацию этих направлений, а также выявим те формы, которые следует учитывать при расчете сейсмических нагрузок по этим направлениям воздействия.

Шаг за шагом

1. При активной вкладке **Прикладные расчеты**, выберите выпадающее меню **Опасное направление** и функцию **Поступательное**.



- В появившемся диалоговом окне **Опасное направление** установите опцию **Рассчитать (оценить)** и **оценить факторы участия**. Вывод результатов осуществите во **Viewer**.



- Запустите расчет, нажав на кнопку **ОК**.
- В протоколе расчета в программе **Viewer** просмотрите направления форм собственных колебаний и факторы участия форм по неблагоприятным направлениям.

Направляющие косинусы (ориентация форм) для поступательного воздействия:

№ направления	№ формы	OX	OY	OZ
1	Форма 1	0.998	0.069	-0.005
2	Форма 2	0.151	-0.988	-0.019
3	Форма 3	-0.016	0.999	-0.008
4	Форма 4	-0.996	-0.081	-0.032
5	Форма 5	0.083	-0.511	0.855
6	Форма 6	-0.147	0.140	0.979
7	Форма 7	-0.014	0.350	0.937
8	Форма 8	0.114	-0.917	0.381
9	Форма 9	-0.046	0.358	0.932
10	Форма 10	-0.046	0.131	0.990
11	Форма 11	0.032	-0.150	-0.988
12	Форма 12	-0.089	-0.279	0.956

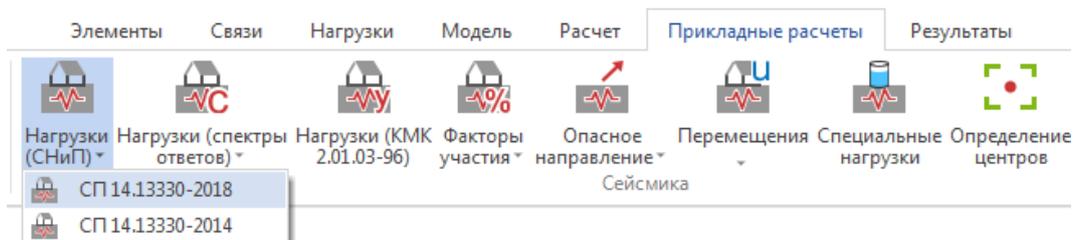
Факторы участия:

Номер направления	Номер формы	Период [сек]	Фактор участия [%]
1	1	0.9800	65.90
	2	0.7460	0.19
	3	0.6500	0.28
	4	0.2530	15.29
	5	0.1880	0.02
	6	0.1810	0.14
	7	0.1780	0.00
	8	0.1680	0.03
	9	0.1560	0.00
	10	0.1420	0.00
	11	0.1400	0.00
	12	0.1370	0.00
			Сумма = 81.85
2	1	0.9800	0.45
	2	0.7460	27.09
	3	0.6500	37.45
	4	0.2530	0.07
	5	0.1880	3.25
	6	0.1810	0.22
	7	0.1780	2.57
	8	0.1680	10.73
	9	0.1560	0.57
	10	0.1420	0.05
	11	0.1400	0.13
	12	0.1370	0.00
			Сумма = 82.58
bad_dir	1	0.9800	2.81
	2	0.7460	24.85
	3	0.6500	37.95
	4	0.2530	0.73
	5	0.1880	3.11
	6	0.1810	0.10
	7	0.1780	2.33
	8	0.1680	10.14

Номер направления	Номер формы	Период [сек]	Фактор участия [%]
	9	0.1560	0.49
	10	0.1420	0.04
	11	0.1400	0.10
	12	0.1370	0.00
			Сумма = 82.65

Запомните, какие учитываемые формы соответствуют выбранным направлениям. Условно примем, что учитываем только те формы собственных колебаний, фактор участия которых больше 1%. В данном случае видно, что наиболее опасное направление практически совпадает с направлением воздействия по 2-й форме. А направление 2-й формы практически совпадает с направлением оси **ОУ**. При этом направление 1-й формы практически совпадает с направлением оси **ОХ**. Поэтому в качестве расчетных горизонтальных направлений выберем направления воздействия по осям **X** и **Y**. Направление с максимальной суммой факторов участия помечается в таблице символом # (наихудшего направления сейсмического воздействия).

5. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Нагрузки (СНиП)**. Выберите СП, по которому будет выполнен расчет.



6. В появившемся диалоговом окне укажите **Сейсмичность площадки** и **Категорию грунта**.

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность пл-ки: 8

Категория грунта: 2

Учет нелинейного деформирования грунтов

Тип расчета

Проектный расчет

Поверочный расчет

Амплитуда = 0.5 м/с²

Количество исследуемых собственных значений: 4

Задать формы 1,4

Направление сейсм. воздействия

Задать углами

Задать направляющими косинусами

Угол в градусах между воздействием и осью OX: 0 и плоскостью XOY: 0

Определять нагрузки от неучтенных форм

Задать коэф. динамичности: 1

Используемые результаты

Свободные колебания

7. С помощью кнопок **Таблица 4.2**, **Таблица 5.2**, и **Таблица 5.3** выберите соответствующие коэффициенты, зависящие от типа сооружения, сейсмичности по различным картам и других параметров.

Таблица 4.2

Коэффициенты K_0 , определяемые назначением сооружения

Назначение сооружения или здания	K_0 (проектный расч...)	K_0 (поверочный расч...)
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 использования, связанные с осуществлением строительства или реконструкции здания или сооружения либо расположенные на земельных участках, представленных для индивидуального жилищного строительства	0.80	

Таблица 5.2

Коэффициенты K1, учитывающие допускаемые повреждения зданий и сооружений

Тип здания или сооружения		K1
1 Здания и сооружения, в конструкциях которых повреждения или неупругие деформации не допускаются		1.00
2 Здания и сооружения, в конструкциях которых могут быть допущены остаточные деформации и повреждения, затрудняющие нормальную эксплуатацию, при обеспечении безопасности людей и сохранности оборудования, возводимые:	из деревянных конструкций	0.15
то же	со стальным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.25
то же	со стальным каркасом с диафрагмами или связями	0.22
то же	из железобетонных крупно панельных или монолитных конструкций	0.25
то же	из железобетонных объемно-блочных или панельно-блочных конструкций	0.30
то же	с железобетонным каркасом без вертикальных диафрагм или связей	0.35

OK Отмена

Таблица 5.3

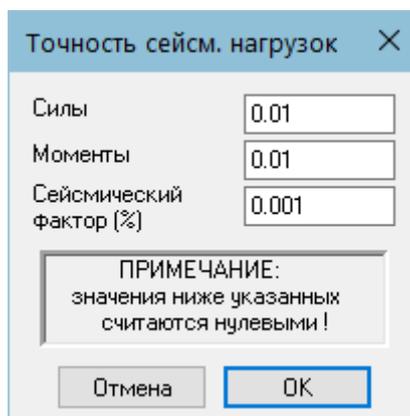
Коэффициент, учитывающий способность зданий и сооружений к рассеиванию энергии

Характеристики зданий и сооружений	Kpsi
1 Высокие сооружения небольших размеров в плане (башни, мачты, дымовые трубы, отдельно стоящие шахты лифтов и т.п.)	1.50
2 Каркасные бессвязевые 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

OK Отмена

- В поле **Амплитуда** показывается величина максимального расчетного ускорения.
- В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний для первого направления.
- Установите опцию **Задать формы** и в активном поле укажите номера учитываемых форм собственных колебаний для первого направления.
- В качестве способа указания направления сейсмического воздействия можно выбрать **Задать направляющими косинусами** и выписать направляющие косинусы из протокола расчета опасного направления для первого направления.
- Так как сумма факторов участия меньше 90%, необходимо увеличить количество учитываемых форм (для этого необходимо повторить расчет на собственные колебания с большим количеством форм). Но такой расчет может занимать много времени и потребовать нескольких итераций для получения результата.
Для определения сейсмических нагрузок с учетом неопределенных

форм колебаний, реализован дополнительный алгоритм учета неопределенных форм. Для использования данной опции, необходимо поставить галочку в поле опции **Определять нагрузки от неучтенных форм**. В этом случае, помимо нагружений от каждой из учитываемых форм, будет добавлено нагружение с сейсмическими нагрузками от дополнительных форм.



Точность сейсм. нагрузок

Силы: 0.01

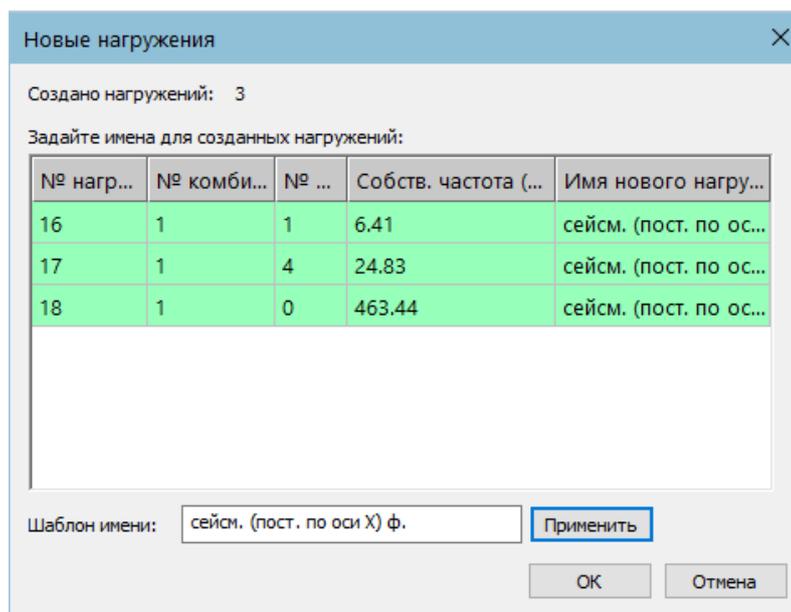
Моменты: 0.01

Сейсмический фактор (%): 0.001

ПРИМЕЧАНИЕ:
значения ниже указанных
считаются нулевыми!

Отмена OK

13. Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок нажав на кнопку **Расчет**.
14. После завершения расчета, будут образованы новые нагружения и показана таблица с именами нагружений. В поле **Шаблон имени** добавьте **по оси X** после слова **пост.** и нажмите на кнопку **Применить**. Все имена будут изменены в соответствии с шаблоном. Нажмите **OK** для сохранения имен нагружений.



Новые нагружения

Создано нагружений: 3

Задайте имена для созданных нагружений:

№ нагр...	№ комби...	№ ...	Собств. частота (...)	Имя нового нагр...
16	1	1	6.41	сейсм. (пост. по ос...
17	1	4	24.83	сейсм. (пост. по ос...
18	1	0	463.44	сейсм. (пост. по ос...

Шаблон имени: сейсм. (пост. по оси X) ф. Применить

OK Отмена

15. Повторите процедуру расчета сейсмических нагрузок для другого направления поступательного сейсмического воздействия (по оси **Y**). В соответствии с факторами участия по оси **Y**, необходимо учесть 5 форм колебаний (2, 3, 5, 7, 8) и определять нагружения для неучтенных форм колебаний. Так образом, сейсмическим воздействиям по оси **Y** будут соответствовать 6 дополнительных нагружений.

Нагрузки по СП 14.13330-2018

Сейсмичность плки: 8 Расчет

Категория грунта: 2 Отмена

Учет нелинейного деформирования грунтов Помощь

Тип расчета

Проектный расчет

Проверочный расчет

Таблица 4.2 Таблица 5.2 Таблица 5.3

Амплитуда = 0.5 м/с²

Количество исследуемых собственных значений: 8

Задать формы 2-3,5,7,8

Направление сейсм. воздействия

Задать углами

Задать направляющими косинусами

Угол в градусах между воздействием и осью ОХ: 90 и плоскостью ХОУ: 0

Определять нагрузки от неучтенных форм

Задать коэф. динамичности: 1

Точности сейсмических нагрузок ...

Используемые результаты

Свободные колебания

Выбрать

Новые нагружения

Создано нагружений: 6

Задайте имена для созданных нагружений:

№ нагруж...	№ комбин...	№ фо...	Собств. частота (р...	Имя нового нагруж...
17	1	2	8.42	сейсм. (пост. по оси ...
18	1	3	9.67	сейсм. (пост. по оси ...
19	1	5	33.39	сейсм. (пост. по оси ...
20	1	7	35.34	сейсм. (пост. по оси ...
21	1	8	37.39	сейсм. (пост. по оси ...
22	1	0	463.44	сейсм. (пост. по оси ...

Шаблон имени: Применить

ОК Отмена

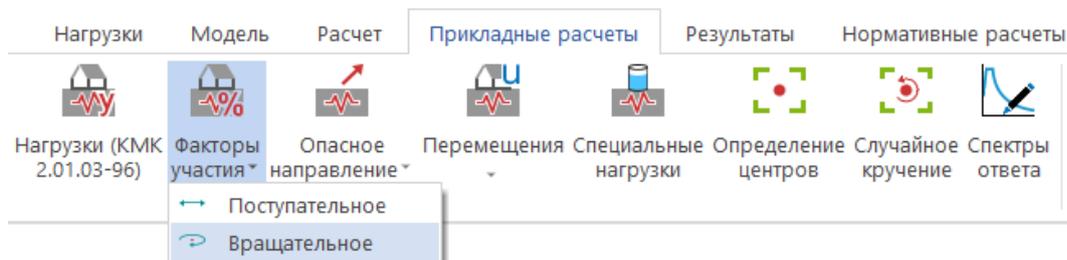
5.10.2 Определение сейсмических нагрузок от вращательных компонент сейсмического воздействия

При размерах здания менее 30 м, вращательную составляющую допускается не учитывать. Несмотря на это в целях иллюстрации, рассмотрим учет вращательной компоненты сейсмического воздействия.

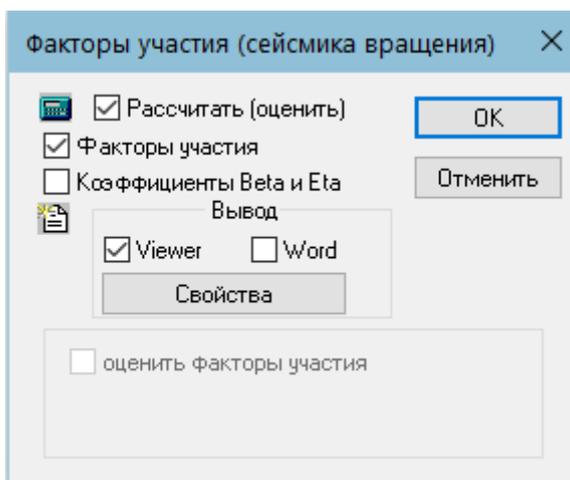
Будем определять нагрузки от сейсмического воздействия в виде равномерного поворота вокруг оси **Z**. Для определения форм колебаний, создающих такую нагрузку, определим факторы участия.

Шаг за шагом

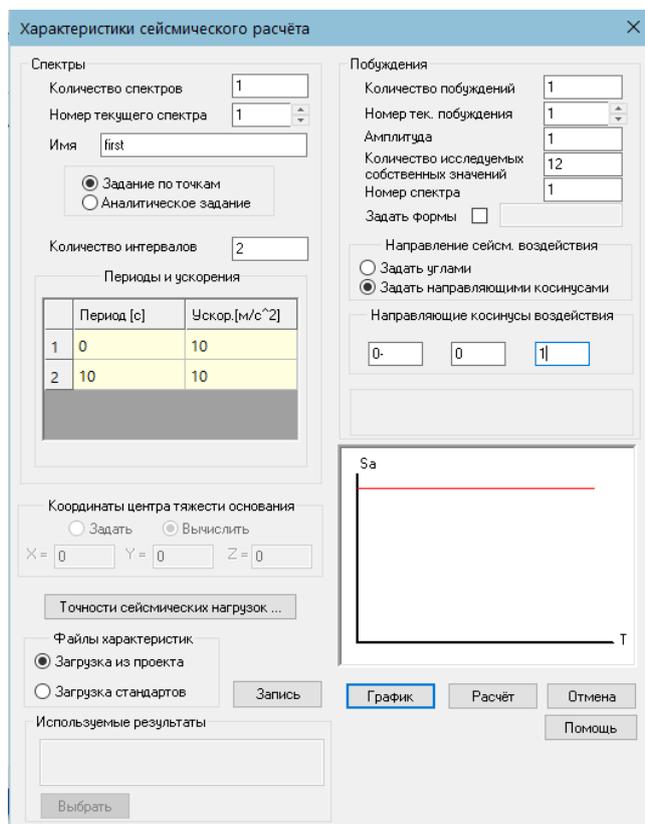
1. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Факторы участия > Вращательное**.



На экране появится следующий диалог:



2. Выберите необходимые опции и нажмите на кнопку **ОК**.
3. В появившемся диалоге **Характеристики сейсмического расчета** задайте данные согласно скриншоту и нажмите на кнопку **Расчет**.



4. В выходном документе программы **Viewer** отобразятся полученные факторы участия:

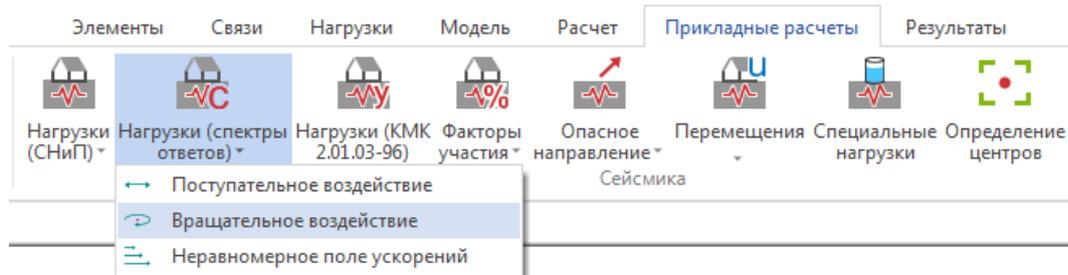
--ФАКТОРЫ УЧАСТИЯ (ДЛЯ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ)

Номер формы	Номер воздействия	Период [сек]	Фактор_участия [%]
1	1	0.9800	0.17
2	1	0.7460	36.61
3	1	0.6500	27.13
4	1	0.2530	0.06
5	1	0.1880	5.69
6	1	0.1810	8.38
7	1	0.1780	0.05
8	1	0.1680	1.81
9	1	0.1560	0.38
10	1	0.1420	0.03
11	1	0.1400	0.03
12	1	0.1370	0.00

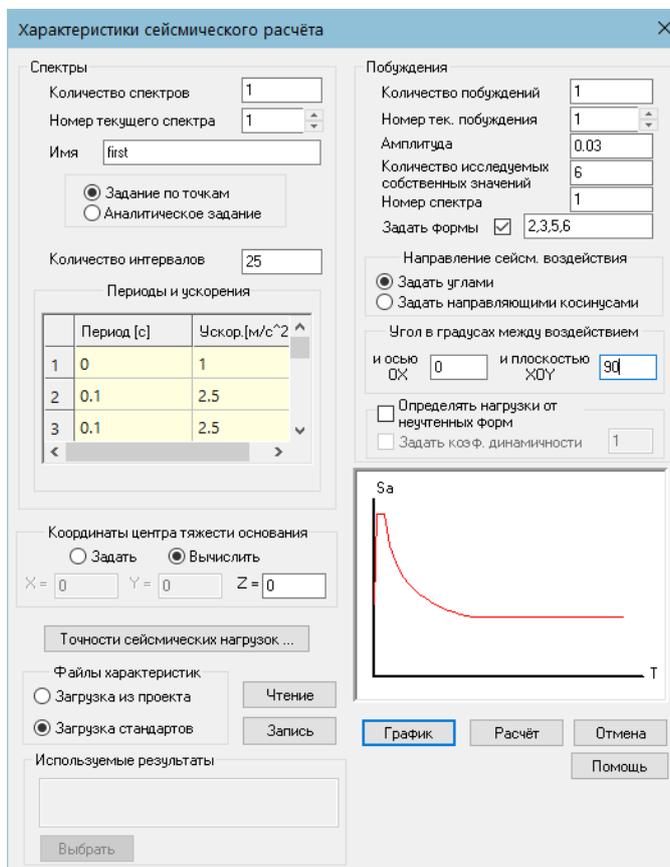
Сумма =			80.34

5. Из анализа факторов участия для форм колебаний, принимаем решение об учете, при определении сейсмических нагрузок, форм 2, 3, 5, 6 (факторы участия больше 5%).

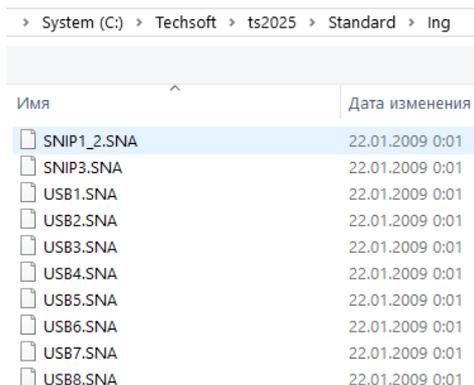
6. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Нагрузки (спектры ответов) > Вращательное воздействие.**



7. В появившемся диалоге **Характеристики сейсмического расчёта** укажите количество спектров 1.



8. Для выбора файла характеристик, укажите опцию **Загрузка стандартов** и в появившемся окне задайте путь к стандарту **SNIP1_2.SNA**, который соответствует характеристикам грунтов I и II категорий по сейсмическим свойствам (СП 14.13330.2018).



9. Укажите количество побуждений равное 1.
10. В поле **Амплитуда** записывается величина максимального расчетного ускорения, определяемого по формуле:

$$I_d = K_1 \cdot K_\psi \cdot A \cdot W$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по СП 14.13330.2018;

K_ψ - коэффициент, принимаемый по СП 14.13330.2018;

A - значение ускорения в уровне основания, принимаемое равным 1,0; 2,0; 4,0 м/с² для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов соответственно;

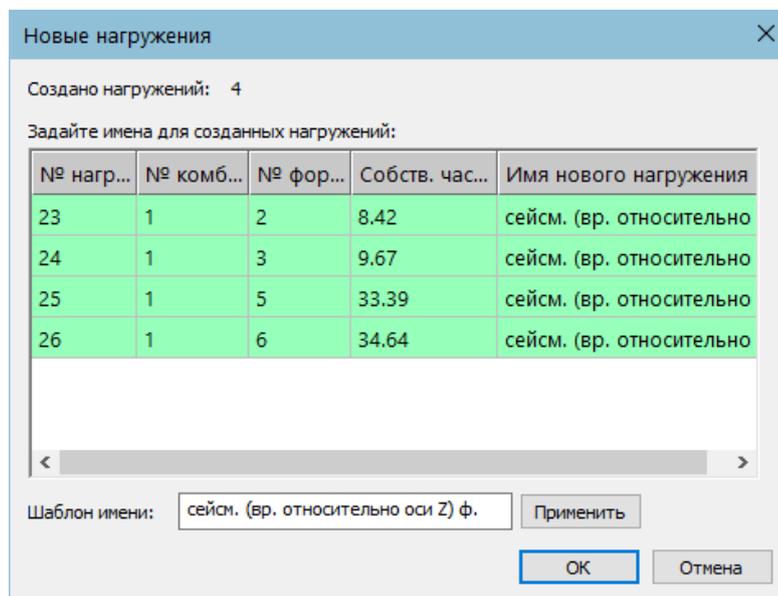
$g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения;

W - значение относительной интенсивности угловых ускорений ротации движения грунта в основании сооружения, зависит от спектра длин ротационных сейсмических волн, расстояния до эпицентра землетрясения R и категории грунта по сейсмическим свойствам. В зависимости от этих параметров, значение W вычисляют по специальным алгоритмам. При отсутствии этих данных о прогнозируемом землетрясении, значение W следует принимать $2 \cdot 10^{-2}$, $6 \cdot 10^{-2}$, $9 \cdot 10^{-2}$ м⁻¹ для грунта I, II и III категорий соответственно по СП 14.13330.2018.

В рассматриваемом примере максимальное расчетное ускорение равно:

$$I_d = 0,25 \cdot 1,0 \cdot 2,0 \cdot 0,06 = 0,03 \text{ рад/с}^2$$

11. В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний.
12. Установите опцию **Задать формы** и в активном поле укажите номера учитываемых форм собственных колебаний.
13. В качестве способа указания направления сейсмического воздействия, выберите **Задать углами** (угол в градусах между воздействием и плоскостью XOY, равный 90 градусам).
14. Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок, нажав на кнопку **Расчет**. Подтвердите присвоение имен нагружений новым нагружениям.



5.11 Статический расчет

Для проведения дальнейших проверок и расчетов, результаты статического расчета должны быть актуальными.

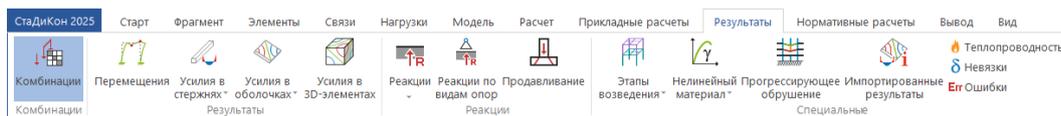
Проведите статический расчет согласно п.0.

5.12 Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки

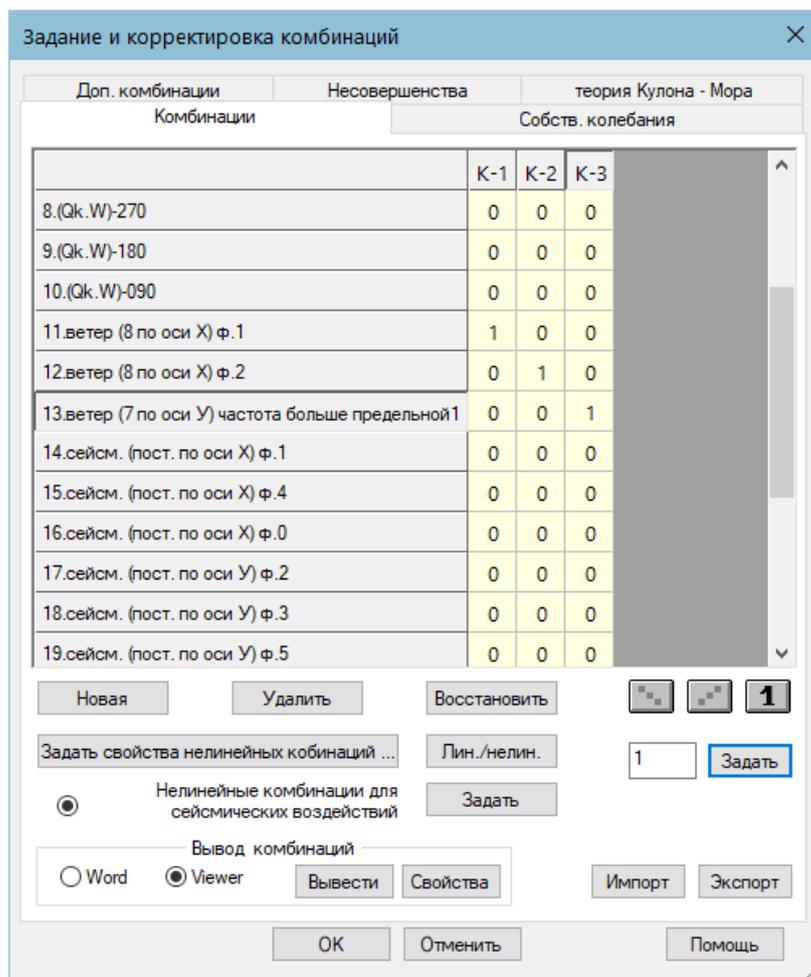
В соответствии с требованиями нормативных документов по комфортности, контроль ускорений колебаний, при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки, требуется выполнить при проектировании высотных (более 75 м) зданий. Рассматриваемое здание не относится к классу высотных, однако покажем, как выполняется этот расчет.

Шаг за шагом

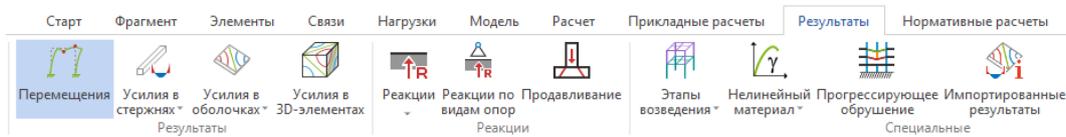
1. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**.



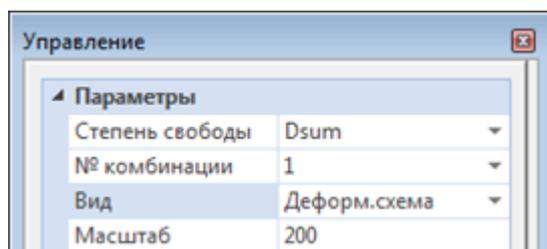
2. В появившемся диалоге создайте три новых комбинации, нажав на кнопку **Новая**.
3. Задайте значение **1** в ячейках, соответствующих номеру нагружения, для которого необходимо получить результат. Все остальные значения в строке оставьте равными нулю.



- Для завершения ввода данных, нажмите **ОК**.
- Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.



- Установите в окне **Управление** режим просмотра **Деформ.схема**.



- Выпишите значения максимального перемещения, соответствующего номеру комбинации.
- Определите фактические ускорения перекрытий здания при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки по следующим формулам:

$$y(t) = y_{cm} \pm y_{n.l.}(t) \approx y_{cm} \pm \sum_{i=1}^n A_i \cdot \sin(\omega_i t + \varphi_i)$$

$$\ddot{y}(t) = \pm \sum_{i=1}^n A_i \cdot \omega_i^2 \cdot \sin(\omega_i t + \varphi_i)$$

$$|\ddot{y}| \leq \pm \sum_{i=1}^n |A_i \cdot \omega_i^2|$$

9. Значения угловых частот для первой и второй форм собственных колебаний:

$$\omega_1 = 6,412 \text{ рад/с}, \omega_2 = 8,422 \text{ рад/с}$$

10. Значения максимальных перемещений – амплитуды для первой и второй форм собственных колебаний:

$$A_1^{38302} = 1,48 \text{ мм} = 0,00148 \text{ м}, \quad A_2^{38302} = 1,42 \text{ мм} = 0,00142 \text{ м}$$

11. Подставьте значения в формулу:

$$\sum_{i=1}^n |A_i \cdot \omega_i^2| = 0,00148 \cdot 6,412^2 + 0,00142 \cdot 8,422^2 = 0,1615 \text{ м/с}^2$$

$$0,1615 \cdot \frac{0,7}{1,4} = 0,0875 \text{ м/с}^2 > 0,08 \text{ м/с}^2$$

При проектировании высотных зданий, необходимо обеспечивать комфортность пребывания в них жителей, посетителей, сотрудников и обслуживающего персонала при действии пульсаций ветровой нагрузки. 0,08 м/с² - предельно-допустимое значение. МГСН 4.19-2005.

12. Для 2-го направления ветрового воздействия, частоты собственных колебаний больше предельной частоты, поэтому для этого направления ускорения незначительны, и анализ для данного направления не проводится.

Значения ускорений колебаний, определенные выше, очень близки к предельному допустимому значению (и даже превышают значение 0.08), поэтому необходимо выполнить уточненный расчет ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки.

5.13 Задание данных для РСУ

Согласно СП 14.13330.2018, сейсмические нагрузки от поступательного и вращательного колебаний необходимо учитывать как отдельно, так и совместно. В **СтаДиКон** существует два способа учета подобных комбинаций.

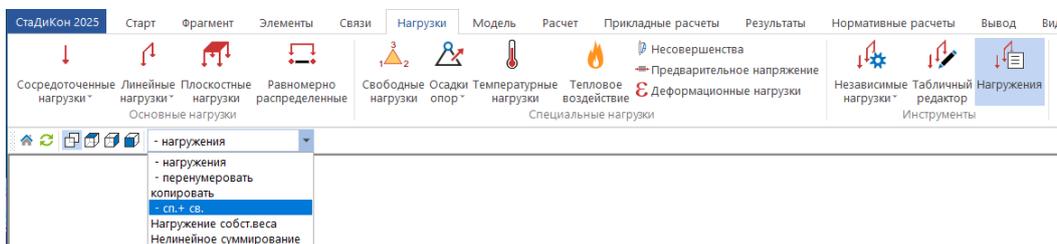
Во-первых, можно создать дополнительные нагружения автоматически (при помощи команды **Сеймика поступательная + сеймика вращательная**, указав при этом, какие нагружения необходимо сложить), либо вручную (при помощи функций копирования и масштабирования нагружений). Этот способ неудобен тем, что при большом количестве рассматриваемых форм колебаний в результате мы получим еще большее число нагружений, что ведет к увеличению времени счета и объема данных. Поэтому этот способ рассмотрим только в качестве примера и не будем использовать его в дальнейших расчетах.

Во-вторых, такие нагружения можно учесть на стадии формирования РСУ, при помощи дополнительных опций.

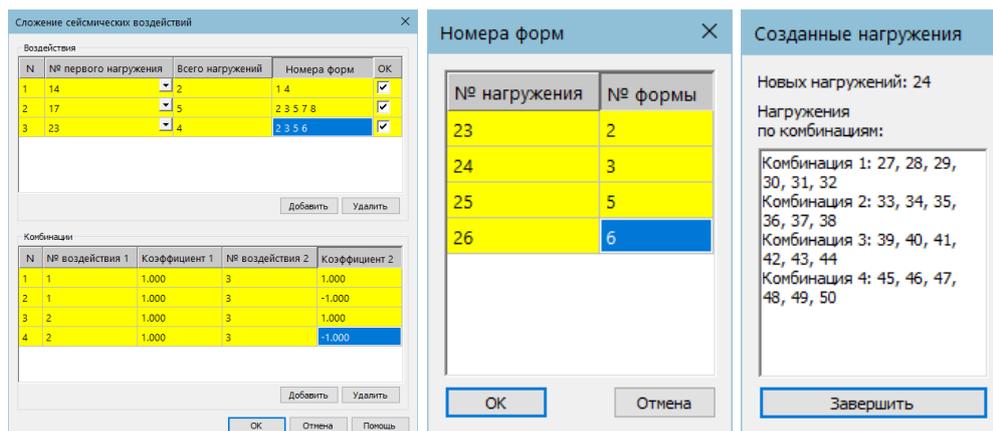
5.13.1 Формирование дополнительных нагружений

1. Вызовите команду **Нагрузки > Нагружения**. На дополнительной панели инструментов выберите **Сеймика поступательная + сеймика вращательная (сп.+св.)**.

Шаг за шагом



2. В появившемся окне **Сложение сейсмических воздействий**, в группе **Воздействия** нажмите на кнопку **Добавить**.
3. В появившейся строке в графе **№ первого нагружения** укажите номер первого сейсмического нагружения для первого рассматриваемого воздействия, в графе **Всего нагружений** укажите число учитываемых форм для данного направления воздействия.
4. Щелкните клавишей в ячейке графы **Номера форм** и в появившемся окне укажите соответствие номеров нагружений номерам форм колебаний.



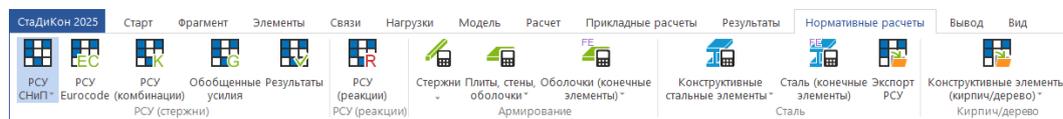
5. Аналогичным образом добавьте воздействия по остальным направлениям.
6. В группе **Комбинации** нажмите на кнопку **Добавить**.
7. В появившейся строке укажите номера поступательного и вращательного воздействий, которые необходимо сложить, а также коэффициенты при них.
8. Аналогичным образом создайте необходимое количество комбинаций.
9. При нажатии на кнопку **ОК** будут созданы дополнительные нагружения, номера которых по комбинациям будут указаны в диалоговом окне. В результате мы получим 24 новых нагружения и общее их число составит 50.
10. При задании таких комбинаций следует помнить, что добавка от неучтенных форм не может быть учтена автоматически, так как она не соответствует никакой форме колебаний.

5.13.2 Задание свойств нагружений для автоматического формирования РСУ

В данном пункте описывается задание не только свойств сейсмических нагружений, но и свойств ветровых нагружений для учета пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Это связано с подбором ввода данных для динамических воздействий. Для определения расчетных сочетаний усилий, проделайте следующие операции:

Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Нормативные расчеты > РСУ СНИП**.



2. В диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий СНИП** щелкните клавишей на кнопке **Соответствие воздействий и нагружений**.
3. В появившемся диалоге **Соответствие нагружений и воздействий** перейдите во вкладку **Ветер (узловые нагрузки)**.

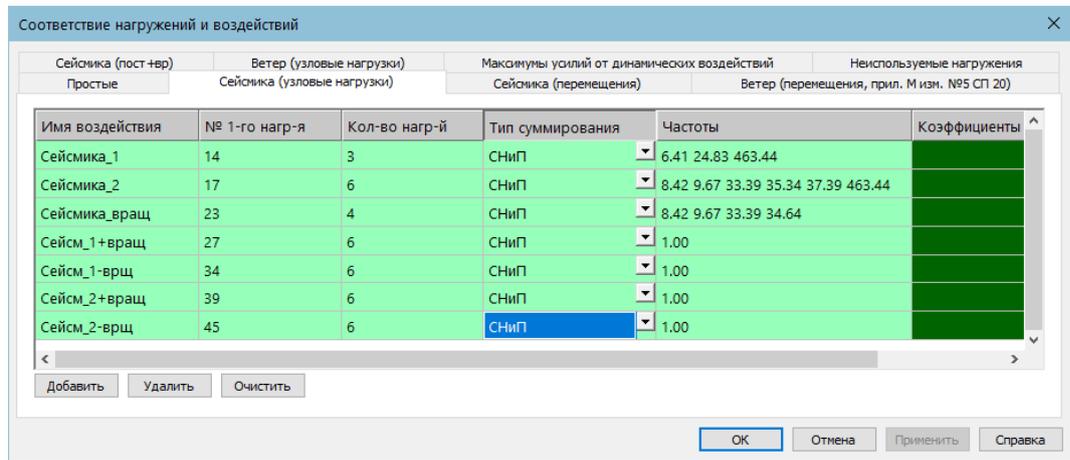
Соответствие нагрузений и воздействий

Простые		Сейсмика (узловые нагрузки)		Сейсмика (перенесения)		Ветер (перенесения, прил. М изм. №9 СП 20)	
Сейсмика (пост-твр)		Ветер (узловые нагрузки)		Максимумы усилий от динамических воздействий		Неиспользуемые нагрузки	
Имя воздействия	№ баз. нагр-я	№ 1-го нагр-я	Кол-во нагр-й	Тип суммирования	Частоты	Коэффициенты демпфирования (%)	
Ветер_X	8	11	2	SRSS			
Ветер_Y	7	13	1	SRSS			

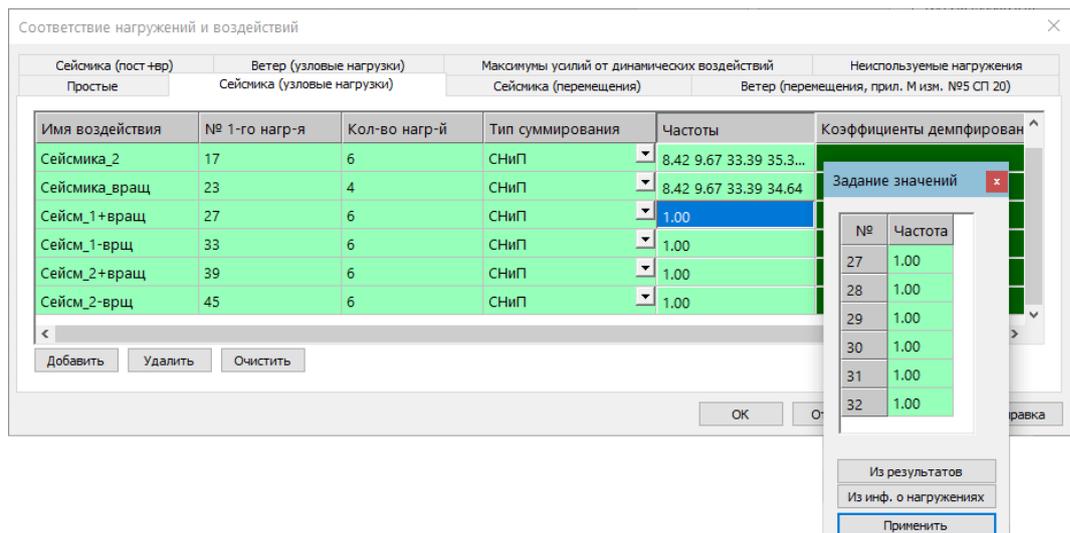
Добавить Удалить Очистить

OK Отмена Применить Справка

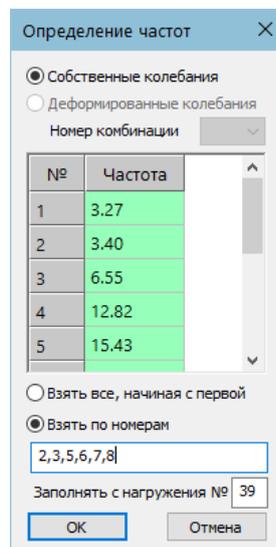
4. Добавьте две строки нажав на кнопку **Добавить**.
5. В столбце **№ баз.нагр-я** укажите номер статического нагружения. В нашем примере ветровому статическому нагружению соответствуют **7,8,9** и **10** нагружения.
6. В столбце **№ 1-ого нагр-я** задайте порядковый номер нагружения, которому соответствует нагрузка, определенная для первой учитываемой формы собственных колебаний. В рассматриваемом примере – это нагружение **8**.
7. В столбце **Кол-во нагр-й** укажите количество учитываемых форм собственных колебаний для данного статического нагружения (для **8-го** нагружения – это **2**, для **7-го** нагружения – **1**).
8. В столбце **Тип суммирования** выберите необходимый метод суммирования **SRSS**. Это метод суммирования через корень квадратный из суммы квадратов, который используется в **СНиП Нагрузки и воздействия**.
9. В диалоге **Соответствие воздействий и нагружений** перейдите на вкладку **Сейсмика (узловые нагрузки)**.
10. Добавьте семь строк, нажав на кнопку **Добавить**.
11. В столбце **№ 1-ого нагр-я** укажите номер первого нагружения из нагружений, соответствующих данному воздействию.
12. В столбце **Кол-во нагр-й** укажите количество нагружений, объединяемых в данное воздействие.
13. Выберите тип суммирования **СНиП**.

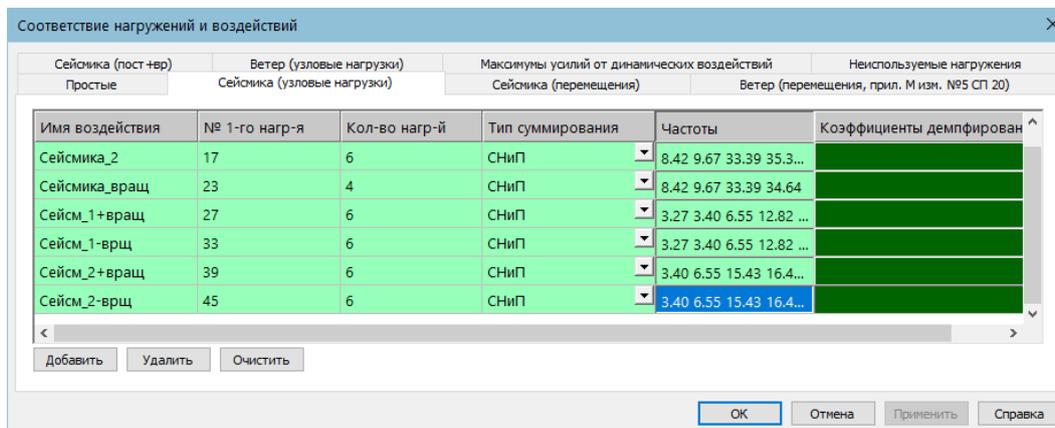


14. По щелчку клавишей в столбце **Частоты** открывается диалог задания частот.



15. Выберите данные **Из инф. о нагрузениях** для первых трех строк и **Из результатов** для комплексных вариантов сейсмики. Частоты из результатов могут быть выбраны как для первых форм (для комплексного воздействия 1), так и для указанных форм.

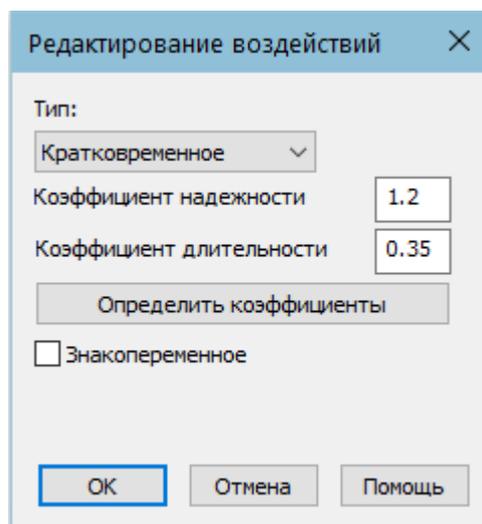




16. Завершите ввод, нажав на **ОК**.

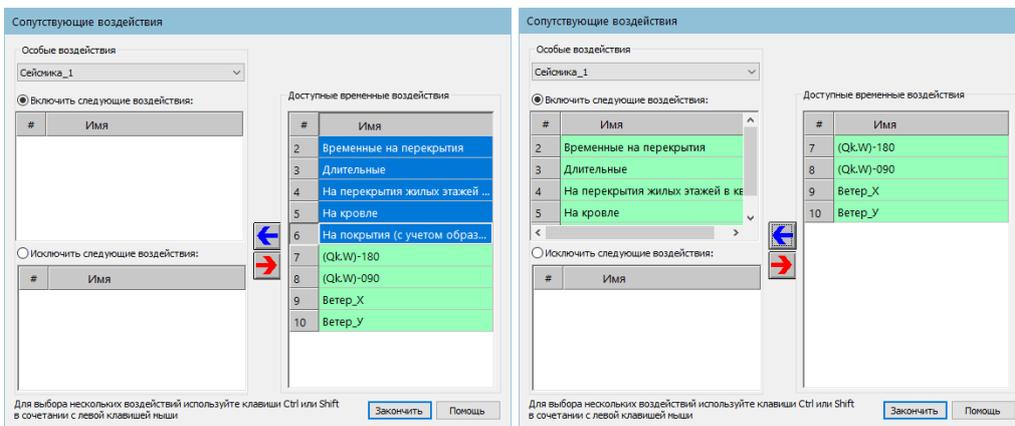
17. В диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий СНИП** проконтролируйте параметры для первых **6** нагружений (они должны получить установки из позиций).

18. Выбирая нагружения, при необходимости, задайте **Тип** нагрузки и укажите коэффициенты **Кн** и **Кд**, нажав на кнопку **Свойства воздействий**. В появившемся диалоге выберите нужные значения коэффициентов для каждого нагружения соответственно. При выборе нагружений, можно использовать клавиши **Shift** и **Ctrl** для выбора нескольких однотипных нагружений.



19. Обратите внимание на то, что в ветровых и сейсмических нагружениях параметры **Тип**, **Источник**, **Знакопеременное**, **Коэффициенты Кн** и **Кд** определены автоматически.

20. При двойном щелчке левой клавишей мыши в столбце **Включить/Исключить**, на экране появляется диалог **Сопутствующие воздействия**, позволяющий включать и исключать выбранные воздействия (кнопки  ).



21. Столбец **Н. о.** Несочетаемость с особыми воздействиями. Указывается для временных воздействий. При включении этой опции, воздействие не будет входить ни в одно особое сочетание.

22. Необходимые для ввода параметры показаны на рисунке. Сверьте правильность заданных параметров.

№	Имя	Тип	Источн...	+/-	Нагружен...	К.н.	К.д.	Включить/Исключить	Н. о.
1	Собственный вес несущих конструкций	Постоянное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1,10		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Временные на перекрытия	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1,20	0,35	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Длительные	Длительное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	3	1,20		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	На перекрытия жилых этажей в квартирах	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	4	1,30	0,22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	На кровле	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	5	1,30	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	На покрытия (с учетом образования снеговых мешков)	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	6	1,40	0,50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	(Qk,W)-180	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	9	1,40	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	(Qk,W)-090	Кратковременное	Простое	<input checked="" type="checkbox"/>	10	1,40	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Ветер_X	Кратковременное	Ветер	<input checked="" type="checkbox"/>	8, 11 - 12	1,40	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Ветер_Y	Кратковременное	Ветер	<input checked="" type="checkbox"/>	7, 13 - 13	1,40	0,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Сейсмика_1	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	14 - 16	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Сейсмика_2	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	17 - 22	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Сейсмика_вращ	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	23 - 26	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
14	Сейсм_1+вращ	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	27 - 32	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
15	Сейсм_1-вращ	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	33 - 38	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Сейсм_2+вращ	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	39 - 44	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Сейсм_2-вращ	Особое	Сейсмика	<input checked="" type="checkbox"/>	45 - 50	1,00	0,00	+Временные на перекрытия,Длительные,На перекры...	<input checked="" type="checkbox"/>

Советы & рекомендации

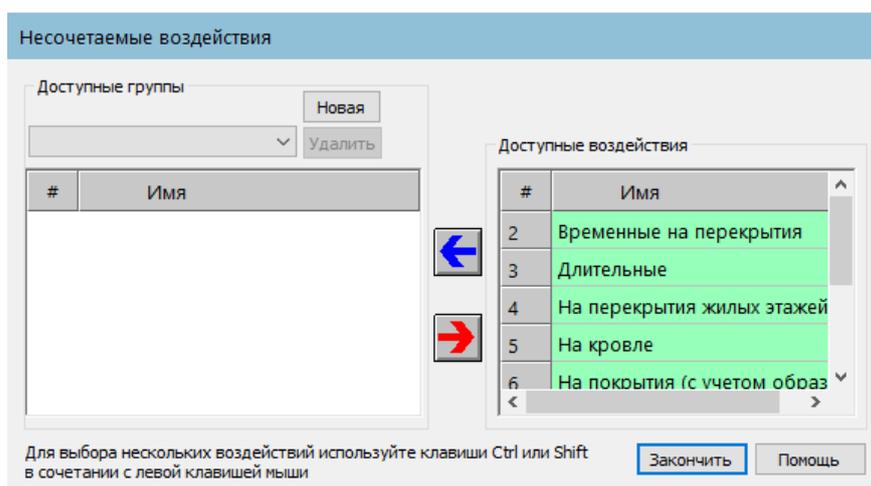
- Обратите внимание на то, что ветровая нагрузка не меняет знака. Это объясняется тем, что при подсчете ветровых нагрузок, в расчет принимались аэродинамические коэффициенты для наветренной стороны (напор) – 0,8, а для подветренной (отсос) – 0,6. Нагрузки в данном примере прикладывались однозначно по каждому направлению воздействия ветра на сооружения. Поэтому учитывать знакопеременность в данном примере некорректно.
- Для некоторых типов сооружений, для учета знакопеременности, допускается принимать осредненный аэродинамический коэффициент $(0,8 + 0,6)/2 = 0,7$ и активировать опцию **Знакопеременное** или задать дополнительные нагрузки для противоположного направления ветра с соответствующими аэродинамическими коэффициентами. Более подробно – см. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

5.13.3 Несочетаемые нагрузки

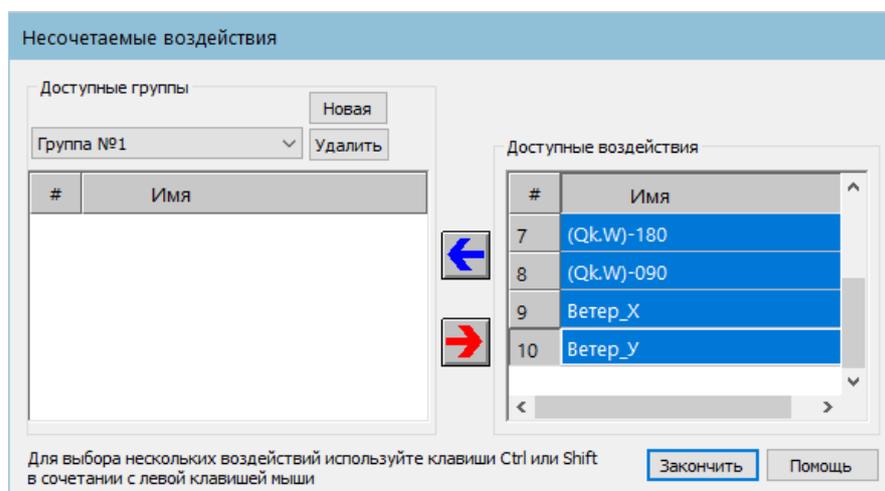
При определении РСУ возможно учесть ситуации, когда два или более нагружений не могут вместе встречаться в одной комбинации или, наоборот, одно нагружение присутствует только тогда, когда присутствует другое. Эти случаи учитываются при помощи задания групп несочетаемых и сопутствующих нагружений. Для особых нагружений (например, сейсмических) задавать несочетаемость не обязательно. Такие нагружения по умолчанию являются несочетаемыми.

1. В диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий СНиП** нажмите на кнопку **Несочетаемые воздействия**. На экране появится одноименный диалог:

Шаг за шагом

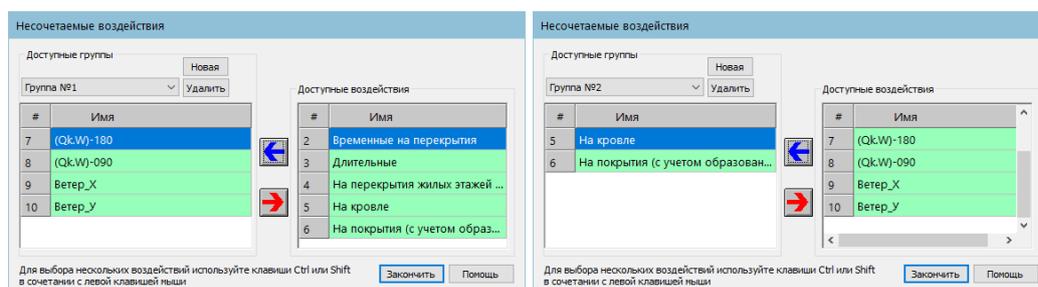


2. В появившемся диалоге сначала необходимо создать **группу**, а затем в созданную группу добавить номера нагружений, нагрузки из которых не могут действовать одновременно. Нажмите на кнопку **Новая**. Порядковый номер группе будет присвоен автоматически.



3. Далее, используя кнопку со стрелкой , введите обозначения несочетаемых воздействий.
4. Задайте группы несочетаемых нагружений, согласно нижеприведенной таблице.

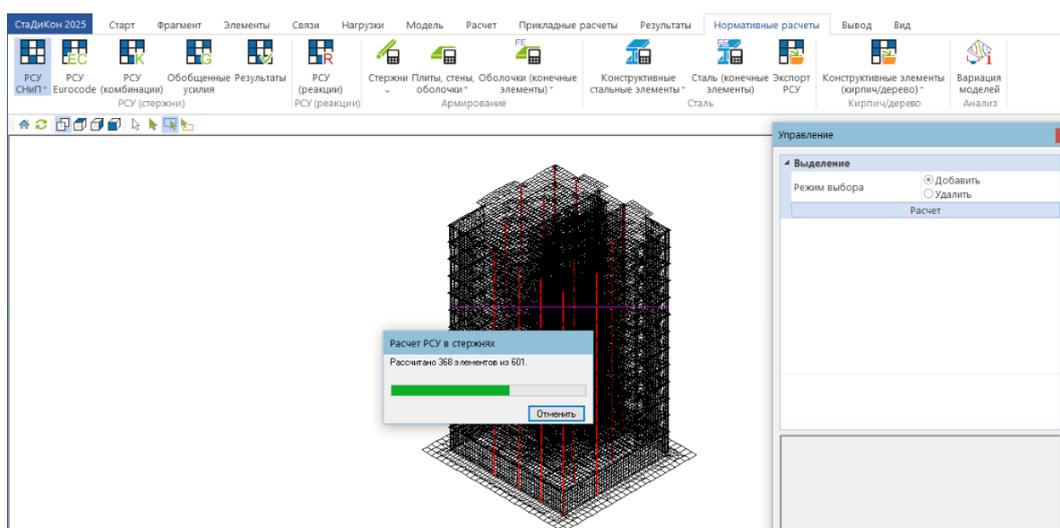
Группа	Номера нагружений
1	Все варианты ветра
2	5,6



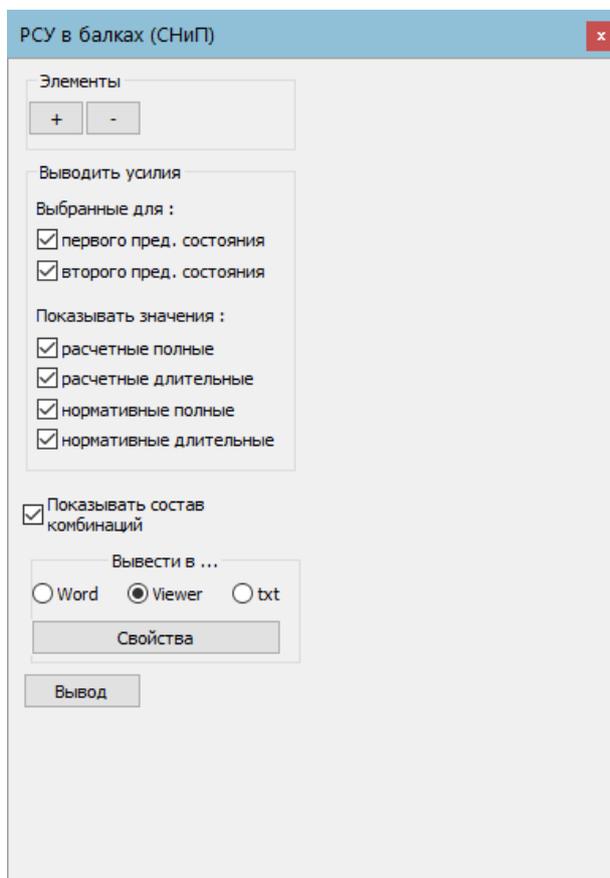
Советы & рекомендации

□ Поскольку, в соответствии со СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», нагрузки на покрытие учитываются без снеговых нагрузок, нагружения 5 и 6, при определении расчетных сочетаний усилий, следует отнести к несочетаемым (Примечание 2 к таблице 3).

- Далее в диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий СНиП** укажите количество сечений элемента для определения РСУ и нажмите **ОК**.
- В рабочем окне выберите стержневые элементы, для которых должны быть рассчитаны РСУ. Для запуска расчета нажмите на кнопку **Расчет** в диалоге **Управление**.



- По окончании расчета, будет выведено соответствующее сообщение. Для вывода результатов расчета РСУ можно воспользоваться командой **Нормативные расчеты > Результаты**. Появляющийся диалог позволяет управлять составом выводимых сочетаний для выбранных элементов и направлением вывода.



8. Нажмите на кнопку **Вывод**, и результаты расчета **PCU** появятся в выходном документе программы **Viewer**.

Результаты расчета PCU по нормам СНиП 2.01.07-85

Элем.	Коорд.	Nk	Тип	N	Qs	Qt	Mr	Ms	Mt
	м			кН	кН	кН	кНМ	кНМ	кНМ
43884	0.0	1	рп	-3257	-64	-71	3	-39	-67
			1(1.00)						
			рд	-3257	-64	-71	3	-39	-67
			1(1.00)						
			нп	-2961	-58	-64	3	-35	-60
			1(0.91)						
			нд	-2961	-58	-64	3	-35	-60
			1(0.91)						
		2	рп	-3254	-58	-70	3	-39	-61
			1(1.00), 10(1.00+)						
			рд	-3257	-64	-71	3	-39	-67
			1(1.00), 10(0.00+)						
			нп	-2959	-54	-64	3	-35	-57
			1(0.91), 10(0.71+)						
			нд	-2961	-58	-64	3	-35	-60
			1(0.91), 10(0.00+)						
		3	рп	-3317	-66	-71	3	-39	-68
			1(1.00), 6(1.00)						
			рд	-3287	-65	-71	3	-39	-67
			1(1.00), 6(0.50)						
			нп	-3004	-60	-65	3	-36	-62
			1(0.91), 6(0.71)						
			нд	-2982	-59	-64	3	-35	-61
			1(0.91), 6(0.36)						

Примечание. *i* - коэффициент сочетаний для постоянного воздействия выбран для благоприятного действия нагрузки
 р - расчетные значения усилий, н - нормативные, п - от действия полной нагрузки, д - от действия постоянных и длительных нагрузок

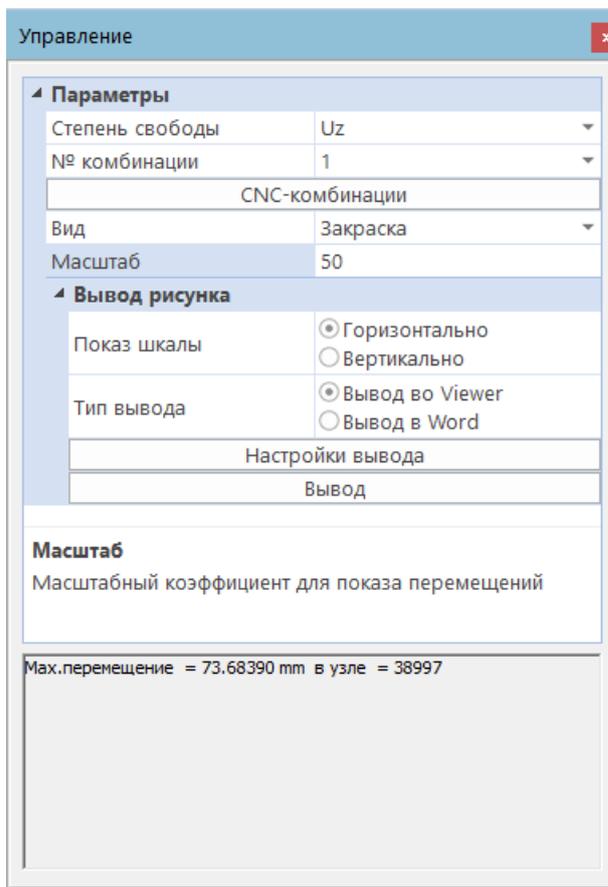
5.14 Проверка законтурного основания

На этапе создания позиционной модели, мы условно задали основание выступающим на 2 метра за контуры фундаментной плиты. После определения всех нагрузок, необходимо проверить, достаточно ли в расчете учитывать данную площадь основания. Выполнив статический расчет, проверим перемещения по границам основания и, при необходимости, отредактируем его.

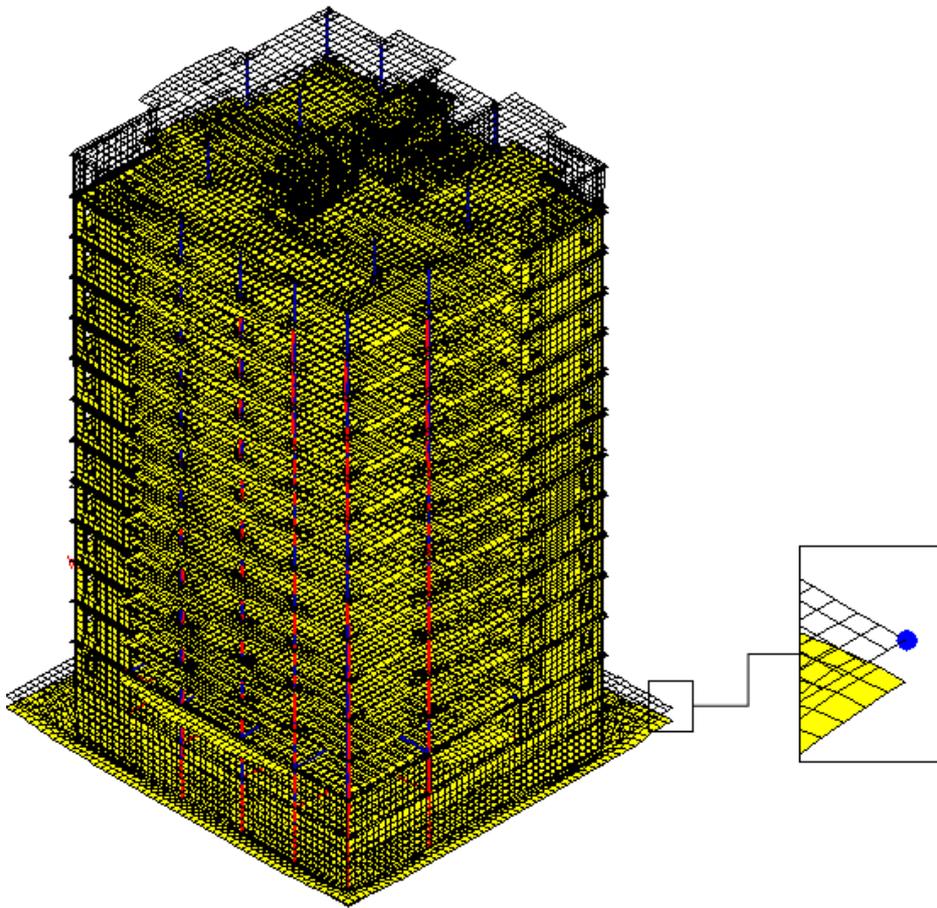
5.14.1 Анализ перемещений и редактирование основания

Шаг за шагом

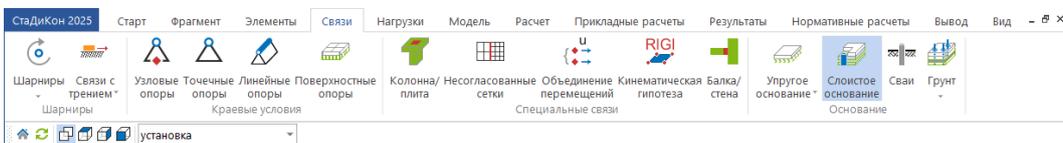
1. По окончании статического расчета, создайте комбинацию, в которой учитываются только вертикальные нагрузки с коэффициентом 1 (нагружения 1-6), просмотрите деформированную схему модели.
2. В окне **Управление** установите опции на отображение перемещений по оси **z**.



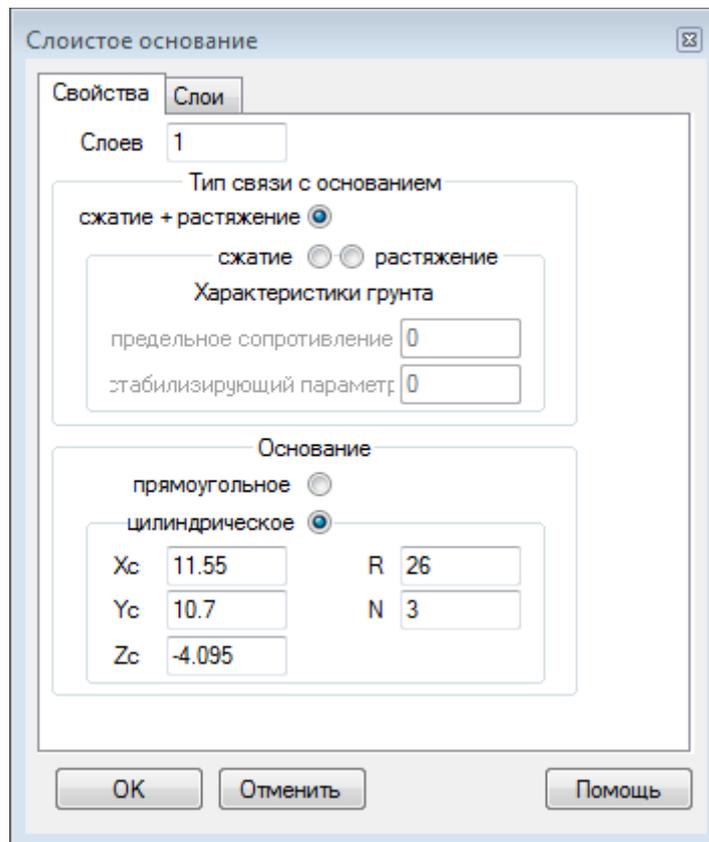
3. Посмотрите перемещения в углах основания.



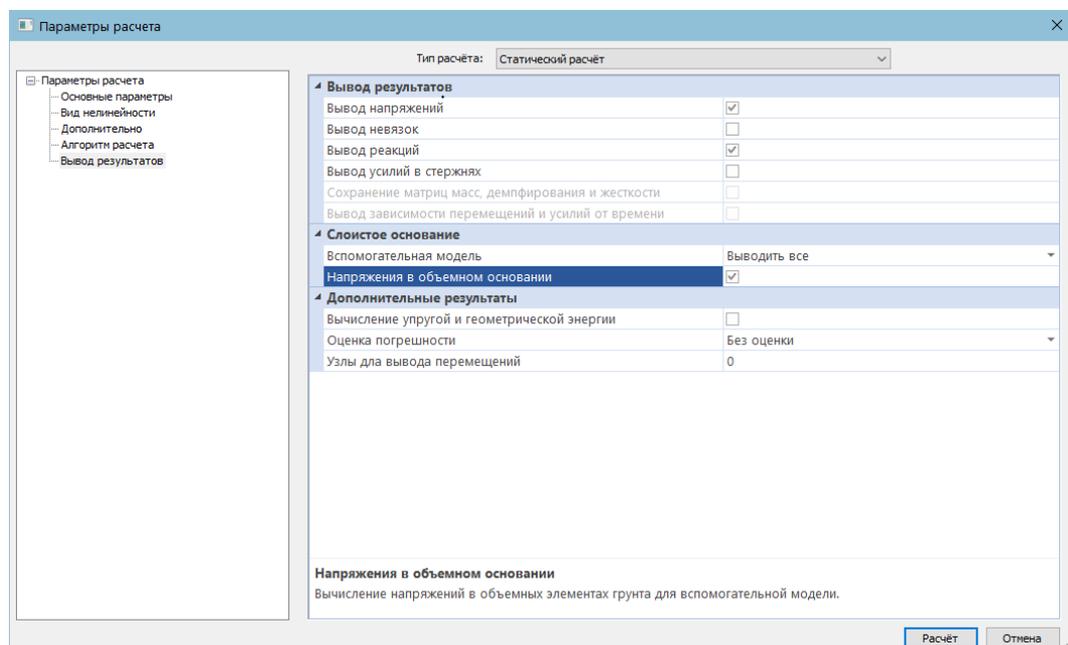
4. Такие перемещения по краям основания свидетельствуют о необходимости учесть большую зону основания. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Слоистое основание** и опцию **установка** в выпадающем меню.



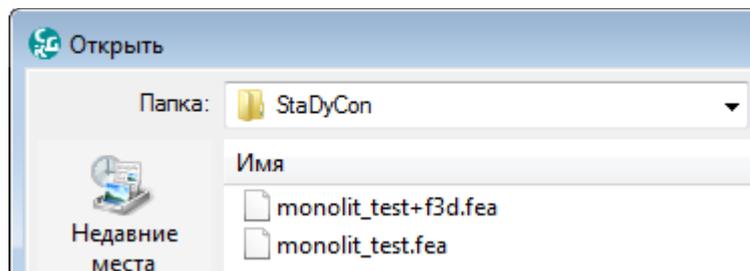
5. В окне **Управление** выберите основание и щелкните левой клавишей мыши в области **Информационного окна**.
6. В появившемся окне **Слоистое основание** выберите вид основания **цилиндрическое**. В области диалога **Основание** будут установлены значения координат центра основания, радиуса описанной окружности (вычисляются автоматически) и количество делений за пределами заданной области. В поле **R** (радиус цилиндра расширения) укажите значение **26 м**. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.



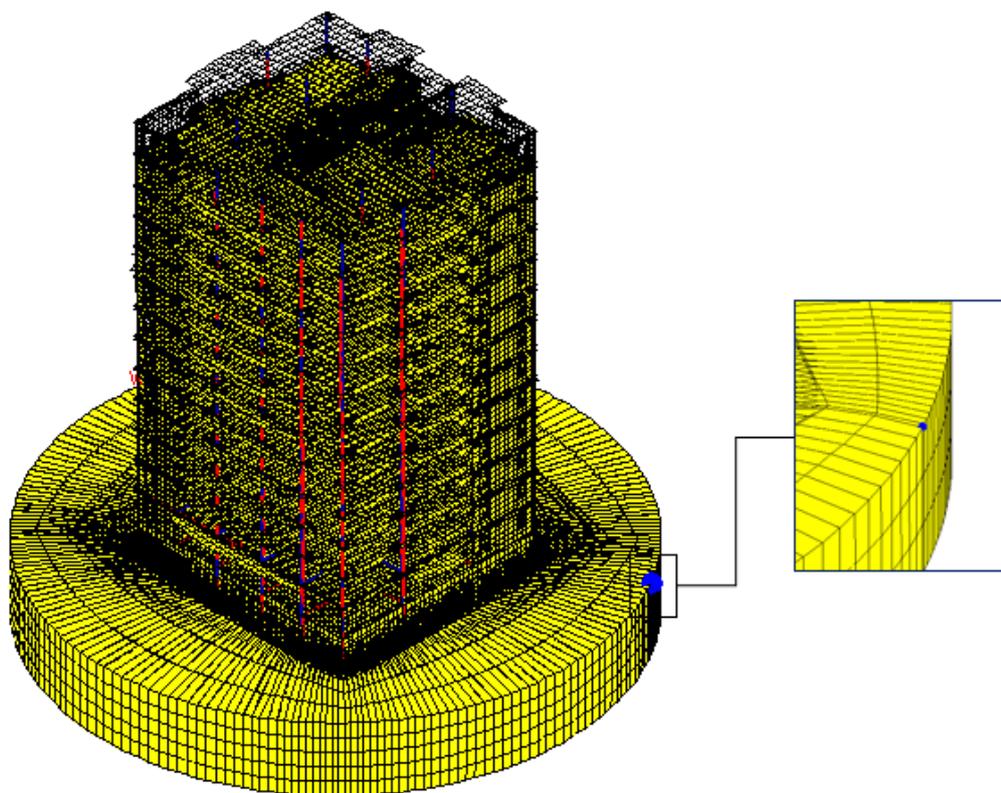
7. Вызовите команду **Расчет > Расчет** и на предложение сохранить изменения в файле ответьте **Да**. На экране появится диалог **Параметры расчета**.
8. В параметрах статического расчета в группе **Вывод результатов** в области диалога **Слоистое основание** из выпадающего меню **Вспомогательная модель** выберите опцию **Выводить все**. Активируйте опцию **Напряжения в объемном основании**. Включение этих опций позволяет сформировать дополнительный файл для просмотра модели с основанием.



- Запустите статический расчет.
- По окончании расчета загрузите промежуточный FEA-файл **monolit_test+f3d.fea**, который находится в той же папке, что и файл **monolit_test.fea**. В этом файле хранится модель, которая иллюстрирует расчетную модель с учетом основания.



- Включите отображение деформаций и в диалоге **Управление** посмотрите вертикальные перемещения в точках основания наиболее близких к углам фундаментной плиты.



Max: Узел=64694, Uz=0.00000 мм Min: Узел=64694, Uz=0.00000 мм

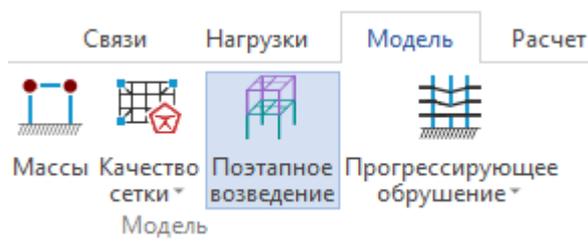
- В данном случае видно, что вертикальные перемещения по краям рассматриваемой области основания равны 0, и нет необходимости включать в расчет большую площадь основания.

5.15 Учет этапности возведения

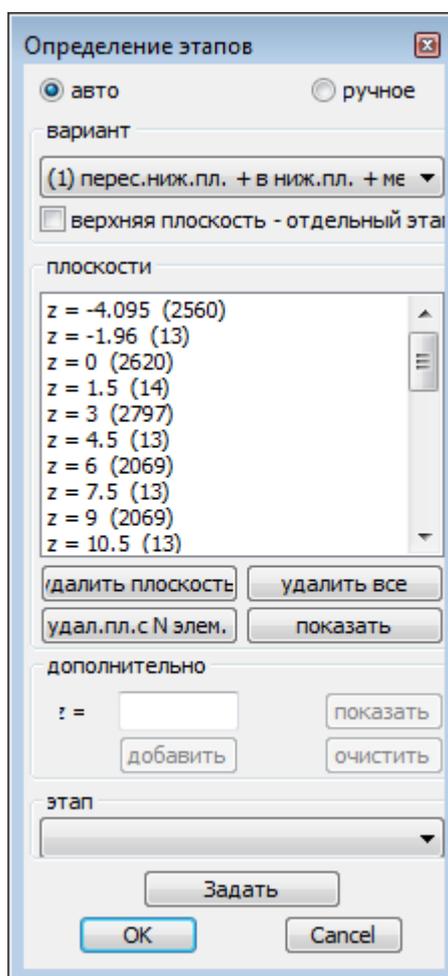
Для ввода параметров этапности возведения здания, сделайте следующие операции:

Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Модель > Поэтапное возведение**.

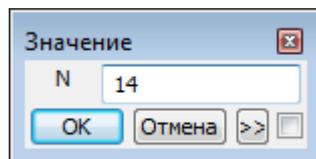


2. В окне **Управление** нажмите на кнопку **установка**.
3. В диалоге **Определение этапов** необходимо задать параметры этапов возведения.

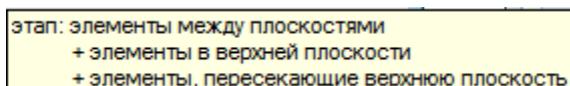


4. В диалоге автоматически определились высотные отметки и количество элементов горизонтальных плоскостей. Очевидно, что горизонтальные плоскости с 14 конечными элементами - это лестничные марши. Их необходимо исключить из списка автоматического формирования плоскостей.

5. Нажмите на кнопку **удал.пл.с N элем.** для задания параметра, по которому будет происходить фильтрование плоскостей.
6. В появившемся диалоге задайте параметр 14. То есть произойдет исключение плоскостей с количеством элементов меньше и равно 14.



7. Заметьте, что количество плоскостей стало равным количеству плит перекрытий + фундаментная плита.
8. Выберите автоматическое задание этапов возведения (опция **авто**).
9. Из выпадающего списка **вариант** выберите схему условий включения элементов в этап **(1) между + перес. верх. пл. + в верх. плоск.**



Выпадающий список **вариант** позволяет выбрать следующие схемы условий включения элементов в этап:

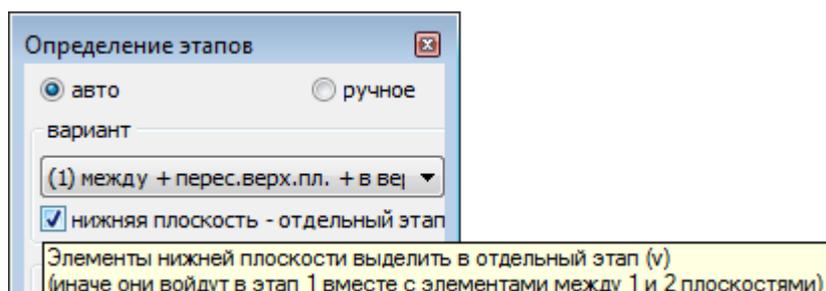
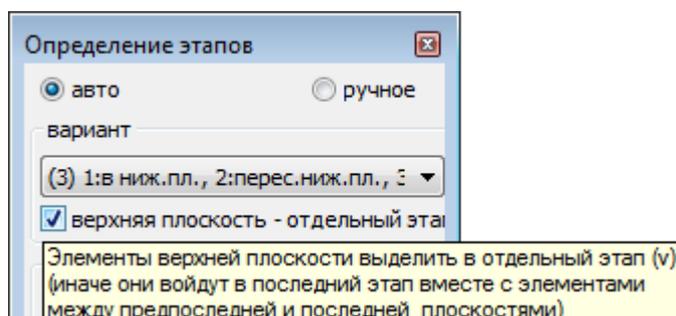
№ п/п	Количество этапов	Схема этапов
1	три этапа для двух последовательных плоскостей списка	первый этап - элементы в нижней плоскости, второй этап - элементы, пересекающие нижнюю плоскость, следующий этап - элементы между плоскостями;
2	три этапа для двух плоскостей списка:	первый этап - элементы, пересекающие нижнюю плоскость, второй этап - элементы в нижней плоскости, следующий этап - элементы между плоскостями;
3	два этапа для двух плоскостей списка:	первый этап - элементы в нижней плоскости + элементы, пересекающие нижнюю плоскость, следующий этап - элементы между плоскостями;
4	один этап для двух плоскостей списка:	элементы в нижней плоскости + элементы, пересекающие нижнюю плоскость, + элементы между плоскостями;
5	один этап для двух плоскостей списка:	элементы между плоскостями + элементы в верхней плоскости + элементы, пересекающие верхнюю плоскость;

№ п/п	Количество этапов	Схема этапов
6	два этапа для двух плоскостей списка:	первый этап - элементы между плоскостями, следующий этап - элементы в верхней плоскости + элементы, пересекающие верхнюю плоскость;
7	три этапа для двух плоскостей списка:	первый этап - элементы между плоскостями, второй этап - элементы, пересекающие верхнюю плоскость, следующий этап - элементы в верхней плоскости;
8	три этапа для двух плоскостей списка:	первый этап - элементы между плоскостями, второй этап - элементы в верхней плоскости, следующий этап - элементы, пересекающие верхнюю плоскость;

Советы & рекомендации

- Если в самой верхней (габаритной) плоскости есть элементы, то при выборе схем 1-4, элементы верхней плоскости можно выделить в отдельный этап. Аналогично, при выборе схем 5-8, элементы нижней плоскости также можно выделить в отдельный этап.

10. Для запуска автоматического назначения этапов, нажмите на кнопку **Задать**. Подтвердите разбиение, нажав **ОК**.
11. Если опция **верхняя плоскость - отдельный этап** отключена, то в последнем созданном этапе участвуют колонны, стены и плита покрытия.

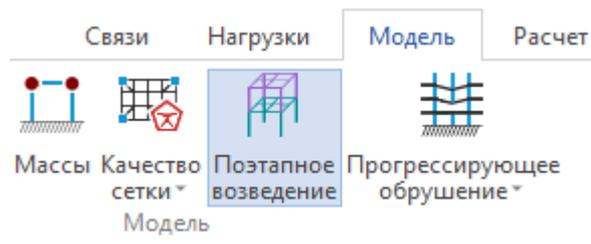


5.15.1 Ручное редактирование этапа возведения

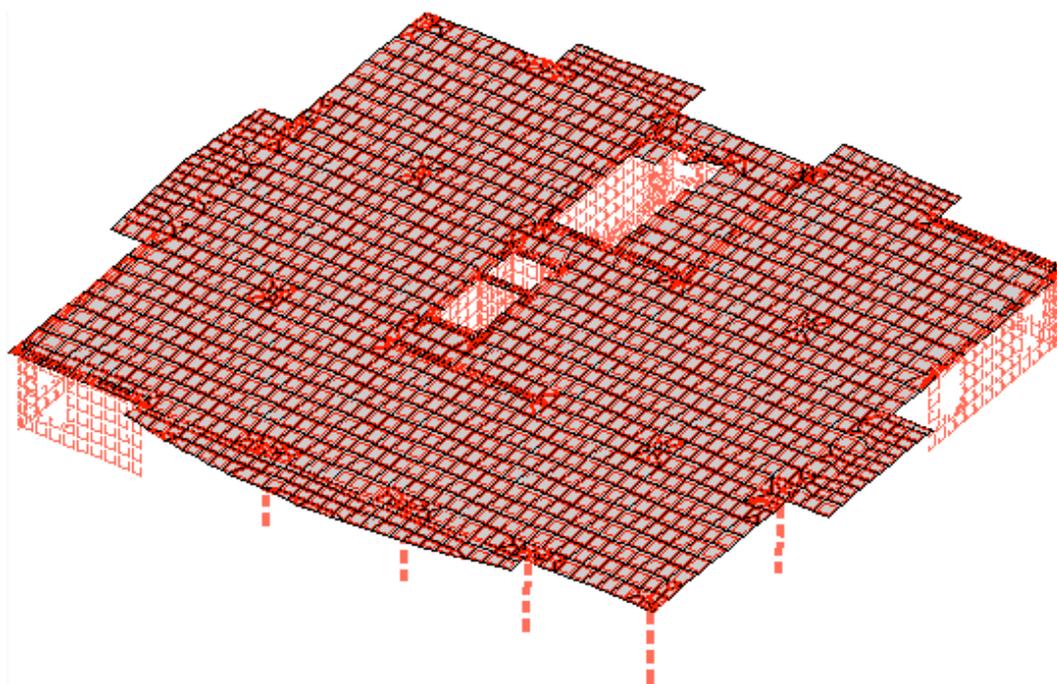
Автоматическое разбиение может не предусматривать все возможные варианты разбиения на этапы. При необходимости, можно воспользоваться функцией ручного редактирования этапов.

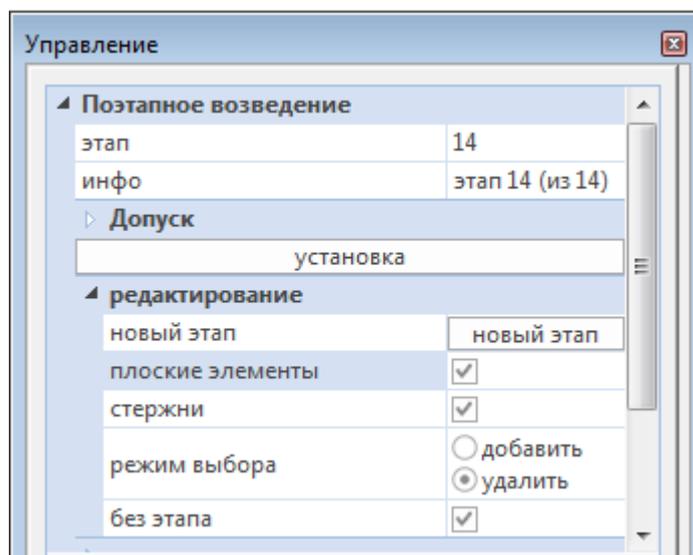
1. Для удобства редактирования установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия см. п. 4.8.1 (пп.1).
2. Вызовите команду **Модель > Поэтапное возведение**.

Шаг за шагом

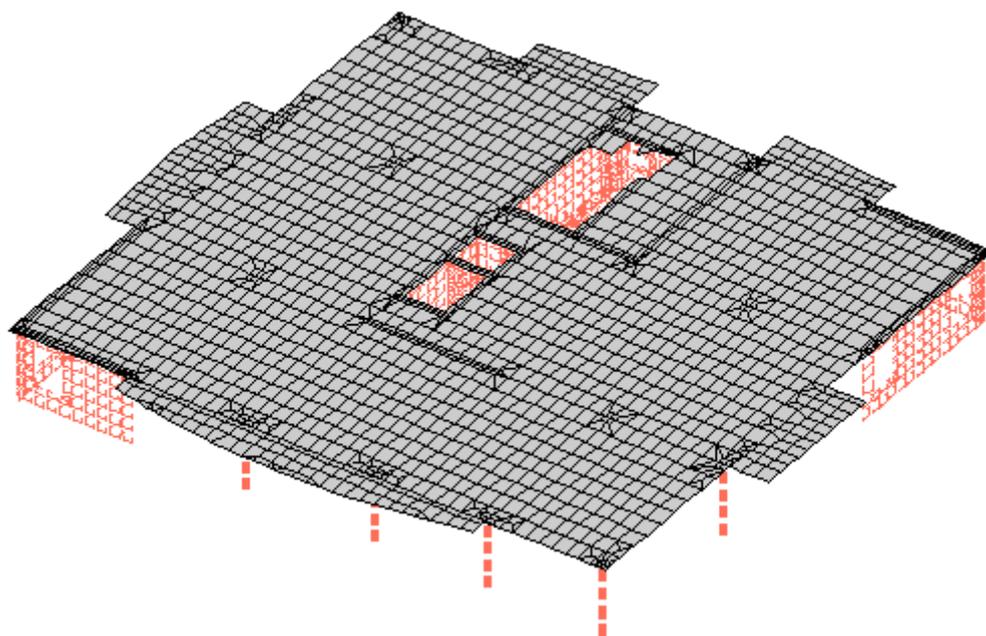


3. В окне **Управление** укажите этап 14. Станут активными элементы, входящие в этот этап возведения.

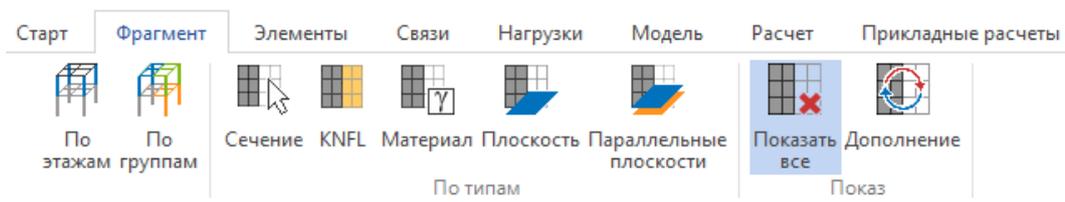




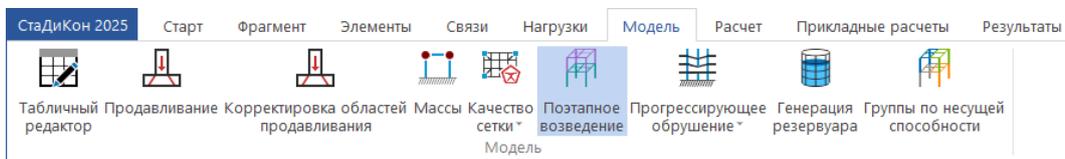
4. В диалоге **Управление** установите режим выбора **удалить** для удаления элементов из этапа возведения.
5. Выделите всю плиту при помощи опции **выбор группы объектов**.



6. Нажмите на кнопку **новый этап** в области диалога **редактирование** для создания нового этапа. Созданному этапу будет автоматически присвоен порядковый номер 15.
7. Установите режим выбора **добавить** для добавления элементов в этап возведения. Выделите всю плиту при помощи опции **выбор группы объектов**.
8. Для завершения команды, нажмите на кнопку **Домой**  на дополнительной панели инструментов.
9. Для отображения всей модели здания, активируйте функцию **Фрагмент > Показать Все**.



10. Вызовите команду **Модель > Поэтапное возведение**.



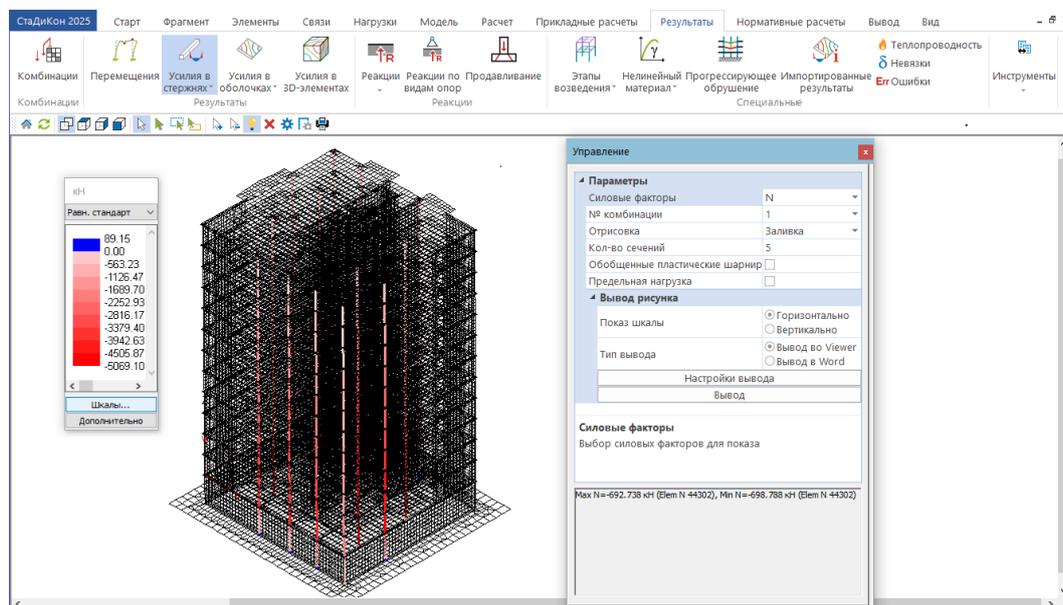
11. Используя выпадающий список **этап** в окне **Управление**, просмотрите каждый этап возведения.

12. Выполните статический расчет, установив опцию **Поэтапное возведение** в диалоге **Параметры расчета (Основные параметры > Поэтапное возведение)**.

Вы можете установить опцию **Поэтапное возведение (промежуточные этапы)** в группе **Вывод результатов** для того, чтобы просматривать после выполнения расчета результаты по отдельным этапам.

Советы & рекомендации

		Без учета этапности		С учетом этапности	
Мембранное напряжение S в стенах					
	max	min	5106 кН/м ²	-17363 кН/м ²	3179
Нормальная сила в колоннах					
	max	min	-72 кН	-396,00 кН	-77 кН



Для анализа результатов выбраны вертикальные элементы (стены и колонны) верхнего этажа. В таблицу сведены значения максимальных и минимальных усилий в колоннах, изображения изополей для мембранных напряжений по оси s (вертикальная ось элементной системы координат) для модели, расчет которой выполнялся без учета этапности возведения сооружения и с учетом этапности.

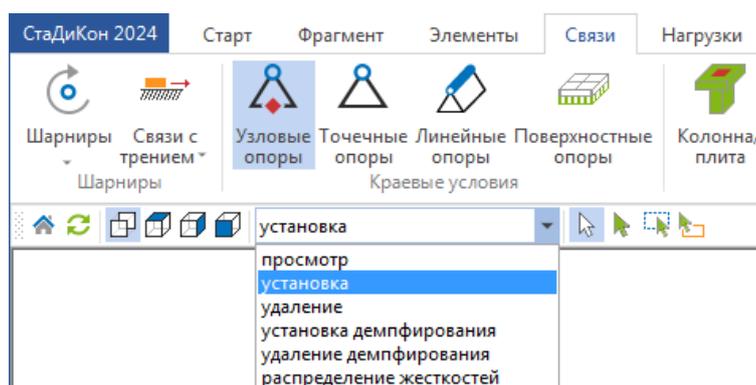
По таблице видно, что учет этапности существенно влияет на усилия в вертикальных элементах каркаса.

5.16 Расчет на устойчивость

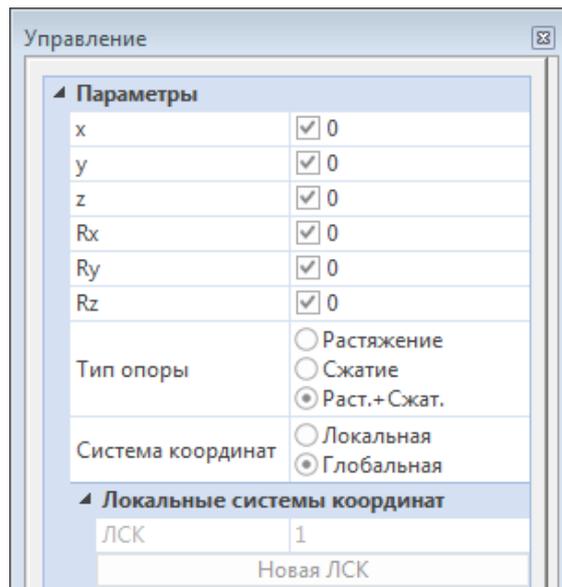
Для анализа устойчивости системы, нужно исключить потерю устойчивости основания. Поэтому необходимо ввести закрепление для фундаментной плиты. Перед расчетом можно сделать копию задачи и работать с ней. Мы назовем копию **monolit_test_kopie1.fea**.

Шаг за шагом

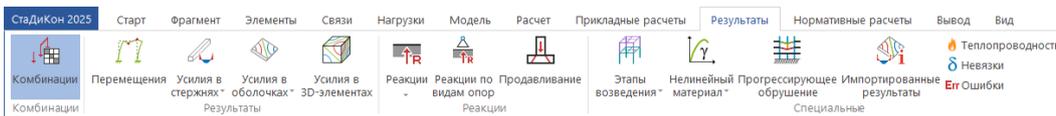
1. Для удобства ввода краевых условий, установите отображение фрагмента фундаментной плиты п.5.34.1 (пп.5).
2. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Узловые опоры** и опцию **установка** в выпадающем меню.



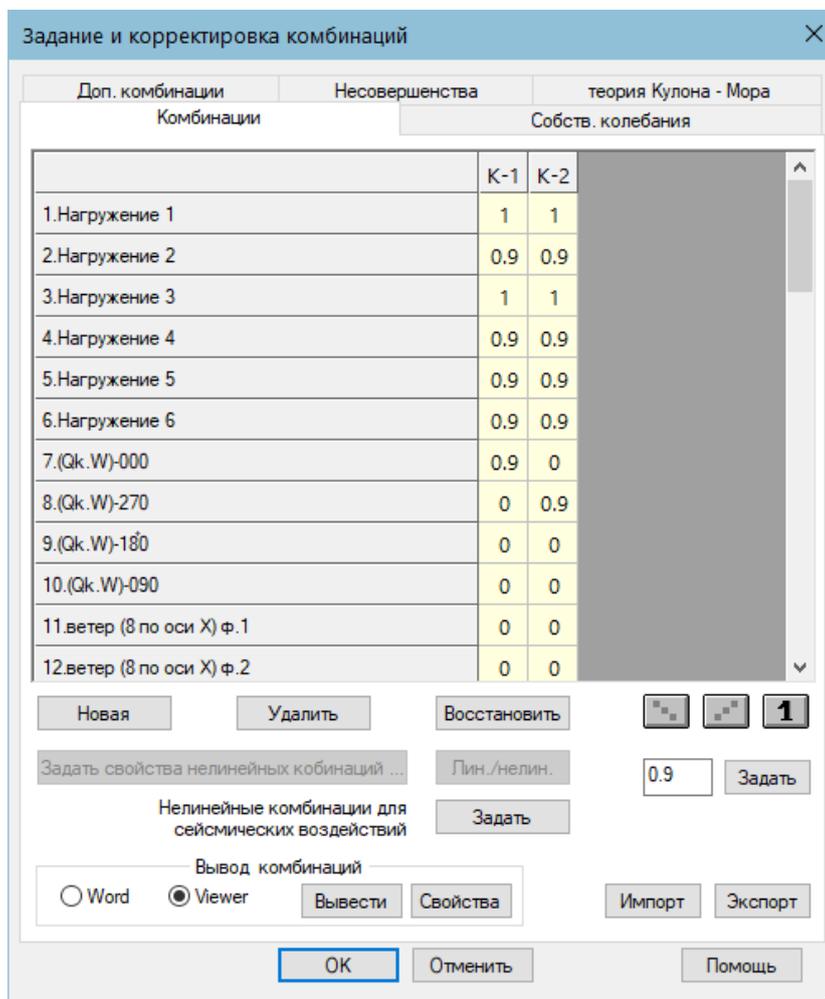
3. В окне управления задайте параметры вводимых краевых условий. В данном случае – заземление.



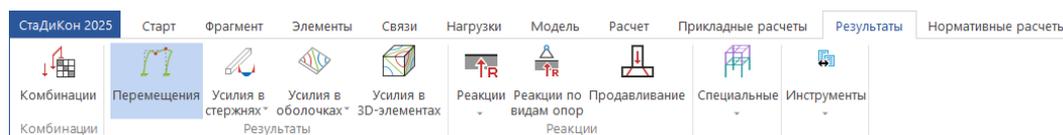
4. Выберите все узлы с помощью рамки.
5. Вызовите команду **Результаты > Комбинации** и создайте две комбинации для расчета на устойчивость со следующими коэффициентами, приведенными в таблице.

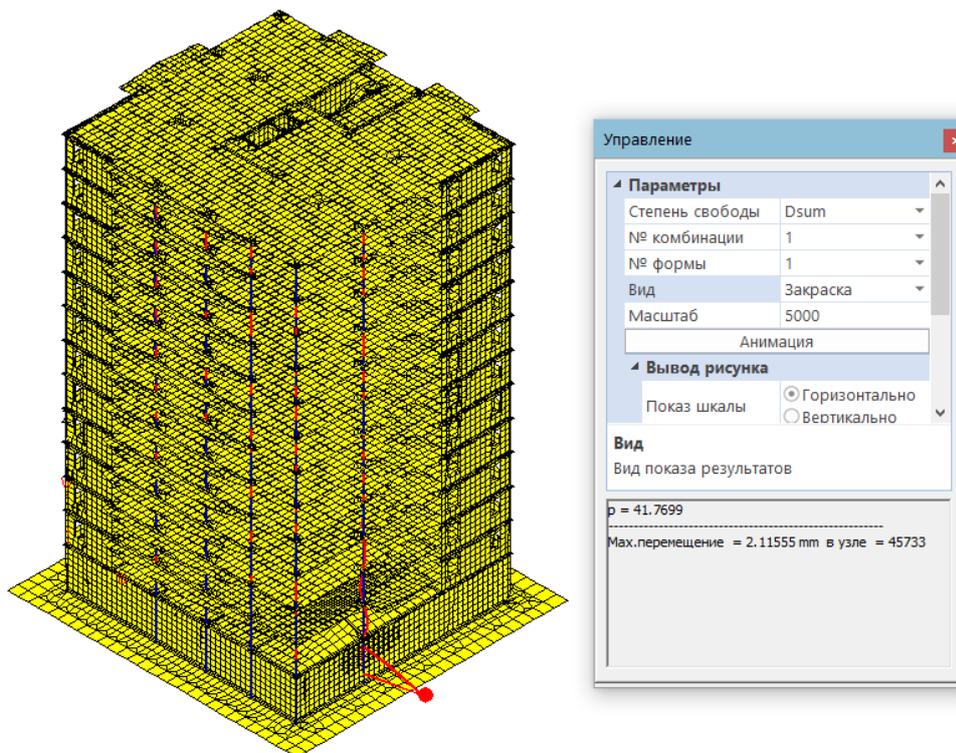


№ нагружения	Комбинация 1	Комбинация 2
1	1	1
2	0.9	0.9
3	1	1
4	0.9	0.9
5	0.9	0.9
6	0.9	0.9
7	0.9	0
8	0	0.9
9-50	0	0



6. Вызовите команду **Расчет > Расчет**
7. В окне **Параметры расчета** укажите тип расчета **Устойчивость**, количество собственных значений 3, точность 0,001. Запустите расчет нажатием на кнопку **Расчёт**.
8. Для просмотра результатов вызовите команду **Результаты > Перемещения**.





В информационном окне отображается величина критического параметра нагрузки. Если она больше единицы, то устойчивость идеализированной линейно упругой модели каркаса обеспечена.

Величина критического параметра нагрузки показывает во сколько раз необходимо увеличить значение всех нагрузок, входящих в комбинацию, для того, чтобы они стали критическими для данной модели. Но нужно помнить, что в железобетонных конструкциях, в отличие от металлоконструкций, устойчивость при грамотной конструктивной схеме достаточно редко является определяющим фактором.

Учитывая, что устойчивость конструкций реальных зданий всегда будет меньше устойчивости такой модели, величина p , согласно МГСН не должна быть меньше двух.

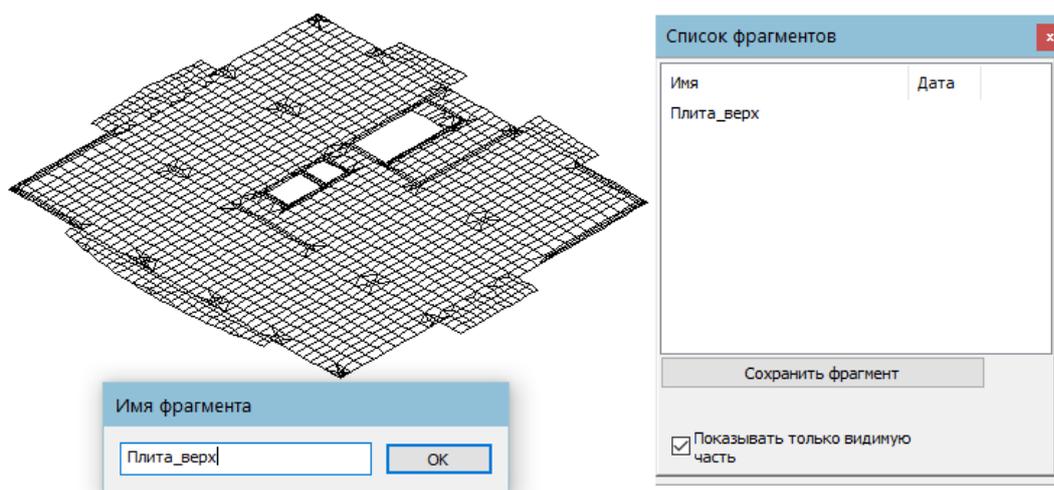
5.17 Просмотр результатов статического расчета

Просмотр результатов расчета ведется по заданным комбинациям нагрузок и/или min/max наложению (огibaющей) для комбинаций. Для просмотра результатов вызовите команду **Результаты > Инструменты > Тип результатов** и в появившемся диалоге **Выбор типа результатов** укажите **Статический**. Ниже, в качестве примера, приведены результаты для комбинации всех нагружений.

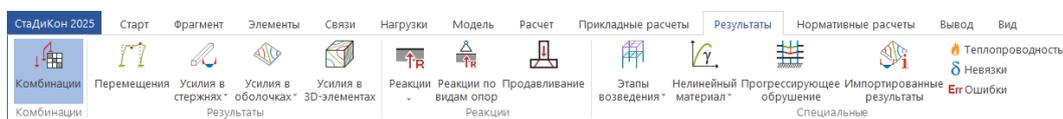
5.17.1 Просмотр усилий в плите

Шаг за шагом

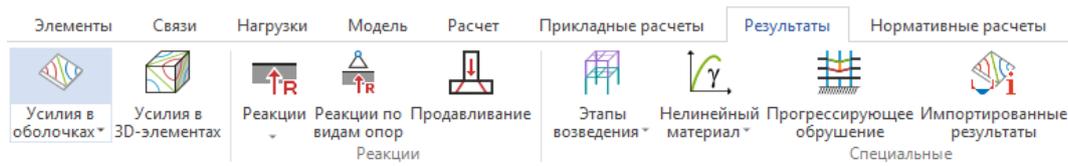
1. Для удобства просмотра результатов в плите, установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия п.5.4.1.



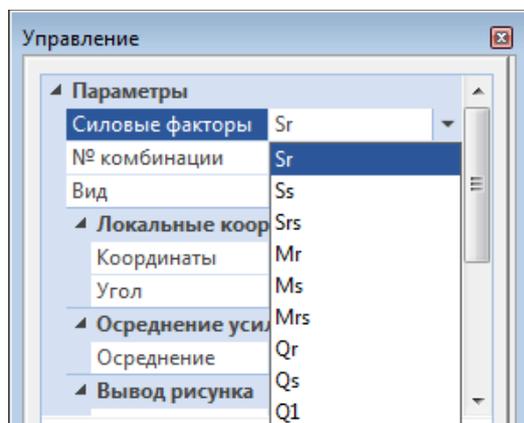
2. С помощью команды **Результаты > Комбинации** вызывается диалог, в котором можно задать коэффициенты, с которыми соответствующие нагружения будут входить в просматриваемые комбинации.



3. Вызовите команду **Результаты > Усилия в оболочках**, нажав на верхнюю часть одноименной комбинированной кнопки.



4. В окне **Управление** выбирайте параметры для просмотра нужного результата.



5. Вид параметров в окне выбора зависит от типа элементов, вида **MIN/MAX** – наложения и количества комбинаций.
6. После последней комбинации, в список выбора **№ комбинации** добавляется еще один пункт - **MinMax**-наложение. При его выборе, будут показаны максимальные и минимальные усилия в каждом сечении.



Sr – отображение мембранного напряжения в направлении оси **r**.

Ss – отображение мембранного напряжения в направлении оси **s**.

Srs – отображение мембранного сдвигового напряжения.

Mr – отображение изгибающего момента, создающего напряжения в направлении оси **r**.

Ms – отображение изгибающего момента, создающего напряжения в направлении оси **s**.

Mrs – крутящий момент.

Qr – поперечная сила на площадке, перпендикулярной оси **r**.

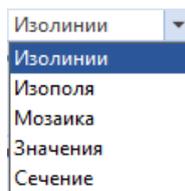
Qs – поперечная сила на площадке, перпендикулярной оси **s**.

Q1 - максимальное значение поперечных сил на площадке.

- Данные обозначения справедливы для конечного элемента – оболочка.
- Изображение конечно-элементной сетки можно отключить, используя команду **Вид > сетка/контур**. Эта опция работает только для несущих конструкций с оболочечными элементами.
- Для более быстрого переключения между обозначениями параметров, можно использовать двойной щелчок левой клавишей мыши (для выбора следующего обозначения).

Советы & рекомендации

Вид результатов:



Изолинии – отображение напряжений в виде изолиний.

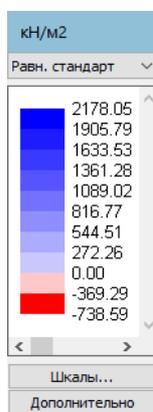
Изополя – отображение напряжений в виде изополей.

Мозаика – отображение напряжений в виде мозаики.

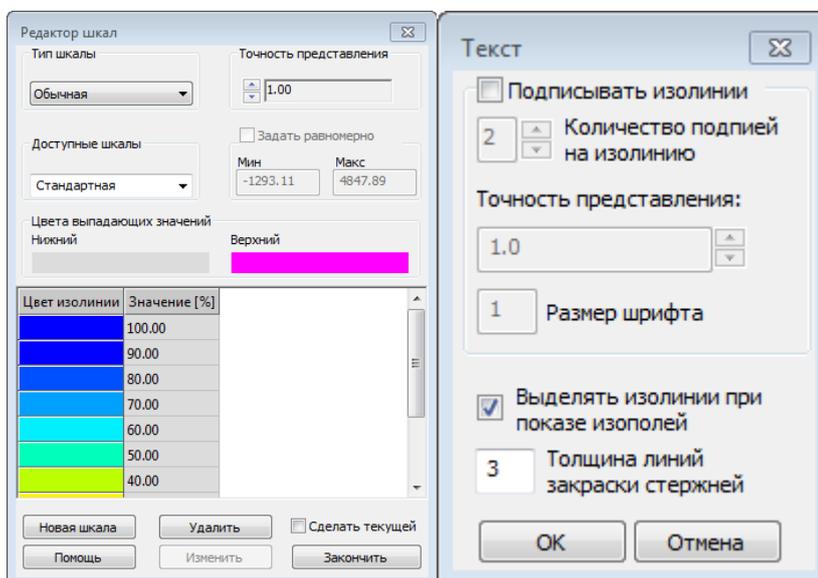
Значения – отображение напряжений в цифровом формате.

Сечение – отображение эпюры напряжений по заданному сечению.

- При просмотре результатов в виде изолиний и заливки, на экране появляется диалог с изображением шкалы.



- Используя кнопки **Шкалы...** и **Дополнительно**, Вы можете настроить параметры шкалы, создать новую шкалу и т.д.

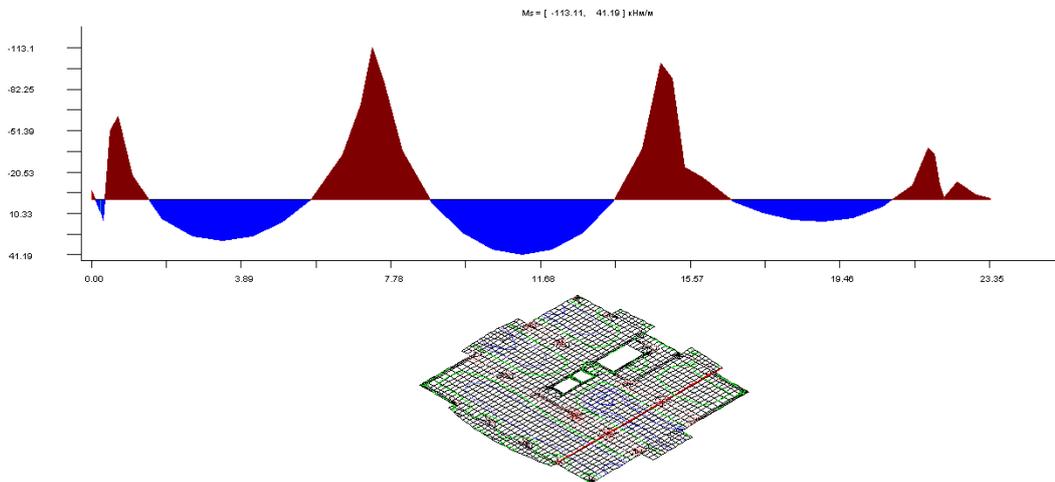


9. Для отображения эпюры напряжений *по линии*, выберите вид отображения **Сечение**. На дополнительной панели инструментов появятся кнопки выбора вариантов определения линии.

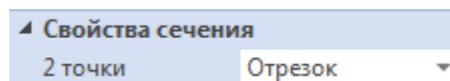


10. Для ввода сечения, нажмите на кнопку **2** и задайте две точки, через которые будет проведена секущая плоскость.

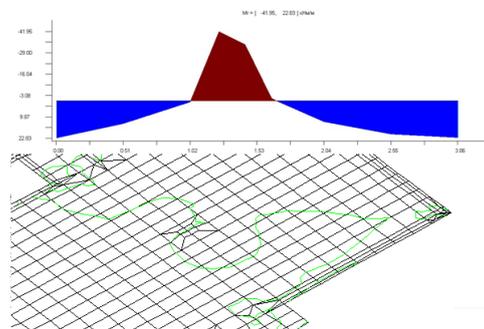
11. Рабочая область экрана условно поделится на две части. В верхней части отображается эпюра, в нижней части - сечение.



12. Отображения эпюры напряжений возможно *по отрезку*. Для этого в области диалога **Свойства сечения** выберите вариант построения **Отрезок**.



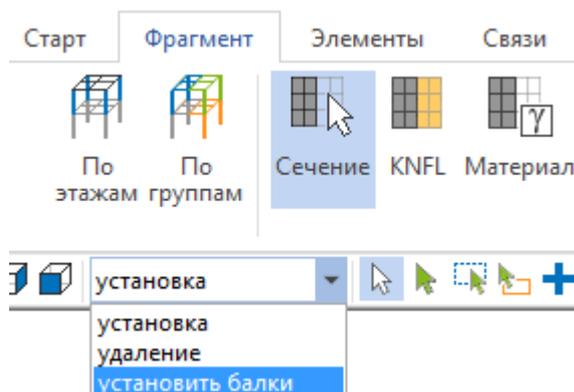
13. Укажите необходимый отрезок.



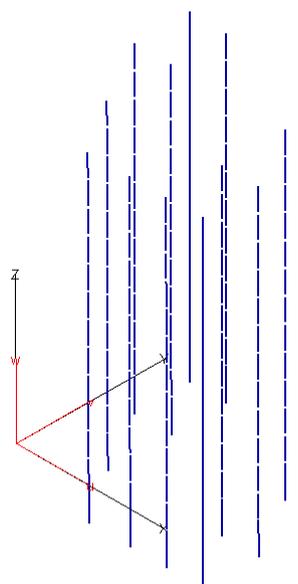
5.17.2 Просмотр усилий в колоннах и подбалках

1. Для удобства просмотра результатов в стержневых элементах, установите отображение стержневых элементов. Для чего, при активной вкладке **Фрагмент**, выберите кнопку **Сечение** и опцию **установить балки** в выпадающем меню.

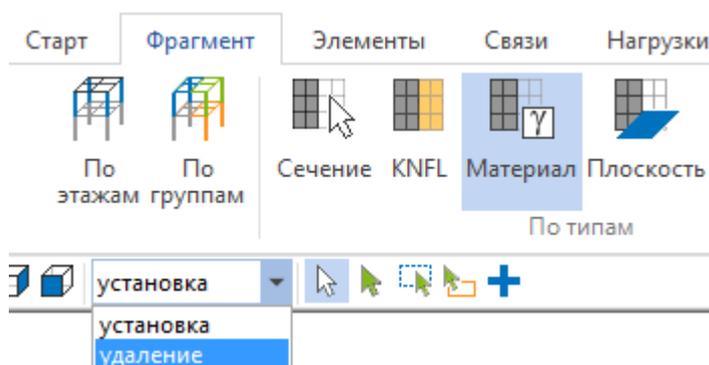
Шаг за шагом



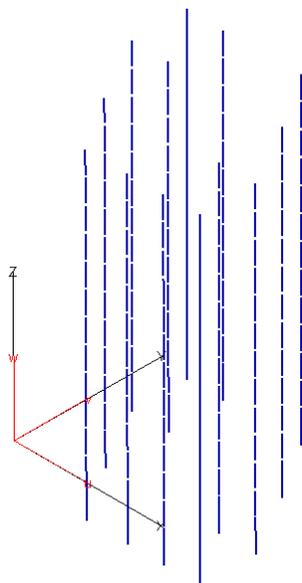
2. Так как подбалки в расчетной схеме представлены слоистым материалом для оболочечных элементов, то в данном случае, на экране останутся только элементы колонн.



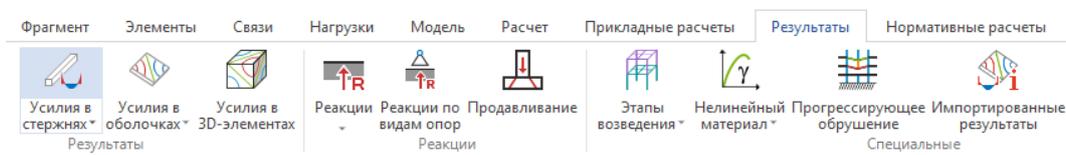
3. В случае, когда подбалки в расчетной схеме представлены стержневыми элементами, необходимо использовать команду **Фрагмент > Материал** и вариант работы **удаление**.



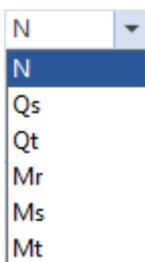
4. Щелкните клавишей по элементу подбалки для фильтрации их по материалу. На экране останется только отображение стержневых элементов.



5. Для просмотра результатов статического расчета, вызовите команду **Результаты > Усилия в стержнях**, нажав на верхнюю часть одноименной комбинированной кнопки.



6. В окне **Управление** выбирайте параметры для просмотра нужного результата.



N – продольная сила.

Q_s – поперечная сила в направлении оси s.

Q_t – поперечная сила в направлении оси t.

Mr – крутящий момент.

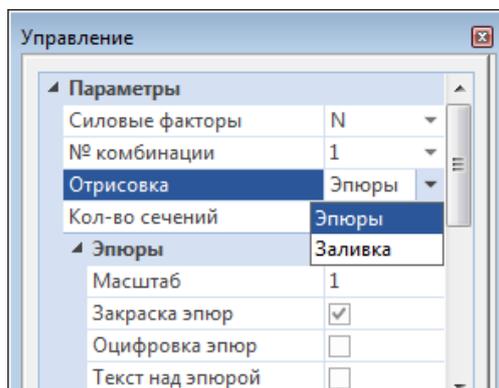
Ms – изгибающий момент относительно оси s.

Mt – изгибающий момент относительно оси t.

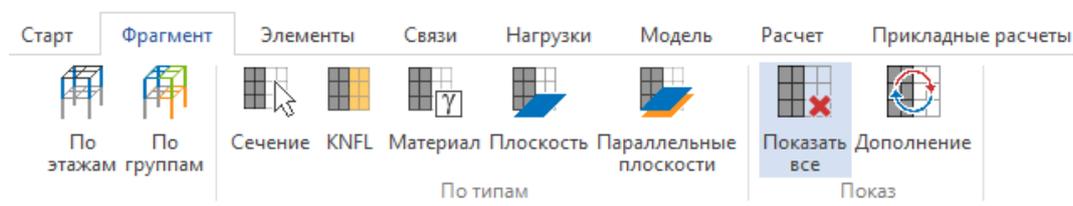
7. Для завершения команды нажмите на команду **Домой**  .

Советы & рекомендации

- Данные обозначения справедливы для конечного элемента – 3D-балки, подбалки.
- Параметр **Масштаб** позволяет задать масштаб отображения эпюры. Параметр **Отрисовка** со значениями **Эпюры/Заливка** позволяет отображать усилия в виде заливки элемента цветом.



8. Для отображения колонн одного сечения, вернитесь к просмотру полной модели, используя команду **Фрагмент > Показать все**.



9. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение**, выберите вариант **установить балки**.
10. Воспользуйтесь командой **Фрагмент > Материал**. Щелчком клавишей мыши выберите необходимую колонну.
11. Для завершения операции нажмите на кнопку **Домой** .

5.18 Конструктивный расчет

Для выполнения конструктивных расчетов железобетонных конструкций, в **СтаДиКон** реализовано 2 подхода. Первый – с использованием имеющейся информации о конечных элементах. В этом случае, рассматриваются указанные группы конечных элементов (либо в виде списка – для стержневых элементов, либо в виде фрагмента – для плоских элементов (плит, стен, оболочек)). Данный подход является устаревшим, в настоящее время не развивается, и в данном примере рассматриваться не будет.

Второй подход – через создание специальных групп конечных элементов – *конструктивных элементов*. Конструктивный элемент позволяет оптимизировать задание данных для конструктивного расчета (например, автоматически определять длину элемента), упростить документирование (например, воспользоваться *пакетным выводом*) и обладает рядом

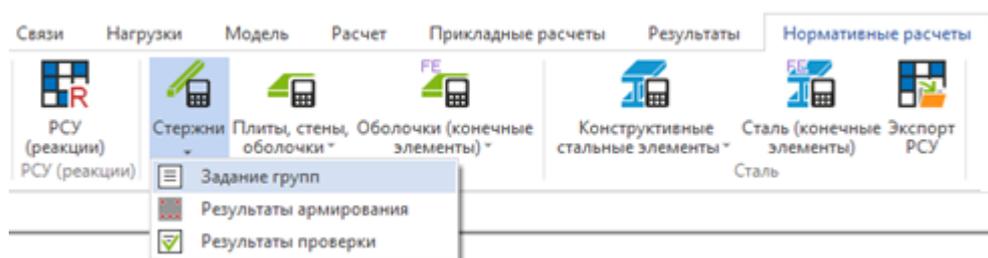
дополнительных преимуществ. В данном примере мы рассмотрим выполнение конструктивных расчетов с использованием конструктивных элементов.

Расчет армирования может быть произведен по расчетным сочетаниям усилий (PCY) или по заданным комбинациям нагрузжений.

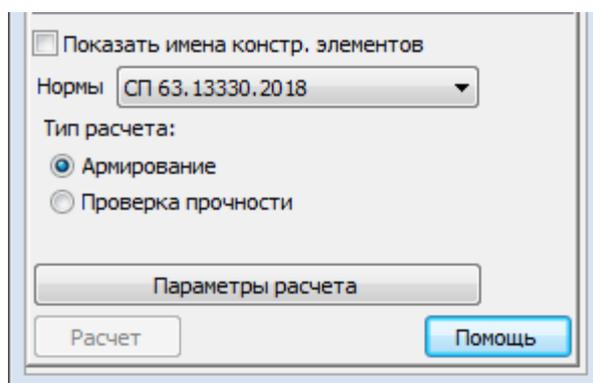
5.18.1 Задание конструктивных элементов для стержней

1. Включите отображение только стержневых элементов (**Фрагмент > Сечение > установить балки**).
2. Вызовите команду меню **Нормативные расчеты > Стержни > Задание групп**.

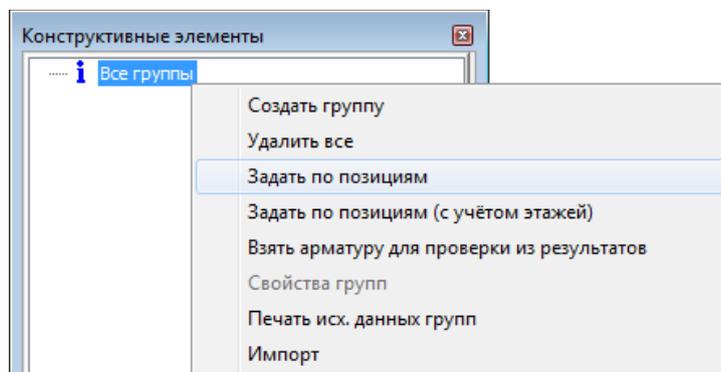
Шаг за шагом



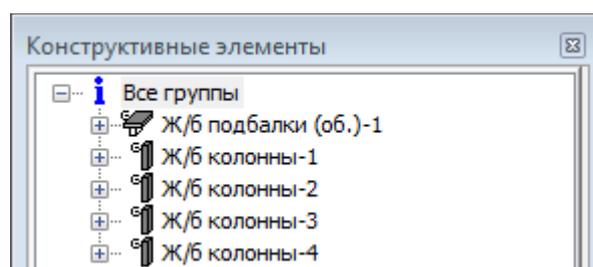
3. В появившемся окне **Конструктивные элементы** укажите нормы, согласно которым будет выполняться расчет, и тип расчета.



4. В поле отображения дерева конструктивных элементов щелкните правой клавишей мыши по надписи **Все группы** и в появившемся списке выберите **Задать по позициям**.

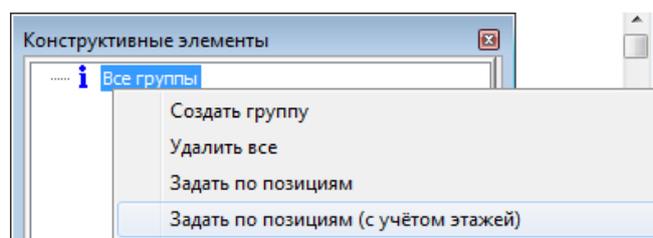


5. Автоматически будут созданы конструктивные элементы из позиций, заданных ранее в СтаДиКон, которые будут объединены в группы конструктивных элементов по материалам. Также будут созданы конструктивные элементы из оболочечных элементов со слоистым материалом, которые моделируют подбалки.

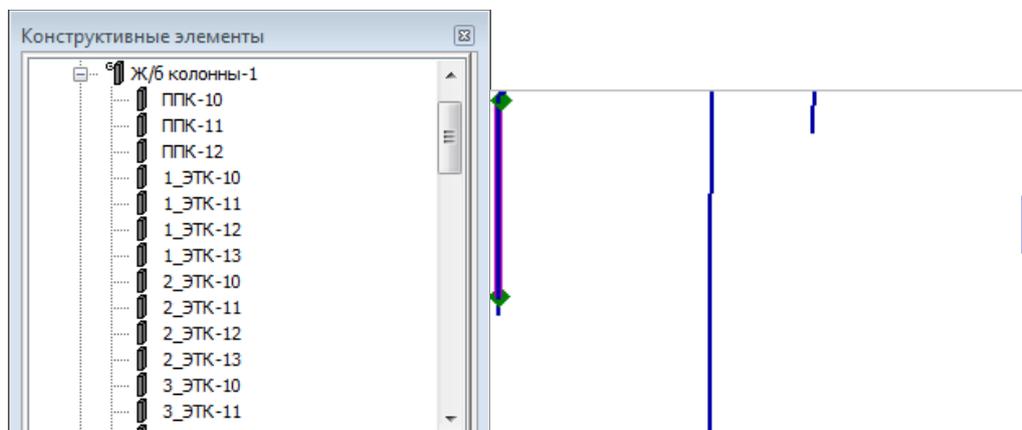


Советы & рекомендации

- ❑ Группа конструктивных элементов должна включать в себя конструктивные элементы с абсолютно одинаковыми расчетными характеристиками (например, для колонн это расчетная длина, тип и размеры поперечного сечения, схема армирования и пр.). Если конструктивные элементы различаются хотя бы по одному параметру, то их необходимо отнести к разным группам.
- ❑ Конструктивные элементы могут быть созданы с делением на этажи. В этом случае, деление производится не только по типам элементов, но и по их принадлежности к этажу.

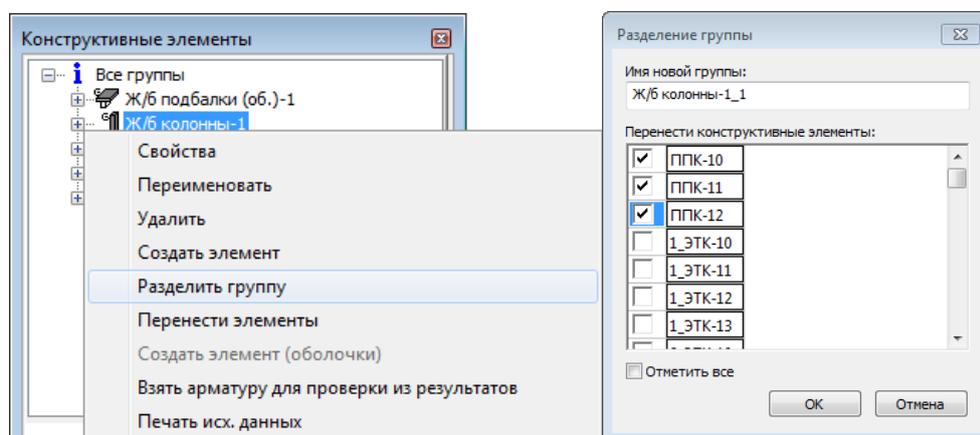


6. Поскольку колонны подвального этажа имеют расчетную длину, отличную от колонн типовых этажей, то для них необходимо создать отдельные группы. Щелкните левой клавишей мыши по значку + слева от надписи **Ж/б колонны-1**, раскроется список конструктивных элементов, входящих в данную группу. Выберите первый элемент в списке, и в рабочем окне выделятся конечные элементы, входящие в состав данного конструктивного элемента.



7. В поле отображения дерева конструктивных элементов щелкните правой клавишей мыши по надписи **Ж/б колонны-1** и в появившемся списке выберите команду **Разделить группу**.

В диалоге **Разделение группы** задайте **имя группы** и укажите элементы, которые надо переместить.



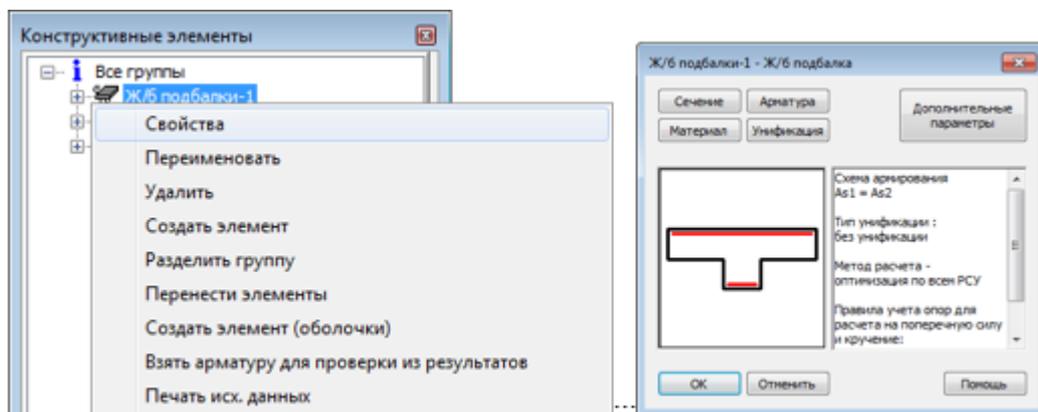
8. Аналогичную операцию проделайте со всеми группами колонн.
9. Поскольку, согласно п. 6.2.12 СП 52-101-2003, значение b_r' в элементах таврового сечения, вводимое в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более $1/6$ пролета элемента, то необходимо также разделить все подбалки на три группы.

Состав групп конструктивных элементов приведен в таблице.

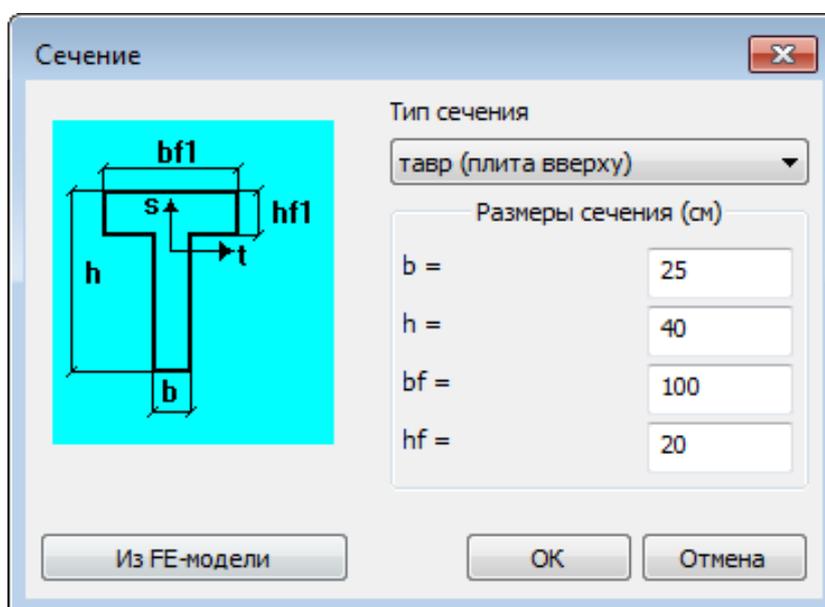
Группа конструктивных элементов	Состав группы
Ж/б подбалки-1	Подбалки длиной 7,8 м
Ж/б подбалки-2	Подбалки длиной 4,5 м
Ж/б подбалки-3	Подбалки длиной 6,8 м
Ж/б колонны-1	Колонны сечением 600x400 длиной 3 м
Ж/б колонны-2	Колонны сечением 400x400 длиной 3 м
Ж/б колонны-3	Колонны сечением $\varnothing 500$ длиной 3 м
Ж/б колонны-4	Колонны сечением 400x600 длиной 3 м
Ж/б колонны-1_ПЭ	Колонны сечением 600x400 длиной 4,095 м

Группа конструктивных элементов	Состав группы
Ж/б колонны-2 ПЭ	Колонны сечением 400x400 длиной 4,095 м
Ж/б колонны-3 ПЭ	Колонны сечением $\varnothing 500$ длиной 4,095 м
Ж/б колонны-4 ПЭ	Колонны сечением 400x600 длиной 4,095 м

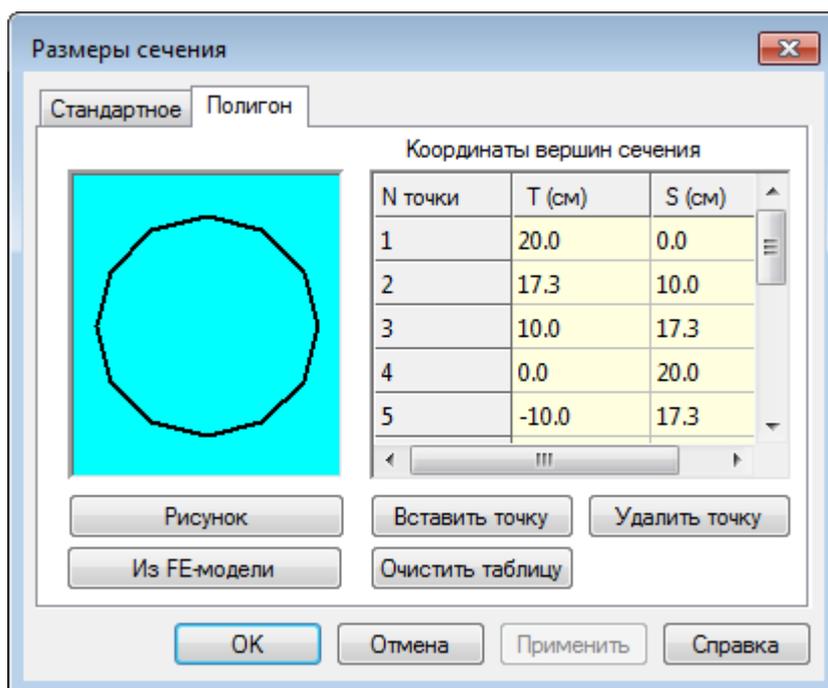
10. В поле отображения дерева конструктивных элементов щелкните правой клавишей мыши по названию первой группы и в появившемся списке выберите команду **Свойства**.



11. В появившемся окне изображается сечение элементов, приведены все характеристики, заданные для подбалок на этапе формирования позиционной модели, которые необходимы для выполнения конструктивного расчета.
12. В окне **Ж/б подбалки-1** нажмите на кнопку **Сечение**.
13. Появится диалоговое окно, в котором можно выбрать стандартное сечение и указать его геометрические размеры.



Примечание. В свойствах колонн предусмотрена дополнительная вкладка **Полигон**, позволяющая задать сечение по координатам.



14. Проверьте правильность задания исходных данных и отредактируйте их при необходимости.
15. Обратите внимание, что в поле **bf** необходимо изменить значение, согласно рекомендациям СП 63.13330.2018. Значения bf для различных групп подбалок приведены в таблице.

Группа	Пролет подбалок, м	b_f' , см
Ж/б подбалки-1	7,8	155
Ж/б подбалки-2	4,5	100
Ж/б подбалки-3	6,8	135

16. После задания всех значений, нажмите на кнопку **ОК**.
17. В окне **Ж/б подбалки** нажмите на кнопку **Арматура**.
18. В появившемся окне выберите схему армирования подбалок, а также укажите расстояния от краев сечения до центров тяжести арматуры. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.

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 (см²):

Предел текучести (МПа):

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

OK
Отменить
Помощь

19. В окне **Ж/б подбалки** нажмите на кнопку **Материал**.

20. В появившемся окне укажите свойства бетона и арматуры, необходимые для выполнения конструктивного расчета (данные указаны в задании), выберите тип расчета на трещиностойкость.

Параметры материала для СП 63.13330.2018

Бетон
 Класс: В 25 (тяжелый)
 Коэффициент условий работы γ_b (без учета γ_{b1}): 1

Арматура
 Продольная: A400
 Поперечная: A240
 Коэффициент условий работы γ_s : 1

Расчет по прочности по предельным усилиям
 Влажность: 40 - 75 %

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

Учет сейсмики (коэффициенты условий работы)
 Бетон (расчет нормальных сечений) M_{krb} : 1.2
 Арматура (расчет нормальных сечений) M_{krs} : 1.2
 Бетон (расчет наклонных сечений) M_{krbw} : 1
 Арматура (расчет наклонных сечений) M_{krsw} : 1

Задавать предельную величину раскрытия трещин вручную
 Для полного значения нагрузки: 0.4
 Для длительного значения нагрузки: 0.3

- В необходимых случаях, расчетные значения прочностных характеристик бетона умножают на коэффициенты условий работы γ_b , учитывающие особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды и т.д.). Значение G_b – это произведение коэффициентов условий работы железобетонных конструкций.

Советы & рекомендации

21. Нажав в окне **Ж/б подбалки** на кнопку **Унификация**, Вы можете задать способ унификации сечений по арматуре. Для дальнейшего анализа расчетов по определению требуемой площади арматуры не проводите унификацию.

Параметры унификации

Без унификации
 Одинаковое армирование всех сечений элемента
 Одинаковое армирование всех сечений всех элементов группы
 Одинаковое армирование всех сечений элемента с выделением приопорных зон
 Одинаковое армирование всех сечений всех элементов группы с выделением приопорных зон

Максимальное расстояние до опоры: 0.25 м

22. Используя в том же диалоге кнопку **Дополнительные параметры**, Вы можете задать метод расчета и параметры для поперечной арматуры.

Дополнительные параметры

Метод расчета

Расчет по максимальным значениям

Оптимизация по всем РСУ

Расчет на поперечную силу

Автоматический выбор геометрических параметров

b (ширина в плоскости l_0) (см) 25

h (высота в плоскости l_0) (см) 40

расстояние от края до ц.т. арматуры (см) 3

Определение расстояния до опоры

Определять опоры автоматически

Считать элемент опертым по краям

Не учитывать опоры

Считать RIGI опорами

Расчет на поперечную силу (EN 1992)

Автоматический выбор $ctg(\theta)$

Заданное значение $ctg(\theta)$

Значение $ctg(\theta)$ в расчете на поперечную силу 1

Кручение (EN 1992)

Автоматический выбор $ctg(\theta)$

Заданное значение $ctg(\theta)$

Значение $ctg(\theta)$ для кручения 1

OK Отменить Помощь

Расчет по максимальным значениям означает, что программа определит максимальные усилия в конструктивной группе, по которым далее произведет вычисления по определению необходимой площади арматуры.

Оптимизация по всем РСУ означает, что программа последовательно станет просматривать каждый конструктивный элемент, проверяя подобранную площадь арматуры, получив большую площадь, процесс проверки начнется заново. **Оптимизация по всем РСУ** – итерационный метод. Более продолжительный и более точный метод, чем **Расчет по максимальным значениям**.

23. Выберите метод расчета **Оптимизация по всем РСУ**.
24. Установите опцию **Автоматический выбор геометрических параметров** для расчета поперечной арматуры.
25. Обратите внимание на то, что в свойствах колонн, в окне **Дополнительные параметры**, предусмотрена область **Учет продольного изгиба**, где необходимо указать коэффициенты расчетной длины в двух ортогональных плоскостях. Расчетная длина вычисляется путем умножения длины на коэффициент расчетной длины **μ** .

Дополнительные параметры

Метод расчета продольной арматуры

Расчет по максимальным значениям

Оптимизация по всем РСЧ

Учет продольного изгиба

Статически определимая конструкция (расчетный эксцентриситет суммируется со случайным)

Расчет по 'недеформированной' схеме

Расчетные длины

Автоматическое определение длины элемента

Изгиб в плоскости ρ - t

Длина Му

Изгиб в плоскости ρ - s

Длина Му

Расчет на поперечную силу

Автоматический выбор геометрических параметров

b (ширина в плоскости $\rho O t$ (см))

h (высота в плоскости $\rho O s$ (см))

расстояние от края до ц.т. арматуры (см)

Расчет на поперечную силу (EN 1992)

Автоматический выбор $ctg(\theta)$

Заданное значение $ctg(\theta)$

Значение $ctg(\theta)$ в расчете на поперечную силу

Определение расстояния до опоры

Определять опоры автоматически

Считать элемент опертым по краям

Не учитывать опоры

Считать RIGI опорами

Кручение (EN 1992)

Автоматический выбор $ctg(\theta)$

Заданное значение $ctg(\theta)$

Значение $ctg(\theta)$ для кручения

OK Отменить Помощь

26. После задания всех значений, нажмите на кнопку **OK**.

27. Аналогичным образом задайте параметры для всех групп подбалок и колонн. Обратите внимание на то, что при задании *параметров армирования* круглых колонн, необходимо выбрать тип арматуры **сосредоточенная** и задать координаты расположения стержней.

Полигон

Тип арматуры

Координаты стержней (слов) арматуры

N стержня	N группы	T (см)	S (см)
1	1	16.0	0.0
2	1	11.3	11.3
3	1	0.0	16.0
4	1	-11.3	11.3
5	1	-16.0	0.0

Удалить Очистить

Рисунок

Диаметры стержней, мм

Min Max

Количество стержней

Min Max

Ширина защитного слоя, мм

Примечание. Значения площадей внутри одной группы равны. Группы нумеруются по порядку, начиная с 1.

Не раскладывать арматуру

OK Отменить Помощь

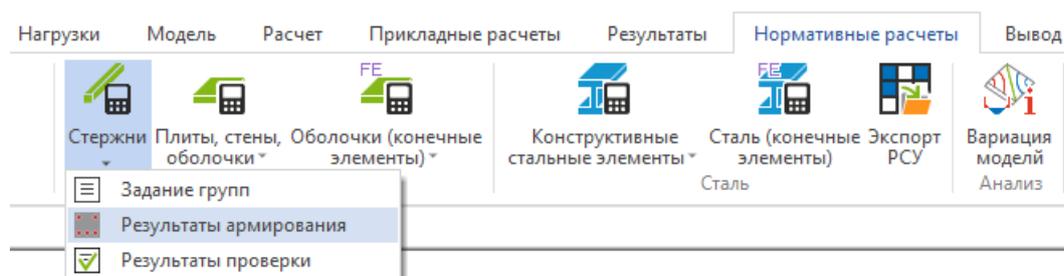
28. Геометрия сечения была передана из конечноэлементной модели. Координаты расположения арматурных стержней предлагаются программой автоматически. При желании, их можно поправить (например, для более подробного описания круглого сечения).

29. После задания всех параметров для конструктивного расчета, для запуска расчета армирования, в диалоге **Конструктивные элементы** нажмите на кнопку **Расчет**. В появившемся окне проконтролируйте корректность данных по РСУ (они нужны для подбалок) и нажмите **ОК**. Во время выполнения расчета, протокол с результатами в табличном виде будет выводиться в программу **Viewer**.

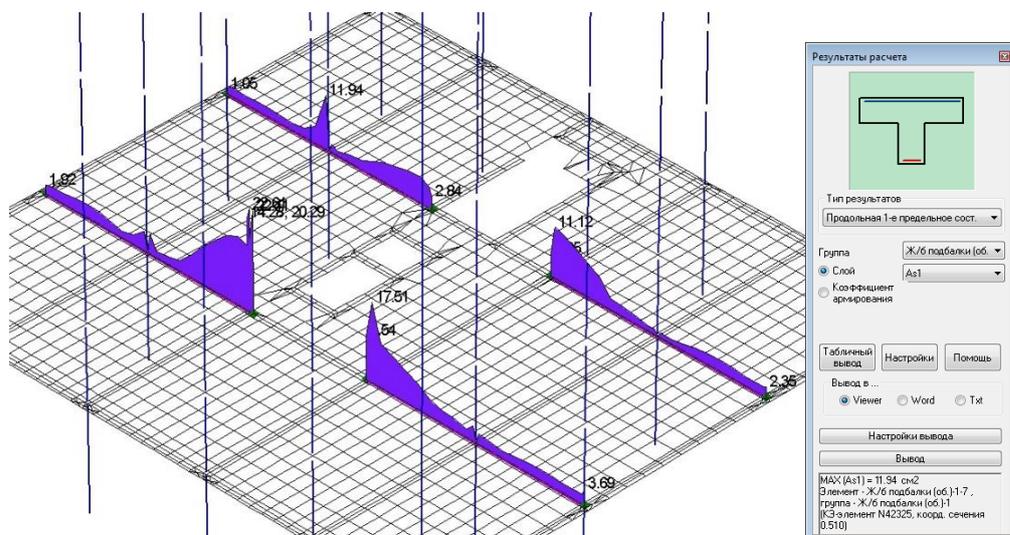
5.18.2 Просмотр результатов конструктивного расчета стержней

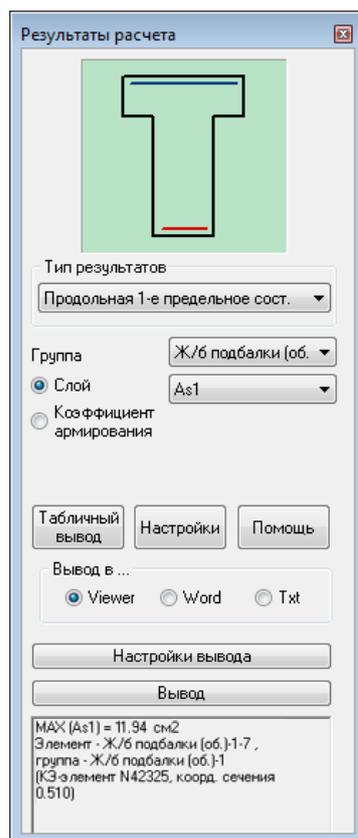
Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Нормативные расчеты > Стержни > Результаты армирования**.

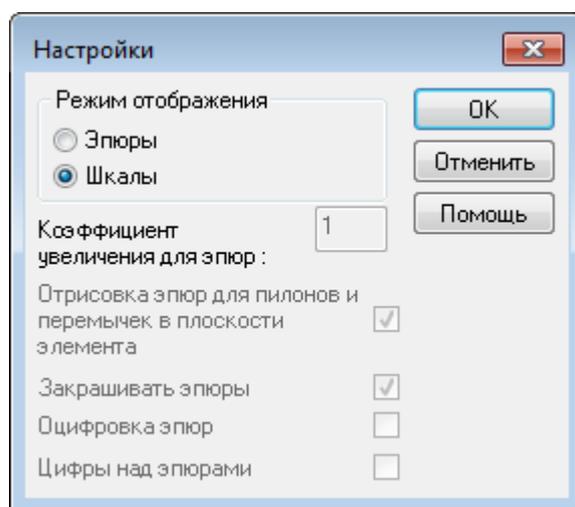


В появившемся окне выберите группу конструктивных элементов и слой арматуры, для которых хотите просмотреть информацию. В рабочем окне отобразится армирование стержней в виде эпюр.

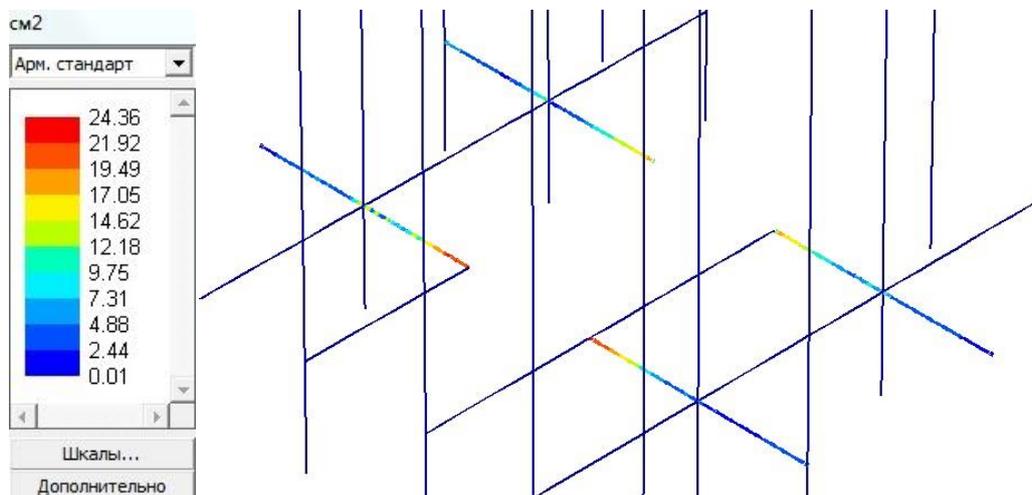




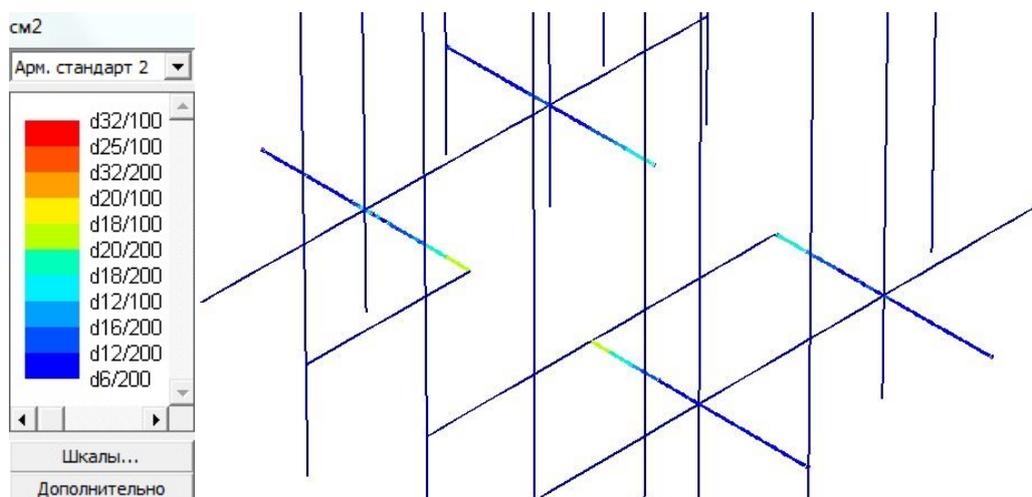
2. Для изменения режима отображения армирования, нажмите на кнопку **Настройки** в окне **Результаты расчета**.
3. В одноименном окне выберите режим отображения **Шкалы** и нажмите на кнопку **ОК**.



В рабочем окне армирование стержней отобразится в виде заливки. Заливка возможна только для стержневых элементов. Для подбалок, смоделированных слоистыми материалами, возможен показ только в виде эпюр.



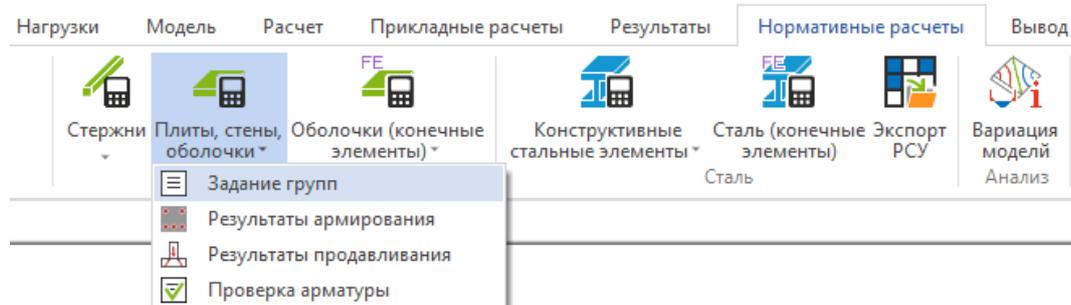
4. В окне отображения шкалы можно выбрать способ оцифровки шкалы: в виде площади сечения арматуры или в виде диаметр/шаг арматуры (Арм.стандарт / Арм.стандарт 2).



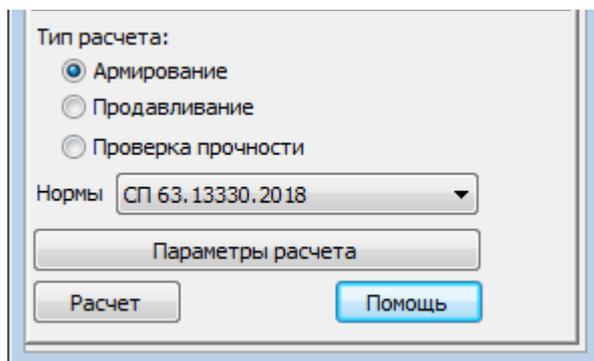
5.18.3 Задание конструктивных элементов для оболочек

Шаг за шагом

1. Включите отображение всей модели.
2. Вызовите команду меню **Нормативные расчеты > Плиты, стены, оболочки > Задание групп**.



3. В появившемся окне **Конструктивные элементы** укажите нормы, согласно которым будет выполняться конструктивный расчет, и тип расчета.

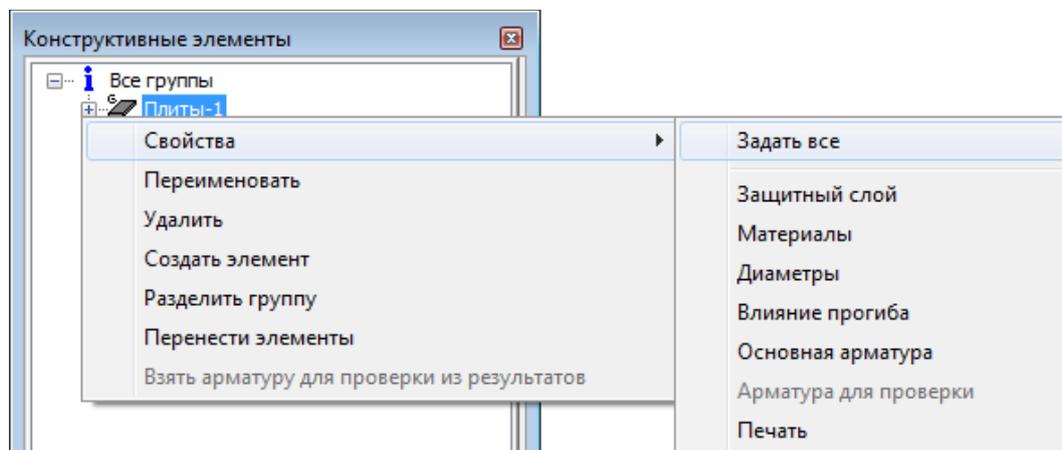


4. В поле отображения дерева конструктивных элементов щелкните правой клавишей мыши по надписи **Все группы** и в появившемся списке выберите **Задать по позициям**. Автоматически будут созданы конструктивные элементы из позиций, заданных ранее в **СтаДиКон**, которые будут объединены в группы конструктивных элементов *плиты, стены, оболочки*.
5. Поскольку стены подвального этажа имеют расчетную длину, отличную от стен типовых этажей, то для них необходимо создать отдельные группы.
6. Следуя указаниям п.5.18.1, перенесите элементы из созданных групп элементы с отличными от остальных элементов группы расчетными характеристиками. В отдельные группы необходимо поместить фундаментную плиту, стены подвального этажа, стены лифтовых шахт и межэтажные площадки лестничных клеток.

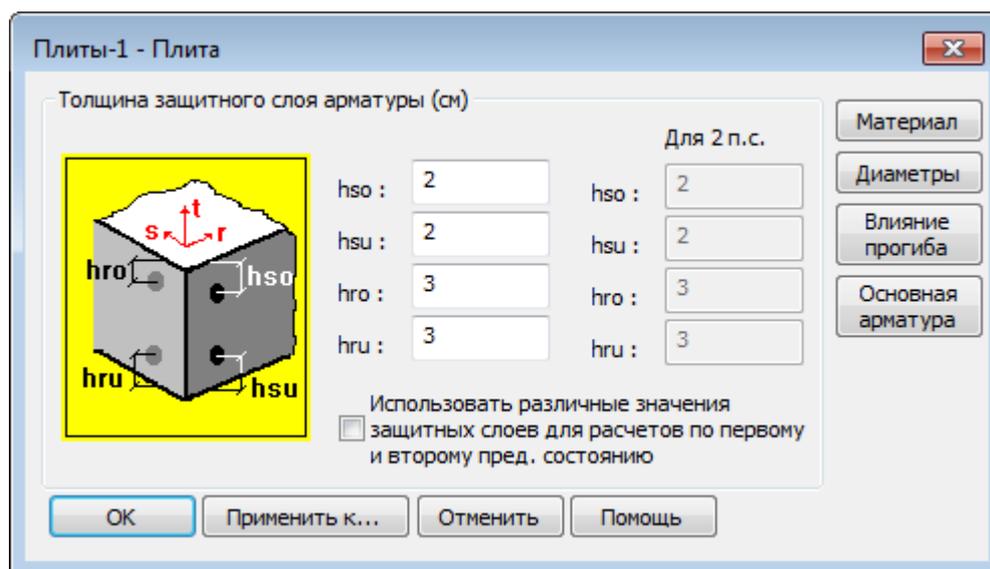
Состав групп конструктивных элементов приведен в таблице.

Группа конструктивных элементов	Состав группы
Плиты-1	Плиты перекрытий
Плиты-2 ПФ	Фундаментная плита
Плиты-3	Межэтажные площадки лестничных клеток
Стены-1	Стены типовых этажей толщиной 300 мм
Стены-2 ПЭ	Стены лифтовых шахт на подвальном этаже толщиной 200 мм
Стены-3	Стены лифтовых шахт на типовых этажах толщиной 200 мм
Стены-4 ПЭ	Стены подвального этажа толщиной 300 мм
Оболочки	Лестничные марши на типовых этажах
Оболочки-2	Лестничные марши на подвальном этаже

7. Задайте расчетные характеристики для каждой группы конструктивных элементов. Для этого щелкните правой клавишей мыши по названию группы и, используя выпадающее меню, вызовите функцию **Свойства > Задать все**.

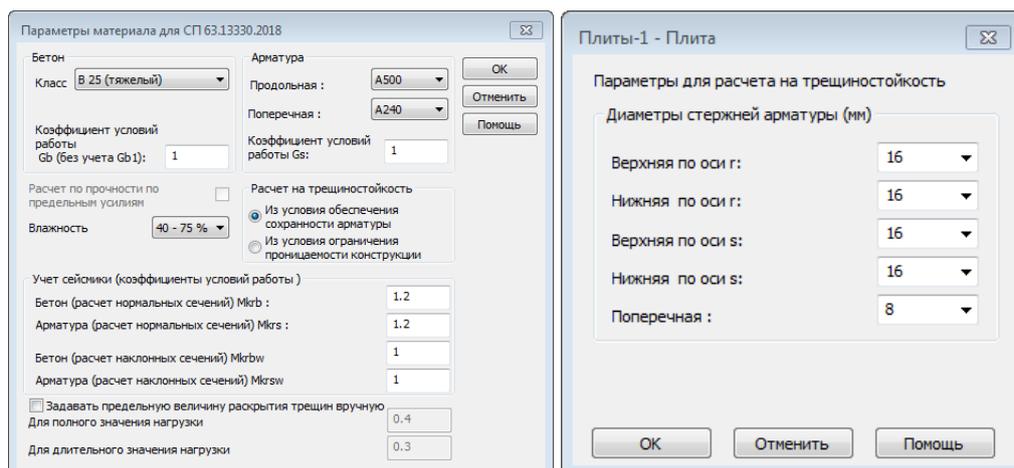


8. В появившемся диалоге укажите толщины защитного слоя арматуры.



9. С помощью кнопки **Материал**, вызовите диалог **Параметры материала для расчета по СП**. Задайте параметры материала согласно заданию.

10. Используя кнопку **Диаметры**, вызовите диалог **Параметры для расчета на трещиностойкость**. Задайте максимально возможный диаметр стержней арматуры для данной группы конструктивных элементов.



11. С помощью кнопки **Влияние прогиба**, вызовите диалог **Влияние продольного изгиба**. Задайте параметры учета случайного эксцентриситета и учета влияния продольного изгиба и по какому направлению.

Плиты-1 - Плита

Влияние продольного изгиба

Случайный эксцентриситет

Не учитывать

Задавать

Определять автоматически

Сжатие по оси g

Учитывать Есс (см) : 0

Сжатие по оси s

Учитывать Есс (см) : 0

Статически определимая конструкция (расчетный эксцентриситет суммируется со случайным)

Влияние продольного изгиба

Сжатие по оси g

Учитывать L (м) : 0 Mu : 0

Сжатие по оси s

Учитывать L (м) : 0 Mu : 0

ОК

Отменить

Помощь

12. Вызовите диалог **Задание основной арматуры**, используя кнопку **Основная арматура**. Здесь Вы можете задать основную арматуру, которая обязательно должна присутствовать в конструкции из конструктивных соображений, и которая не будет отображаться при выводе результатов (будет указана только дополнительная арматура).

Плиты-1 - Плита

Задание основной арматуры

Верхняя арматура (см²/м)

As_{го} = 0 As_{со} = 0

Нижняя арматура (см²/м)

As_{гу} = 0 As_{су} = 0

Поперечная арматура (см²/м²)

As_w = 0

ОК

Отменить

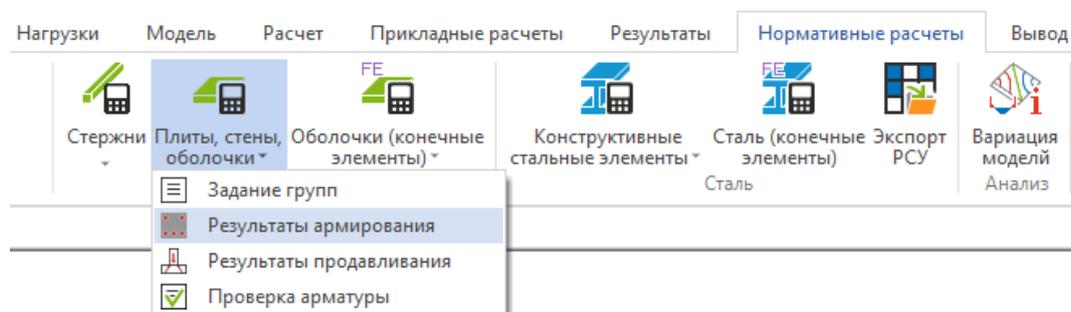
Помощь

13. Завершите ввод параметров для конструктивной группы нажатием **ОК**.
14. Для выполнения расчета нажмите на кнопку **Расчет** в диалоге (см. п. 3).

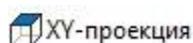
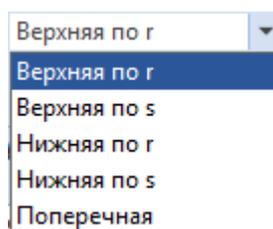
5.18.4 Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек

Шаг за шагом

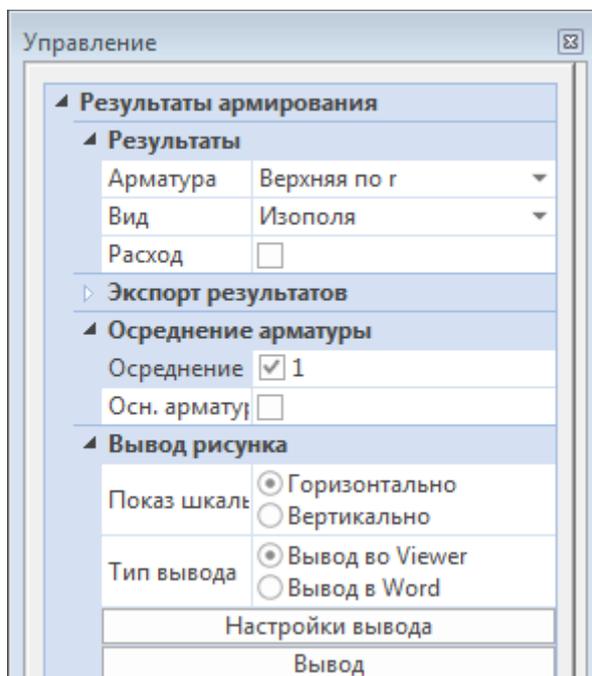
1. Установите видимость только верхней плиты перекрытия (см. п.5.34.1 (пп.5)).
2. Вызовите команду **Нормативные расчеты > Плиты, стены, оболочки > Результаты армирования**.



3. В рабочем окне отобразится армирование верхней плиты перекрытия в виде изолиний. Чтобы включить режим отображения армирования плиты, из выпадающего списка **Вид** в окне **Управление** выберите опцию **Изополя**.
4. Для переключения отображения верхней и нижней арматуры в разных направлениях, используйте выпадающий список **Арматура**.

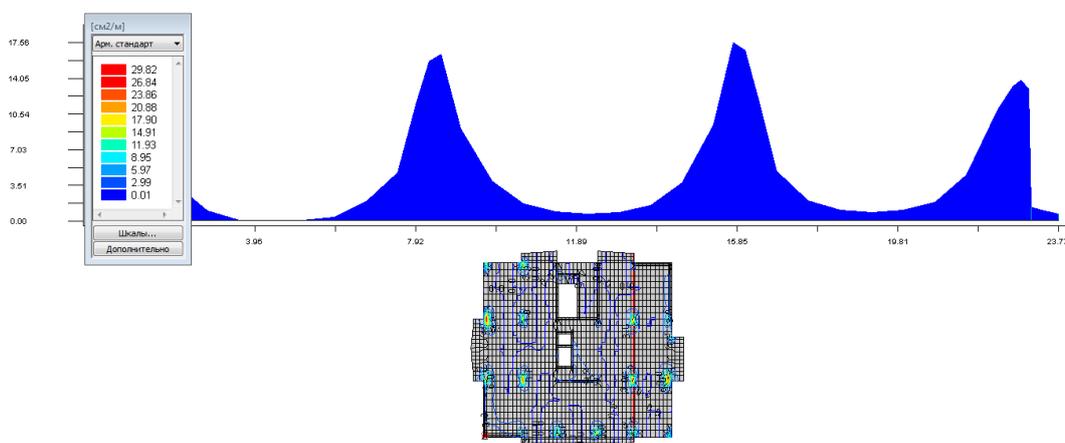


5. Установите вид сверху, используя кнопку **XY-проекция** дополнительной панели инструментов.
6. В диалоге **Управление** активируйте опцию **Осреднение** и задайте ширину полосы осреднения равной 1 м.

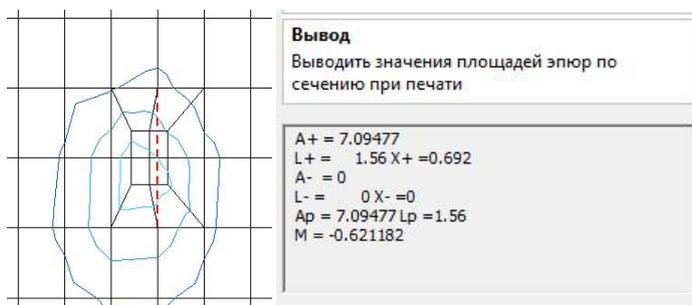


- Обратите внимание на то, что схема распределения арматуры несколько изменилась. Благодаря распределительной способности железобетона, для упрощения работы с пиковыми значениями арматуры, можно использовать функцию *осреднения*, которая позволяет получить в узлах значение арматуры, осредненное по полосе. Ширина полосы определяется пользователем.
- Из выпадающего списка **Вид** выберите режим отображения результатов **Сечение**.
- Активируйте опцию **Линия** в области диалога **Свойства сечения** и нажмите на кнопку **2 (сечение по отрезку/линии, проходящим через 2 точки)** дополнительной панели инструментов.
- Укажите две точки, расположенные на оси колонн, через которые хотите провести сечение.

2



11. В области диалога **Свойства сечения** выберите вид сечения **Отрезок**.
12. В дополнительной панели инструментов сделайте активной опцию **сечение по отрезку/линии, проходящим через 2 точки**.
13. Установите в строке **Арматура** отображение верхнего армирования в направлении перпендикулярном направлению сечения. Установите опцию **Вывод**.
14. Укажите две точки, расположенные на оси колонн и расположенные рядом с одной из колонн.



15. Обратите внимание на то, что в **Информационном окне** появилась информация по эпюре распределения арматуры в данном сечении.

Здесь используются следующие обозначения:

A+ - площадь положительной части эпюры;

L+ - длина положительной части эпюры;

X+ - координата центра тяжести положительной части эпюры;

A- - площадь отрицательной части эпюры;

L- - длина отрицательной части эпюры;

X- - координата центра тяжести отрицательной части эпюры;

Ar – площадь полной эпюры;

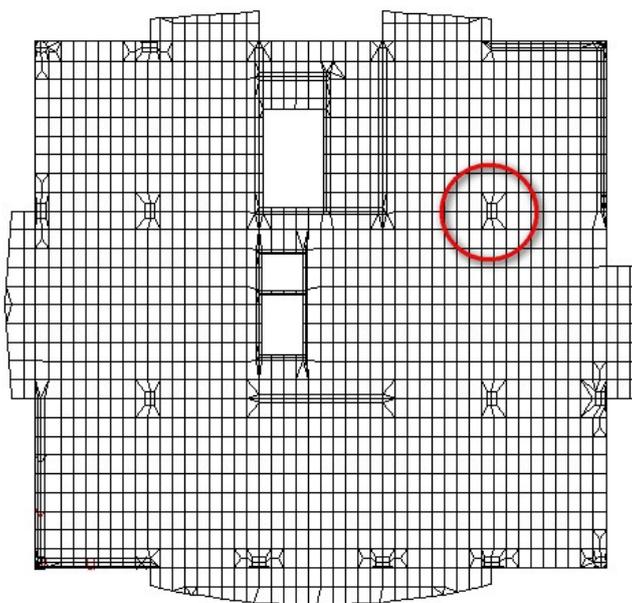
Lp – длина полной эпюры;

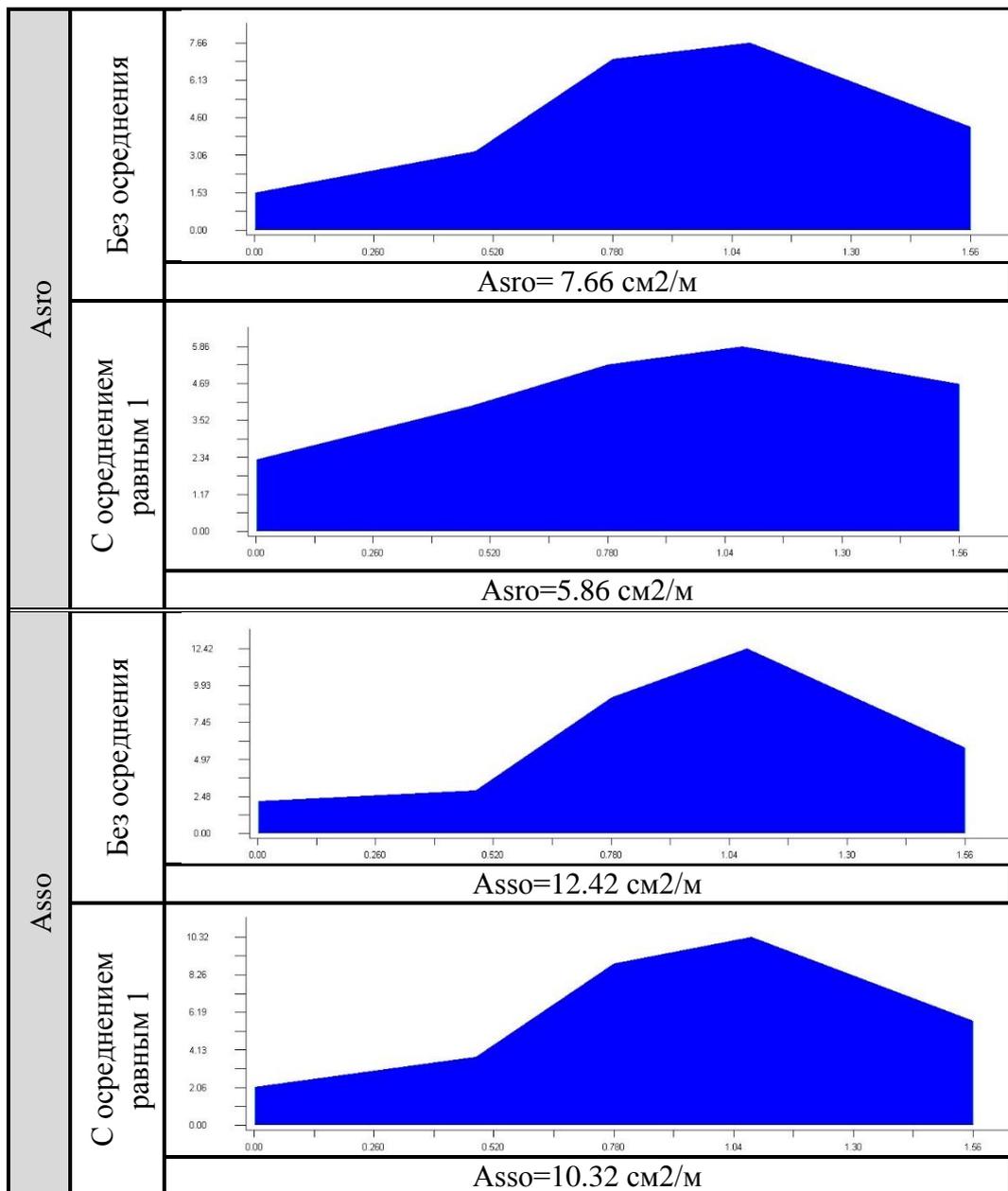
M – момент эпюры.

Функция подсчета площадей эпюр позволяет определить суммарную площадь сечения арматуры на данном участке плиты. Результаты сравнения армирования плиты перекрытия с учетом осреднения и без него приведены в таблице.

	Asro	Asso
Без учета осреднения		
С учетом осреднения		

Рассмотрим более подробно арматуру в указанной области:





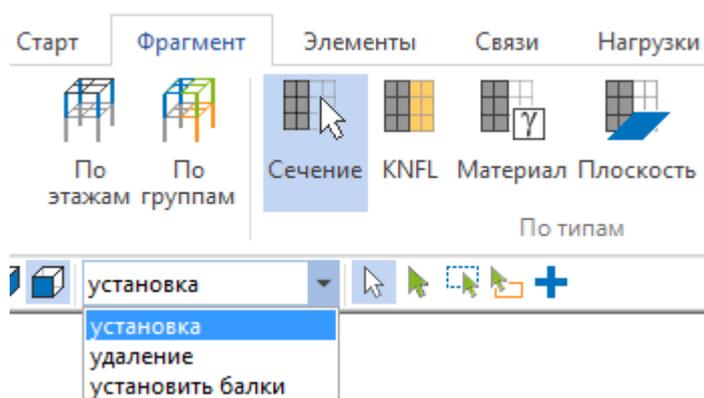
5.19 Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне

Для расчета прогибов железобетонных конструкций, необходимо выполнить расчет с учетом физической нелинейности. Для расчета выберем часть нашей модели (перекрытие) для уменьшения времени счета и количества исходных данных. Расчет прогибов выполняем при действии нормативной постоянной и длительной нагрузки, с использованием нормативных характеристик материалов по СП 63.13330-2018, соответствующих длительному нагружению.

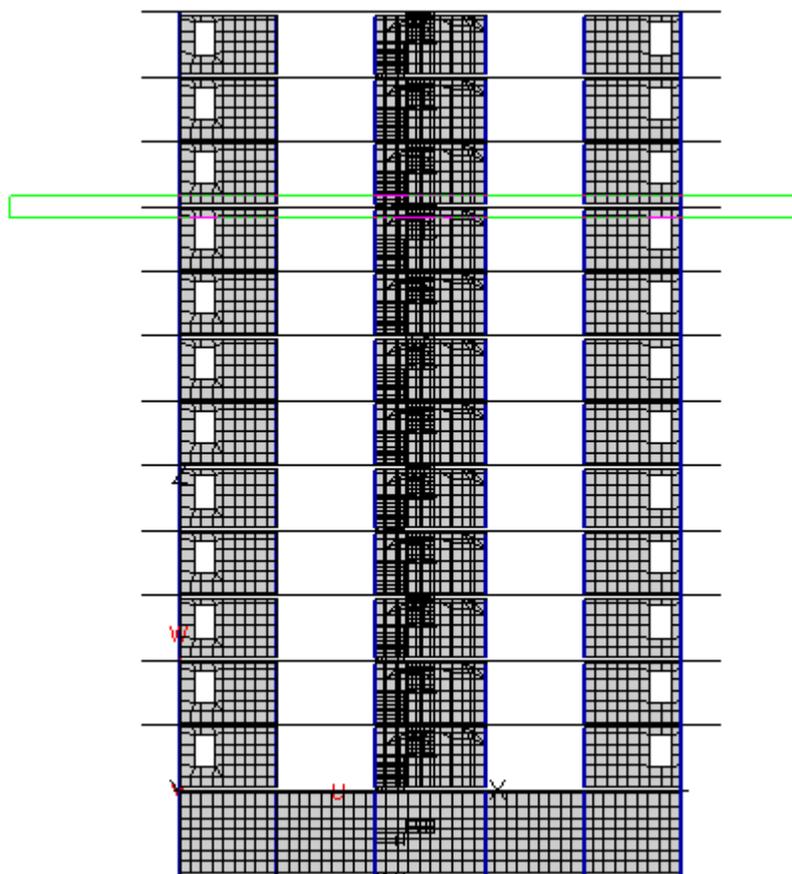
5.19.1 Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект

1. Установите для модели *вид спереди*, используя кнопку **XZ-проекция** дополнительной панели инструментов или аналогичную кнопку при активной вкладке **Вид**.
2. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > установка**.

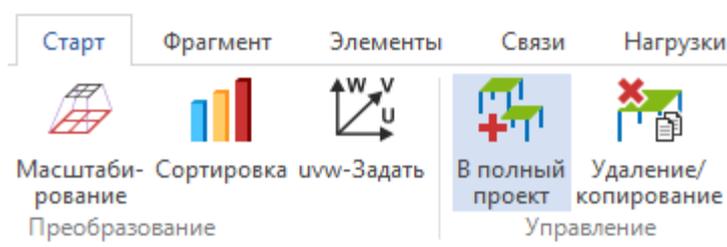
Шаг за шагом



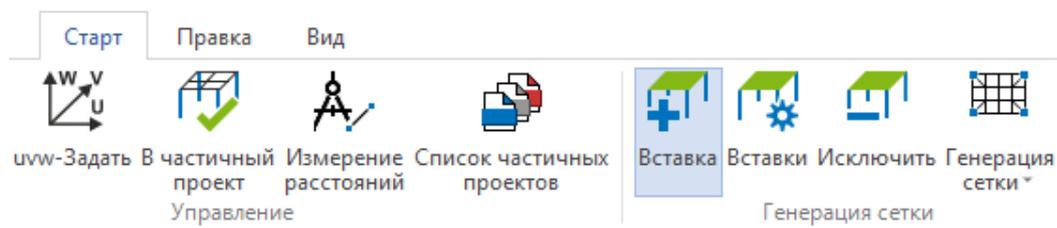
3. При активных опциях  и  выделите рамкой плиту перекрытия, в которой хотите определить прогибы с учетом трещинообразования в бетоне, таким образом, чтобы рамка пересекала примыкающие к плите конечные элементы стен и колонн.



4. Сохраните фрагмент для дальнейшего анализа, нажав на кнопку **Сохранить фрагмент** в окне **Список фрагментов**.
5. Выйдите из режима создания фрагментов, нажав на кнопку  на дополнительной панели инструментов.
6. Перейдите в полный проект. Для этого вызовите команду **Старт > В полный проект**.

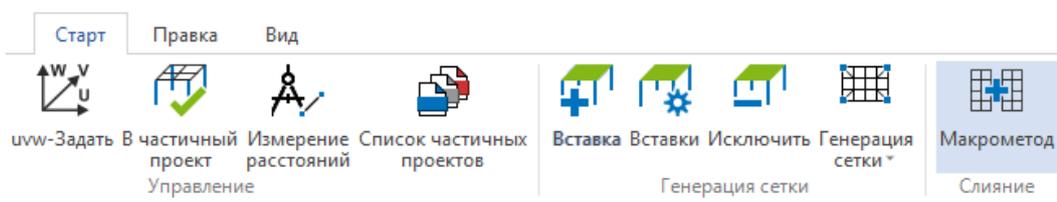


7. В окне полного проекта вызовите команду **Старт > Вставка**.

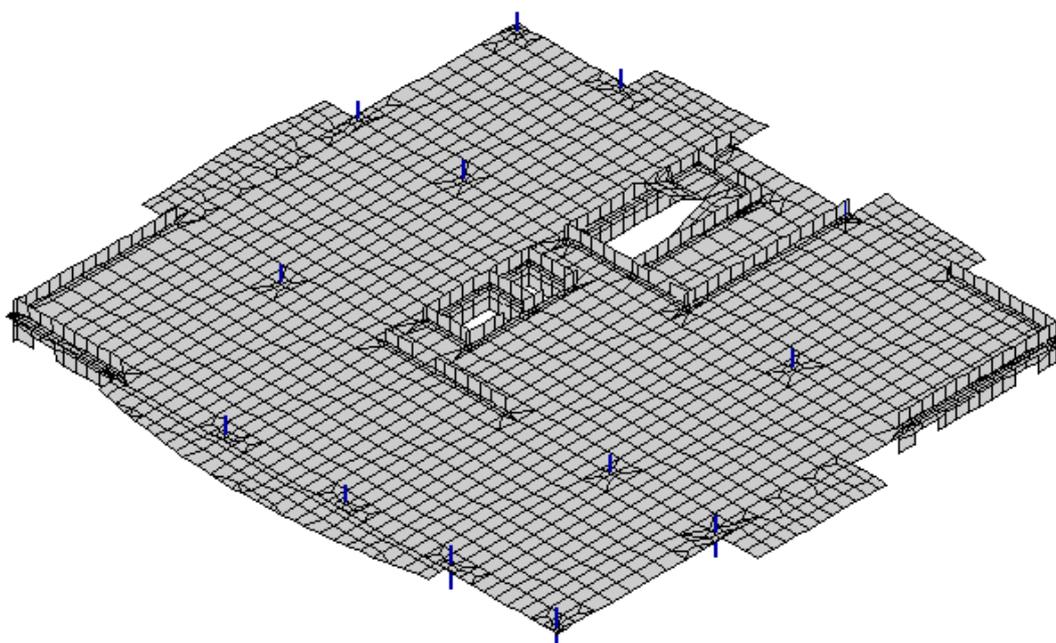


8. В рабочем окне отобразится фрагмент каркаса монолитного здания, который был выделен в частичном проекте.

Для сохранения данного фрагмента как отдельного FEA-проекта, вызовите команду **Старт > Макрометод**.



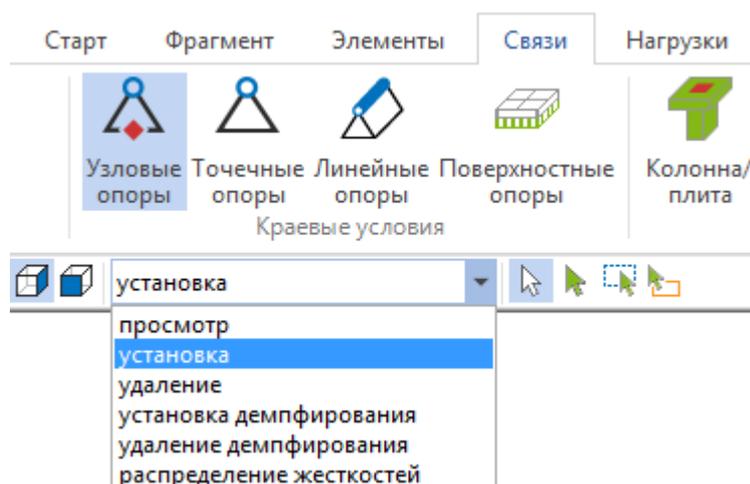
9. В окне **Управление** нажмите на кнопку **Старт**.
10. В появившемся стандартном окне укажите размещение и название создаваемого FEA-проекта.
11. При нажатии на кнопку **Сохранить** будет загружен только что созданный Вами FEA-проект.



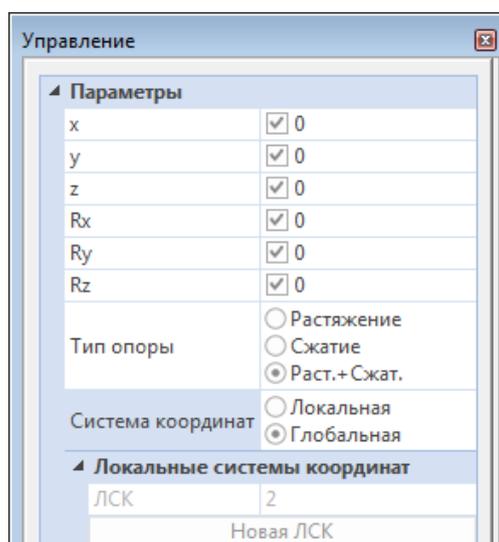
5.19.2 Задание краевых условий

1. Установите *вид сбоку* **YZ-проекция**, нажав на соответствующую кнопку дополнительной панели инструментов.
2. При активной вкладке **Связи**, выберите кнопку **Узловые опоры** и опцию **установка** в выпадающем меню.

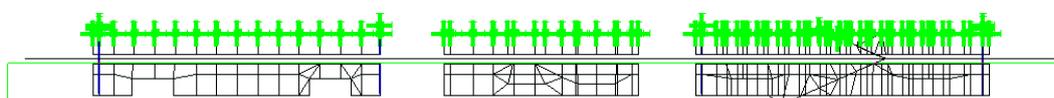
Шаг за шагом



3. В окне **Управление** выберите опции так, чтобы были активны все усилия по всем направлениям.



4. Задайте значение жесткости. Обязательно введение значения жесткости, равное 0. В противном случае, жесткость опор будет оказывать влияние на напряженно-деформированное состояние плиты, что приведет к несовпадению результатов в общей модели и во фрагменте.
5. Задайте граничные условия на узлы, не принадлежащие плите. То есть необходимо закрепить элементы колонн и стен.
6. При помощи опции выбора  выделите необходимые узлы.



7. Для завершения операции, нажмите на кнопку .

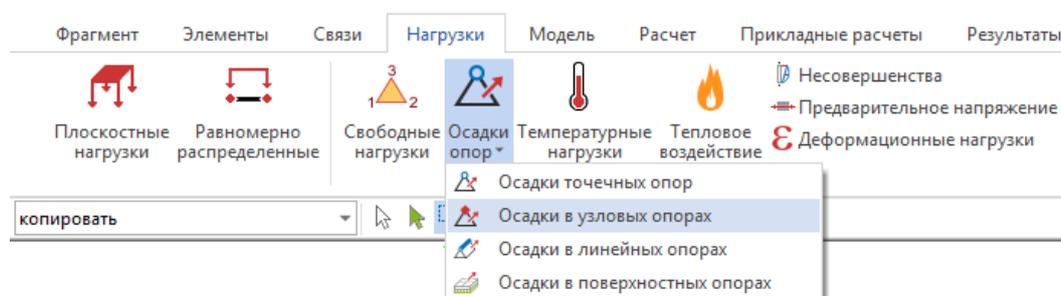
5.19.3 Передача перемещений

С целью отражения реальной работы перекрытия в составе каркаса здания, в введенные связи необходимо добавить перемещения, полученные в соответствующих узлах, при расчете всего каркаса.

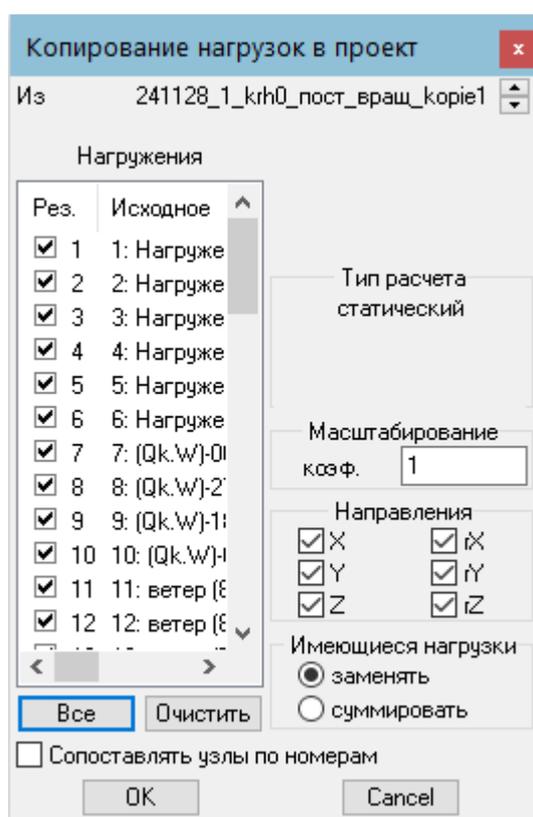
Для осуществления копирования, должны быть загружены 2 конечно-элементные модели. Данная операция позволяет скопировать смещения узлов из результатов другой загруженной модели. Функция копирования вызывается в модели, в которую осуществляется копирование.

1. Вызовите команду **Нагрузки > Осадки опор > Осадки в узловых опорах** и вариант работы **копировать**.

Шаг за шагом



2. При активной опции , в рабочем окне рамкой выделите все введенные связи.
3. По окончании выделения, на экране появится окно **Копирование нагрузок в проект**. Выберите для копирования все нагружения и по всем направлениям.

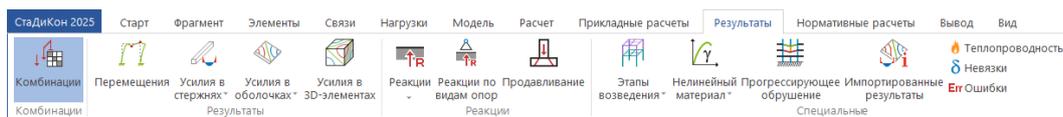


4. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.

5.19.4 Создание комбинации нагружений

Шаг за шагом

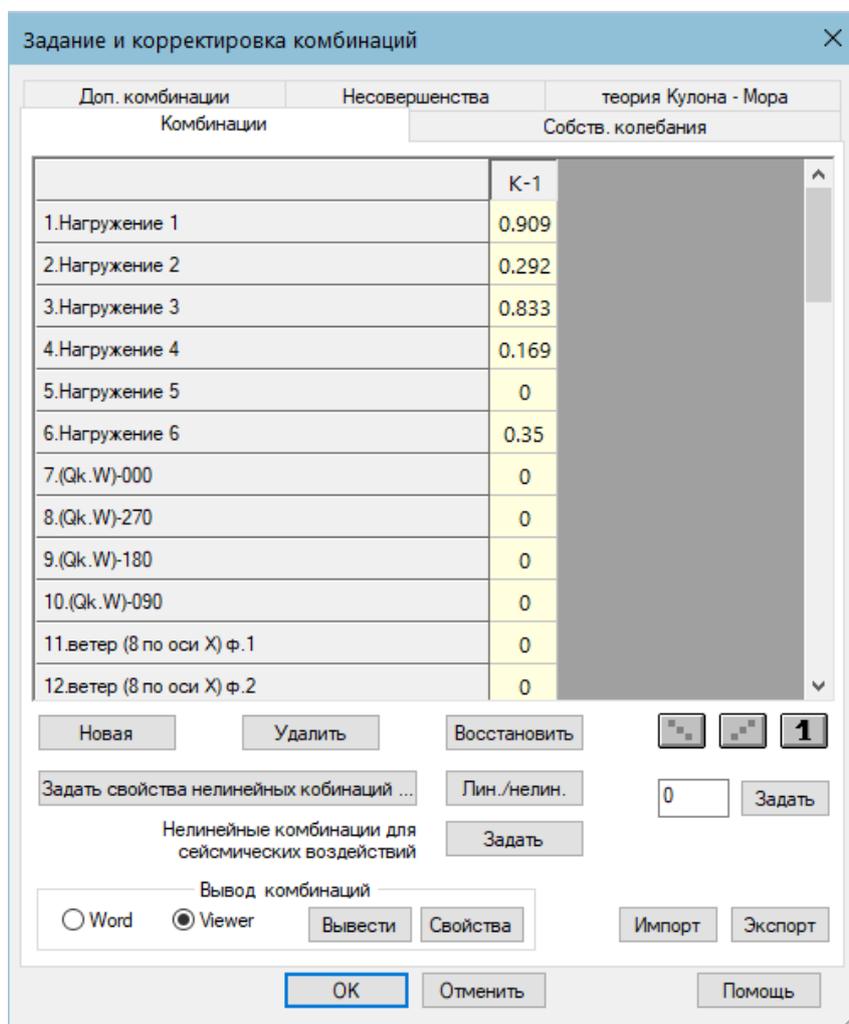
1. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**.



2. Удалите ненужные комбинации при помощи кнопки **Удалить**.

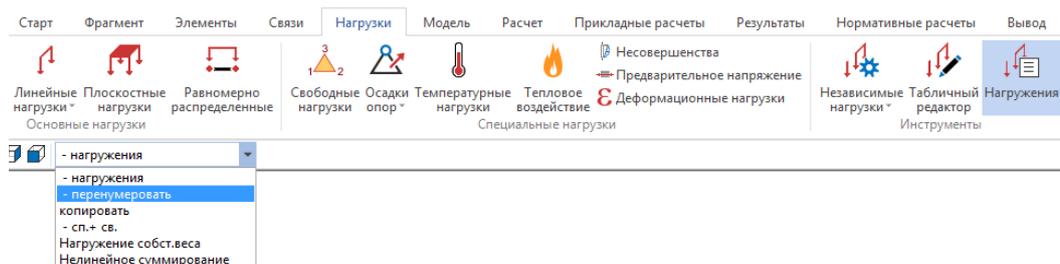
3. Поскольку прогибы плиты, согласно СП 20.13330.2016, должны определяться от действия постоянных и временных длительных нагрузок, в таблице **Комбинации** задайте комбинацию, состоящую из вертикальных нагрузок на перекрытие с коэффициентами, равными **Кд/Кн**, а коэффициенты для остальных, в том числе ветровых и сейсмических нагружений, задайте равным **0**. Здесь **Кд** – коэффициент длительности. **Кн** – коэффициент надежности по нагрузке.

	НГ-1	НГ-2	НГ-3	НГ-4	НГ-5	НГ-6	НГ-7-50
К-1	0.909	0.292	0.833	0.169	0	0.35	0

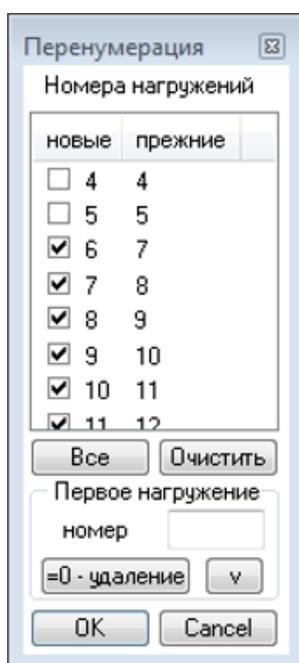


4. Завершите задание комбинации, нажав на **ОК**.

5. Чтобы расчет выполнялся значительно быстрее, удалите неиспользуемые нагрузки. Для этого вызовите команду **Нагрузки > Нагрузки** и вариант работы **Перенумеровать**.



6. В появившемся диалоге **Перенумерация** нажмите на кнопку **Все**, затем на кнопку **=0-удаление** и потом на **V**. Таким образом, **все** нагрузки будут подготовлены к удалению.
7. Чтобы сохранить нагрузку, щелкните по нему левой клавишей мыши. Впишите новый номер нагрузки, не равный нулю, в поле ввода **номер**. Нажмите на кнопку **V**. Таким образом сохраните все необходимые нагрузки.



8. По окончании задания данных, нажмите на кнопку **ОК**. Нагрузки будут переформированы.

5.19.5 Задание слоистого материала

Для задания данных об армировании плиты в **СтаДиКон** используется **Слоистый материал**, состоящий из слоев бетона и арматурных слоев. Слои имеют нелинейные свойства, определяемые диаграммами.

Прежде чем начать задание слоистых материалов, необходимо определиться с армированием плиты перекрытия.

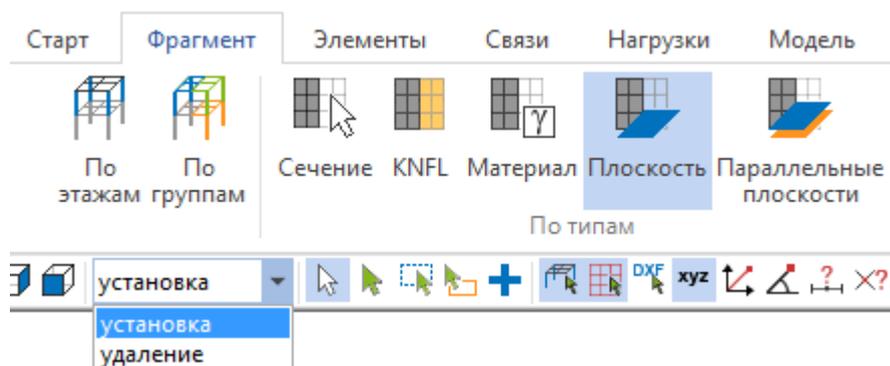
Нелинейный расчет прогибов плиты с учетом трещинообразования должен выполняться на основе данных по действительному армированию, принятому в результате конструирования.

На основе результатов конструктивного расчета, в данном примере принимаем два вида зон армирования: *надопорные зоны* и *пролетные зоны*. Армирование каждой зоны приведено в таблице.

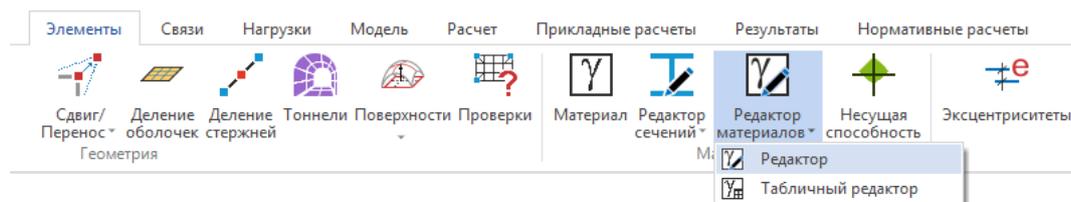
Зоны армирования		Надпорные зоны		Пролетные зоны	
Направление		r	s	r	s
Верхняя арматура	диаметр, мм	25	16	12	12
	шаг, мм	200	100	100	100
Нижняя арматура	диаметр, мм	12	14	12	14
	шаг, мм	100	200	150	175

Шаг за шагом

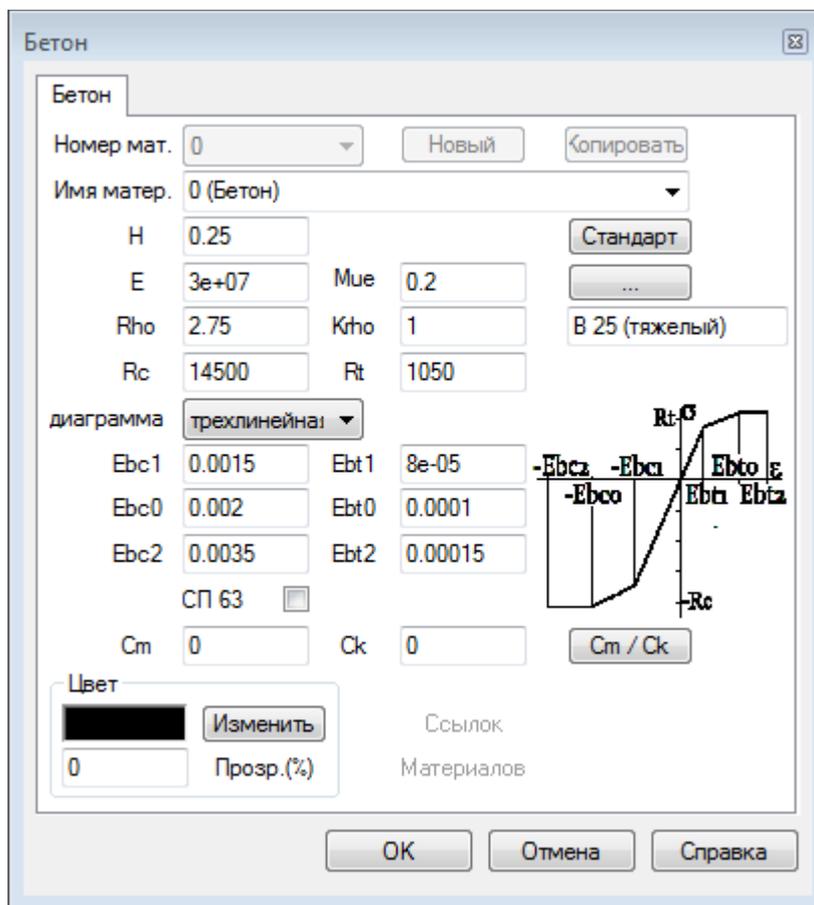
1. Установите для модели *вид сверху XY-проекция*, нажав на соответствующую кнопку дополнительной панели инструментов.
2. Вызовите команду **Фрагмент > Плоскость > установка**. Укажите три точки на плите перекрытия.



3. Завершите выделение фрагмента, нажав кнопку .
4. Вызовите команду **Элементы > Материал** и в появившемся окне **Управление** нажмите на кнопку **редактировать**. Или используйте команду **Элементы > Редактор материалов > Редактор**.



5. В появившемся диалоговом окне **Материалы** перейдите на вкладку **Слоистый** и создайте новый материал, нажав на кнопку **Новый**.
6. В поле **Имя материала** введите обозначение **Опора**.
7. Для перехода в диалог **Создание многослойного материала** нажмите на кнопку **Расчет**.



10. В появившемся окне укажите:

Толщину перекрытия $H = 0,25$ м;

Модуль упругости $E = 3 \cdot 10^7$ кН/м²;

Коэффициент Пуассона $\mu_{ue} = 0,2$;

Плотность бетона $R_{h0} = 2,75$ т/м³;

Нормативное сопротивление бетона растяжению $R_t = 1050$;

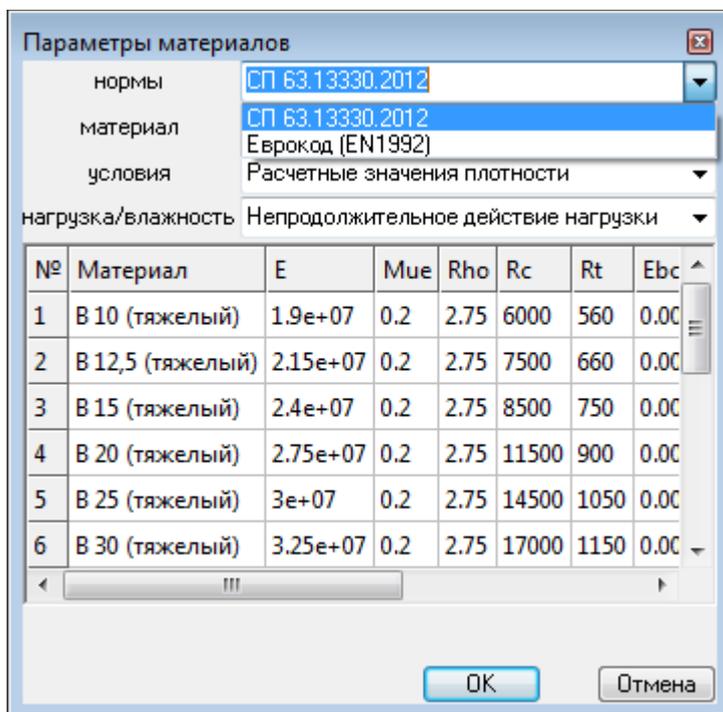
Нормативное сопротивление сжатию $R_c = 14500$ кН/м²;

Предельная деформация растяжения $E_t = 0,00015$; $E_{t2} = 0,0001$,

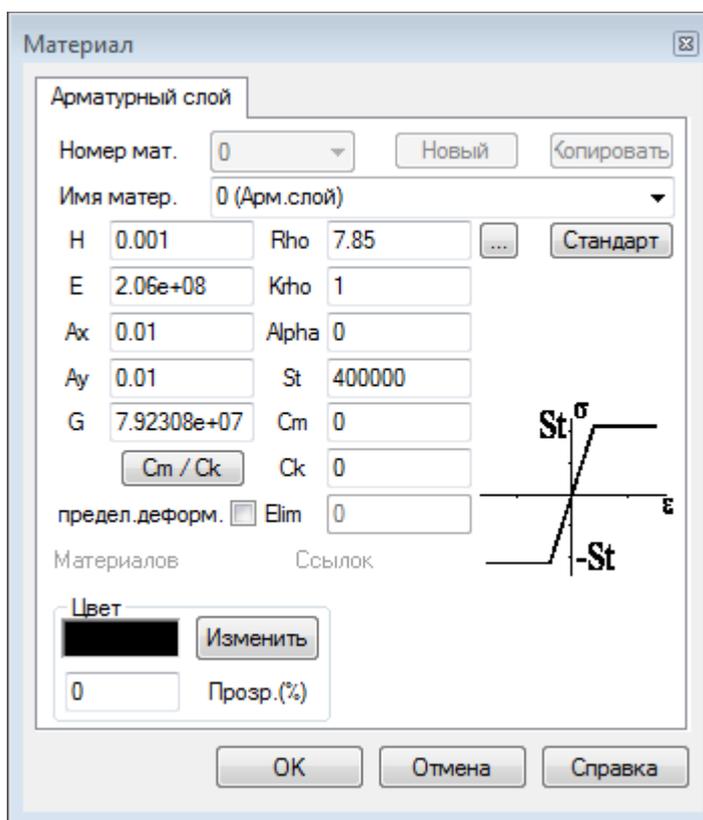
Предельная деформация сжатия $E_c = 0,0035$, $E_{c2} = 0,002$.

11. Тип диаграммы укажите как **трехлинейная**.

Установите опцию **СП 63.13330.2012** (кнопка диалога **Бетон**):



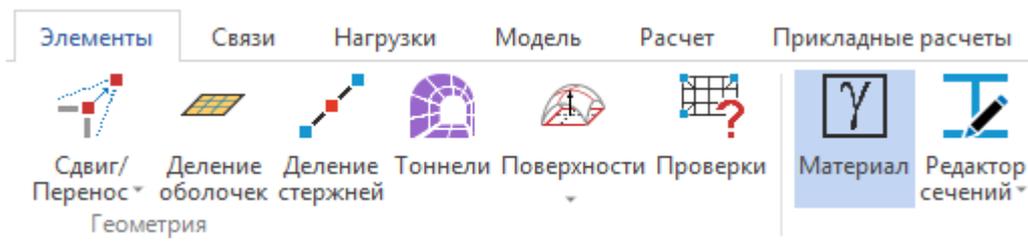
12. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.
13. Для редактирования свойств всей арматуры для данного слоистого материала нажмите на самую верхнюю кнопку **Арм.слой**. С помощью кнопок **Арм.слой** для каждого слоя Вы можете назначать индивидуальные свойства для каждого слоя.
14. В появившемся окне укажите:
 - толщину арматурного слоя $H = 0,001$ м;
 - модуль упругости $E = 2,06 \cdot 10^8$ кН/м²;
 - модуль сдвига $G = 7,9 \cdot 10^7$ кН/м²;
 - плотность стали $Rh0 = 7,85$ т/м³;
 - предел текучести $St = 400000$ кН/м².



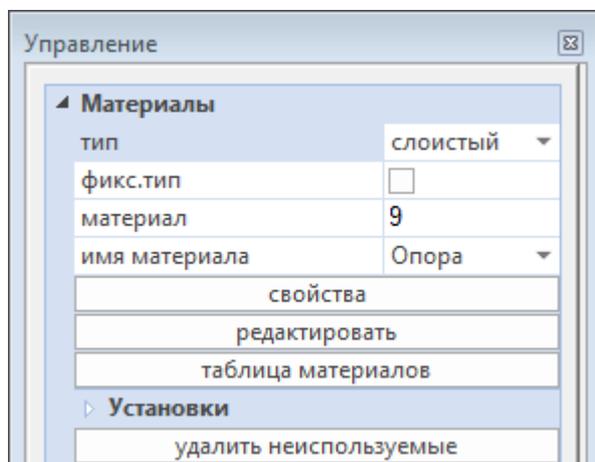
15. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.
16. Нажмите на вторую сверху кнопку **Арм.слой**. Обратите внимание, что ненулевая площадь арматуры задана только в направлении оси Y. Убедитесь, что арматура задана в нужном направлении.
17. Аналогично проверьте правильность задания направления арматуры для остальных арматурных слоев.
18. Для завершения задания нового материала в окне **Создание многослойного материала** нажмите на кнопку **ОК**.
19. В окне **Материалы** в области диалога **Слои** будут отображены автоматически созданные слои.

Советы & рекомендации

- Для редактирования свойств слоя, дважды щелкните левой клавишей мыши по интересующему Вас слою.
 - При редактировании свойств одного слоя, слои, имеющие такой же номер материала, также будут автоматически изменены.
20. Для создания слоистого материала, соответствующего материалу в пролетных зонах, в окне **Материалы** нажмите на кнопку **Копия**.
 21. Нажмите на кнопку **Расчет** и отредактируйте свойства многослойного материала в соответствии с принятым армированием. Обязательно проверьте характеристики бетонных и арматурных слоев.
 22. Для завершения задания нового материала, нажмите на кнопку **ОК**.
 23. Вызовите команду **Элементы > Материал**.

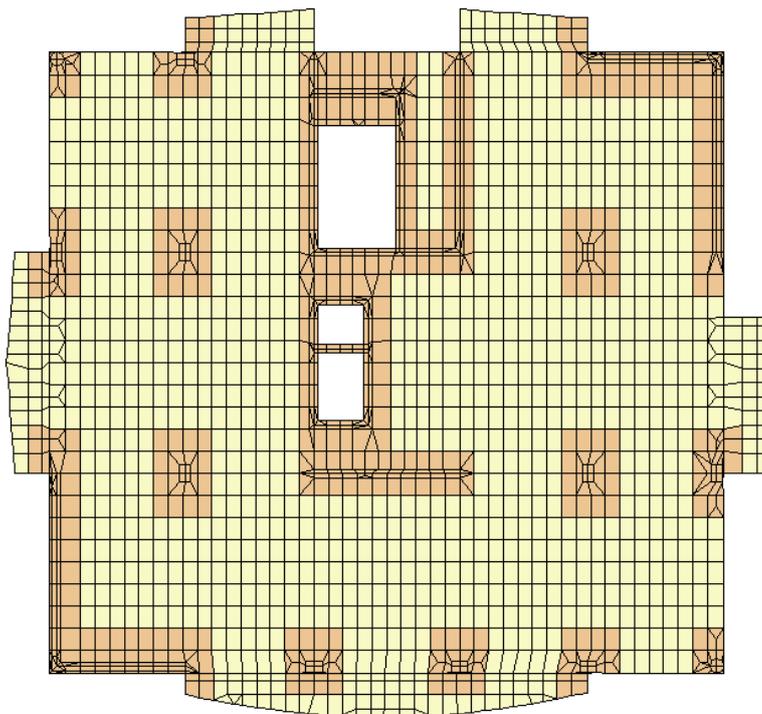


24. В окне **Управление** выберите тип материала **слоистый**.

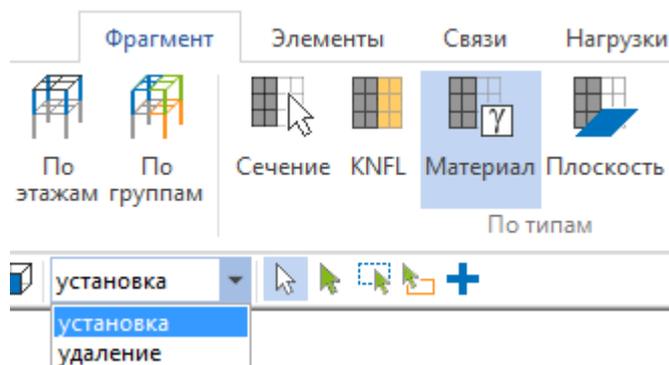


25. Выберите нужный материал, используя список **имя материала**.

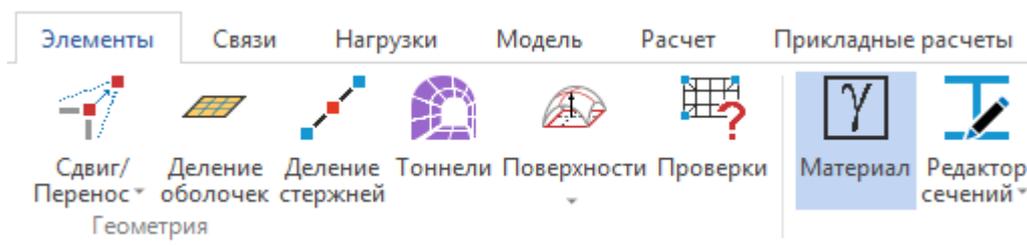
26. При активной опции , рамкой выделите элементы, относящиеся к надпорным зонам.



27. Вызовите команду **Фрагмент > Материал** и тип работы **установка**.



28. Щелкните клавишей по плите перекрытия в пролетной зоне.
29. Вызовите команду **Элементы > Материал**.

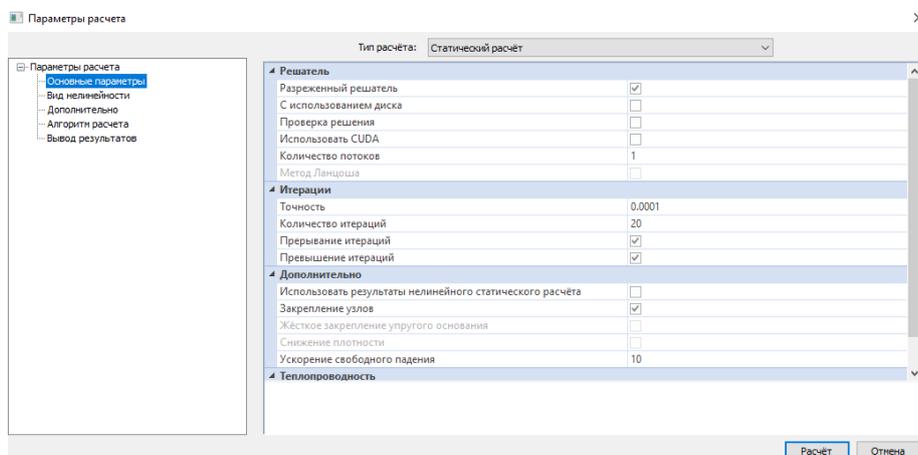


30. Аналогично опорной зоне, задайте материал для пролетной зоны.
31. При активной опции , рамкой выделите все элементы.
32. Для завершения задания материалов, щелкните клавишей по кнопке .

5.19.6 Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов

Шаг за шагом

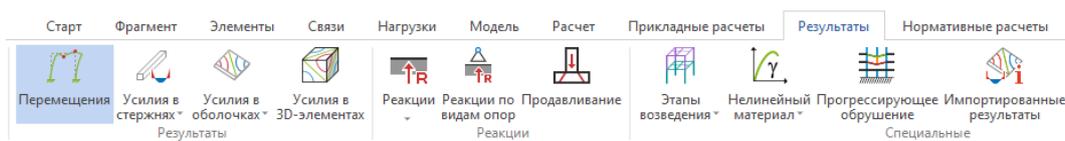
1. Выполните статический расчет, следуя указаниям п.5.4.75.



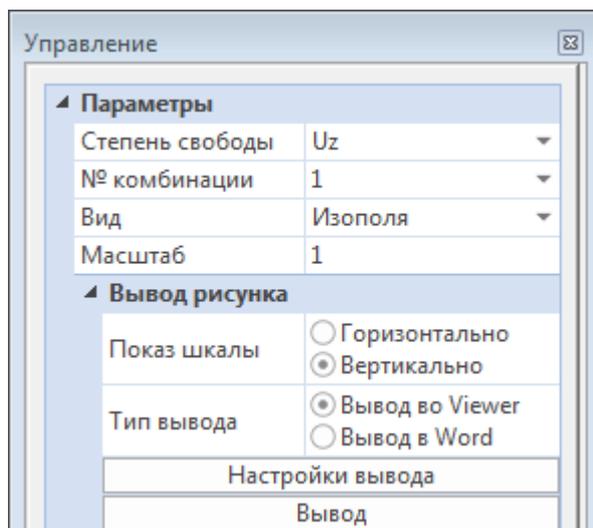
2. На вопрос сохранить ли изменения в проекте ответьте утвердительно.
3. В диалоге **Параметры расчета** снимите галочку с опции **Основные параметры > Решатель > С использованием диска**.



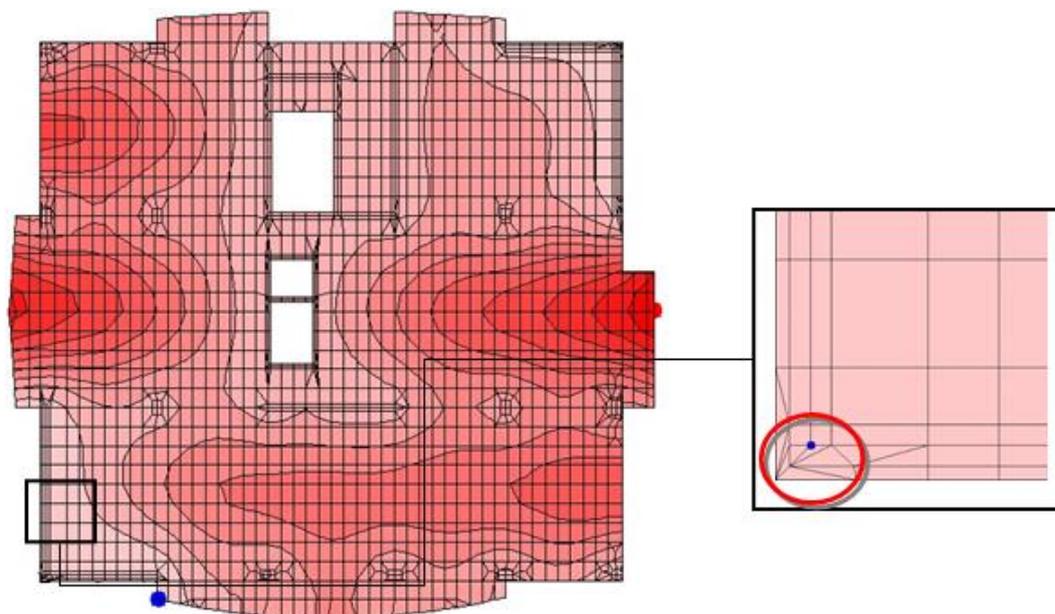
4. В диалоге **Параметры расчета** в области **Итерации** установите галочку на опции **Превышение итераций**.
5. В группе **Вид нелинейности** в области **Физические** выберите опцию **Нелинейный материал**.
6. Укажите число итераций равным 20.
7. Запустите расчет.
8. По окончании расчета, загрузится **FEA**-проект.
9. Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.



10. В окне **Управление** включите режим отображения деформаций в виде **изополей**, а также установите опцию на показ перемещений по оси **z**.

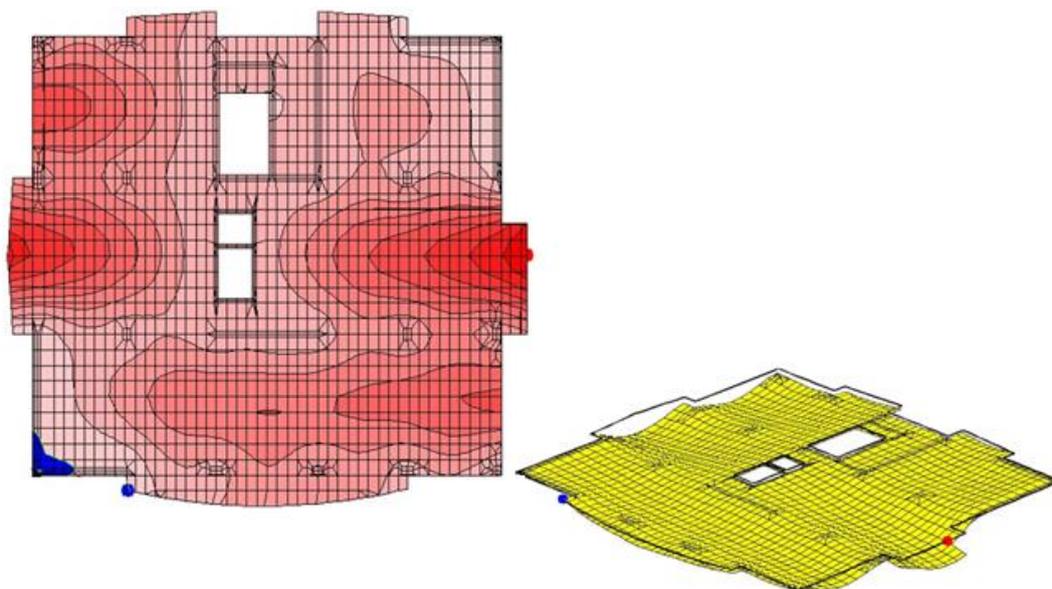


11. Сделайте активной опцию **показ относительных перемещений**, щелкнув клавишей по кнопке  дополнительной панели инструментов.
12. Активируйте функцию **задать узел для показа относительных перемещений**  на дополнительной панели инструментов.
13. В рабочем окне укажите узел, расположенный на пересечении осей двух стен в левом нижнем углу.



14. В информационном окне диалога **Управление** будут отображены максимальные перемещения узлов плиты. В данном случае, максимальный прогиб составил 14,9 мм и не превысил предельно допустимое значение, равное 36,3 мм.

Max: Узел=493, Uz=-0.00016 мм Min: Узел=493, Uz=-0.00016 мм



6 Список литературы

- 1 Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). - М.: ЦНИИ Промзданий, 2005 г.
- 2 МГСН 4.19-2005 "Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий комплексов в городе Москве". - М. : Москомархитектура, 2005 г.
- 3 СП 20.13330.2016 "Нагрузки и воздействия". - М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2016 г.
- 4 СП 63.13330.2018 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения". - М. : НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, 2012 г.
- 5 СП 14.13330.2018 "Строительство в сейсмических районах". - М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 2018 г.
- 6 СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры". - М.: ЦПП, 2004 г.