

2021

Расчет многоэтажного здания в Ing+



Предисловие

Пособие составлено сотрудниками ООО «Техсофт» - производителя системы сквозного архитектурно-строительного проектирования **Ing+**. Данный документ описывает работу с версией 2021 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

Коллектив авторов:

Семенов В.А.

Лебедев В.Л.

Шевелев С.А.

Содержание

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Описание исходных данных | 6 |
| 1.1 | Описание задачи..... | 6 |
| 1.2 | Основные расчетные предпосылки | 10 |
| 2 | Создание проекта в ProjektManager | 12 |
| 2.1 | Работа с ProjektManager..... | 12 |
| 2.2 | Воздействия | 14 |
| 3 | Сбор нагрузок в программе Статика S018 – Математические таблицы..... | 15 |
| 3.1 | Создание модели..... | 15 |
| 3.2 | Рабочая область..... | 17 |
| 3.3 | Сбор нагрузок..... | 18 |
| 3.4 | Определить передачу нагрузок..... | 19 |
| 3.5 | Создать FE-модель..... | 22 |
| 4 | Работа с позиционной моделью в модуле ввода общих конструкций MicroFe..... | 24 |
| 4.1 | Рабочая область..... | 24 |
| 4.2 | Создание прямоугольного растра..... | 24 |
| 4.3 | Ввод позиций..... | 26 |
| 4.3.1 | Ввод плиты..... | 26 |
| 4.3.2 | Ввод стен..... | 30 |
| 4.3.3 | Ввод колонн..... | 34 |
| 4.3.4 | Ввод проемов..... | 36 |
| 4.3.5 | Ввод лестничных маршей..... | 38 |
| 4.3.6 | Ввод ребер жесткости плиты (подбалок)..... | 40 |
| 4.4 | Изменение свойств позиций..... | 41 |
| 4.5 | Изменение геометрии..... | 43 |
| 4.6 | Задание нагрузок и нагружений | 45 |
| 4.6.1 | Ввод линейных нагрузок..... | 46 |
| 4.6.2 | Ввод поверхностных нагрузок..... | 47 |
| 4.7 | Тиражирование этажа..... | 48 |
| 4.8 | Редактирование этажа | 49 |
| 4.8.1 | Установка опций сгущения сетки и элементов жесткости для колонн..... | 49 |
| 4.8.2 | Изменение геометрии стен..... | 50 |
| 4.8.3 | Перемещение дверных проемов..... | 51 |
| 4.8.4 | Изменение геометрии лестничного марша | 52 |
| 4.8.5 | Редактирование нагрузок и нагружений..... | 52 |
| 4.9 | Создание оконных проемов..... | 53 |
| 4.10 | Создание балкона..... | 54 |

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| 4.10.1 | Создание полярного растра..... | 54 |
| 4.10.2 | Ввод балконных плит | 56 |
| 4.10.3 | Задание нагрузки на балкон..... | 57 |
| 4.11 | Тиражирование жилого этажа..... | 58 |
| 4.12 | Редактирование нагрузки на покрытие..... | 58 |
| 4.12.1 | Удаление нагрузки Вес наружных стен | 58 |
| 4.12.2 | Изменение нагрузок..... | 58 |
| 4.12.3 | Ввод нагрузки Вес парапетов..... | 60 |
| 4.12.4 | Ввод нагрузки Вес конструкции кровли | 61 |
| 4.13 | Ввод нагрузки от технического этажа..... | 61 |
| 4.14 | Ввод Снеговой нагрузки на покрытие | 63 |
| 4.14.1 | Подсчет значений нагрузки | 63 |
| 4.14.2 | Импорт слоя DXF/DWG | 65 |
| 4.14.3 | Ввод поверхностной трапецевидной нагрузки | 66 |
| 4.14.4 | Ввод снеговой нагрузки на покрытие балкона | 67 |
| 4.15 | Ввод ветровой нагрузки..... | 68 |
| 4.15.1 | Задание Модели нагрузки Поверхность здания | 68 |
| 4.16 | Ввод фундаментной плиты | 72 |
| 4.17 | Ввод слоистого основания | 73 |
| 4.18 | Предварительная генерации конечно-элементной сетки..... | 74 |
| 5 | Работа с конечноэлементной моделью и расчеты в модуле | |
| СтаДиКон | | 77 |
| 5.1 | Загрузка FEA и POS проекта..... | 77 |
| 5.2 | Рабочая область..... | 78 |
| 5.3 | Генерация конечно-элементной сетки..... | 79 |
| 5.4 | Правка конечно-элементной сетки | 80 |
| 5.4.1 | Визуальный контроль результатов генерации сетки | 80 |
| 5.4.2 | Проверка правильности расстановки эксцентриситетов..... | 84 |
| 5.4.3 | Изменение свойств колон | 85 |
| 5.4.4 | Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты..... | 89 |
| 5.4.5 | Выполнение проверочного статического расчета..... | 91 |
| 5.4.6 | Редактирование конечно-элементной сетки | 92 |
| 5.4.7 | Выполнение проверочного статического расчета..... | 94 |
| 5.5 | Оценка погрешности..... | 94 |
| 5.6 | Создание динамической модели | 100 |
| 5.6.1 | Редактирование свойств материала | 100 |
| 5.6.2 | Изменение граничных условий | 101 |
| 5.6.3 | Создание комбинаций нагружений для расчета собственных колебаний..... | 101 |

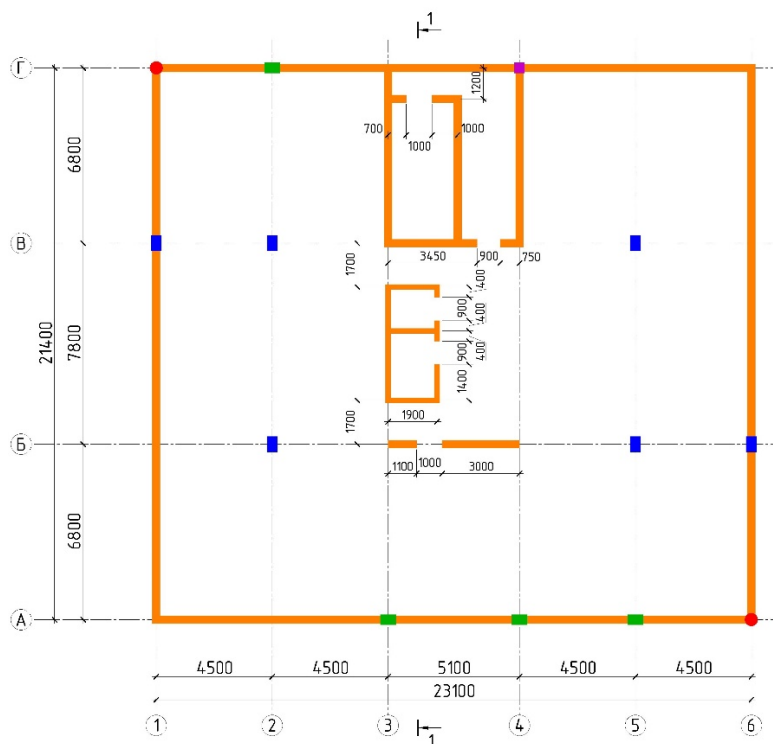
| | | |
|----------|---|------------|
| 5.7 | Расчет форм собственных колебаний | 102 |
| 5.8 | Анализ результатов расчета форм собственных колебаний | 103 |
| 5.9 | Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки | 105 |
| 5.10 | Определение сейсмических нагрузок | 107 |
| 5.10.1 | Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействий | 107 |
| 5.10.2 | Определение сейсмических нагрузок от вращательных компонент сейсмического воздействия | 112 |
| 5.11 | Статический расчет | 113 |
| 5.12 | Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки | 113 |
| 5.13 | Задание данных для РСУ | 115 |
| 5.13.1 | Формирование дополнительных нагружений | 116 |
| 5.13.2 | Задание свойств нагружений для автоматического формирования РСУ | 117 |
| 5.13.3 | Несочетаемые нагружения | 120 |
| 5.14 | Проверка законтурного основания | 121 |
| 5.14.1 | Анализ перемещений и редактирование основания | 121 |
| 5.15 | Учет этапности возведения | 124 |
| 5.15.1 | Ручное редактирование этапа возведения | 126 |
| 5.16 | Расчет на устойчивость | 128 |
| 5.17 | Просмотр результатов статического расчета | 131 |
| 5.17.1 | Просмотр усилий в плите | 131 |
| 5.17.2 | Просмотр усилий в колоннах и подбалках | 134 |
| 5.18 | Конструктивный расчет | 135 |
| 5.18.1 | Задание конструктивных элементов для стержней | 135 |
| 5.18.2 | Просмотр результатов конструктивного расчета стержней | 141 |
| 5.18.3 | Задание конструктивных элементов для оболочек | 143 |
| 5.18.4 | Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек | 145 |
| 5.19 | Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне | 150 |
| 5.19.1 | Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект | 150 |
| 5.19.2 | Задание краевых условий | 152 |
| 5.19.3 | Передача перемещений | 153 |
| 5.19.4 | Создание комбинации нагружений | 154 |
| 5.19.5 | Задание слоистого материала | 155 |
| 5.19.6 | Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов | 160 |
| 6 | Список литературы | 162 |

1 Описание исходных данных

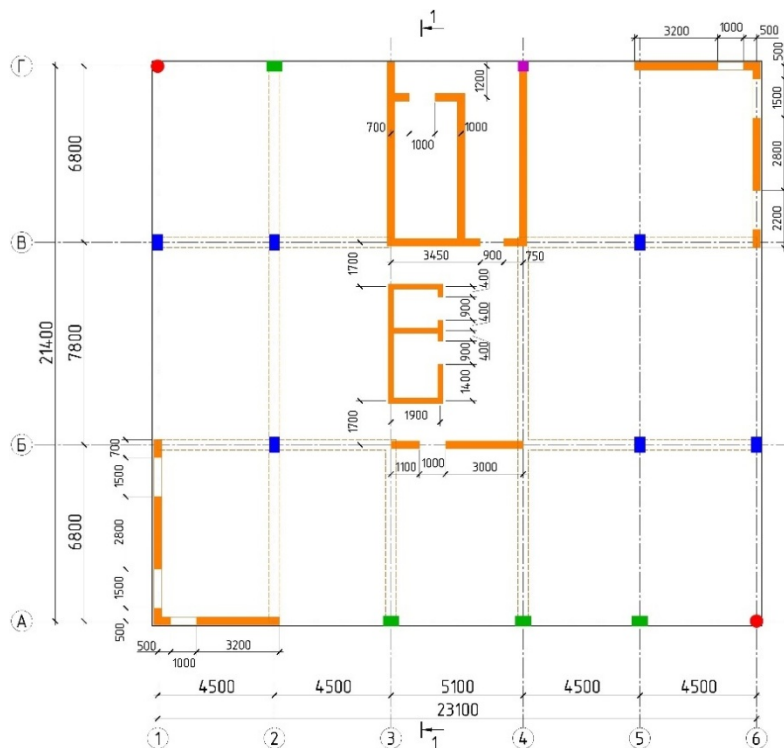
1.1 Описание задачи

Необходимо выполнить расчеты каркаса 11-этажного (13-ярусного с учетом подвального и технического этажей) жилого здания, выполненного в монолитном железобетоне. Исходные данные взяты из [8].

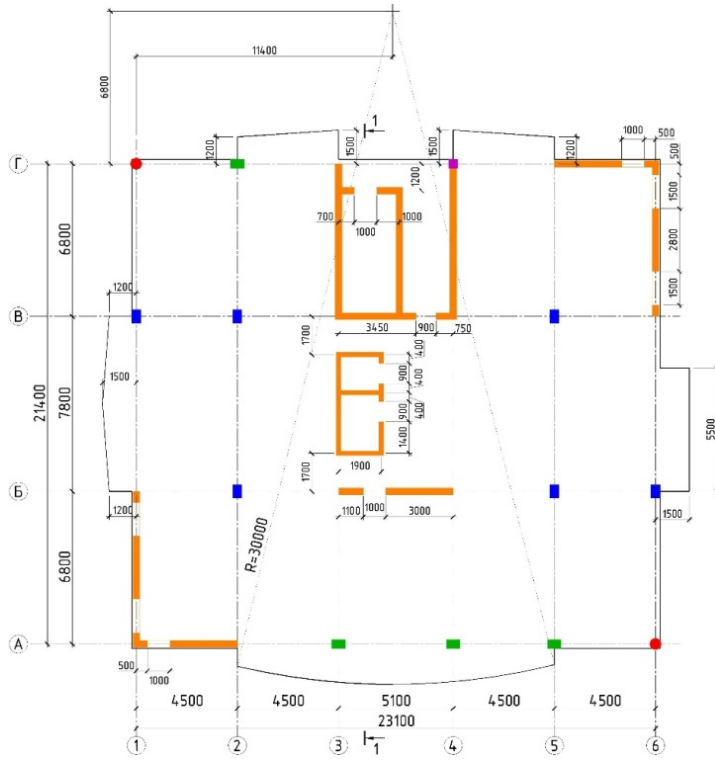
План подвального этажа



План первого этажа



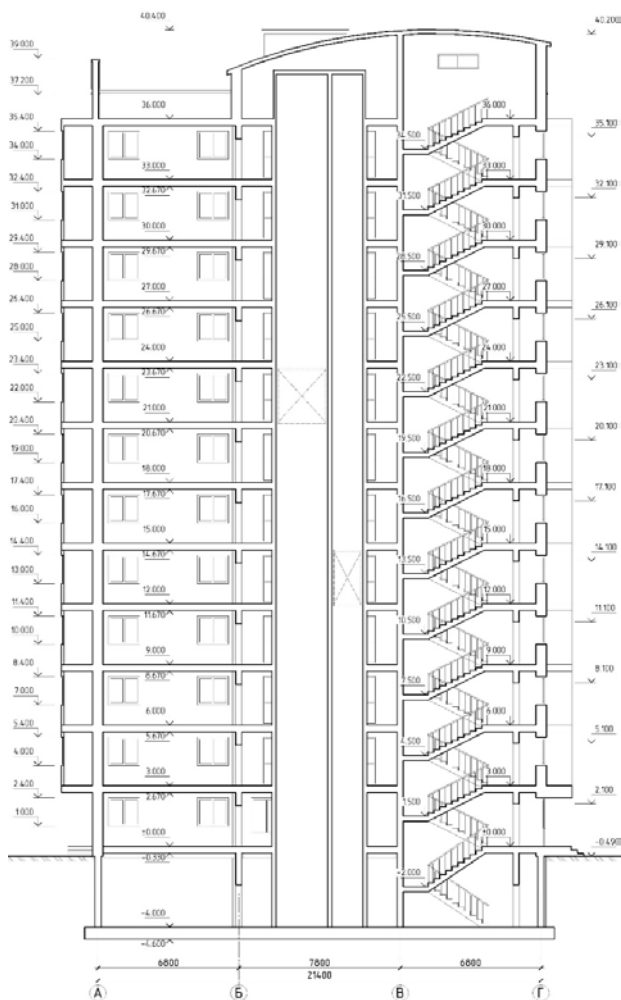
План типового этажа



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 63.13330.2012. 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 | Коэф-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 | 1.43 | 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 ProjektManager

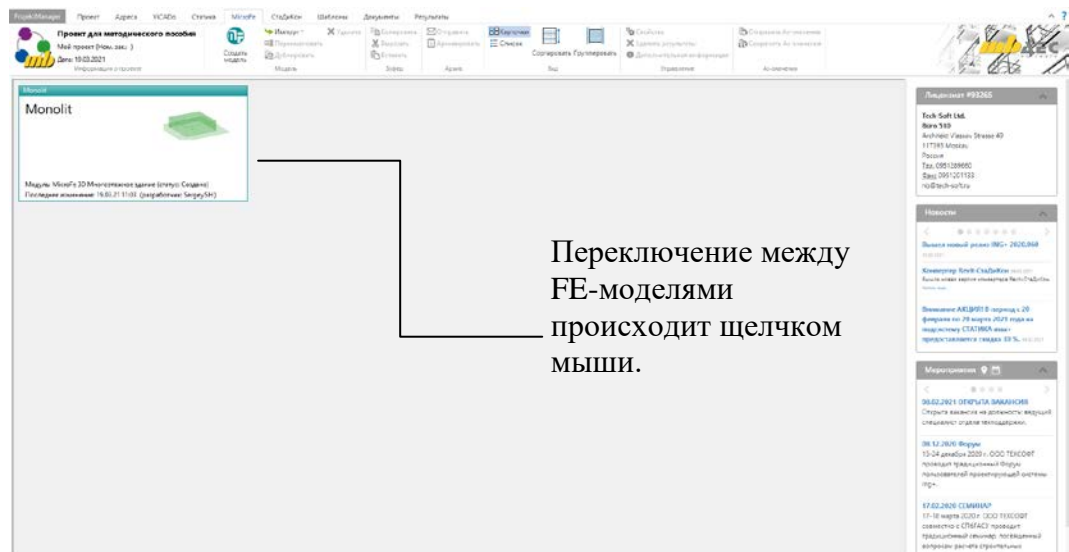
2.1 Работа с ProjektManager

При работе над проектом используется большое количество приложений, при этом каждое приложение создает собственные данные. ProjektManager управляет этими данными. Копирование, удаление и перемещение данных для всех приложений происходит благодаря ProjektManager единообразно. Помимо этого, он позволяет объединять отдельные проекты (частичные проекты) в группы. ProjektManager связывает данные с соответствующим приложением.

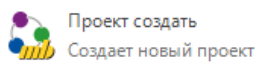
ProjektManager координирует все необходимые для проекта работы. С его помощью Вы сможете единообразно редактировать все данные отдельных приложений. Окно ProjektManager состоит из трех основных частей.

Советы & рекомендации

- ProjektManager можно установить на любом компьютере без лицензии. Более простое решение, не требующее огромного количества бумаг, трудно себе представить.

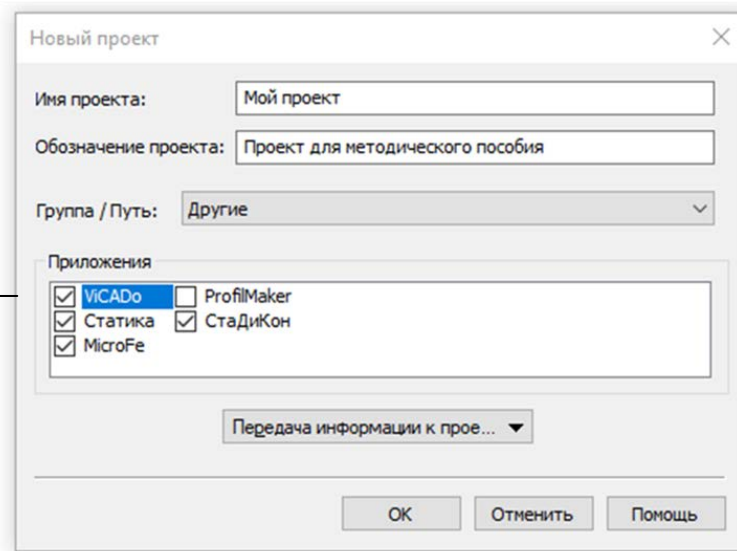


Шаг за шагом

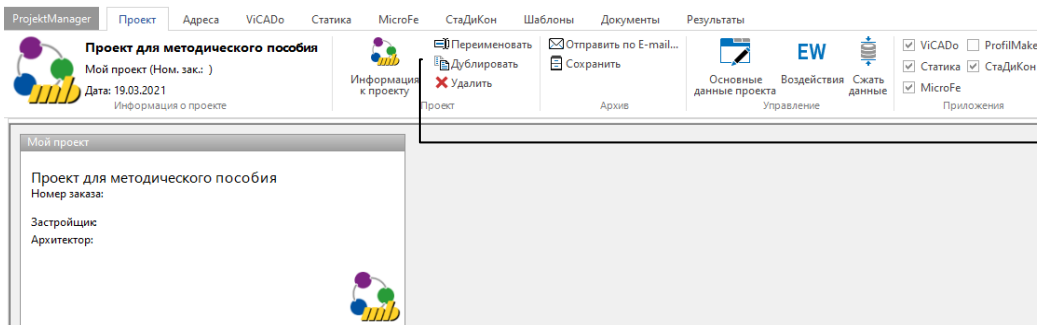


1. Для начала работы запускаем ProjektManager: **Пуск > Все программы > mb WorkSuite 2021 > ProjektManager 2021.**
2. Откроется окно программы ProjektManager 2021.
3. Выберите в меню команду **ProjektManager > Проект создать.** Откроется диалог, предназначенный для ввода данных проекта.
4. В окне **Новый проект** нужно указать имя проекта и группу/директорию, в которую должен сохраняться проект со своими данными.
5. Выберите **Приложения**, которые должны использоваться при редактировании проекта. Поставьте галочку перед нужными строками.

Здесь можно указать, какие приложения должны использоваться в данном проекте



6. Сохраните данные, нажав на клавишу **ОК**. Проект появится в окне просмотра. Откроется окно проекта с указанными приложениями. Закладка **Проект** будет активна.
7. В закладке **Адреса** Вы можете ввести данные по специалистам, работающим над проектом. Информация вводится в виде визитных карточек и может быть использована при оформлении документов в виде текстовых переменных.



Все используемые в проекте подсистемы приведены в форме закладок.

Состав закладок регулируется на ленте в закладке Проект

- Проекты, созданные в предыдущих версиях **Ing+**, можно конвертировать в версию 2021. Старый проект сохраняется в виде копии.
- Проекты, созданные в **Ing+ 2021**, открыть при помощи предыдущих версий Ing+ невозможно.
- Проекты можно переименовывать и копировать, используя инструменты на ленте в закладке **Проект**.

Советы & рекомендации

2.2 Воздействия

В Ing+ 2021 есть возможность управлять воздействиями при помощи **ProjektManager**. Воздействия используются при задании нагрузок и классификации нагружений.

Основные данные проекта «Другие» 1_2021 - Управление основными данными 2021

Профиль: Древесина, Bodenkerfwerte

| № | Воздействие | Сведения | Описание | Тип воздействия | Kd | Kn | Kda | Kla | Учет с сейсмикой |
|----|--------------------|---------------------------|--|-----------------|------|------|------|------|-------------------------------------|
| 1 | ✓ постоянное | ж/б | Собственный вес ж/б конструкции | постоянное | 1 | 1,1 | 1 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | ✓ постоянное | - | Собственный вес металлических конструкций | постоянное | 1 | 1,05 | 1 | 1,05 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | ✓ грунт | грунт | Грунты в природном залегании | постоянное | 1 | 1,1 | 1 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | ✓ грунт | грунт1 | Грунты насыпные | постоянное | 1 | 1,15 | 1 | 1,15 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | ✓ преднапряжение | Преднапряжение | Нагрузка от преднапряжения | постоянное | 1 | 1,1 | 1 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 6 | ✓ гидростатическое | давление | Гидростатическое давление | постоянное | 1 | 1 | 1 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 7 | ✓ переменное | жилье | Равномерно распределенная нагрузка - жилые помещения | кратковременное | 0,2 | 1,3 | 0,35 | 1,3 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | ✓ переменное | - | Вес временных перегородок | длительное | 1 | 1,1 | 1 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | ✓ переменное | стационарное оборудование | Вес стационарного оборудования | длительное | 1 | 1,05 | 1 | 1,05 | <input type="checkbox"/> |
| 10 | ✓ переменное | складируемые материалы | Вес складируемых материалов и изделий | длительное | 1 | 1,05 | 1 | 1,05 | <input type="checkbox"/> |
| 11 | ✓ переменное | служебные | Равномерно распределенная нагрузка - служебные помещения | кратковременное | 0,35 | 1,2 | 0,35 | 1,2 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | ✓ снег | Снег-S | Снеговая нагрузка I января меньше -5 | кратковременное | 0,5 | 1,43 | 0,5 | 1,4 | <input type="checkbox"/> |
| 13 | ✓ снег | Снег | Снеговая нагрузка I января больше -5 | кратковременное | 0,5 | 1,43 | 0 | 1,4 | <input type="checkbox"/> |
| 14 | ✓ ветер | Ветер | Ветровая нагрузка | кратковременное | 0 | 1,4 | 0 | 1,4 | <input type="checkbox"/> |
| 15 | ✓ температурное | Температура | Температурное воздействие | кратковременное | 0,5 | 1,1 | 0,5 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 16 | ✓ монтажное | Монтажное | Монтажные нагрузки | кратковременное | 0,0 | 1,1 | 0,0 | 1,1 | <input type="checkbox"/> |
| 17 | ✓ крановое | Кран | Крановые нагрузки (группа кранов 4К-6К) | кратковременное | 0,5 | 1,2 | 0,5 | 1,2 | <input type="checkbox"/> |
| 18 | ✓ особое | - | Особое воздействие | особое | 0 | 1 | 0 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 19 | ✓ сейсмика | - | Сейсмическое воздействие | особое | 0 | 1 | 0 | 1 | <input type="checkbox"/> |

Шаг за шагом

1. Выберите **Основные данные проекта** на ленте закладки **Проект** в **ProjektManager**.
2. В открывшемся диалоге перейдите к вкладке **Коэффициенты**.
3. В **Воздействиях** укажите нормы **SNIP1985**.
4. Теперь Вы можете изменять коэффициенты у имеющихся воздействий, добавлять к ним новые, удалять ненужные, а также менять их местами.

3 Сбор нагрузок в программе Статика S018 – Математические таблицы

Первым этапом подготовки данных для расчета конструкций является сбор нагрузок. В Ing+ для сбора нагрузок может быть использована одна из программ пакета Статика. Программа S018 предназначена для эффективных табличных расчетов в ПК Статика. В этой программе Вы можете проводить несложные проверки или конструктивные расчеты и одним щелчком мыши включать их в документ.

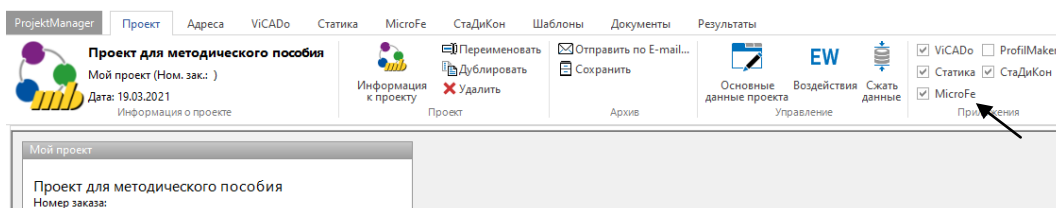
Работа с таблицами является совсем несложной, как и в других, наверняка известных Вам табличных расчетах. Вы можете воспользоваться поставляемыми шаблонами из различных разделов или работать произвольно при помощи всех известных функций, предназначенных для табличных расчетов. Благодаря вставке графики, заголовков и разделов вывод в программе S018 практически не отличается от результатов программ Статика.

В ходе проектирования иногда возникает необходимость в редактировании значений нагрузок, что чаще всего является трудоемким и длительным процессом. S018 позволяет значительно облегчить этот процесс за счет того, что все расчеты и значения нагрузок хранятся в табличном виде в одном сформированном документе, кроме того осуществляется связь значений нагрузок расчетной модели со значениями в таблице. При перерасчете значений нагрузок в таблице, значения в расчетной модели изменятся автоматически.

3.1 Создание модели

1. При создании проекта в **ProjektManager 2021** (п.2.1) для формирования раздела работы со Статикой необходимо установить опцию **Статика** или установить опцию **Статика** на ленте в закладке **Проект**.

**Шаг за
шагом**

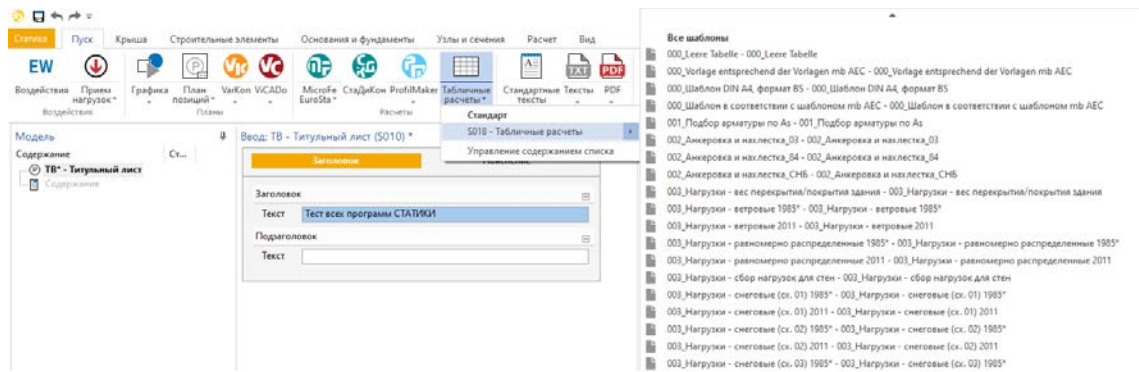


31
Создать
модель

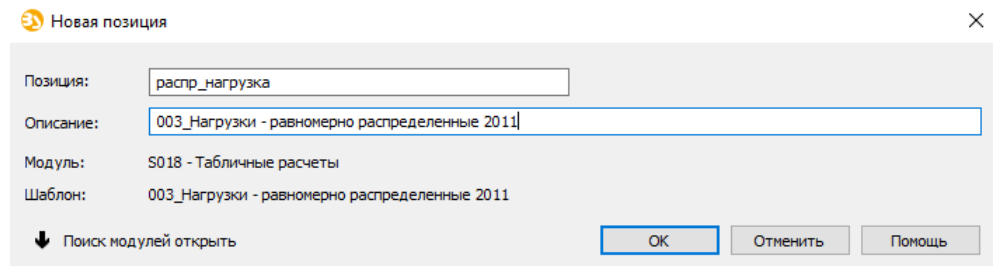
Создайте **Модель**, кликнув по соответствующей кнопке в меню.

2. Теперь необходимо создать позицию.

3. На ленте **Пуск** выберите кнопку, которая отвечает за табличные расчеты. При нажатии на верхнюю часть кнопки будет запущена стандартная программа со стандартным шаблоном. При нажатии на нижнюю часть (под чертой) можно выбрать нужный шаблон.



4. Укажите на шаблон «003_Нагрузки - равномерно распределенные 2011».



5. Задайте имя позиции. Подтвердите выбор, нажав **ОК**.

3.2 Рабочая область

Шаблоны сформированы в единообразном наглядном формате, чтобы облегчить Вам ознакомление с работой с математическими таблицами. Таблица в окне ввода состоит из двух частей:

Верхняя часть таблицы предназначена для представления и пояснения входных данных. Здесь приводится краткое описание возможностей шаблона и список необходимых входных значений. Все синие значения можно изменять или заменять на значения, передаваемые из других позиций. Они войдут в расчеты таблицы. Далее следует раздел таблицы, который будет добавлен в документ вывода.

| № | Здания и помещения | Коэффициент ветровой нагрузки C_{pe} | Коэффициент снеговой нагрузки $C_{s,exp}$ | Коэффициент ветровой нагрузки C_{pe} | Коэффициент снеговой нагрузки $C_{s,exp}$ |
|----|---|--|---|--|---|
| 1 | Квартиры жилых зданий, специальные помещения дошкольных учреждений и школ-интернатов; здания размещения домов отдыха и пансионатов, общегосударственных больниц и санаториев, термы | 0,88 | -0,52 | 1,30 | -1,15 |
| 2 | Служебные помещения административного, инженерно-технического, научного персонала организаций и учреждений; производственные, складские, складские (промышленные предприятия и общественные здания) и сооружения | 0,88 | -0,70 | 1,20 | -1,42 |
| 3 | Кабинеты и лаборатории учреждений здравоохранения; лаборатории учреждений просвещения, науки, электронно-вычислительных машин; кухни общественных зданий; помехи; учреждения бытового обслуживания населения (парикмахерские, автосервис и т.п.); технические этажи жилых и общественных зданий высотой менее 75м; подвальные помещения | 0,80 | -1,05 | 1,20 | -3,80 |
| 4а | Залы: читальные (с учетом коэффициента сочетаний) | -1,63 | -0,70 | 1,20 | -1,96 |

В окне Свойства поля показывается содержание текущей ячейки. Здесь допускается ввод значений и расчетов.

1. Оптимизируйте рабочую область, убрав окно **Указания к модели**. Для этого нажмите на «булавку».
2. Поместите окно **Свойства поля** над окном ввода.
3. Расположите окно ввода и вывода таким образом, чтобы они соответственно занимали по половине рабочей области.
4. Создайте позиции, вызвав команды **Пуск > Табличные расчеты > S018 - Табличные расчеты**, выбрав следующие шаблоны: «003_Нагрузки - ветровые 2011», «003_Нагрузки - снеговые (сх. 01) 2011», «003_Нагрузки - снеговые (сх. 02) 2011» и Пустую таблицу (000_Шаблон DIN A4, формат BS). В пустой таблице Вы будете формировать собственные нагрузки, выбирая соответствующие коэффициенты и нагрузки из готовых шаблонов.
5. В созданных нагрузках, для ветра и снега, следует выбрать типы конструкций и задать размеры крыши, согласно заданию.

Шаг за шагом

Модель

Содержание

- ТБ* - Титульный лист
- Содержание
- расп_нагрузка* - 003_Нагрузк...
- ветер_нагрузка* - 003_Нагруз...**
- снег_нагрузка1* - 003_Нагрузк...
- снег_нагрузка2* - 003_Нагрузк...
- Пустая таблица* - 000_Leere Ta...

Ввод: ветер_нагрузка - 003_Нагрузки - ветровые 2011 (S018)

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|--|--------|-------------------------|--|---------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 1 | Ветровые нагрузки по СНиП 2.01.07-85* | | СП 20.13330.2011 | | | | | | | |
| 2 | Программа определяет средние составляющие ветровые нагрузки для отдельно | | | | | | | | | |
| 3 | стоящих плоских сплошных конструкций с наветренной и подветренной сторон | | | | | | | | | |
| 4 | высотой до 200 м | | | | | | | | | |
| 5 | Синие значения, для которых даны пояснения, можно изменять. | | | | | | | | | |
| 6 | Тип з/с | 3 | | С - сооружения типа башни, мачты, трубы | | | | | | |
| 7 | | 3 | | З - здания | | | | | | |
| 8 | d = | | М | Размер здания в напр-нии перпенд-ом расчетному направ-ию ветра | | | | | | |
| 9 | h ₀ = | 1.00 | М | Отметка уровня пола | | | | | | |
| 10 | h ₁ = | 4.00 | М | Высота первого этажа | | | | | | |
| 11 | h _t = | 3.00 | М | Высота типового этажа | | | | | | |
| 12 | n = | 50 | | Количество этажей | На данный момент n _{max} =50 | | | | | |
| 13 | h _p = | 1.20 | М | Высота парапета | | | | | | |
| 14 | H = | 153.20 | М | Высота здания | | | | | | |
| 15 | | 153.20 | М | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | Таблица 11.1 | | | | | | |

Советы & рекомендации

- Ячейки шапки таблицы выделены серым цветом, так как они относятся к непечатаемой области. При работе с **S018** они необязательны.
- Схема расположения окон для позиций программы **S018** сохраняются отдельно независимо от обычных позиций Статике. Благодаря этому Вы можете оптимально расположить окна для работы с таблицами. При переходе к другому модулю Статике там будет воспроизведена последняя сохраненная схема расположения окон.

3.3 Сбор нагрузок

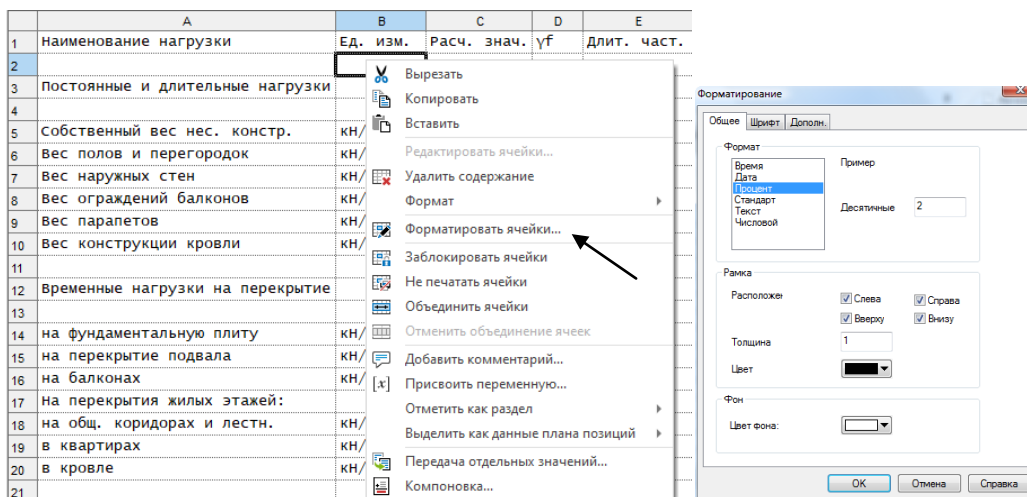
Шаг за шагом

- Переключитесь во вкладке **Модель** на позицию **Пустая таблица**.
- Составление таблицы начните с формирования «шапки» таблицы, последовательно вводя в ячейки названия столбцов.

Ввод: Таблица - Таблица *

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|-----------------------|----------|-------------|------------|-------------|-------------|---|
| 1 | Наименование нагрузки | Ед. изм. | Расч. знач. | γ_f | Длит. част. | Номер нагр. | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |

- Далее последовательно введите наименование нагрузок в соответствующие ячейки. Проследите, как в окне вывода формируется документ.
- Изменения свойств ячейки, добавление границ, изменение шрифта и размеры значений осуществляется путем вызова диалога, **Форматировать ячейки...**



❑ Изменение высоты ячеек не проявляется при выводе в документ. Оно реализовано только для улучшения наглядности таблиц.

Советы & рекомендации

3.4 Определить передачу нагрузок

Помимо ввода вручную в табличных расчетах можно воспользоваться функциями компоновки, передачи данных и вычислений. Например, Вы можете передать нагрузки из других позиций **Статики** в актуальные вычисления. Необходимым условием для этого является то, что позиция, из которой передаются данные, должна быть рассчитана. Приведем пример использования функции, не связанный напрямую с нашей моделью.

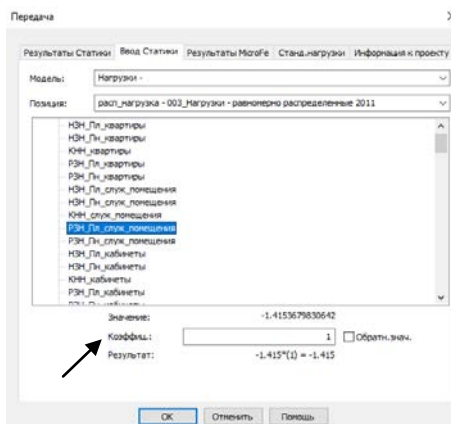
1. Для передачи значений из готовых шаблонов необходимо вызвать диалог **Передача отдельных значений**, кликнув правой клавишей по необходимой ячейке
2. В поле **Ввод Статики** укажите созданный ранее проект, в нашем примере он называется **нагрузки**.
3. В поле **Позиция** необходимо указать наименование позиции готового шаблона, из которого необходимо передать данные.
4. В поле Вид выберите наименование нагрузки, которую необходимо передать. (Сокращения: РЗН – расчетное значение нагрузки, НЗН – нормативное значение нагрузки, КНН – коэффициент надежности по нагрузке).
5. Подтверждаем выбранное значение.
6. Обратите внимание на значение, автоматически прописываемое в ячейке при передаче данных

Шаг за шагом

=TAKE("&I(Равномерно_распр(Ergebnis@PЗН_Пл_служ_помещения-Inhalt))")

7. Аналогичным способом можно передать значения нагрузок и коэффициентов надежности для соответствующих ячеек.

Советы & рекомендации



□ Все поля в формируемой части вывода, зависящие от измененных в разделе ввода значений, обновляются автоматически (проектное значение, реакция и т.д.)

8. Длительная часть определяется путем деления пониженного нормативного значения нагрузки на полное значение нормативной нагрузки.
9. Далее Вам необходимо присвоить нужным ячейкам **Переменную** для передачи вычисленных значений в **MicroFe**, кликнув правой клавишей по необходимой ячейке.

Ввод: Пустая таблица - 000_Шаблон DIN A4, формат BS (S018) *

| | A | B | C | D | E |
|----|----------------------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| | Наименование нагрузки | Ед. изм. | Расч. знач. | γ_f | Длит. част. |
| 1 | постоянные и длительные нагрузки | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | Собственный вес нес. констр. | кН/м ² | 27.50 | 1.10 | 1.00 |
| 6 | Вес полов и перегородок | кН/м ² | 3.00 | | |
| 7 | Вес наружных стен | кН/м ² | 12.00 | | |
| 8 | Вес ограждений балконов | кН/м ² | 4.00 | | |
| 9 | Вес парапетов | кН/м ² | 10.00 | | |
| 10 | Вес конструкции кровли | кН/м ² | 10.00 | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | Временные нагрузки на перекрытие | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | на фундаментальную плиту | кН/м ² | -2.40 | | |
| 15 | на перекрытие подвала | кН/м ² | -2.40 | | |
| 16 | на балконах | кН/м ² | -2.60 | | |
| 17 | На перекрытия жилых этажей: | | | | |
| 18 | на общ. коридорах и лестн. | кН/м ² | -3.60 | | |
| 19 | в квартирах | кН/м ² | -1.95 | | |
| 20 | в кровле | кН/м ² | -0.65 | | |
| 21 | | | | | |

Текстовая помощь

S018 – Табличные расчеты

10. Задайте **Имя** переменной. По этому имени далее вы определите нужную нагрузку. Подтвердите значение, нажав **ОК**.

Вставить переменную

Переменная, определенная пользователем

Столбе:

Строк:

Имя:

ОК Отменить Помощь

11. Оранжевая заливка ячейки говорит о наличии переменной.
12. Прделайте эту операцию для всех значений необходимых для дальнейшего расчета.

- При помощи клавиши **F2** Вы можете непосредственно при вводе данных в ячейку перейти в окно **Свойства поля** и продолжить ввод там.
- Если Вы форматируете содержание ячейки в окне **Свойства поля**, то это форматирование относится ко всей ячейке. Внутри ячейки форматирование интерпретируется по каждому символу отдельно.
- Если в ячейках вводятся десятичные дроби, то запятая, отделяющая целое число от десятичных знаков, автоматически превращается в точку. При вводе в окне **Свойства поля** в этом случае должна использоваться точка.
- При подведении мыши к ячейке, которой присвоена переменная, будет показано имя переменной.

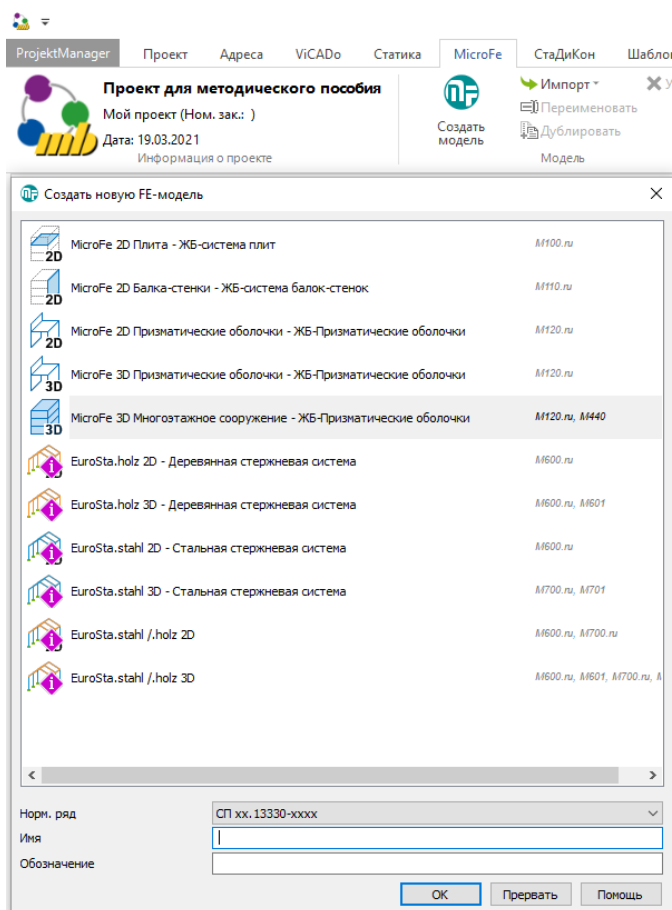
Советы & рекомендации

3.5 Создать FE-модель.

MicroFe определяет все конструктивные данные как множество объектов, взаимосвязанных друг с другом. Множество объектов со специфическими свойствами и многослойными связями и образуют FE-модель.

FE-модель является основой расчета и проектирования. Ссылка на FE-модель позволяет хранить все данные от конструирования и расчета до анализа и вывода соответствующих документов.

В **MicroFe** предусмотрен интерфейс, позволяющий считывать файлы позиций. Если Вам необходимо перенести файл позиции из **ViCADo**, то здесь Вы можете выбрать нужный файл с помощью импорта.



Шаг за шагом

1. Выберите в окне **ProjektManager** закладку **MicroFe**.
2. Создайте новую FE-модель, выбрав на ленте иконку **Создать модель**. Запустится **MicroFe**, и появится диалог **Создать новую FE-модель**.
3. Установленная по умолчанию опция **MicroFe 3D Многоэтажное сооружение - ЖБ - Призматические оболочки** с ориентацией на этажи должна остаться активной.
4. В поле FE-модель задайте имя, под которым должна сохраняться FEM-позиция, в нашем примере – это **Monolit**. В расположенное ниже поле внесите подробное обозначение, например: Каркас многоэтажного здания.

5. В качестве норм для конструктивного расчета железобетонных конструкций выберите в выпадающем списке актуализированную редакцию СНиП, СП **xx.13330-xxxx**.
6. Подтвердите данные нажатием на клавишу **ОК**.
7. Далее Вам будет представлено окно, в котором необходимо указать **Обозначение** этажа, уровень системной оси и высоту этажа.

Этажи

Общее

Обозначение: План_подвал

Замечание:

Обознач.: ПП

Высота этажа: 4.095 м

УровСистОси: 0 м

Колич.: 1

ОК Отмена Помощь

Обозначение этажа в дальнейшем значительно облегчит поиск, и выбор элементов данного этажа, поскольку в маркировке элементов имеется обозначение этажа (ППС-1 Подвальный этаж, стена-1)

8. После нажатия клавиши **ОК** запустится **MicroFe**.

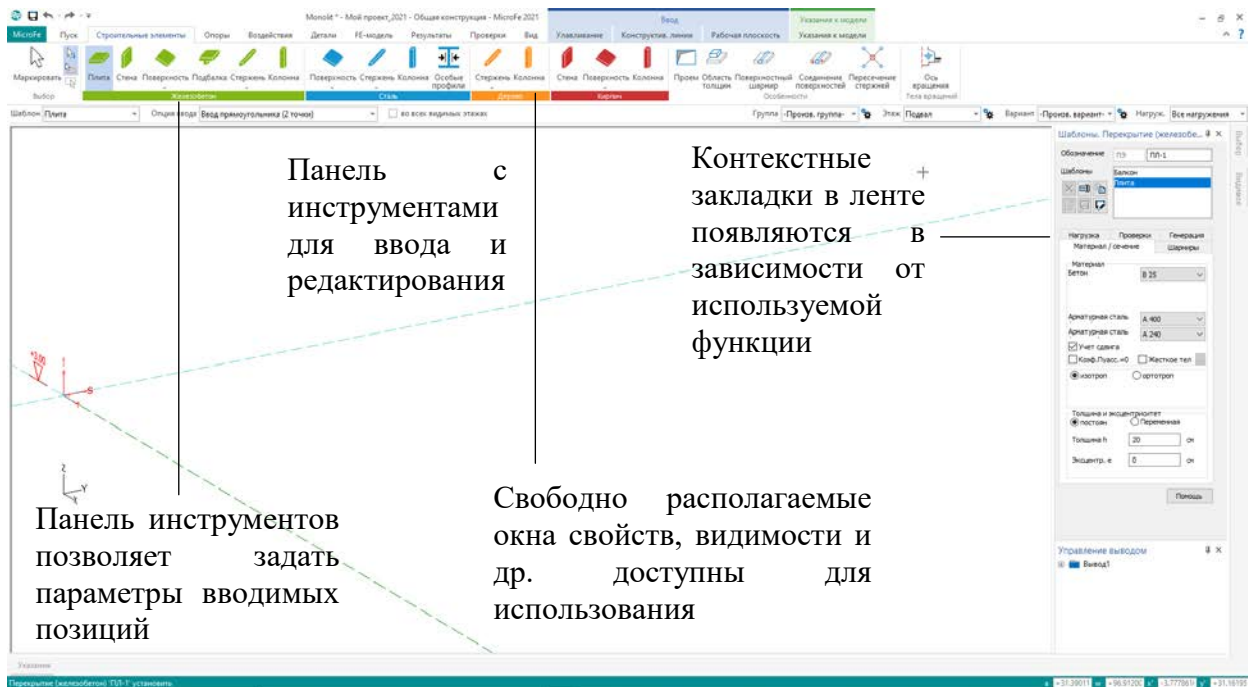
Необходимое условие для переноса pos-файла из ViCADo: в ViCADo проведена автоматическая передача строительных элементов, и рассчитанные позиции записаны в файл позиций.

Советы & рекомендации

4 Работа с позиционной моделью в модуле ввода общих конструкций MicroFe

4.1 Рабочая область

Независимо от того, в какой области программы Вы находитесь, в MicroFe используется единообразный интерфейс: рабочая область. Рабочая область состоит из нескольких фрагментов, в которых содержатся известные Вам элементы Windows. Благодаря этому Вы сможете работать с программой интуитивно.



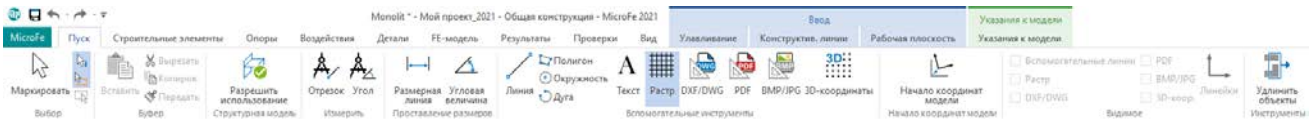
Советы & рекомендации

- ❑ Все панели инструментов можно произвольно перемещать по экрану. Так Вы можете изменить рабочую область в соответствии с Вашими требованиями.
- ❑ Вызвав команду помощь **F1** > **Интерфейс** > **Окна свойств** > **Горячие клавиши**, Вы можете ознакомиться с горячими клавишами.

4.2 Создание прямоугольного растра

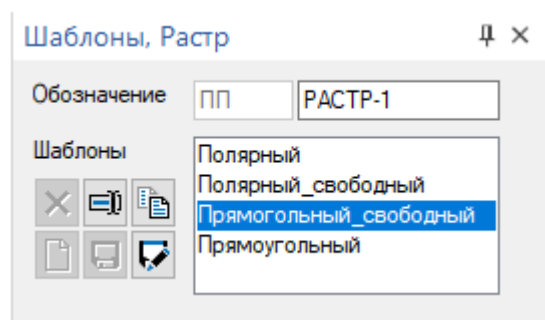
Как правило, при вводе позиций и нагрузок используется помощь при конструировании. MicroFe имеет классические вспомогательные средства: растр и вспомогательные линии. Также могут быть использованы слои из файлов dwg/dxf.

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

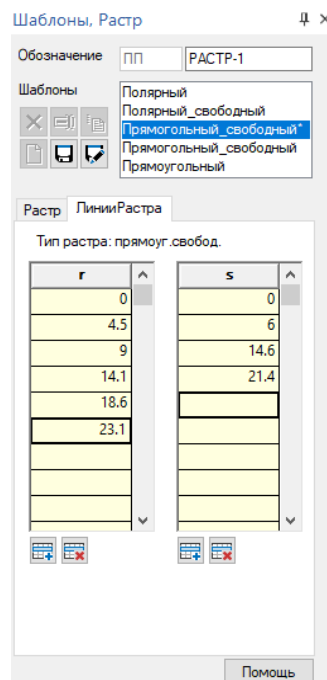


Шаг за шагом

1. В закладке **Пуск** на ленте выберите кнопку **Растр**.
2. На Панели инструментов появятся окна выбора **Шаблона** и **Опции ввода**.
3. В окне Шаблоны выберите **Прямоугольный свободный**.



4. Перейдите к закладке **Линии растра**. В полях ввода **r** и **s** Вы можете задать положение линий растра. Входные данные относятся к локальной системе координат растра. Введите значения, указанные на скриншоте.



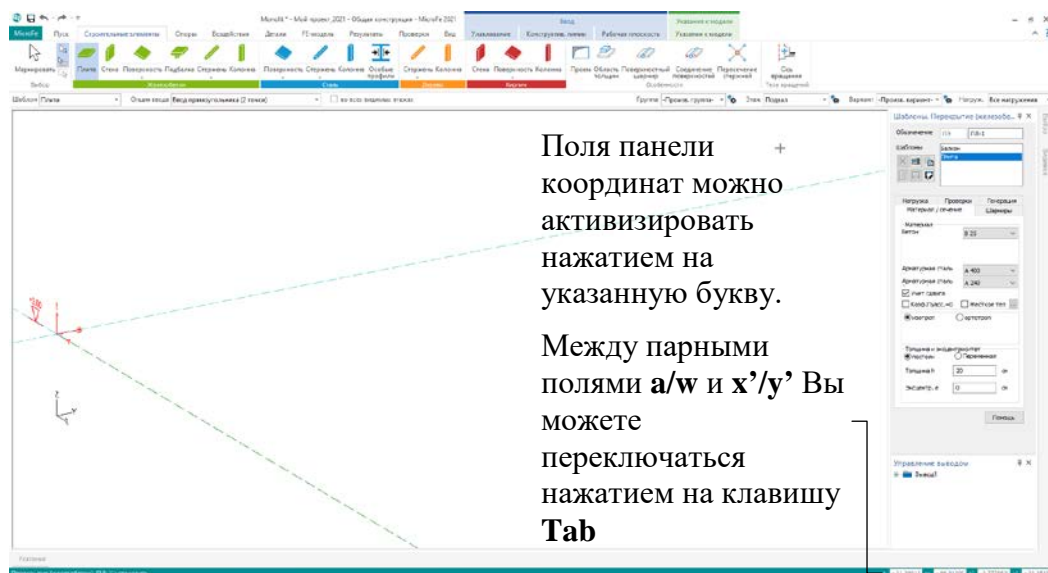
5. По окончании задания свойств растра установите его в начало координат, кликнув мышью в соответствующую точку.

Во вкладке **Опорная плоскость** (в свойствах) можно поменять начало координат опорной плоскости относительно глобальной системы координат.

Советы & рекомендации

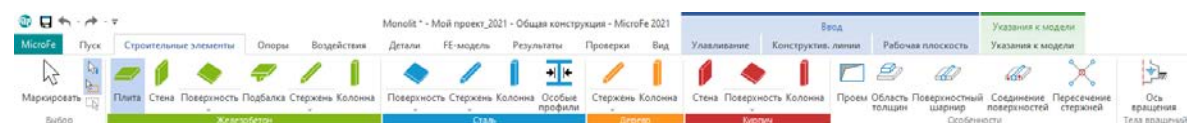
4.3 Ввод позиций

Так как большинство углов в строительстве являются прямыми, то MicroFe поддерживает особый метод при вводе позиций: так называемые **Конструктивные линии**. Эти расположенные под прямым углом линии образуют локальную систему координат, которая перемещается вместе с конструкцией. Расположение конструктивных линий можно изменять, воспользовавшись контекстной закладкой или соответствующими комбинациями клавиш. Локальная система координат изображается в рабочем окне в виде двух пунктирных линий. Зеленая пунктирная линия означает локальное x-направление (так называемое g-направление). Точка пересечения двух линий является нулевой точкой.

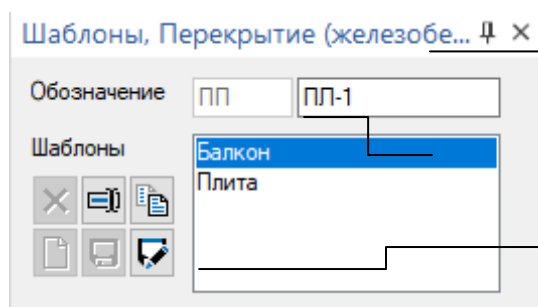


4.3.1 Ввод плиты

Шаг за шагом



1. На ленте в закладке Строительные элементы в зоне Железобетон (обозначена зеленым цветом) щелкните мышью на иконку **Плита**.
2. Выберите для области плиты на панели инструментов шаблон **Плита**. Также выбор шаблона можно осуществить в окне **Шаблоны**. Вам будет предложено обозначение позиции, которое Вы можете при необходимости изменить.

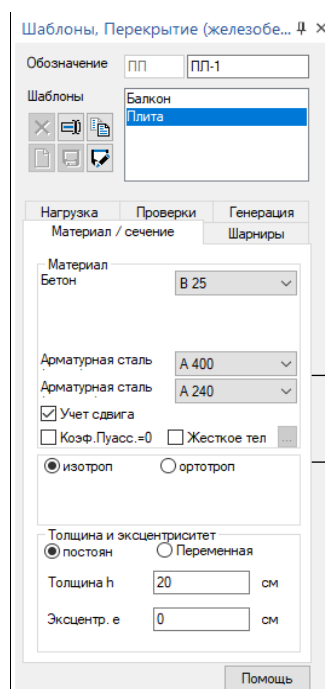


Параметры шаблона остаются активными до тех пор, пока Вы находитесь в функции установки позиции.

Задайте такое обозначение плиты, по которому впоследствии в процессе работы Вы с легкостью сможете ее находить

Если измененные значения шаблоны должны использоваться в течение длительного времени, то их можно сохранить. Допускается и создание новых шаблонов на основе существующих позиций.

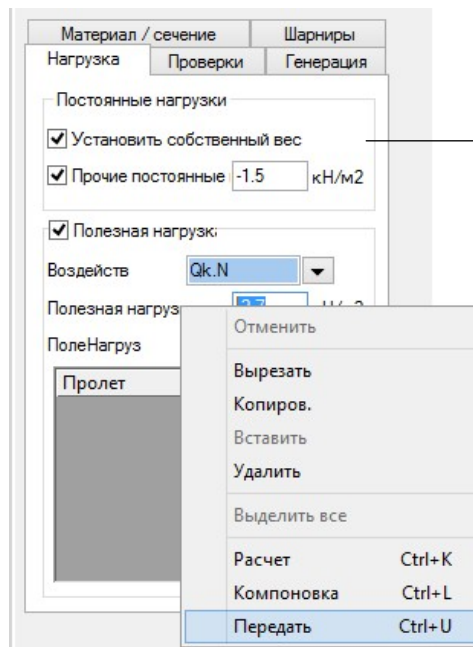
3. Введите **Обозначение** для плиты.
4. Задайте данные на страницах окна шаблонов. В случае ввода плиты **MicroFe** ожидает, что Вы зададите данные на закладках: **Материал/сечение, Проверки, Шарниры** и **Нагрузка**. Данные для конструктивного расчета (закладка **Проверки**) можно указать и позднее.
5. **Нагрузка** используется, например, для нагрузки от штукатурки или бесшовного пола и по умолчанию будет добавлена в нагружение 1. Собственный вес плиты, учтенный в удельном весе, может быть задан отдельной опцией. **Полезная нагрузка** может делиться на зоны, которые могут относиться к разным нагружениям (например, для учета поперетного нагружения плиты). Также здесь можно управлять принадлежностью генерируемых полезных нагрузок к определенному воздействию.



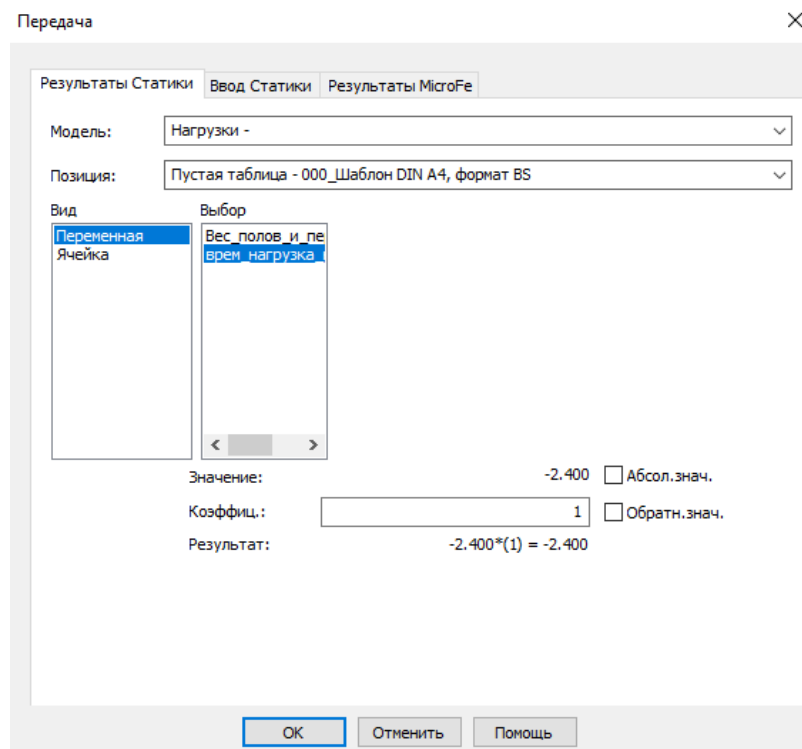
Жесткостные характеристики задаются выбором материалов, которые можно отредактировать или задать в **Основных данных проекта**

Можно также задать позицию как абсолютно жесткое тело, выбрав соответствующую опцию

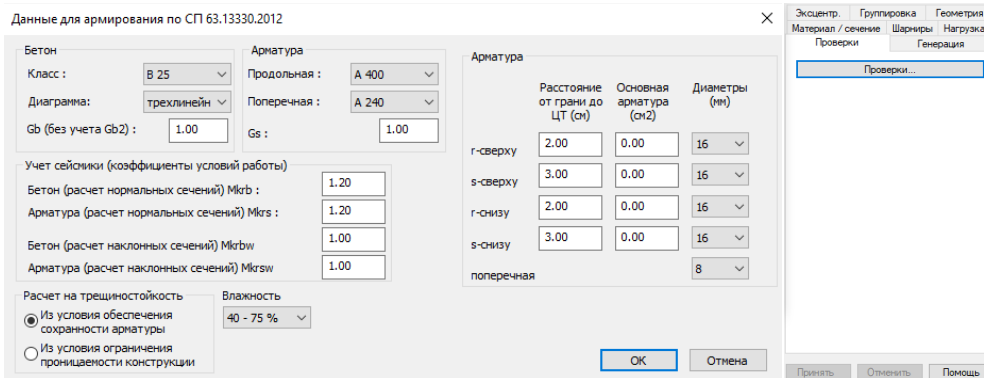
6. Для того чтобы передать значение полезной нагрузки на плиту из созданной в **Статике** позиции **Нагрузок** кликните правой клавишей мыши в поле для ввода значения полезной нагрузки и в выпадающем меню выберите **Передать**.
7. В появившемся окне **Передача** во вкладке **Результаты** укажите ранее созданный **Частичный проект, Позицию** и **Вид** нагрузки.



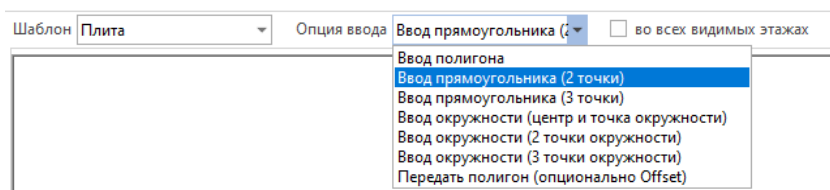
Из толщины и удельного веса MicroFe автоматически определяет собственный вес плиты и присваивает его нагружению 1.



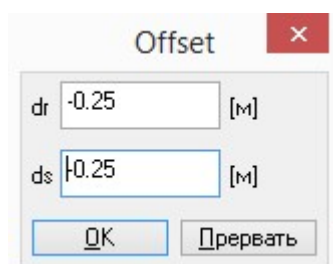
8. Подтвердите ввод данных нажатием кнопки **OK**.
9. Перейдите во вкладку **Проверки**. Здесь Вы можете указать исходные данные для конструктивного расчета элементов железобетонных конструкций, на основе ранее выбранных норм (см. п. 3.5).



10. В данном окне дублируется задание класса бетона, классов продольной и поперечной арматуры, а также расстояния до центров тяжести стержней верхней и нижней продольной и поперечной арматуры. Все исходные данные по конструктивному расчету впоследствии можно корректировать по результатам статического расчета.
11. Задайте параметры диаграммы, дополнительные коэффициенты и условия.
12. Подтвердите введенные данные нажатием на кнопку **ОК**.
13. На панели инструментов под лентой в разделе **Опции ввода** кликните на синей надписи и в выпадающем меню выберите **Ввод прямоугольника (2 точки)**. В окне **Опции ввода** можно выбрать наиболее удобный для Вас вариант построения геометрии позиции. Переключение между различными вариантами ввода можно также осуществлять нажатием клавиши **Tab**.

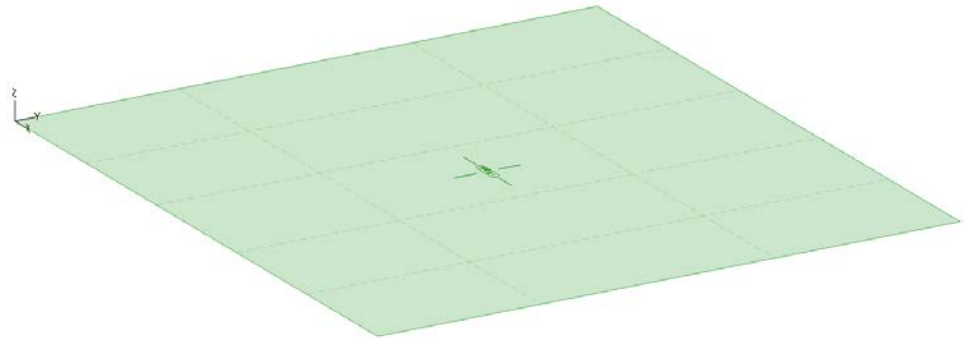


14. Нажмите клавишу **V**, включится режим ввода координат **Offset**.
15. В появившемся диалоговом окне укажите значения смещения точки относительно позиции курсора. Обратите внимание, что на экране в позиции курсора также появилась локальная система координат с указанием положительных направлений смещений по направлениям d_r и d_s . Подтвердите ввод значений нажатием кнопки **ОК**.



16. Возле курсора появится метка в виде кружка. Это та точка, в которой будет размещена точка плиты. Укажите начало координат как точку, к которой осуществляется привязка.

17. Снова нажмите клавишу **V** и укажите смещения по направлениям dr и ds относительно позиции курсора. Укажите противоположный угол растра.
18. В окне построений у Вас отобразится построенная Вами плита. Завершите ввод плиты нажатием клавиши **Esc**.



Советы & рекомендации

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

4.3.2 Ввод стен



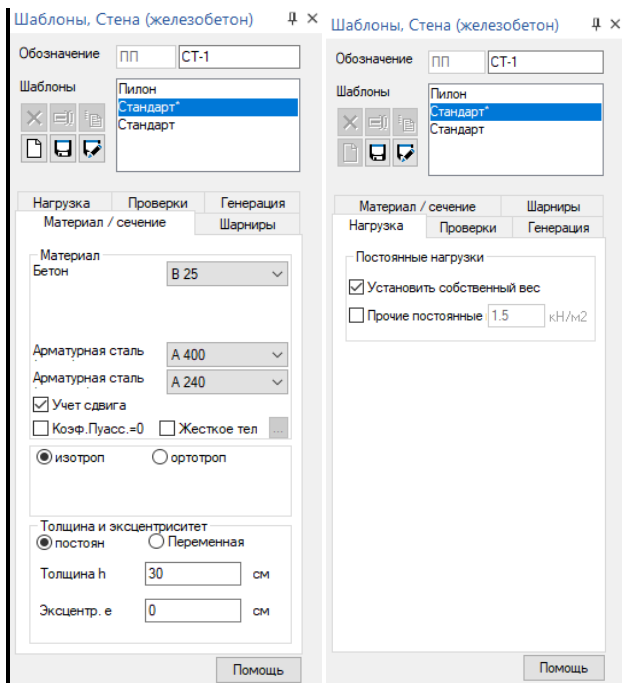
Шаг за шагом

1. На ленте **Строительные элементы** щелкните мышью на иконку **Стена** в разделе **Железобетон**.

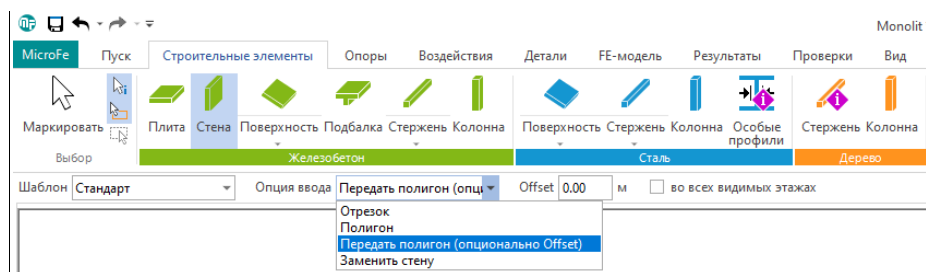
Задайте **Обозначение** стены.

Обозначение

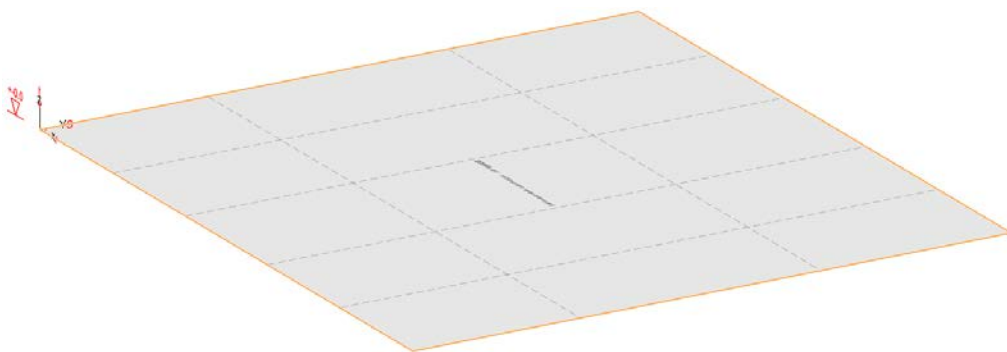
2. Задайте данные на вкладках окна шаблонов **Материал/Сечение**, **Нагрузка** и **Проверки**.



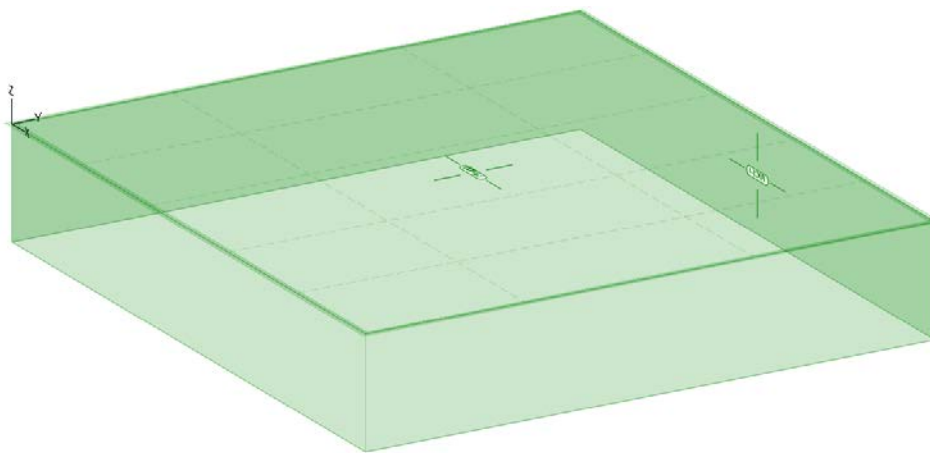
3. На панели инструментов под лентой в окне **Опции ввода** кликните на синей надписи и в выпадающем меню выберите **Передать полигон (опционально Offset)**.



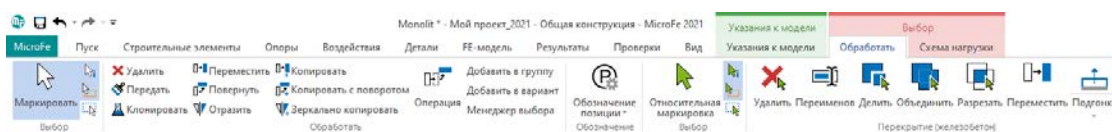
4. Укажите значение смещения линий полигона (offset) относительно исходного, кликнув на соответствующую синюю надпись. Подтвердите ввод нажатием кнопки **ОК**. Отрицательные значения offset указывают на смещение линий внутрь полигона, положительные – наружу.
5. Наведите курсор мыши на край плиты. На экране изобразится предполагаемый полигон.



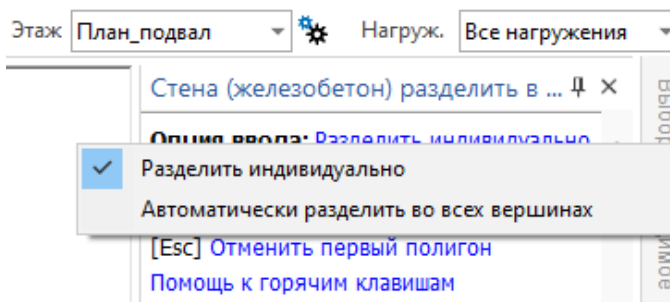
6. Кликните на границе плиты, по заданному полигону построятся стены.
7. Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.



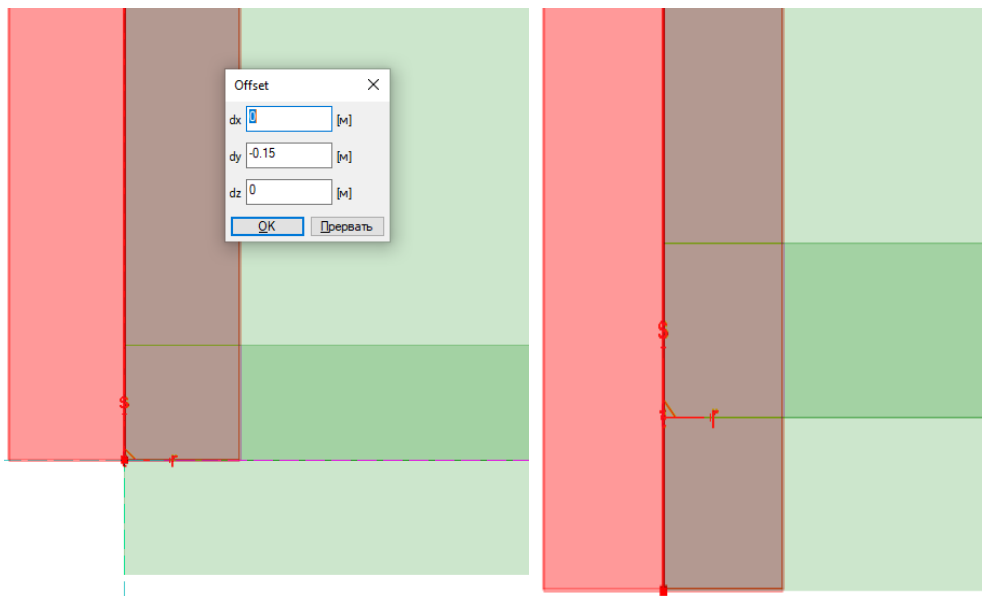
8. На закладке **Вид** ленты кликните на иконку **Вид сверху -Z**. Для модели установится вид в плане.
9. Выберите стену с помощью курсора. На ленте появятся контекстная закладка **Выбор** (выделена цветом).



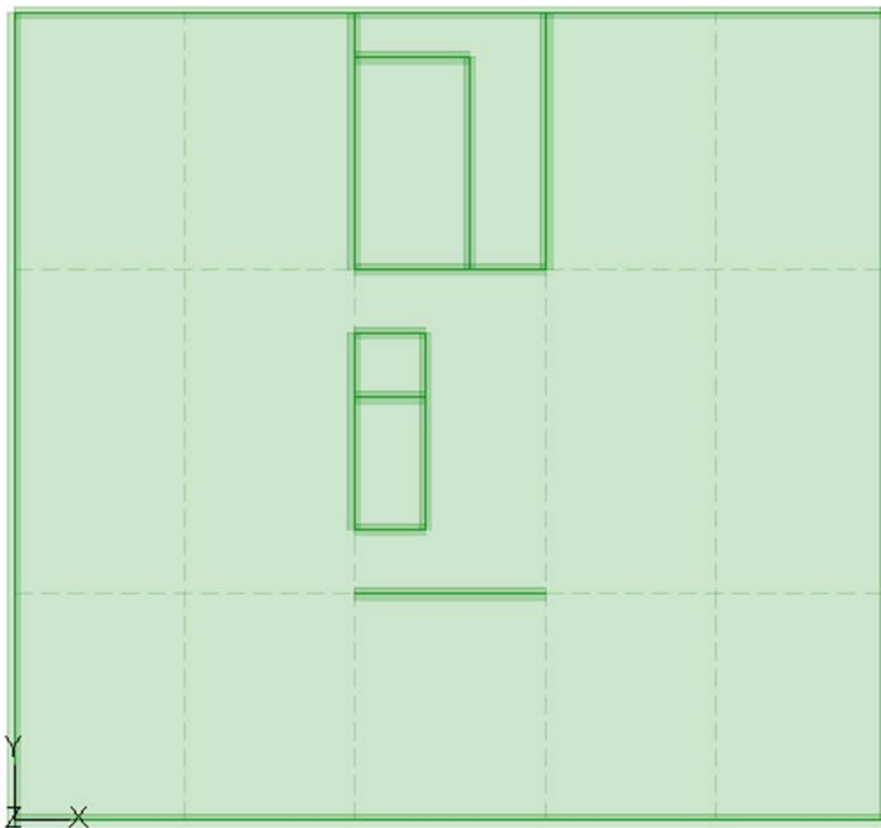
10. Выберите **Делить** в разделе **Стена**. Справа в окне свойств выберите тип деления – Автоматически разделит во всех вершинах.



11. Курсор изменит цвет на зеленый – это означает, что выбирать можно только элементы одного типа (в данном случае – стены). Выберите стену для деления. Завершите выполнение команды нажатием клавиши **Esc**.
12. Выберите стену, расположенную слева.
13. Наведите курсор на левый нижний узел пересечения двух стен. Кликните по нему левой клавишей мыши, захватив тем самым узловую точку. Доведите край стены до наружной грани примыкающей стены при помощи команды **Offset**, как показано на скриншоте.



14. Аналогичным образом продлите стену в верхнем правом углу.
15. Задайте остальные стены, используя привязку **Offset** и опцию ввода **Отрезок**. Также вместо **V** можно использовать кнопку **Указать смещение** в контекстной закладке **Конструктивные линии**. Повторите процедуру ввода позиций согласно пунктам, описанным выше, для остальных стен этажа.

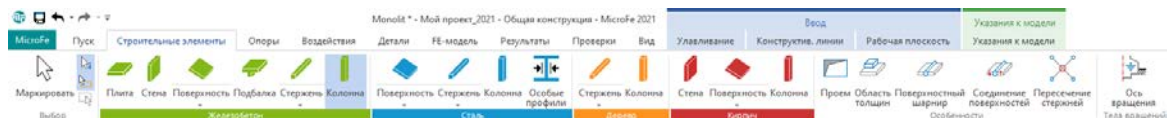


- Продолжение срединных плоскостей стен до наружных граней примыкающих стен осуществляется с целью корректной обработки зоны сопряжения стен и плит.

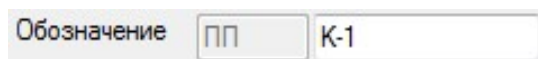
Советы & рекомендации

4.3.3 Ввод колонн

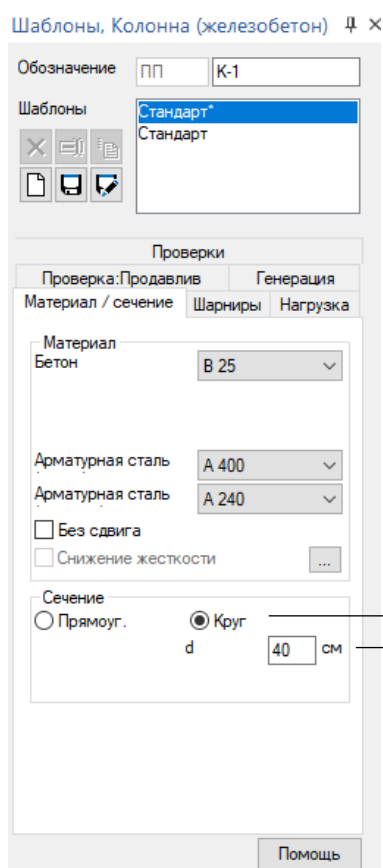
Шаг за шагом



1. На ленте **Строительные элементы** щелкните мышью на иконку **Колонна** в разделе **Железобетон**.
2. Задайте обозначение колонны.



3. Задайте данные на вкладке окна шаблонов **Материал/Сечение**.



Вы можете создавать круглые и прямоугольные колонны, установив переключатель на соответствующий тип сечения.

В зависимости от того какой тип сечения Вы выбрали, меняются и требуемые геометрические характеристики его сечения

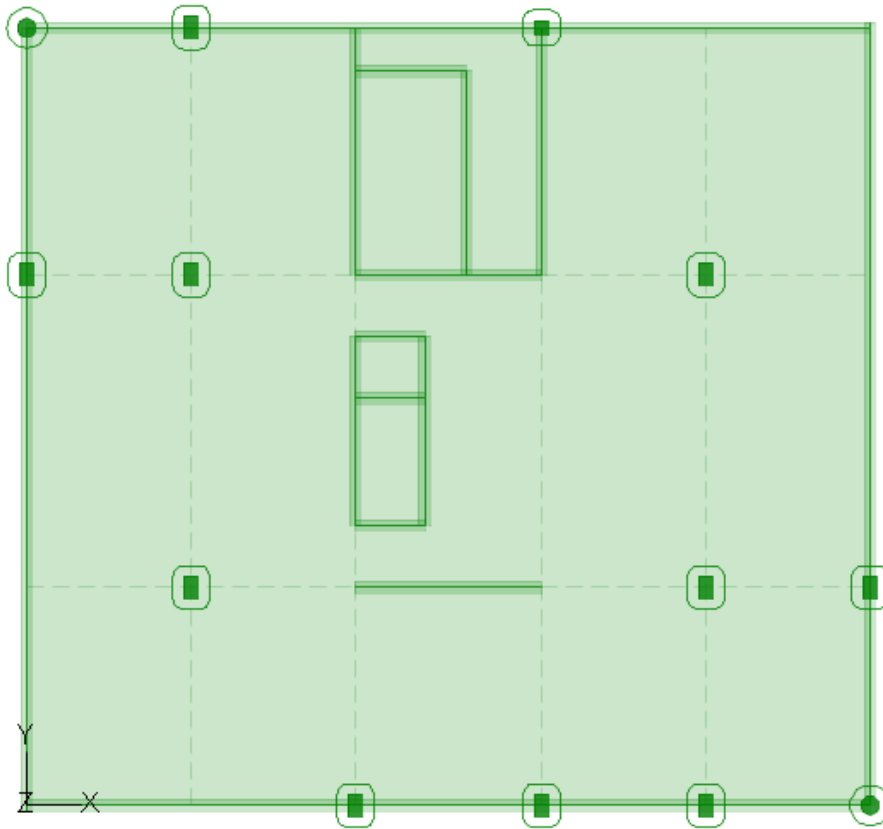
4. Введите исходные данные для конструктивного расчета, вызвав окно по кнопке **Проверки** в соответствующей вкладке окна шаблонов.
5. В случае прямоугольного сечения колонны Вам будет предложено три схемы армирования: сосредоточенная, распределенная равномерная и распределенная с разной арматурой в двух направлениях r и s .
6. Коэффициенты расчетной длины изначально задаются приближенно и будут редактироваться по результатам статического расчета и расчета на устойчивость.

7. Установите колонны согласно архитектурному плану. Прямоугольные колонны задаются аналогично круглым. Размеры сечения установите в соответствии с планом.
8. Также можно задать исходные данные для генерации сетки и определения сил продавливания. Для балочного перекрытия данная опция не используется.

Опция сгущения сетки позволяет сформировать след сечения колонны на плите.

Элемент жесткости – специальный вид связи для стыка Колонна-Плита.

9. Устанавливаем колонны по заданию.



4.3.4 Ввод проемов

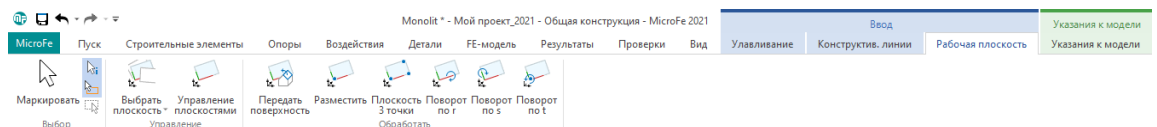


Шаг за шагом

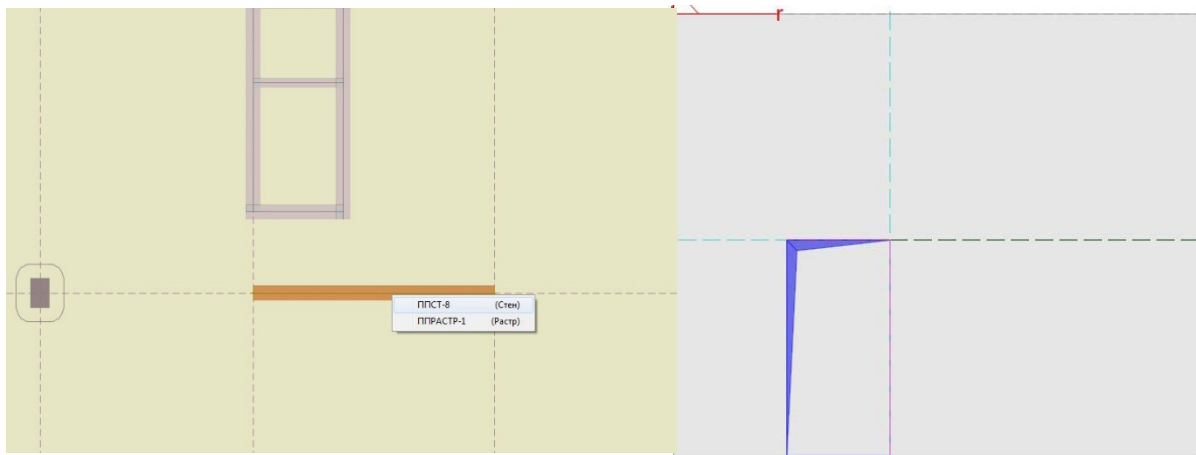
1. На ленте **Строительные элементы** щелкните мышью на иконку **Проем** в разделе **Особенности**.
2. Задайте обозначение отверстия.



3. В ленте в контекстной зоне **Ввод** выберите закладку **Рабочая плоскость**. В ней выберите команду **Передать поверхность** или нажмите клавишу **F4**.



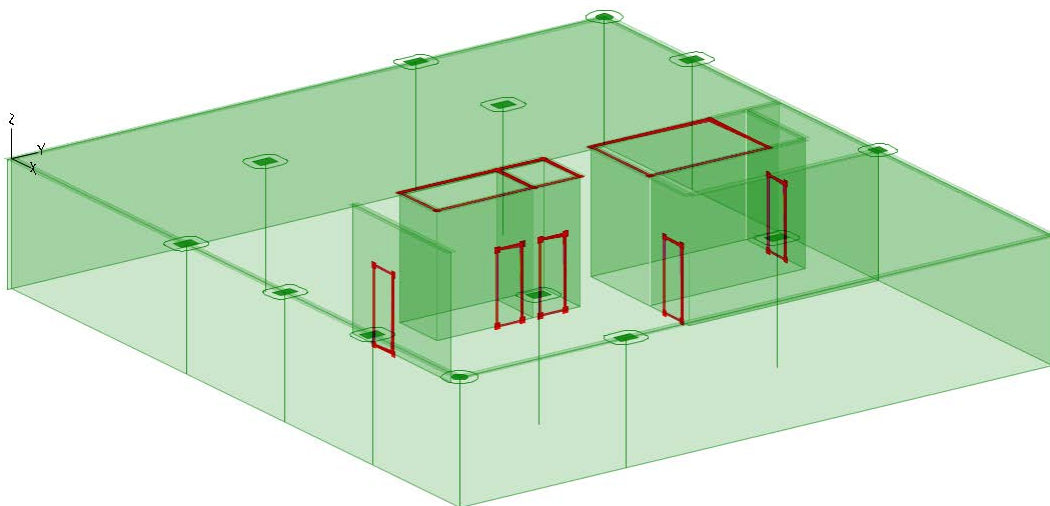
4. Укажите стену, плоскость которой Вы хотите установить как рабочую.



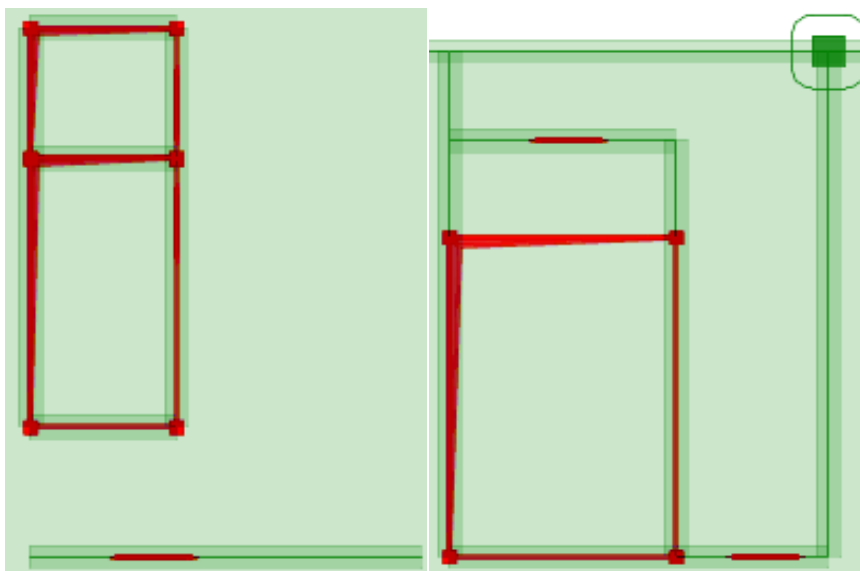
5. В закладке ленты **Вид** выберите вид **Развертка Рабочая плоскость**.
6. Постройте проем, используя привязки к угловым точкам стены.
7. Аналогичным образом постройте проемы в остальных стенах и в плите.



Развертка Рабочая
плоскость



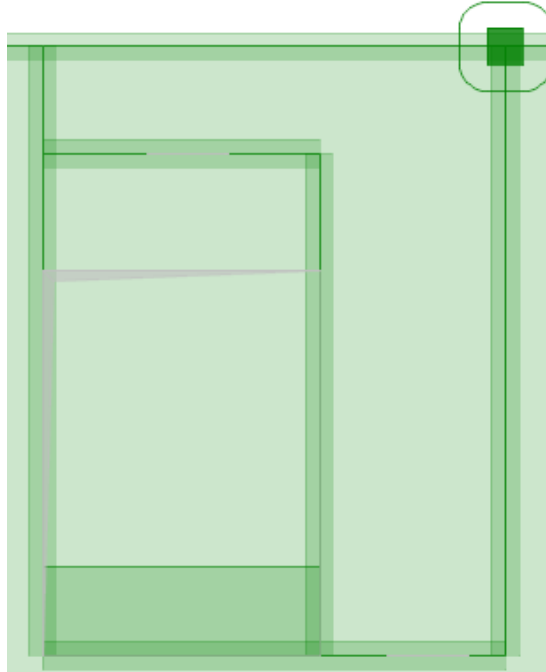
Советы & рекомендации □ Обратите внимание, что проемы в перекрытии также строятся по граням стен с целью отражения действительной работы конструкции в месте примыкания плита – стена.



4.3.5 Ввод лестничных маршей

Шаг за шагом

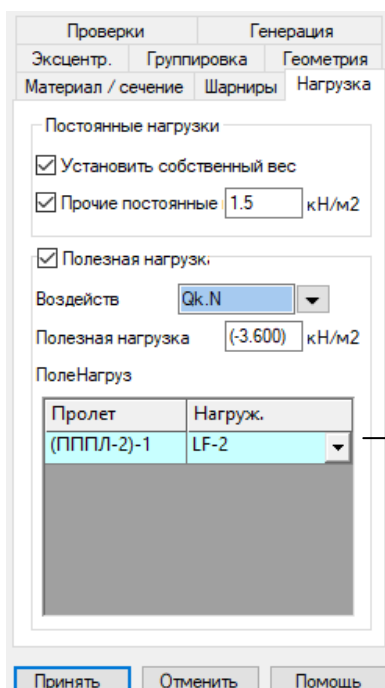
1. Установите рабочую плоскость на перекрытии подвала, нажав клавишу **F4** и указав на соответствующую плиту.
2. Установите для модели **Вид сверху, -Z**.
3. Постройте плиту в месте расположения лестничной площадки (см. п. 4.3.1). Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.



4. Выберите построенную плиту, кликнув по ней левой клавишей мыши.
5. В окне **Свойства** перейдите во вкладку **Геометрия** и укажите положение плоскости лестничной площадки по отношению к плоскости перекрытия подвала.

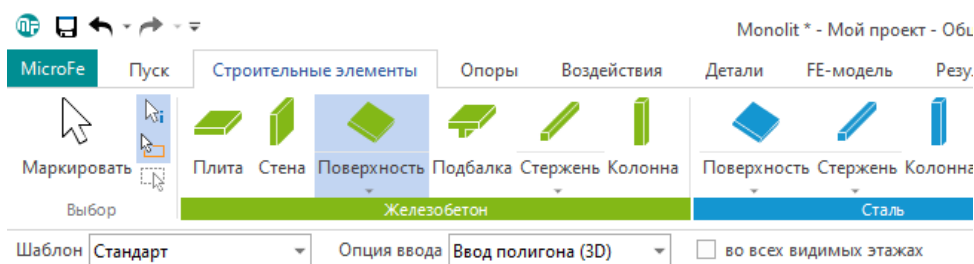
| Проверки | | Генерация | |
|------------------------------------|-------------|---------------------------------------|--------|
| Материал / сечение | Шарниры | Нагрузка | |
| Эксцентр. | Группировка | Геометрия | |
| Координаты | | | |
| <input type="radio"/> глоб. | | <input checked="" type="radio"/> лок. | |
| r [м] | s [м] | | |
| | 9 | | 15.6 |
| | 12.05 | | 15.6 |
| | 12.05 | | 14.6 |
| | 9 | | 14.6 |
| | 9 | | 15.6 |
| Начало координат Опорная плоскость | | | |
| X[м] | Y[м] | Z[м] | |
| 0 | 0 | -1.96 | |
| Принять | | Отменить | Помощь |

6. Перейдите во вкладку **Нагрузка** и укажите значения полезной нагрузки при помощи функции **Передать** (подробнее о передаче значений нагрузки смотрите в разделе 3). Определите номер нагружения для полезной нагрузки. Чтобы измененные свойства вступили в силу, нажмите на кнопку **Принять**. Значение также может быть задано вручную.

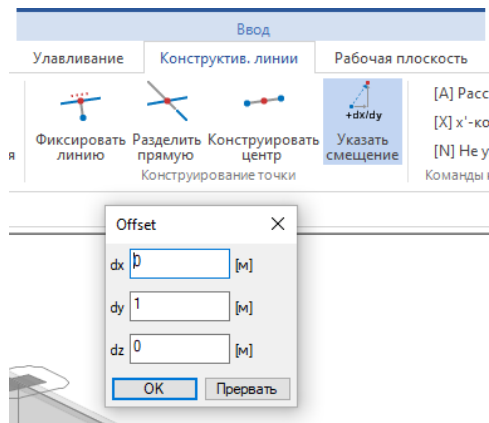


Вы можете поменять номер нагружения для полезной нагрузки, выбрав его из списка, который появляется по клику правой кнопкой мыши

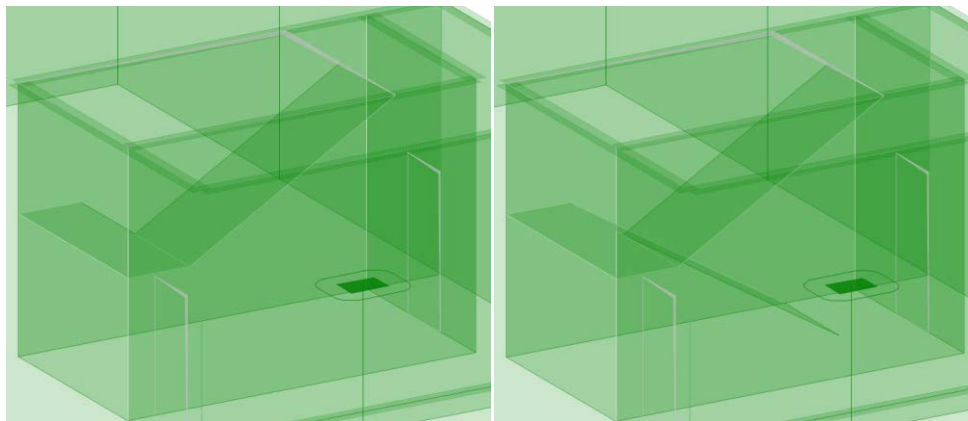
7. На ленте **Строительные элементы** щелкните мышью на верхнюю часть иконки **Поверхность** в разделе **Железобетон**. При клике на нижнюю часть (под линией) появляются дополнительные варианты ввода.
8. В опциях ввода выберите **Ввод полигона (3D)**.



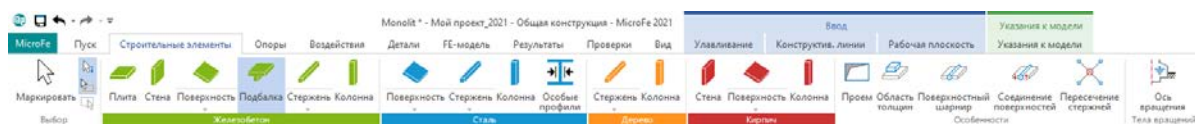
9. Постройте плоскость лестничного марша, определив положение четырех его угловых точек. Первые три точки определяют рабочую плоскость поверхности. При построении используйте привязки к уже имеющимся узловым точкам позиций, а также дополнительные функции ввода координат, вызываемые посредством нажатия правой клавиши мыши в поле построений или нажатия соответствующей горячей клавиши (**V**).



10. Для завершения построения полигона укажите на первую точку или нажмите клавишу **C**. Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.
11. Аналогичным образом постройте второй лестничный марш.
12. После завершения ввода вернитесь на рабочую плоскость плиты (используя клавишу **F4**).



4.3.6 Ввод ребер жесткости плиты (подбалок)

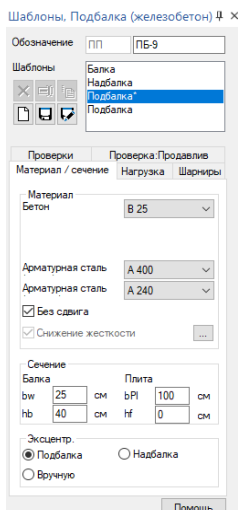


Шаг за шагом



Подбалка

1. На ленте **Строительные элементы** щелкните мышью на верхнюю часть иконки **Подбалка** в разделе **Железобетон**.
2. Введите данные на вкладках **Материал/Сечение** и **Проверки**.
3. Последовательно установите подбалки так, чтобы ось балки была доведена до оси (срединной плоскости) стены.



Советы & рекомендации

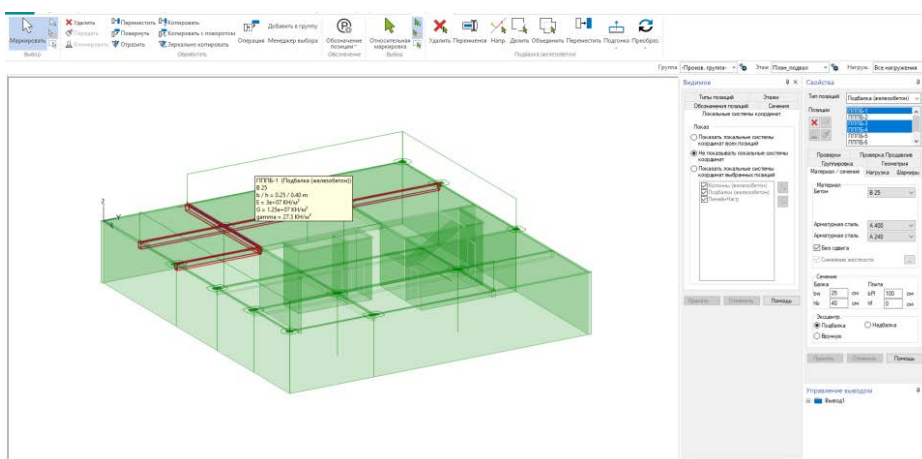
□ Для удобства ввода элементов используйте ранее описанный инструментарий ввода.

4.4 Изменение свойств позиций

Если позиция создана в FE-модели, Вы можете, тем не менее, впоследствии изменить ее свойства, например, толщину плиты или ширину колонны.

Вы можете одновременно изменить свойства нескольких позиций одного типа. Окно свойств, предназначенное для редактирования свойств позиций, практически не отличается от окна шаблонов, которое вызывается перед установкой позиции. В верхней части окна можно выбрать для редактирования отдельные типы позиций.

Свойства изменяются как в окне шаблонов на отдельных закладках. Если в режиме выбора Вы подводите мышь к позиции, то появится подсказка с наиболее важной информацией.

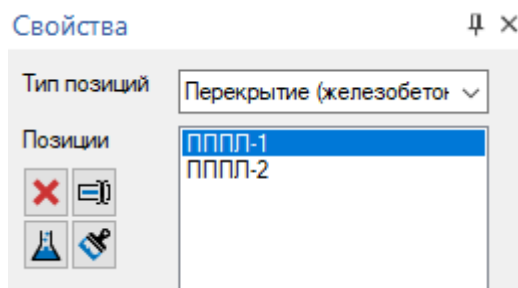


1. Нажмите на иконку режима выбора **Маркировать**. На месте окна шаблонов появится окно свойств. Выберите позиции, которые собираетесь редактировать в области чертежа или в окне свойств.
2. В нашем примере мы изменим параметры генерации конечно-элементной сетки для плиты перекрытия. Для этого в верхней области окна выберите тип позиции **Плита**. Ниже появится список, в котором перечислены все позиции плит.

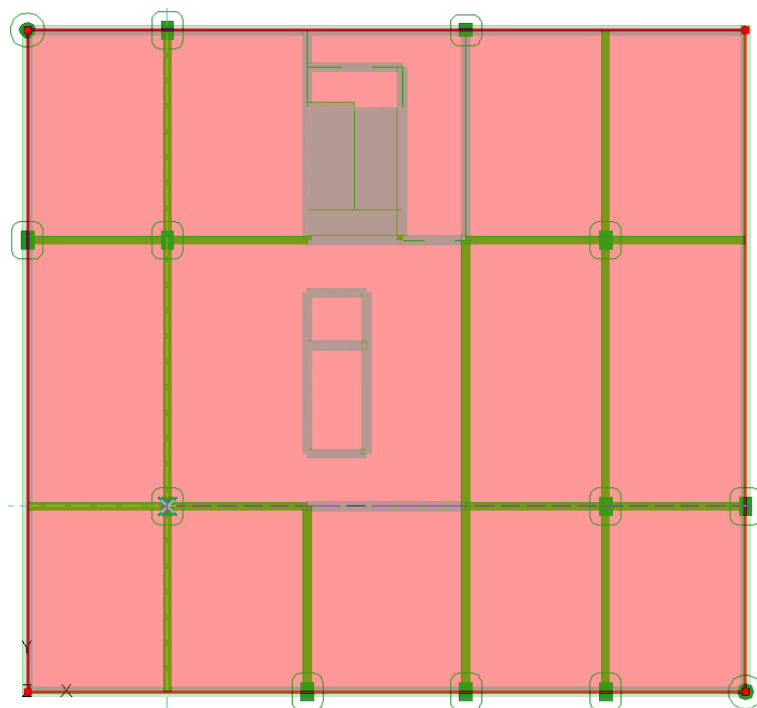
Шаг за шагом



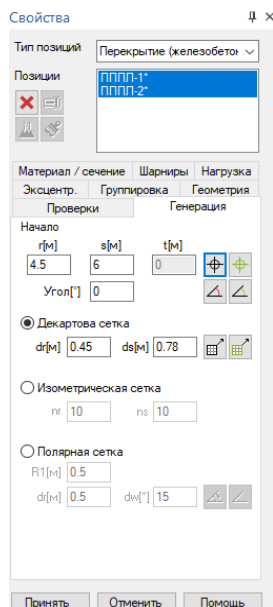
Маркировать



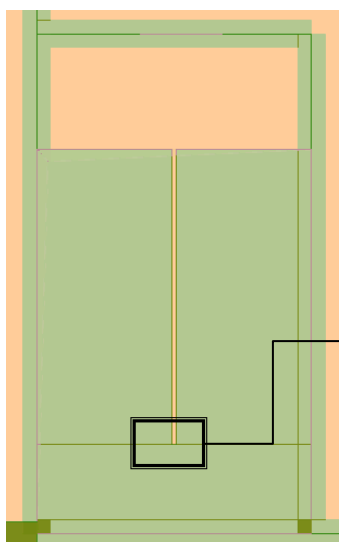
3. Выберите из списка плиты, свойства которых Вы собираетесь изменить. Выбранные плиты будут на чертеже выделены цветом. При выборе действуют стандартные правила Windows (использование клавиш **Shift** и **Ctrl**).
4. Перейдите в закладку **Генерация** и укажите новое положение начальной точки генерации сетки, нажав на кнопку **Задать начало** и указав на точку, где расположена средняя колонна.



5. Задайте размеры ячейки конечно-элементной сетки. Для этого нажмите на кнопку **Количество делений**, укажите участок плиты (ячейку), которую хотите разбить на целое количество элементов. В появившемся окне укажите количество делений в направлении r и s . Нажмите **ОК**. Вам будут предложены значения размеров ячейки, которые Вы при необходимости можете поменять. Уточнив размеры ячейки, нажмите **ОК**.



6. После завершения ввода данных нажмите на кнопку **Принять**.
7. Для лестничных площадок установите размер ячейки 0,45x0,78 м, а для лестничных маршей – 0,45x0,5 м. Начала шаблонов установите согласно скриншоту.



Начало шаблона для генерации FE-сетки лестничной площадки (середина провета между лестничными маршами)

Начало шаблона для генерации FE-сетки верхнего лестничного марша

Начало шаблона для генерации FE-сетки нижнего лестничного марша

- Чтобы перейти к изменению свойств других позиций, выберите в окне свойств соответствующий тип позиций.
- Включить и выключить подсказки можно при помощи указанной иконки.

Советы & рекомендации

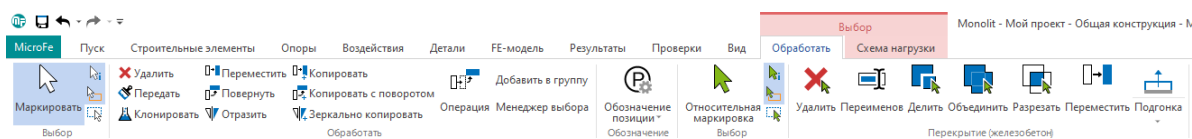


4.5 Изменение геометрии

При конструировании FE-модели впоследствии может потребоваться изменение геометрии или положения позиций (например: переместить / копировать / отразить или разделить / объединить позиции). Для этого Вы можете воспользоваться лентой меню с контекстной закладкой **Выбор**, которая появляется при выборе любого элемента. На ней можно выделить две части:

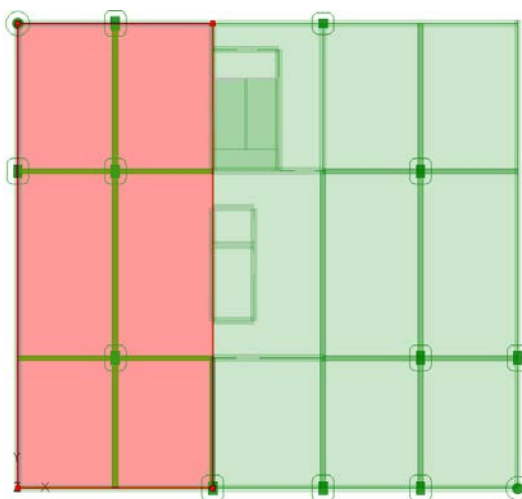
Общие преобразования: она включает зону **Обработать** с инструментами копирования, переноса, отображения позиций и **Обозначение** для работы с меткой с именем позиции.

Преобразования для выбранного типа позиций: зоны **Выбор** и зона с наименованием типа элемента (в нашем случае **Плита**).



Шаг за шагом

1. В нашем примере мы разделим плиту перекрытия подвала с целью задания различных значений полезной нагрузки в служебных помещениях и на общих коридорах и лестницах. Выберите плиту перекрытия и в ленте в контекстной закладке **Обработать** выберите **Делить**.
2. В опциях ввода выберите **Крестообразное деление**. Укажите точки деления таким образом, чтобы вырезать участок плиты, отведенный под общие коридоры и лестничную клетку.
3. Выберите участок плиты, в контекстной закладке **Обработать** выберите **Объединить**.
4. Выберите первый участок. Он будет выделен.
5. Поднесите курсор в поле второго участка. Геометрия позиции, получаемой при объединении, будет показана красным контуром. Выберите второй участок, для объединения, аналогичным образом.
6. Завершите объединение участков плит нажатием клавиши **Esc**.
7. Выделите участок плиты, отведенный под общие коридоры и лестницы.



8. В зоне **Выбор** перейдите во вкладку **Схема нагрузки** и передайте значение полезной нагрузки на перекрытие подвала на общих коридорах и лестницах (подробнее о передаче значений нагрузок смотрите в разделе 3).

9. Укажите номер нагружения для полезной нагрузки.
10. Объедините зоны нагрузки с помощью опции **Поле нагрузки – Объединить** на закладке **Воздействия** ленты меню. Объединение осуществляется аналогично объединению плиты.

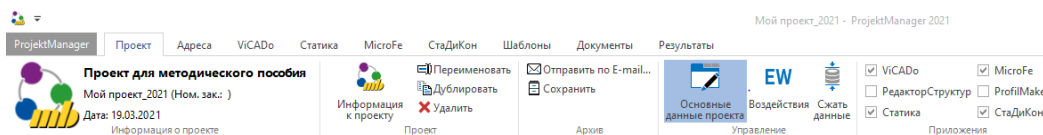


Обратите внимание, что номер нагружения для полезной нагрузки, задаваемой в свойствах плиты, при выполнении операций **Объединить / Делить** может меняться. Обязательно проверяйте номер нагружения для полезной нагрузки прежде чем выполнять расчет. Во избежание подобных проблем рекомендуется задавать нагрузки не в свойствах плиты, а через команду **Равн. распр. поверхн. нагрузка** (см. п.4.6.2).

Советы & рекомендации

4.6 Задание нагрузок и нагружений

После того как задана несущая конструкция, можно приступить к определению нагрузок. Перед определением непосредственно нагрузок нужно задать параметры **Воздействие**, к которым будут относиться нагружения, применяемые в модели. Параметры воздействия для проекта задаются в **Основных данных проекта**. Открыть окно основных данных проекта можно в **ProjektManager**, используя кнопку **Основные данные** на ленте в закладке **Проект**.



В окне основных данных выберите закладку **Коэффициенты**, раздел **Воздействия** и строку **SNIP1985**. В таблице приведены предустановленные воздействия. С помощью кнопки **Строку добавить** можно вставить свое воздействие. Стандартные воздействия не удаляются. Для строк поддерживается копирование (**F5** копирует выделенную строку, **F6** – вставляет информацию в выделенную строку).

| № | Воздействие | Сведения | Описание | Тип воздействия | Kd | Kn | Kda | Kna | Учет с сейсмикой |
|----|------------------|--------------------------|--|-----------------|------|------|------|------|-------------------------------------|
| 1 | постоянное | ж/б | Собственный вес ж/б конструкций | постоянное | 1 | 1.1 | 1 | 1.1 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | постоянное | - | Собственный вес металлических конструкций | постоянное | 1 | 1.05 | 1 | 1.05 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | групп | групп | Грунты в природном залегании | постоянное | 1 | 1.1 | 1 | 1.1 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | групп | групп | Грунты насыпные | постоянное | 1 | 1.15 | 1 | 1.15 | <input type="checkbox"/> |
| 5 | преднапряженное | Преднапряженное | Нагрузка от преднапряжения | постоянное | 1 | 1.1 | 1 | 1.1 | <input type="checkbox"/> |
| 6 | гидростатическое | давление | Гидростатическое давление | постоянное | 1 | 1 | 1 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 7 | переменное | жилье | Равномерно распределенная нагрузка - жилье помещений | кратковременное | 0.2 | 1.3 | 0.35 | 1.3 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | переменное | - | Вес временных перегородок | длительное | 1 | 1.1 | 1 | 1.1 | <input type="checkbox"/> |
| 9 | переменное | станционное оборудование | Вес стационарного оборудования | длительное | 1 | 1.05 | 1 | 1.05 | <input type="checkbox"/> |
| 10 | переменное | складирование материалов | Вес складированых материалов в излоды | длительное | 1 | 1.05 | 1 | 1.05 | <input type="checkbox"/> |
| 11 | переменное | служебные | Равномерно распределенная нагрузка - служебные помещения | кратковременное | 0.35 | 1.2 | 0.35 | 1.2 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | снег | Снег<S | Снеговая нагрузка t января меньше <S | кратковременное | 0.3 | 1.43 | 0.3 | 1.4 | <input type="checkbox"/> |
| 13 | снег | Снег | Снеговая нагрузка t января больше <S | кратковременное | 0.5 | 1.43 | 0 | 1.4 | <input type="checkbox"/> |
| 14 | ветер | ветер | Ветровая нагрузка | кратковременное | 0 | 1.4 | 0 | 1.4 | <input type="checkbox"/> |
| 15 | температурное | Температура | Температурное воздействие | кратковременное | 0.5 | 1.7 | 0.5 | 1.7 | <input type="checkbox"/> |
| 16 | мониторинг | Мониторинг | Мониторинг нагрузки | кратковременное | 0.0 | 1.1 | 0.0 | 1.1 | <input type="checkbox"/> |
| 17 | крановое | Кран | Крановые нагрузки (группа кранов 4Б-5Б) | кратковременное | 0.5 | 1.2 | 0.5 | 1.2 | <input type="checkbox"/> |
| 18 | особое | - | Особое воздействие | особое | 0 | 1 | 0 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| 19 | сейсмика | - | Сейсмическое воздействие | особое | 0 | 1 | 0 | 1 | <input type="checkbox"/> |

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

Советы & рекомендации

В модели различают нагрузки, заданные через **схемы нагрузок плит** и **дополнительные позиции нагрузок**. Область плиты после ввода автоматически имеет схему нагрузок. Однако **Нормы** требуют при наличии временных нагрузок вводить нагрузки **по пролетам (зонам) плиты**. Схемы нагрузок всегда относятся к временной поверхностной нагрузке, заданной для плит в закладке **Нагрузки**. При этом отдельный номер нагружения присваивается не области плиты как единому целому, а каждой отдельной части в схеме нагрузок. Итак, схемы нагрузок используются для моделирования неблагоприятных нагрузок. В **MicroFe**, 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.

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 так же задайте вес ограждений балконов, вес парапетов.

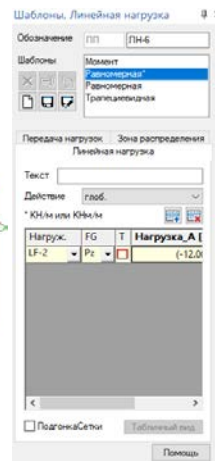
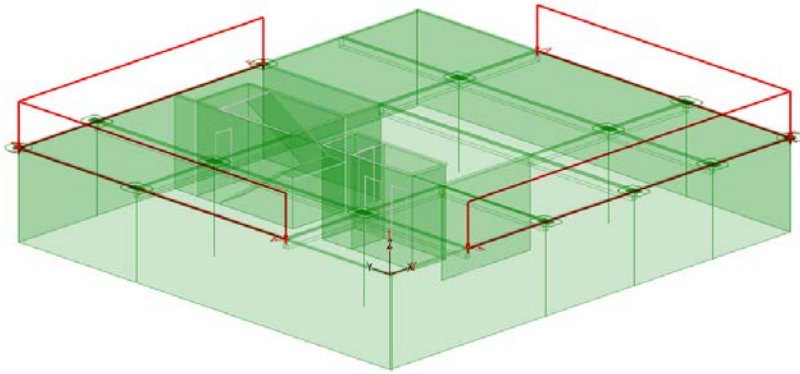


Шаг за шагом



Линейная нагрузка

1. Вызовите команду **Линейная нагрузка**, кликнув на соответствующую иконку на ленте в закладке **Воздействия**.
2. Элементы, отображаемые на рабочей области стали не активны, что говорит о том, что команда активна, после задания всех параметров нагрузки можно приступить к их вводу.
3. В опциях ввода укажите **Отрезок**.
4. Нагрузку необходимо задать на плиту в тех местах где проектом предусмотрено наличие наружных самонесущих стен.
5. Допустим что, вес наружных стен воспринимается плитой перекрытия, а значит, равномерно распределенную нагрузку Вы зададите на плиту.
6. Укажите отрезки на которых должна быть данная нагрузка.
7. Завершите ввод нажатием кнопки **Esc**.
8. Задайте нагрузку в глобальной системе координат, так как направление ее распределения совпадает с направлением осей системы.

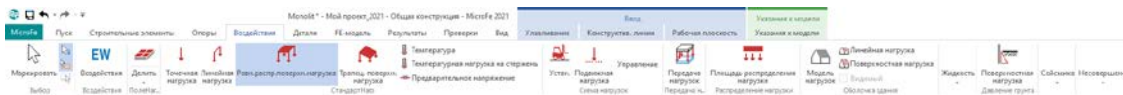


Советы & рекомендации

❑ Ввод нагрузок аналогичен вводу позиций стен.

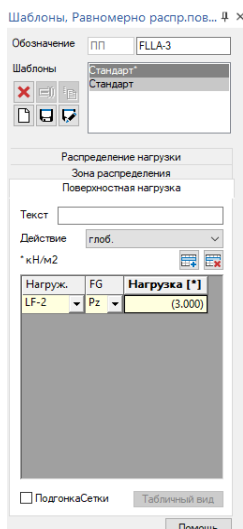
4.6.2 Ввод поверхностных нагрузок

Поверхностную нагрузку на данном этапе используем для задания нагрузки от веса полов и перегородок.



1. Вызовите команду **Поверхностная нагрузка**, кликнув на соответствующую иконку на ленте меню в закладке **Воздействия**.
2. Элементы, отображаемые на рабочей области, стали неактивны, что говорит о том, что команда активна, после задания всех параметров нагрузки можно приступить к их вводу.
3. Ввод параметров нагрузки аналогичен вводу параметров линейной нагрузки п.4.6.1.
4. Обратите внимание на опции ввода. Имеется инструментарий, заметно упрощающий задачу приложения нагрузок.

Шаг за шагом

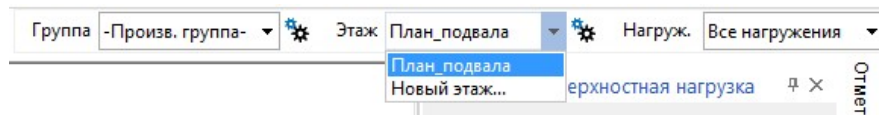


4.7 Тиражирование этажа

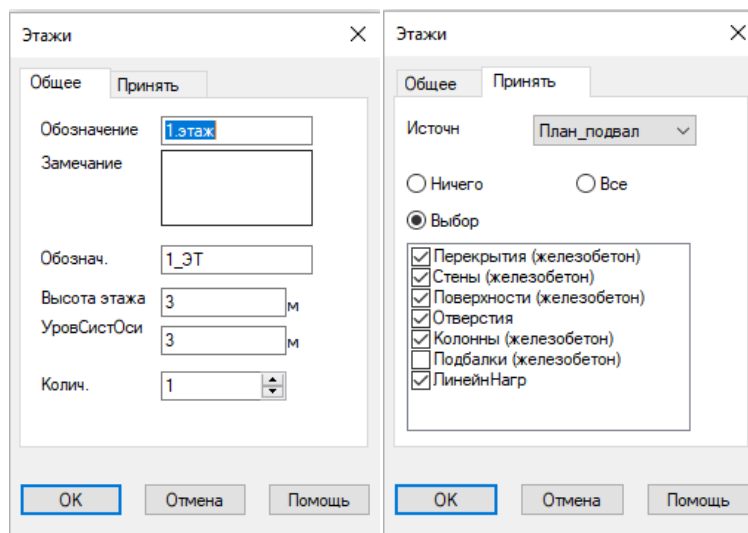
Для создания 1-го этажа здания воспользуйтесь функцией тиражирования (копирования). Это заметно ускорит ввод данных, так как Вам не придется заново вводить параметры элементов и задавать их положение в пространстве.

Шаг за шагом

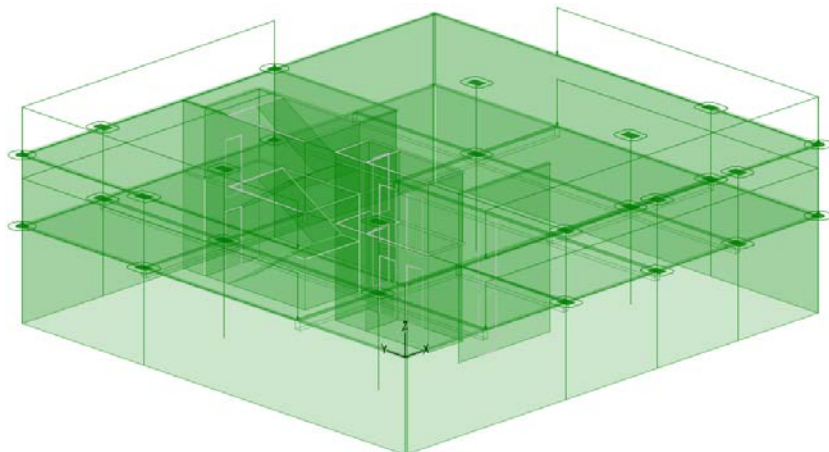
1. Выберите команду **Новый этаж** на панели инструментов в окне выбора этажа, появится диалог **Этажи** в котором укажите обозначение, уровень системной оси, высоту создаваемого этажа.



2. Во вкладке **Принять**, следует выбрать источник с которого будет происходить копирование элементов, меняя позицию флажка определите какие элементы необходимо скопировать в создаваемый этаж. Установив на **Выбор**, можно скопировать все созданные конструкции со всеми нагрузками, кроме элементов **Подбалки**, так как их нет на архитектурных планах.



3. Завершите команду нажатием **ОК**.



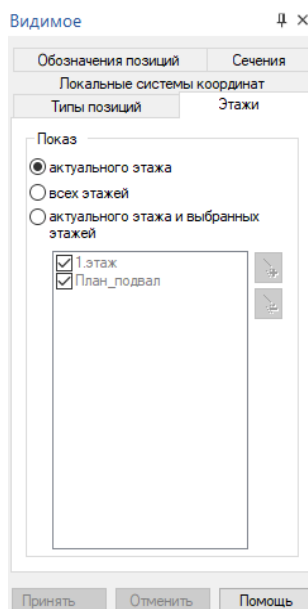
4.8 Редактирование этажа

4.8.1 Установка опций сгущения сетки и элементов жесткости для колонн

После операции тиражирования необходимо внести изменения в геометрию некоторых элементов: дверные проемы, лестничные марши, стены, добавить оконные проемы.

1. Для удобства выполнения операций отключите видимость подвального этажа, переключив флажок на **Актуального этажа** в окне **Видимое** (по умолчанию находится справа). Так же по необходимости Вы можете выбрать необходимые элементы из списка для отображения на рабочем поле. Подтвердите выбор нажав **Принять**.

Шаг за шагом

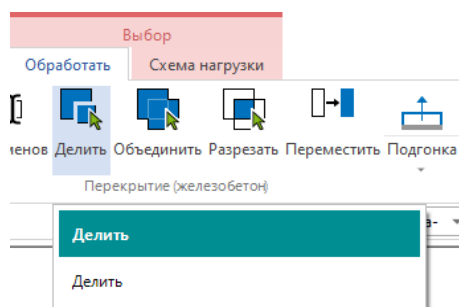


2. В окне свойств во вкладке **Тип позиции** выберите **Колонна**. Будут перечислены элементы **Колонна** принадлежащие актуальному этажу. Так как были исключены из копирования подбалки, то для корректного моделирования связи плиты с колонной необходимо установить дополнительные опции.
3. Выберите позицию **Колонны**. Нажмите **Ctrl+A** (будут выделены все элементы **Колонны** актуального этажа). Отмените выбор для **колонн**, которые установлены в пересечение стен (нажав клавишу **Ctrl**). Установите на закладке **Генерация** опцию **Сгущение** и **Элемент жесткости** для выбранных колонн. В закладке **Проверка: Продавливание** установите опцию **Генерация точки продавливания**.

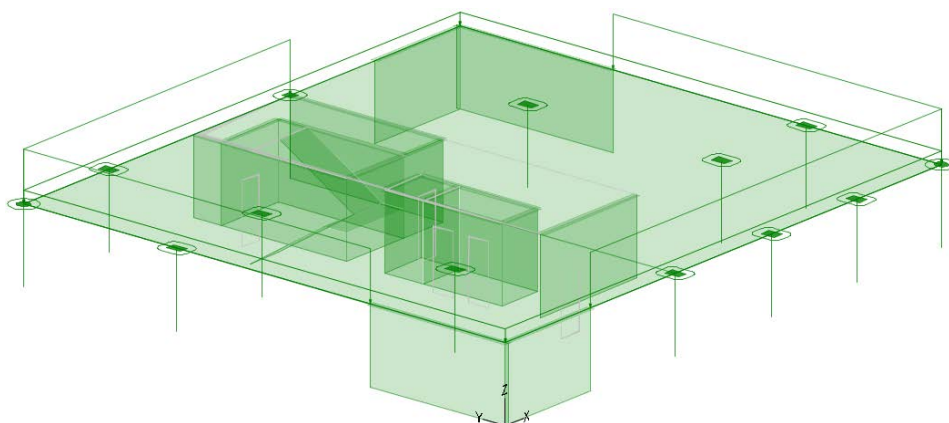
4.8.2 Изменение геометрии стен

Шаг за шагом

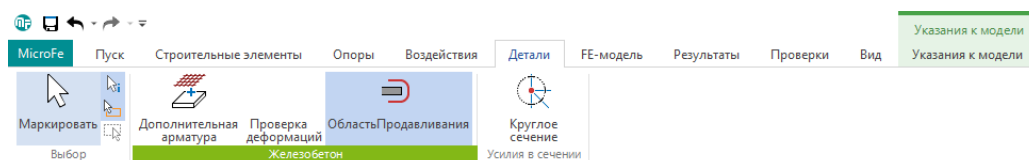
1. Выберите стену, которую нужно поделить. В ленте меню появится контекстная закладка **Выбор** с выделенной закладкой **Обработать**. Выберите команду **Делить** в зоне **Стена**.



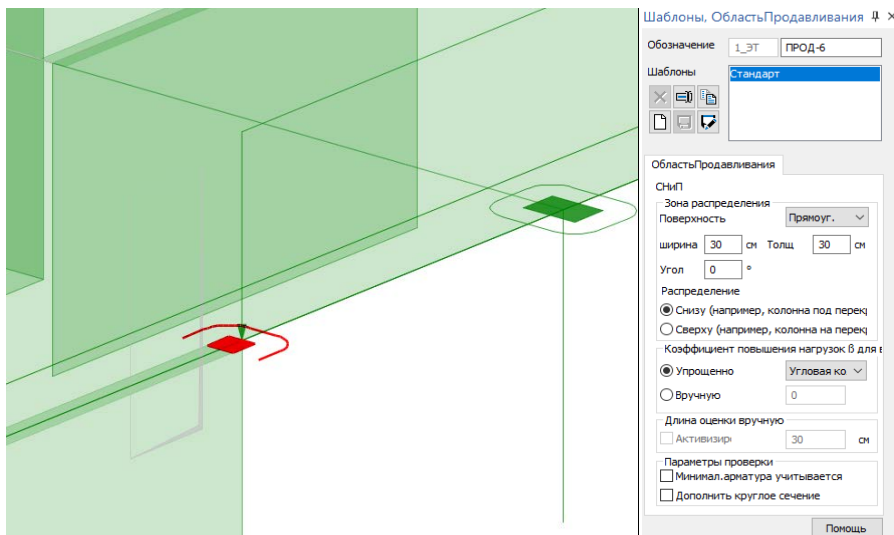
2. Справа в окне выберите опцию ввода **Разделить индивидуально**.
3. Разделите стены в необходимых местах согласно архитектурного плана первого этажа для удаления лишних элементов. Точку деления указывайте на опорной плоскости плиты, ориентируясь на линии растра.
4. Удалите лишние элементы.



5. Для концов стен может быть установлена дополнительная позиция - **Область продавливания**, которая позволяет получить продавливающую нагрузку для конца стены.



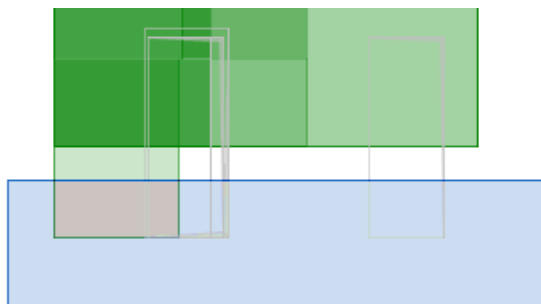
6. Для установки зоны продавливания нажмите кнопку **Область продавливания** на закладке **Детали** ленты меню. Установите необходимые опции определения зоны продавливания в окне шаблона.
7. Выберите конец стены для установки. Аналогично установите все необходимые точки продавливания.



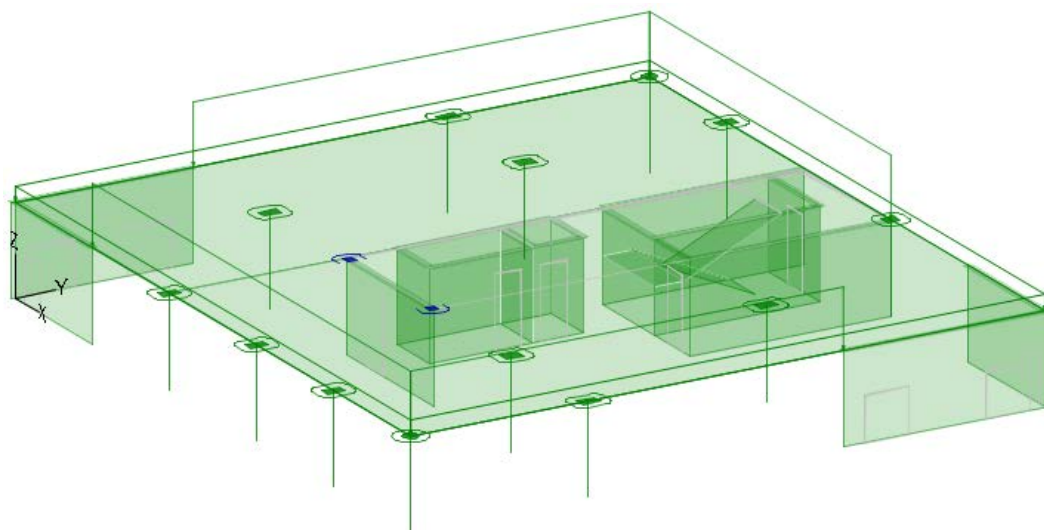
4.8.3 Перемещение дверных проемов

1. Установите рабочую плоскость на одну из стен, на которой есть отверстие (см. п.4.3.4).
2. Установите для модели **Вид +Y**, кликнув по соответствующей иконке в закладке **Вид** ленты меню.
3. Выделите секущей рамкой (справа налево) нижние части всех дверных проемов.

Шаг за шагом



4. Установите для модели вид **3D**.
5. На ленте в закладке **Обработать** выберите кнопку **Переместить**.
6. Укажите первую точку, кликнув в нижнюю точку отверстия на выбранной стене. Укажите вторую точку, используя точку пересечения линии отверстия и линии стены (см. п. 4.3.1).



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.

Шаг за шагом

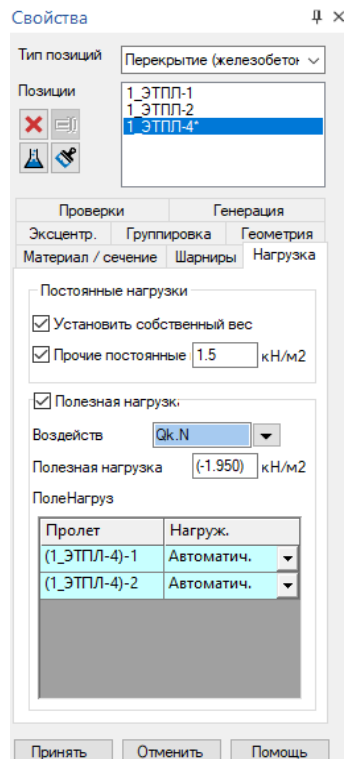
1. Измерьте расстояние до срединной плоскости площадки относительно плоскости плиты покрытия, вызвав команду **Отрезок** на закладке **Пуск** в зоне **Измерить**.
2. Значение равно 1.96 м. Значит, площадку необходимо сместить на 0.46 м на уровень 1.5 м.
3. Активируйте позицию площадки, кликнув по ней левой клавишей мыши.
4. В закладке **Геометрия** окна **Свойства** укажите положение опорной плоскости площадки.
5. Нажмите кнопку **Передать** для присвоения свойств.
6. 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. В окне построений или в окне свойств выберите плиту перекрытия первого этажа.
2. В окне **Свойства** во вкладке **Нагрузка** измените значение полезной нагрузки на значение, соответствующее временной нагрузке в квартирах, при помощи команды **Передать** (см. п.4.3.1)
3. Измените номер нагружения для полезной нагрузки в соответствии с заданием.



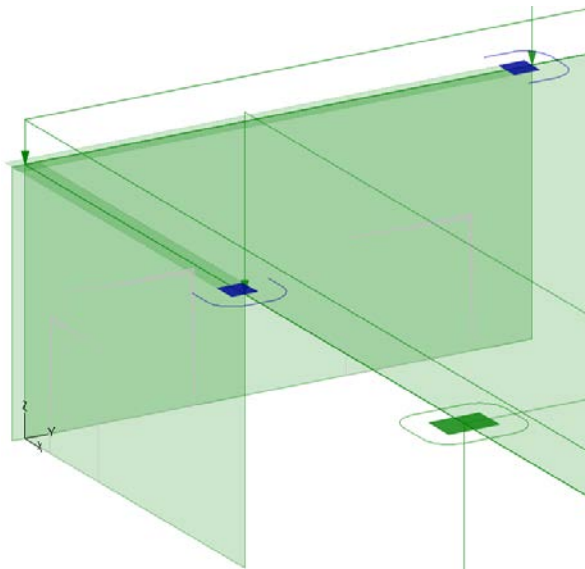
4. Для того чтобы внесенные изменения вступили в силу нажмите кнопку **Принять**.

4.9 Создание оконных проемов

Создание оконных проемов происходит в локальных координатах стены.

1. Перейдите в рабочую плоскость стены, нажав на **F4** и выбрав соответствующую стену.
2. Вызовите команду **Отверстие** в закладке **Строительные элементы в зоне Особенности** на ленте меню. Укажите положение первой точки проема командой **Указать смещение** на контекстной закладке **Конструктивные линии зона Конструирование точки**.
3. Уровень подоконника равен 1.025 м, так как на архитектурных разрезах от чистого пола до проема 0.9 м необходимо также учесть расстояние до срединной плоскости. Расстояние от угла стены – 0,7 м. После указания смещения возле курсора появится метка. Укажите нижний угол поверхности стены курсором, первый угол отверстия появится в месте положения метки.

Шаг за шагом



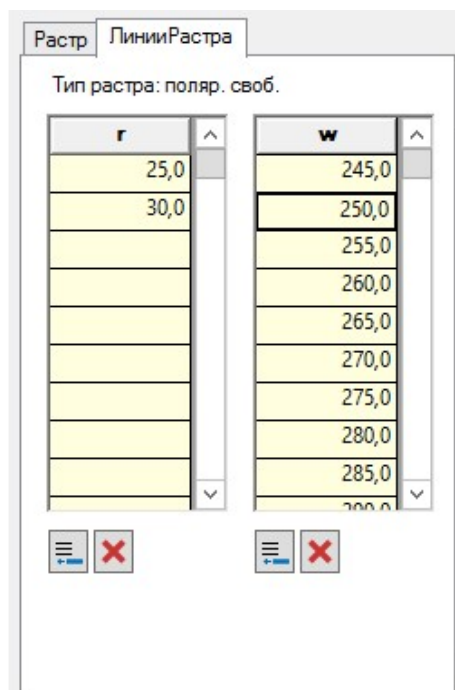
4. Повторным вызовом команды **Указать смещение**, укажите геометрические размеры данного проема. Высота 1.5 м, ширина 1 м.
5. Выделите отверстие. Используйте опцию **Переместить с копией** на закладке **Обработать**. Укажите угол отверстия как точку привязки, на курсоре появится изображение копии. Используйте функцию **Указать смещение** для относительного ввода. При вводе в окне задания смещения можно использовать арифметические выражения.
6. Аналогичным способом расставьте остальные оконные проемы.

4.10 Создание балкона

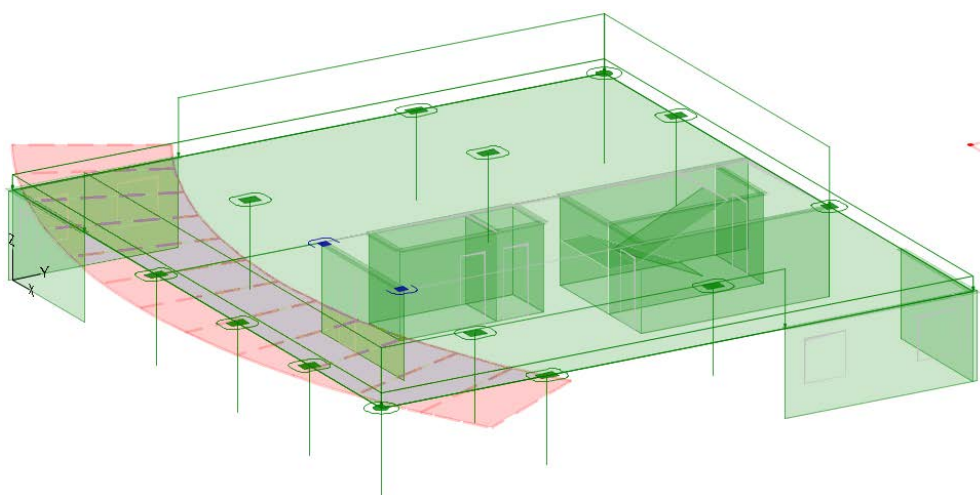
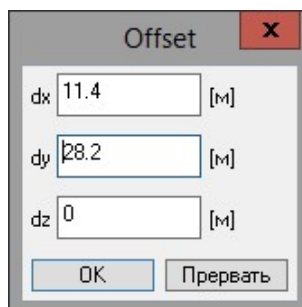
4.10.1 Создание полярного растра

Шаг за шагом

1. На ленте в закладке **Пуск** выберите опцию **Растр**.
2. В окне **Шаблоны, Растр** выберите **Полярный свободный** и выберите опцию ввода **3D точка**.
3. В свойства растра перейдите к закладке **Линии растра**. В полях ввода **r** и **w** введите значения, указанные на скриншоте. Это соответственно значения радиусов и углов полярной сетки растра.



4. Укажите точку, являющуюся центром окружности сегментного балкона согласно архитектурному плану. Для этого воспользуйтесь функцией **Указать смещение** на контекстной закладке **Ввод – Конструктивные линии**. В качестве базовой точки укажите начало координат рабочей плоскости плиты.

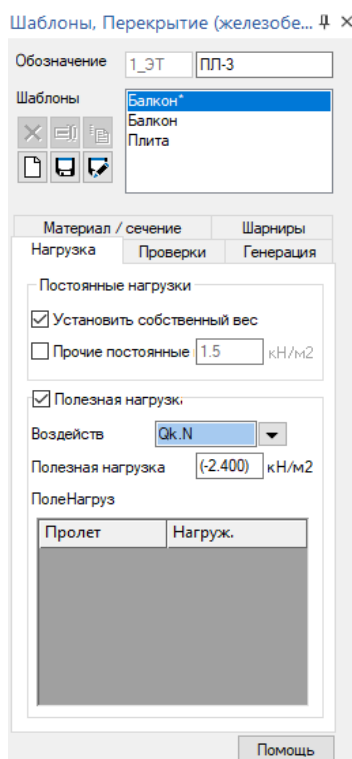


4.10.2 Ввод балконных плит

По готовому полярному растру создайте балкон.

Шаг за шагом

1. Выберите команду **Плита** на ленте **Строительные** элементы в зоне **Железобетон**.
2. Задайте необходимые параметры плиты балкона.



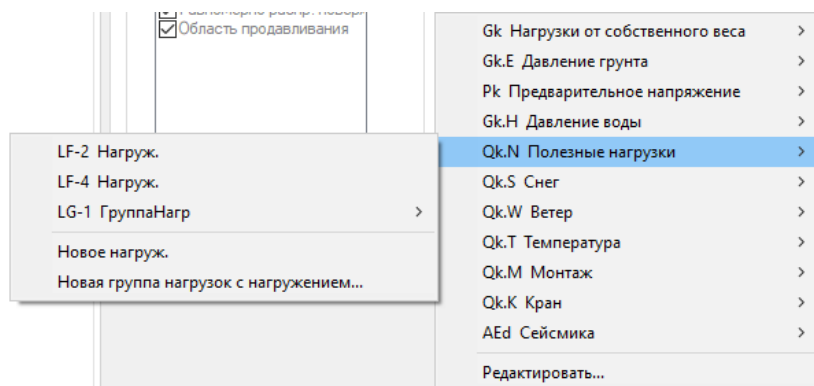
3. Задайте геометрию балкона с помощью полигона.
4. Для задания точек используйте фиксированный ввод на линии. Для вызова соответствующей команды кликните опцию **Фиксировать линию** в контекстной закладке **Конструктивные линии** при активной команде (или используйте горячую клавишу **F**) и укажите окружность растра.
5. Для построения линий балкона, перпендикулярных к грани плиты, используйте функцию поиска пересечения линий. Для этого воспользуйтесь командой **Пересечение линий** в контекстной закладке **Конструктивные линии** (или используйте горячую клавишу **S**). Укажите две линии, на пересечении которых необходимо установить точку отрезка.
6. Завершите ввод балкона, замкнув контур.
7. Обратите внимание, что край плиты покрытия совпадает с краем балконной плиты.
8. Задайте оставшиеся балконы. Используйте при необходимости опции **Указать смещение**, **Пересечение линий**.

4.10.3 Задание нагрузки на балкон

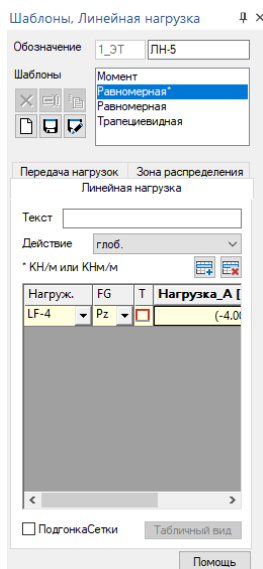
Задание линейной нагрузки на балкон от веса ограждения балкона осуществляется аналогично варианту задания, описанному в п.4.6.1. Будьте внимательны при выборе значения нагрузки.

1. Создайте новое нагружение. Для этого кликните правой кнопкой мыши на номер нагружения в окне задания нагрузки. Выберите переменное воздействие и в нем создайте новое нагружение.

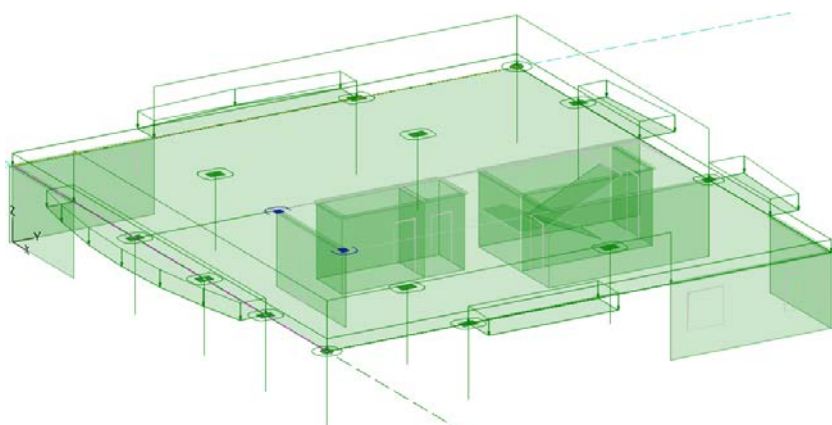
Шаг за шагом



2. Задайте остальные параметры нагрузки.



3. Задайте нагрузку.



4.11 Тиражирование жилого этажа

Скопируйте необходимое количество этажей. Тиражирование этажа описано в п.4.7. Аналогичным образом выполните все команды. Во вкладке **Видимое** установите видимость актуального этажа.

4.12 Редактирование нагрузки на покрытие

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

4.12.1 Удаление нагрузки Вес наружных стен

Для удаления нагрузки выделите ее в рабочем окне, кликнув по ней левой клавишей мыши, нажмите кнопку **Delete**. Выделить необходимую нагрузку Вы также можете, указав **Позицию** во вкладке **Свойства**.

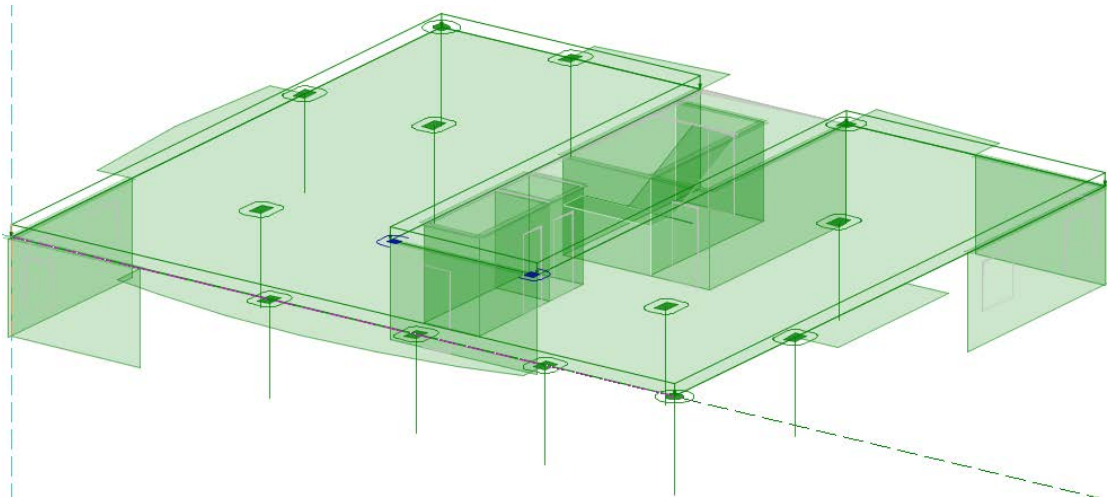
Удалите следующие нагрузки: вес наружных стен, вес ограждений балконов.

4.12.2 Изменение нагрузок

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

Шаг за шагом

1. В окне построения или в окне **Свойства** выберите плиту покрытия.



2. Измените полезную нагрузку на плиту, следуя указаниям, описанным в п.4.8.5.

| Проверки | | Генерация | |
|--------------------|-------------|-----------|--|
| Эксцентр. | Группировка | Геометрия | |
| Материал / сечение | Шарниры | Нагрузка | |

Постоянные нагрузки

Установить собственный вес

Прочие постоянные: 1.5 кН/м²

Полезная нагрузка:

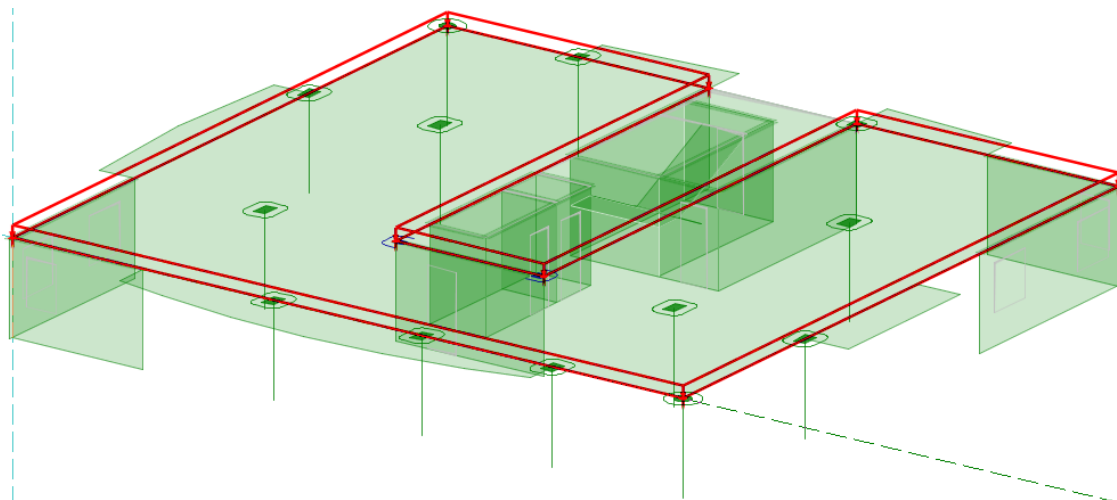
Воздейств: Qk.N

Полезная нагрузка: (-0.650) кН/м²

ПолеНагруз

| Пролет | Нагруз. |
|--------------|---------|
| (Т_ЭТПЛ-4)-1 | LF-5 |
| (Т_ЭТПЛ-4)-2 | LF-5 |
| (Т_ЭТПЛ-4)-3 | LF-5 |
| (Т_ЭТПЛ-4)-4 | LF-5 |

3. Выберите поверхностную нагрузку от веса полов и перегородок.



4. Измените нагрузку, следуя указаниям, описанным в п.4.8.5

Распределение нагрузки

Зона распределения

| Группировка | Геометрия |
|------------------------|-----------|
| Поверхностная нагрузка | |

Текст:

Действие: глоб.

* кН/м²

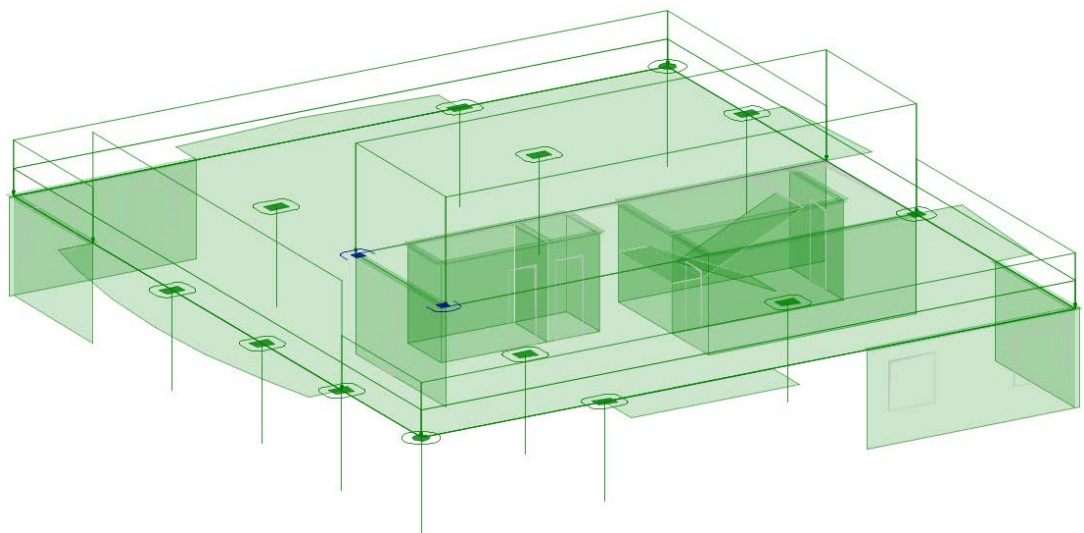
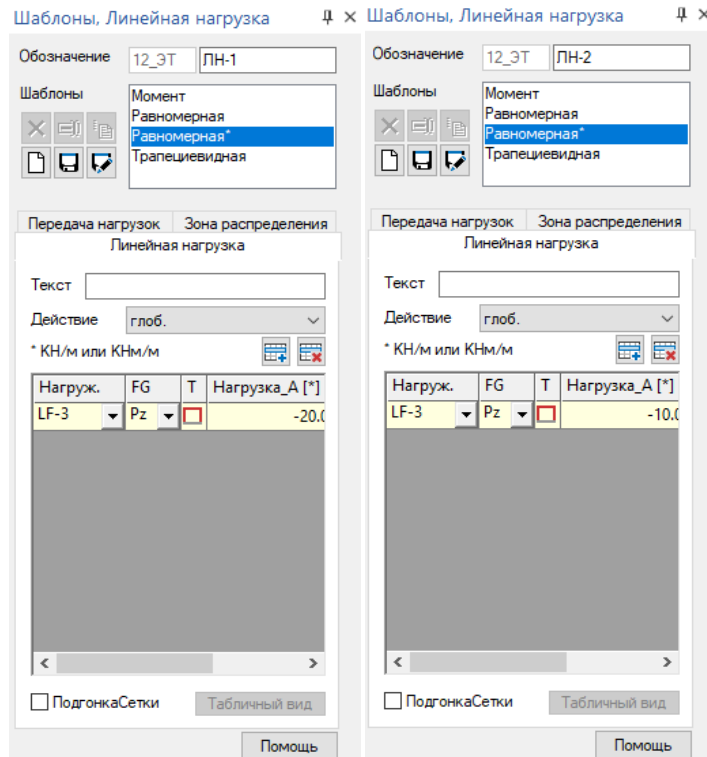
| Нагруз. | FG | Нагрузка [*] |
|---------|----|--------------|
| LF-3 | Pz | (-1.950) |

ПодгонкаСетки Табличный вид

4.12.3 Ввод нагрузки Вес парапетов

Ввод линейных нагрузок от веса парапетов, выполните аналогичным способом, описанным в п.4.6.1.

Значения нагрузки для парапета высотой 1,2 м передайте из Статики. Способ описан в п.4.6.1. Значение нагрузки для парапета высотой 3 м и 4,4 м задайте вручную равным 20 кН/м, номер нагружения согласно таблице Сбор нагрузок.

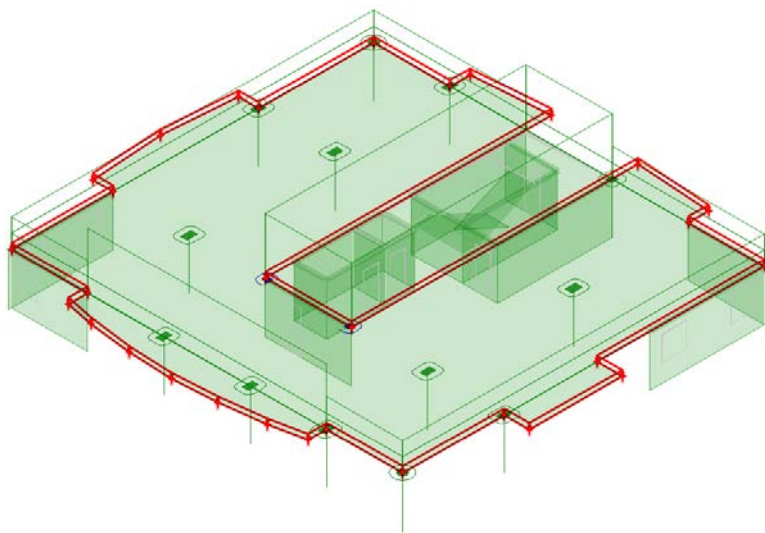


4.12.4 Ввод нагрузки Вес конструкции кровли

В п.4.12.2. Вы изменили параметры поверхностной нагрузки, получив нагрузку – вес конструкции кровли.

1. Задайте нагрузку от веса конструкции кровли в виде поверхностной нагрузки на перекрытие балкона. Способ описан в п.4.6.2.
2. Выделив поверхностную нагрузку, вызовите команду Объединить из контекстной закладки **Выбор - Обработать**.
3. Последовательно объедините нагрузку на перекрытии этажа с нагрузкой на перекрытии балконов.

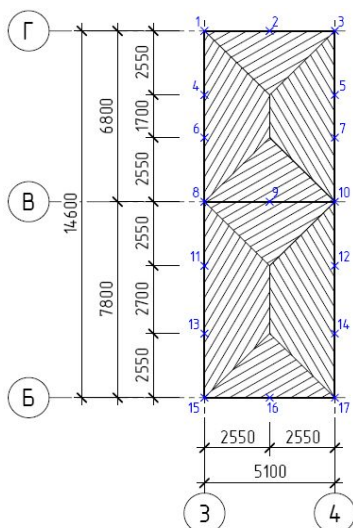
Шаг за шагом



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.

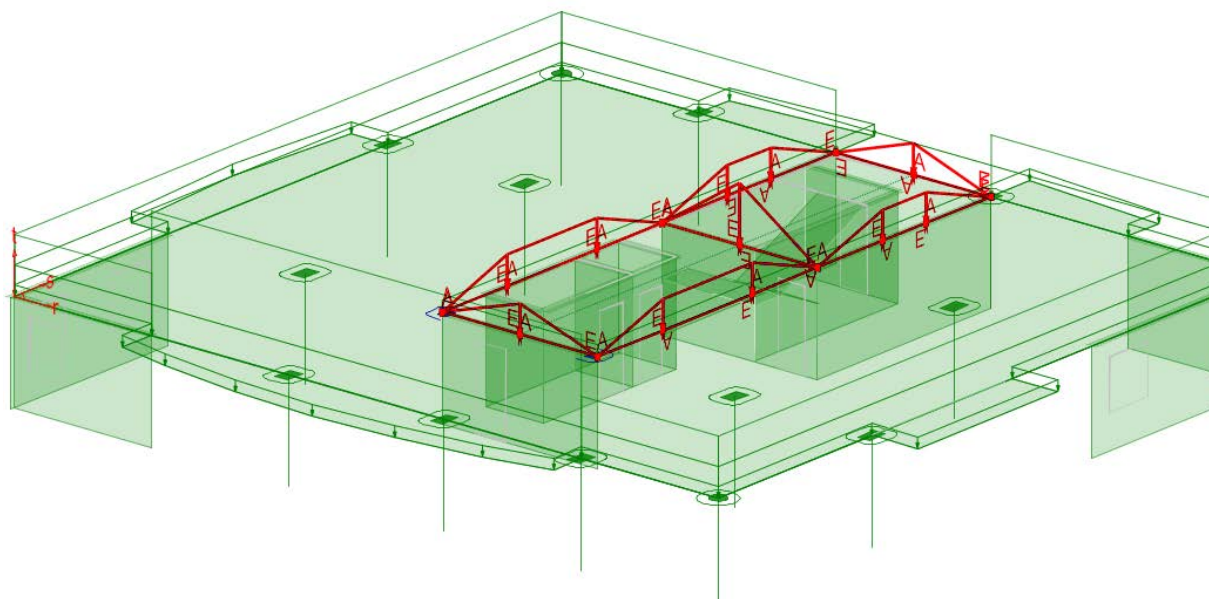
Схема распределения грузовых площадей приведена на рисунке.



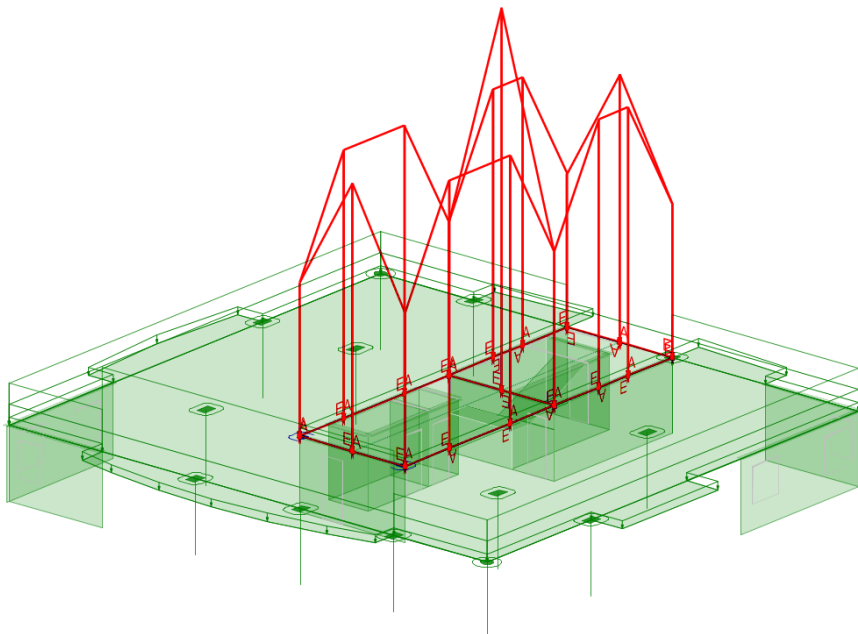
Значения нагрузок в точках приведены в таблице

| № 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



Аналогичным образом, описанным в п.4.13.1, задайте вес несущих конструкций. Значения нагрузки смотрите в таблице п.4.13.

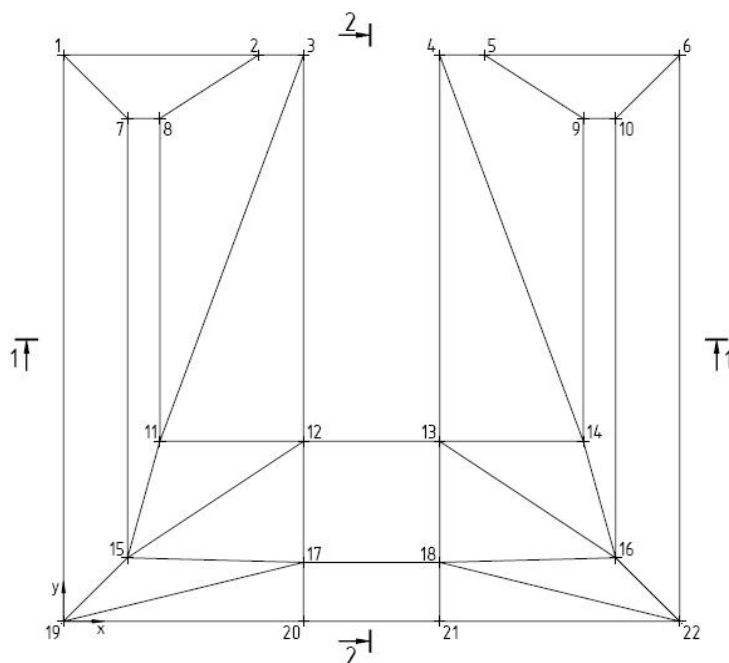


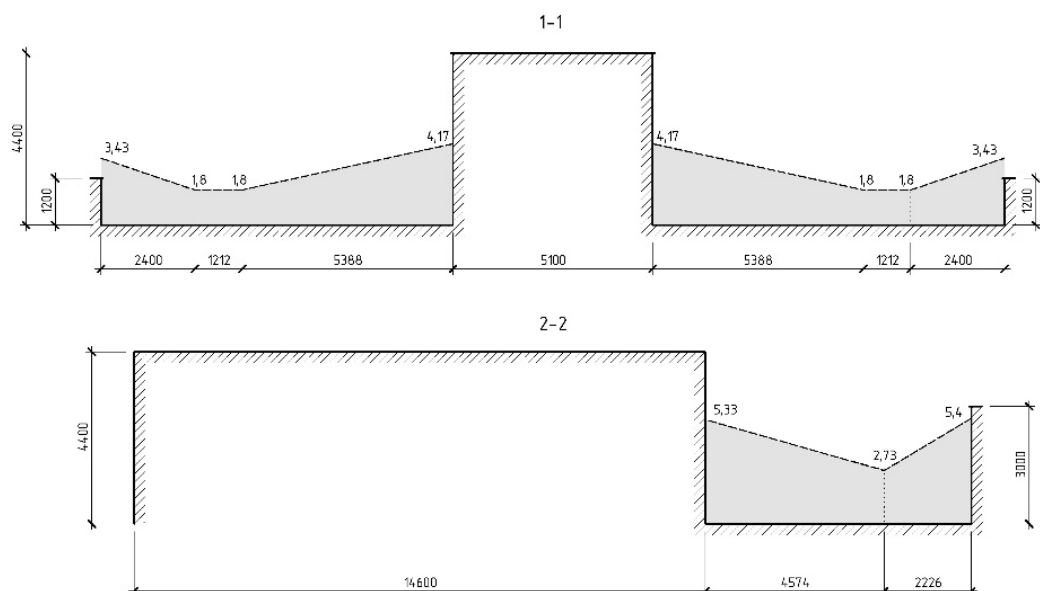
Аналогичным образом, описанным в п.4.13.1, задайте вес снегового покрова. Значения нагрузки смотрите в таблице п.4.13.

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 |
| 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 |

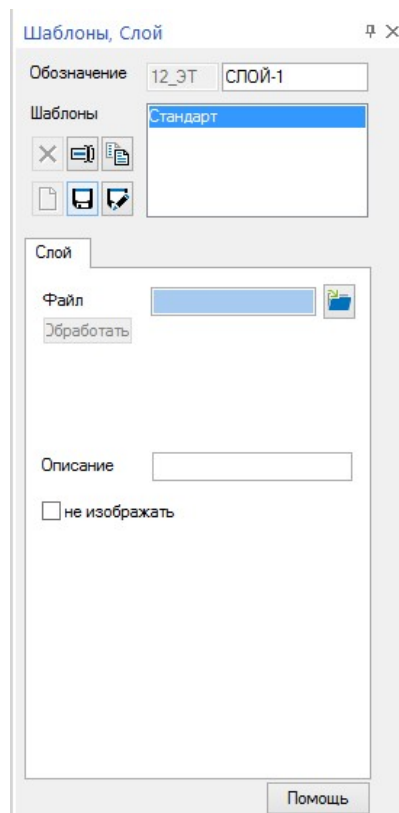
4.14.2 Импорт слоя DXF/DWG


1. На ленте меню в закладке **Пуск** в зоне **Вспом. инструменты** выберите опцию **DXF/DWG**.

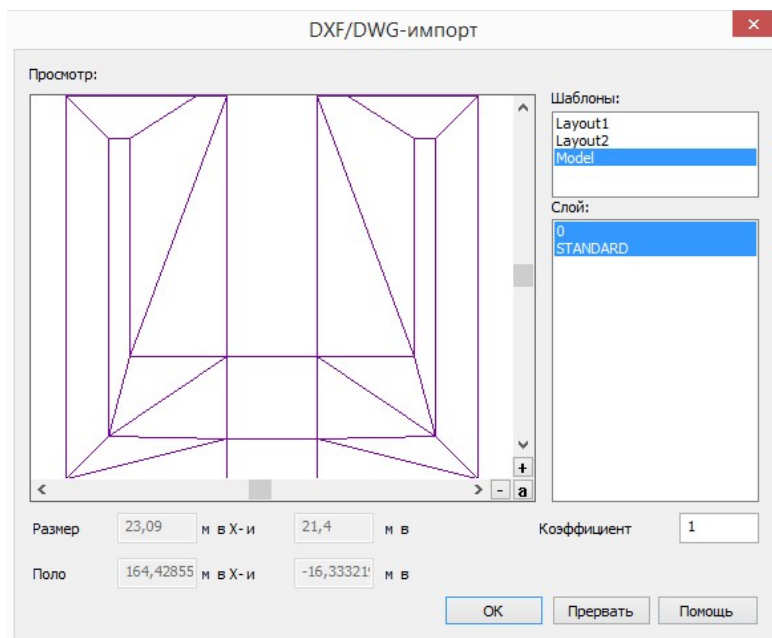
Шаг за шагом



2. В окне **Шаблоны** выберите **Стандарт**.



3. В появившемся диалоге кликните на кнопку  и укажите путь хранения файла в формате *.dxf,*.dwg. По умолчанию программа предложит Вам папку Документы Вашего проекта. Нажмите ОК для загрузки файла.
4. По нажатию на кнопку **Обработать** в окне **Шаблоны** программа предложит Вам проверить правильность выбранного файла, показав в окне предварительного просмотра содержимое файла. Так же можно задать коэффициент масштабирования чертежа. **MicroFe** воспринимает единицы, использованные в чертеже как метры. Для определения масштаба можно использовать габаритные размеры чертежа, которые выводятся в окне просмотра. В данном окне осуществляется управление видимостью слоев чертежа.



5. По окончании задания свойств слоя установите его в начало координат, кликнув мышью в соответствующую точку.

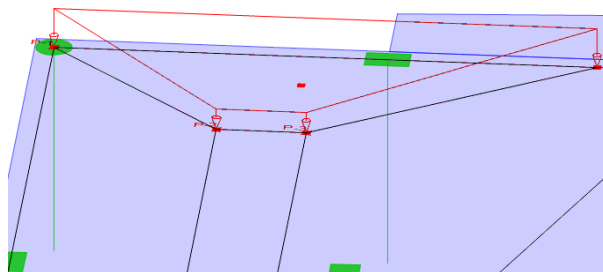
Советы & рекомендации

- Для вставки слоя с использованием начала координат из файла чертежа на панели инструментов в поле **Опция ввода** выберите **Автоматически в начало слоя**.

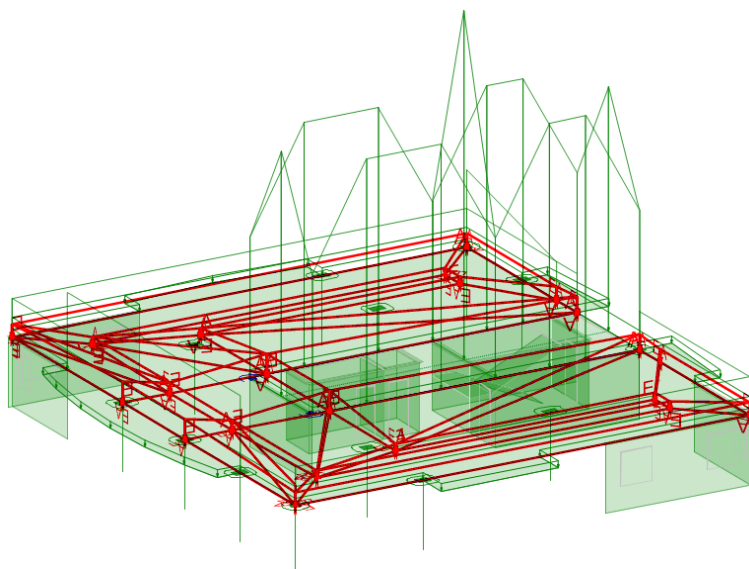
4.14.3 Ввод поверхностной трапециевидной нагрузки

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 **Поверхностная нагрузка** на закладке **Воздействия** ленты меню.
4. Задайте номер нагружения согласно задания, равный 6.
5. Переключите вид нагрузки с **Блок** на **Трапеция**.
6. Введите значения в таблице для точек **P-1 – P-3** (в слое точки 1,2,8).
7. Введите границы требуемого полигона, последовательно указав точки 1, 2, 8, 7 на слое DXF. Для ввода переключите на **Ввод полигона** в **Опции ввода**.
8. Первые три введенные точки будут базовыми, по значениям которых далее будет выстроена нагрузка.
9. Положение точек с известной интенсивностью нагрузки можно изменить, выделив нагрузку и кликнув по кнопке с именем точки (например **P-1**) в окне свойств и указав новое положение точки.



10. Аккуратно задайте оставшиеся нагрузки.

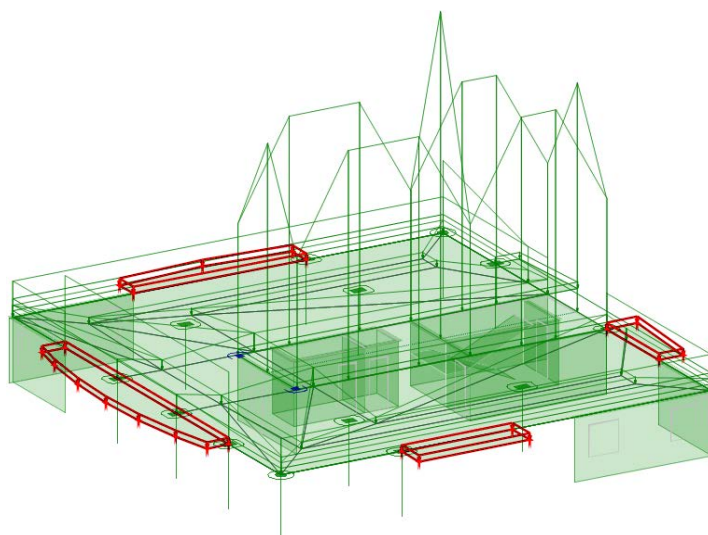


- Вы можете задать нагрузки на половину покрытия. Выделите и далее отобразите их с копированием соответствующей командой. Эта операция заметно ускорит и облегчит ввод нагрузок.
- Для удобства отключите видимость слоя DXF нажатием кнопки на панели инструментов.

Советы & рекомендации

4.14.4 Ввод снеговой нагрузки на покрытие балкона

На покрытие балкона задайте равномерно распределенную поверхностную нагрузку равной $1,8 \text{ кН/м}^2$. Нагружение 6. Способ приложения нагрузки описан в п.4.6.2.



4.15 Ввод ветровой нагрузки

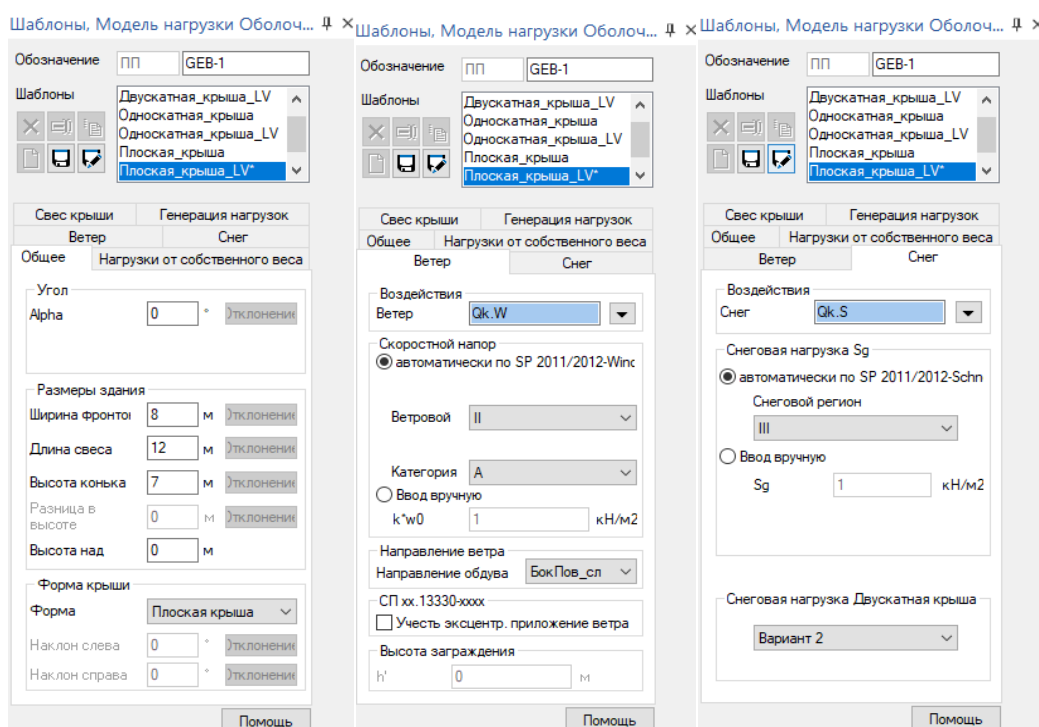
Ветровую нагрузку задаем в виде линейной, приложенной к перекрытиям (без учета балконов). Для упрощения задания ветровых, снеговых нагрузок и нагрузок от ограждающих конструкций в MicroFe предусмотрен специальный вид нагрузки – **Модель нагрузки Оболочка здания**. Это инструмент позволяет быстро и удобно 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.

4.15.1 Задание Модели нагрузки Поверхность здания

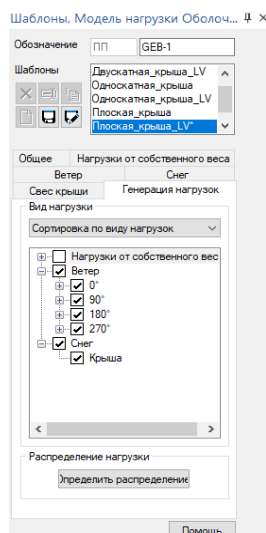
1. Перейдите на 1 этаж, используя список этажей на панели инструментов. В окне **Видимое** в закладке **Этажи** выберите видимость всех этажей. **Шаг за шагом**
2. В закладке **Воздействия** в зоне **Оболочка здания** выберите функцию **Модель нагрузки**.



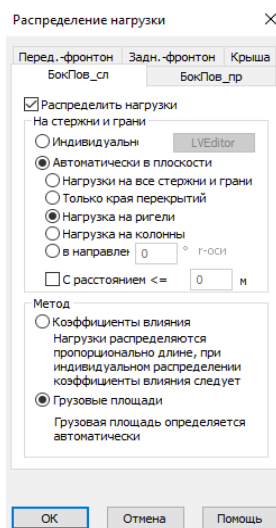
3. В окне **Шаблоны** выберите шаблон **Плоская_крыша_LV**.
4. В закладках **Ветер** и **Снег** введите необходимые данные. Для рассмотренной модели установка снегового района не обязательна, так как нагрузка от снега задана отдельно.



5. Перейдите на закладку **Генерация нагрузок** для выбора типа и варианта генерации нагрузок.

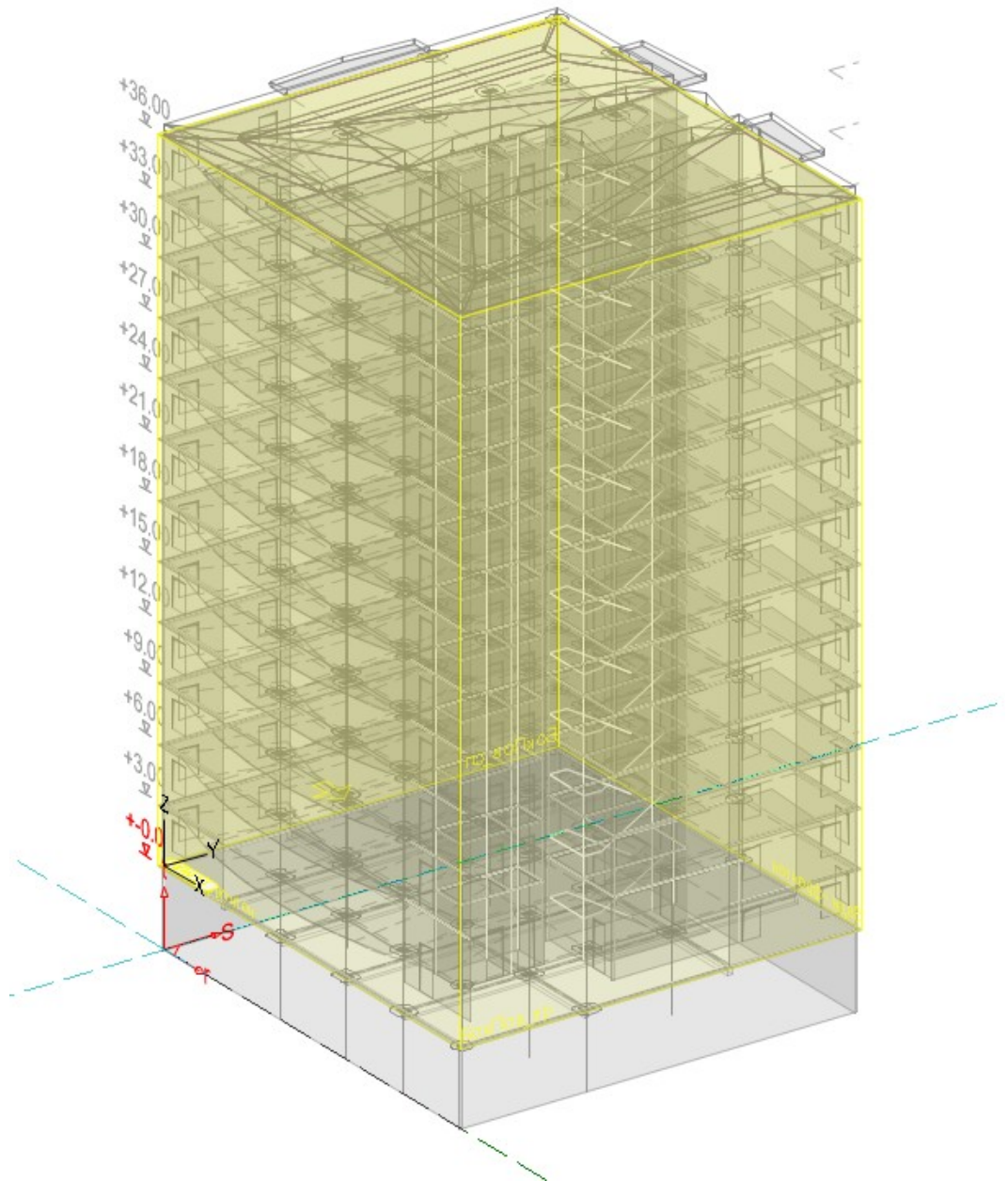


6. Отметьте для генерации нагрузки от ветра для боковых поверхностей и фронтонов. Для крыши в данной модели нагрузка не будет генерироваться, так как снег задан отдельной нагрузкой, а ветровая нагрузка на крышу разгружает плиту.
7. Поставьте метки в столбце **LV**. Эти опции позволяют преобразовать поверхностную нагрузку в совокупность линейных нагрузок. Данная опция также доступна для поверхностных нагрузок.
8. Задайте параметры преобразования нагрузок для всех поверхностей. Для этого нажмите **Определить распределение** возле опции преобразования. Выберите распределение нагрузки на ригели (на горизонтальные грани) автоматически внутри плоскости. Так как грани параллельны, то корректно использовать **Метод** по грузовым площадям. Прделайте данную операцию для каждой плоскости.

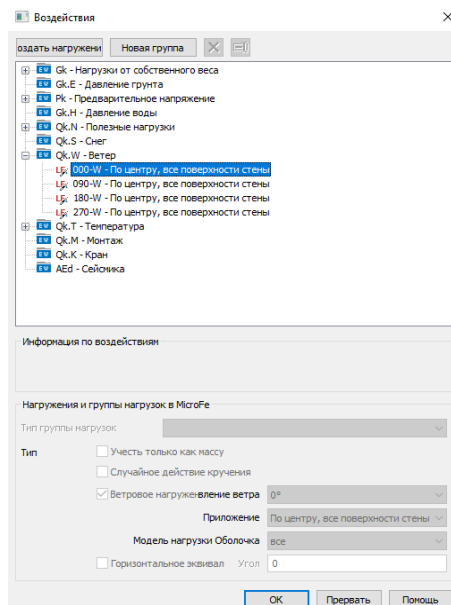


9. Также в окне присутствует возможность индивидуально через редактор **LV-Editor** управлять линиями распределения. Также можно осуществлять поиск линий для распределения в зоне, заданной расстоянием.

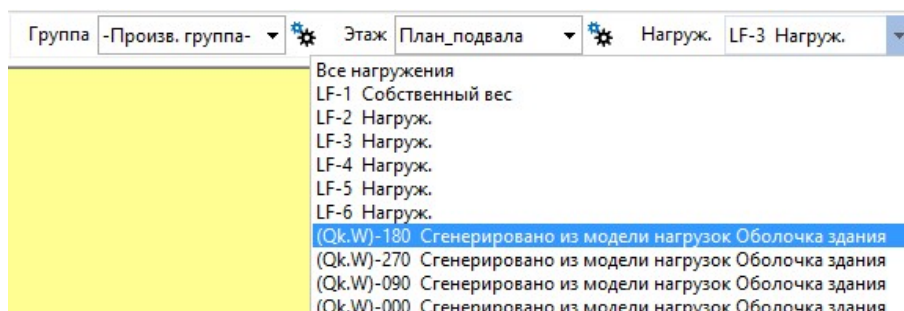
10. Подтвердите нажатием кнопки ОК.
11. На панели инструментов выберите опцию ввода **По угловым точкам**.
12. Укажите 4 точки, определяющие геометрию оболочки. В качестве точек используйте левую нижнюю точку плиты перекрытия над подвалом, правую нижнюю и правую верхнюю точку в плане этой же плиты для ввода плана и правую верхнюю точку плиты покрытия для фиксации высоты.



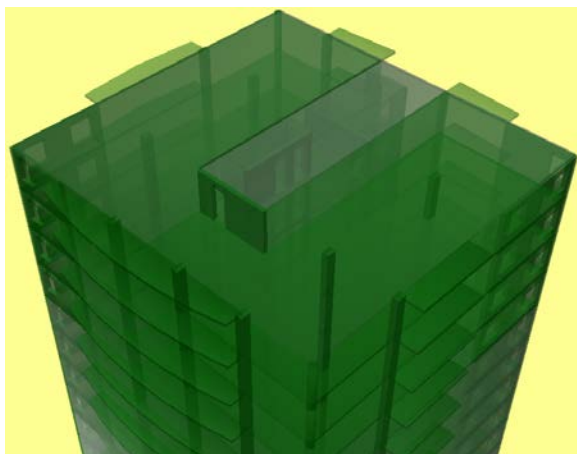
13. Проконтролируйте создание ветровой нагрузки в окне Воздействия. Оно вызывается функцией **Воздействия** в закладке **Воздействия** на ленте меню.



14. Ветровые нагрузки отнесены к единой группе и получили имена с указанием направления.
15. Проконтролируйте генерацию линейных нагрузок. Для этого перейдите в вид просмотра **Просмотр**. Для этого на закладке **Вид** нажмите выберите соответствующую функцию.
16. На панели инструментов выберите нагружение для просмотра.



17. Для того, чтобы посмотреть преобразованные нагрузки, нажмите кнопку **Распределение нагрузки** в контекстной закладке **Обработать**.
18. Вернитесь в стандартный режим, для этого на ленте меню в закладке **Пуск** нажмите кнопку **Маркировать**.



- ❑ Значения линейных нагрузок вычисляются в зависимости от распределения нагрузки по высоте (задается нормами) и расстоянием 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 в соответствующей закладке.
- ❑ Моделей нагрузки Оболочка здания может быть несколько. Также возможно использование частичной распределенной и линейной нагрузки (соответствующие функции расположены на ленте меню в закладке **Воздействия зона Оболочка здания**).

4.16 Ввод фундаментной плиты

Шаг за шагом

1. Сделайте видимым только подвальный этаж здания (см. п. 4.8.1).
2. Установите рабочую плоскость на плиту перекрытия подвального этажа (см. п.4.3.4).
3. Постройте фундаментную плиту, отступив за края раstra по 1 м в каждую сторону (см. п.4.3.2.6).

The image shows a 3D CAD environment with a building model. A basement slab is highlighted in green, and a foundation slab is shown in red. The interface includes several 'Свойства' (Properties) panels for the slab and foundation elements.

Свойства (Top Right):

- Тип позиций: Перекрытие (железобетон)
- Позиции: пппл-1, пппл-2, пппл-3, пппл-4
- Материал / сечение: Бетон В 25
- Арматурная сталь: A 400, A 240
- Толщина h: 60 см
- Эксцентр. e: 0 см

Свойства (Bottom Left):

- Тип позиций: Перекрытие (железобетон)
- Позиции: пппл-1, пппл-2, пппл-3, пппл-4
- Постоянные нагрузки:
 - Установить собственный вес
 - Прочие постоянные: 1.5 кН/м²
 - Полезная нагрузка:
 - Воздействие: Ок.N
 - Полезная нагрузка: (2.400) кН/м²

Свойства (Bottom Middle):

- Тип позиций: Перекрытие (железобетон)
- Позиции: пппл-1, пппл-2, пппл-3, пппл-4
- Начало: r[m] 4.5, s[m] 6.8, t[m] 0
- Угол[°]: 0
- Декартова сетка:
 - df[m]: 0.45, ds[m]: 0.78
- Изометрическая сетка:
 - ri: 10, rs: 10
- Полярная сетка:
 - R1[m]: 0.5, d1[m]: 0.5, d2[°]: 15

Свойства (Bottom Right):

- Тип позиций: Перекрытие (железобетон)
- Позиции: пппл-1, пппл-2, пппл-3, пппл-4
- Координаты:

| r [m] | s [m] |
|-------|-------|
| 24.1 | 22.55 |
| -1 | 22.55 |
| -1 | -1.15 |
| 24.1 | -1.15 |
| 24.1 | 22.55 |
- Начало координат: X[m] 0, Y[m] 0, Z[m] -4.095

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

4.17 Ввод слоистого основания

1. На ленте меню в закладке **Опоры** в зоне **Основание с объемными элементами** выберите функцию **Объемное основание**.



Шаг за шагом

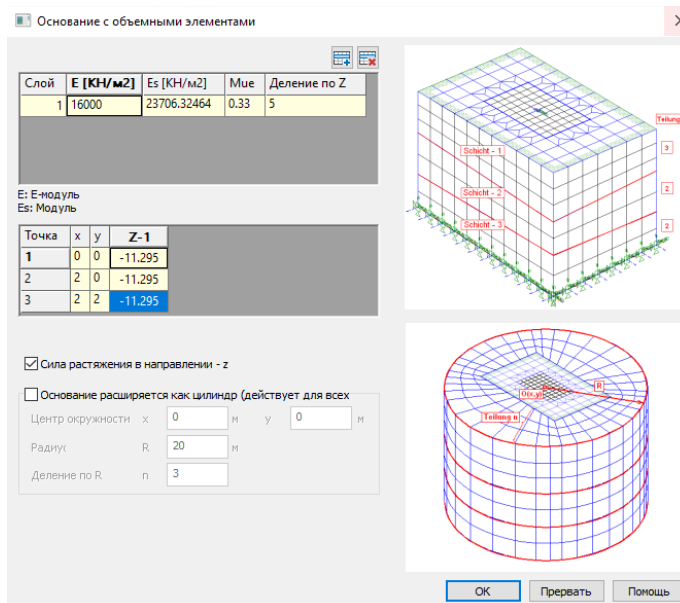


Объемное основание

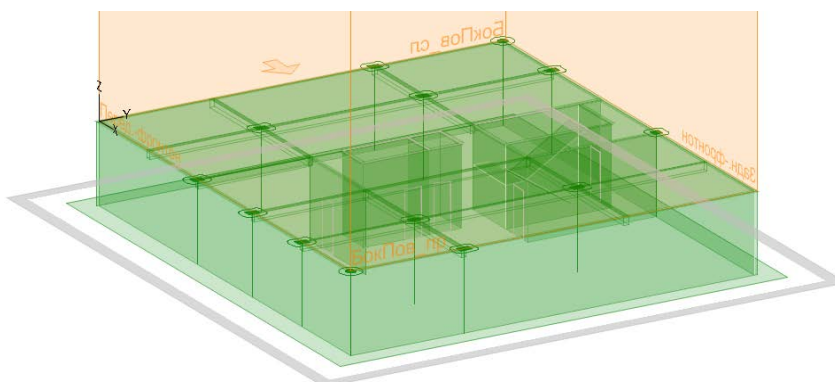
2. В окне шаблонов выберите шаблон **Стандарт**.



3. Нажмите на кнопку **Установки** и в появившемся окне задайте параметры слоистого основания с объемными элементами.
4. Поскольку модуль жесткости E_s и коэффициент Пуассона $\mu_{ис}$ являются определяющими для описания свойств основания, то при вводе данных в нашем случае сначала необходимо задать коэффициент Пуассона, а затем модуль упругости E , по которым будет вычислено значение E_s . В рассматриваемом примере высота сжимаемой толщи основания постоянна по всей площади, поэтому координаты опорных точек не важны. Отметка низа сжимаемой толщи указывается в глобальных координатах, поэтому к высоте сжимаемой толщи прибавляется высота подвального этажа.

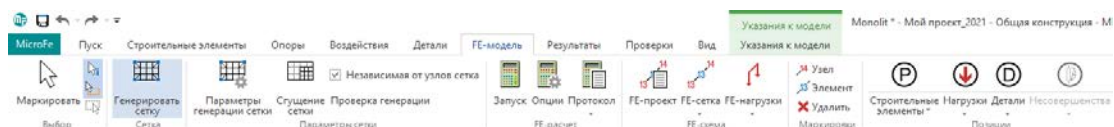


5. В качестве рабочей поверхности выберите фундаментную плиту (см. п. 4.3.4).
6. Введите плоскость основания, воспользовавшись опцией ввода **Передать полигон (опционально Offset)** и отступив от краев фундаментной плиты по 2 м в каждую сторону.
7. Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.



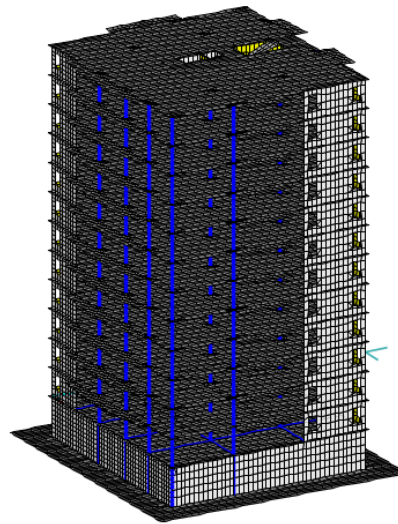
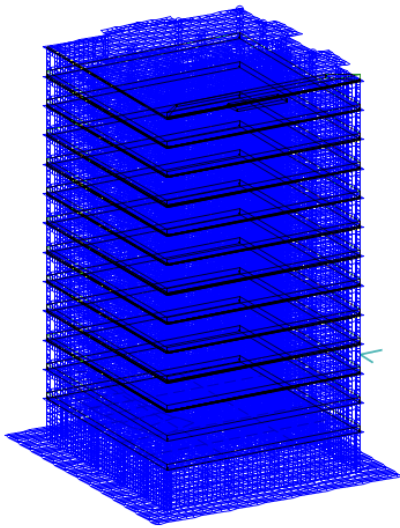
4.18 Предварительная генерации конечно-элементной сетки

Весь последующий расчет модели многоэтажного здания будет производиться в модуле **СтаДиКон**. Но прежде чем выполнять расчет необходимо проверить, как генерируется сетка конечных элементов. Проверочную генерацию сетки можно выполнить и в **MicroFE**. Это позволит проще отредактировать ее параметры при необходимости.



Шаг за шагом

1. На ленте меню в закладке **FE-модель** выберите функцию **Генерировать сетку**. Для каждой позиции будет сгенерирована сетка и проведено ее изменение в соответствии с точками связи с другими позициями.



2. В нижней части экрана в окне **Указания** проверьте, произошли ли какие-либо ошибки в процессе генерации сетки.
3. При наличии ошибок кликните по соответствующей надписи. Вы перейдете во вкладку с ошибками генерации. Просмотрите ошибки и при необходимости устраните их.

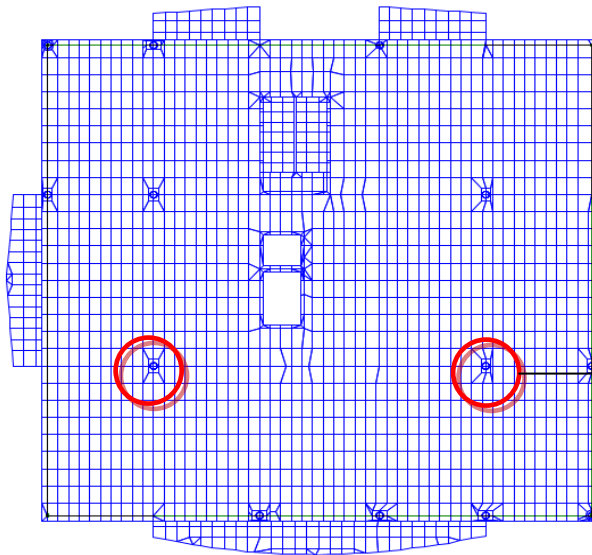
| № | Примечание | Комментарий |
|----|--|---|
| 1 | Поверхн.нагрузка '10ТЭКОР-1' [10.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 2 | Поверхн.нагрузка '9ТЭКОР-1' [9.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 3 | Поверхн.нагрузка '8ТЭКОР-1' [8.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 4 | Поверхн.нагрузка '7ТЭКОР-1' [7.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 5 | Поверхн.нагрузка '6ТЭКОР-1' [6.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 6 | Поверхн.нагрузка '5ТЭКОР-1' [5.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 7 | Поверхн.нагрузка '4ТЭКОР-1' [4.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 8 | Поверхн.нагрузка '3ТЭКОР-1' [3.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 9 | Поверхн.нагрузка '2ТЭКОР-1' [2.План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |
| 10 | Поверхн.нагрузка 'ТЭКОР-1' [План_типового_этажа] сгенерирована в 96.42 %. | ПозНагр = -1779.624 кН, FE-нагрузка = -1715.940 |

Если Вы кликните по строке с ошибкой, то в рабочем окне выделится позиция, вызвавшая ошибку.

В нашем примере никаких серьезных ошибок при генерации конечно-элементной сетки не произошло. Указанные ошибки произошли в результате того, что: часть поверхностных нагрузок попала в проемы и не была сгенерирована; некорректно была сгенерирована сетка по краям плит перекрытий. Последние ошибки будут устранены в СтаДиКон.

Советы & рекомендации

4. Просмотрите сгенерированную конечно-элементную сетку на плитах перекрытия.



В данном случае сгенерирована несимметричная сетка в области примыкания средних колонн, что нежелательно для симметричных конструкций.

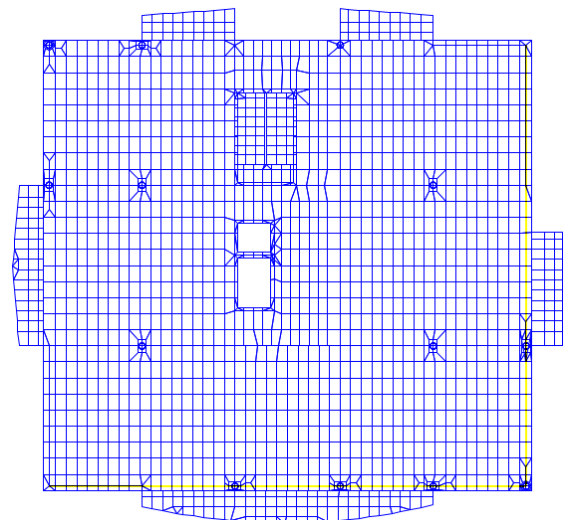
Очевидно, что необходимо изменить начало шаблона генерации и размеры ячейки в г направлении таким образом, чтобы в центральной ячейке, образованной координационными осями Б В и 3 4, было целое число конечных элементов.

В некоторых случаях для того, чтобы добиться генерации «хорошей» сетки необходимо произвести несколько попыток с различными параметрами генерации.

5. Перейдите в режим ввода и редактирования позиций, кликнув по кнопке **Маркировать** на закладке **Пуск**.
6. В окне шаблонов выберите все плиты во вкладке **Генерация** и установите новые значения координат для начала шаблона и новые значения размеров ячеек.
7. Аналогичным образом измените параметры генерации сетки слоистого основания, задав те же значения, что и для плит.
8. Все введенные изменения подтвердите нажатием на кнопку **Принять**.
9. Повторите процесс генерации.
10. Обратите внимание, что при данных параметрах генерации сетка получилась более качественная, исчезла наблюдавшаяся ранее несимметричность сетки в области примыкания средних колонн.

Начало

| | | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| г [м] | s [м] | t [м] | | | |
| <input type="text" value="9"/> | <input type="text" value="6.8"/> | <input type="text" value="0"/> | | | |
| Угол[°] | <input type="text" value="0"/> | | | | |
| <input checked="" type="radio"/> Декартова сетка | | | | | |
| dr[м] | <input type="text" value="0.51"/> | ds[м] | <input type="text" value="0.78"/> | | |



5 Работа с конечноэлементной моделью и расчеты в модуле СтаДиКон

5.1 Загрузка FEA и POS проекта

Есть несколько различных способов задания конечно-элементных моделей.

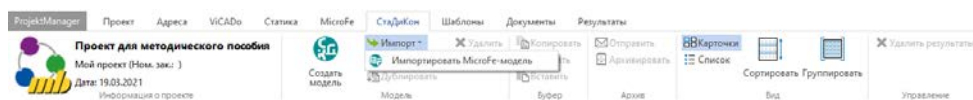
Первый из них – это непосредственная работа с конечными элементами. В чистом виде этот способ подходит для работы с маленькими конструкциями или с чисто стержневыми конструкциями. Также удобно использовать этот способ при точечном редактировании сложных конечно-элементных моделей: при подгонке сетки, 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 **MicroFe** имеют расширение *.fea. В дальнейшем, для конечно-элементных проектов может использоваться сокращенное название FEA – проекты.

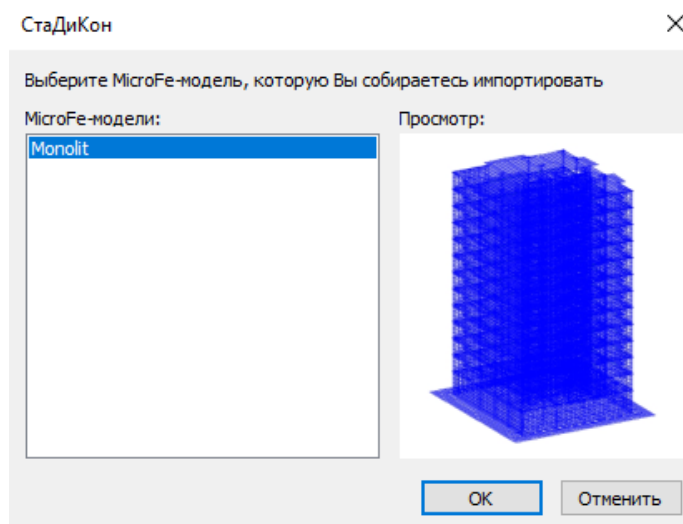
В общем случае, для задания сложных конструкций рекомендуется использовать концепцию позиций. Концепция позиций призвана облегчить работу по созданию и редактированию конечно-элементных моделей. При работе с позициями пользователь оперирует абстракциями более высокого уровня, чем конечные элементы, такими 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 использовать сокращенное наименование позиционных проектов – POS – проект). Ранее созданные 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); пространственные 3D – POS – проекты многоэтажных зданий.

1. Для перехода в **СтаДиКон** следует выбрать соответствующую закладку на панели проекта.
2. С помощью **Импорт** перенести модель из **MicroFe**.

Шаг за шагом



3. Кликните правой клавишей мыши на модели Monolit



4. Нажмите **ОК**.

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.

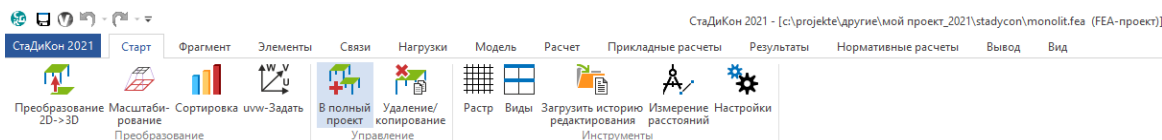
Перед генерацией для каждой вставленной позиции задается прямоугольный шаблон сетки. Задается шаг сетки по каждому направлению и угол поворота шаблона. Затем сетка автоматически генерируется с учетом заданного шаблона. Генератор сеток позволяет создавать сгущение сетки для плит в месте примыкания колонн, 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.

Шаблон сетки может быть задан и в модуле ввода общих конструкций. В этом случае параметры шаблона корректно интерпретируются в модуле **СтаДиКон**.

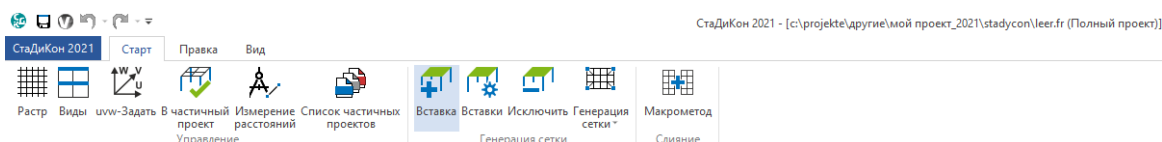
Существует единственное ограничение на работу с полным проектом - вставляемые частичные проекты должны быть одного типа: или только конечно-элементные проекты, или только POS-проекты.

1. На ленте меню в закладке **Старт** нажмите кнопку **В полный проект**. Вы перейдете в окно редактирования полного проекта.

Шаг за шагом



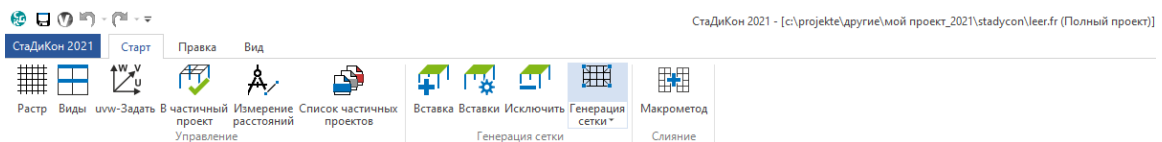
2. Чтобы добавить в полный проект имеющийся POS-проект используйте функцию **Вставка** в закладке **Старт**. В рабочем окне появится модель многоэтажного здания. При использовании данного типа вставки не запрашивается смещение и угол поворота частичного проекта – они совпадают с положением u-v-w в частичном проекте.



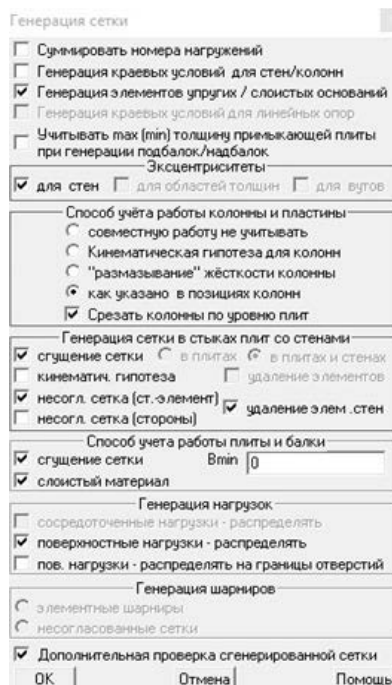
5.3 Генерация конечно-элементной сетки

1. Для начала генерации конечно-элементной сетки вызовите команду **Генерация сетки**, расположенную на ленте в зоне **Генерация сетки** закладки **Пуск**.

Шаг за шагом



2. Установите галочки так, как показано на изображении окна **Генерация сетки**. Данные параметры расчета являются, ориентированы на получение наиболее адекватной модели с учетом реальных размеров и взаимодействия элементов.
3. Подтвердите установки нажатием клавиши **ОК**.
4. При генерации сетки **Viewer** оформит отчет об ошибках и неточностях генерации сетки.



5. Далее сохраните проект с заменой. Проект имеет расширение *.fea. Нажмите **Сохранить**.

5.4 Правка конечно-элементной сетки

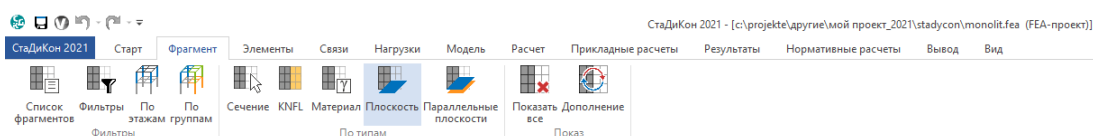
5.4.1 Визуальный контроль результатов генерации сетки

Визуальный контроль результатов генерации конечно-элементной сетки осуществляется при активной команде **Сетка/Контур**. Данная команда отключит (или включит снова) изображение конечно-элементной сетки, оставив только контуры конструкции.

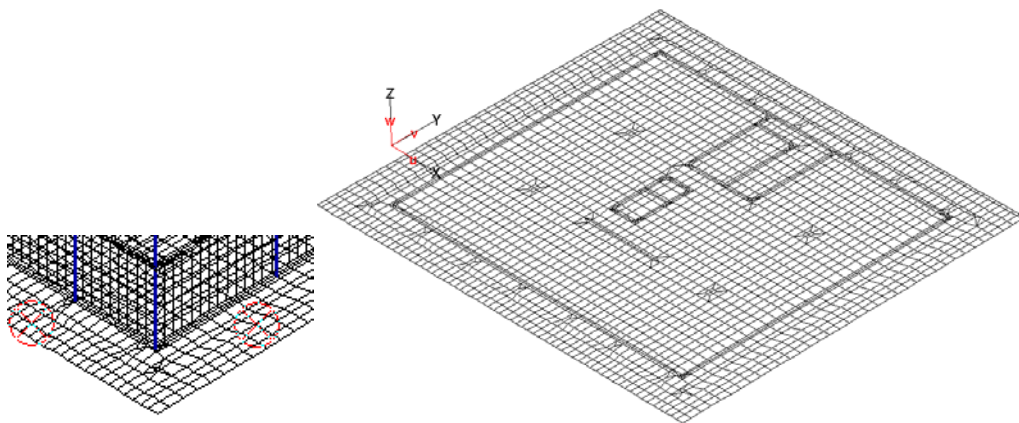
Наличие дополнительных линий на «контурной» модели здания показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке (например, отсутствие связи между элементами, наложение элементов друг на друга, неплоские пластинчатые элементы и т.п.). Чаще всего такие дефекты вызваны ошибками при вводе позиций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

Шаг за шагом

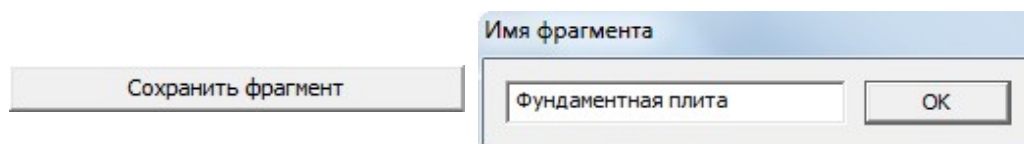
1. Проверьте правильность генерации на фундаментной плите. Для того чтобы скрыть остальные элементы здания необходимо выбрать для отображения на экране фрагмент модели - фундаментную плиту. Используйте функцию **Плоскость** в закладке **Фрагмент** ленты.




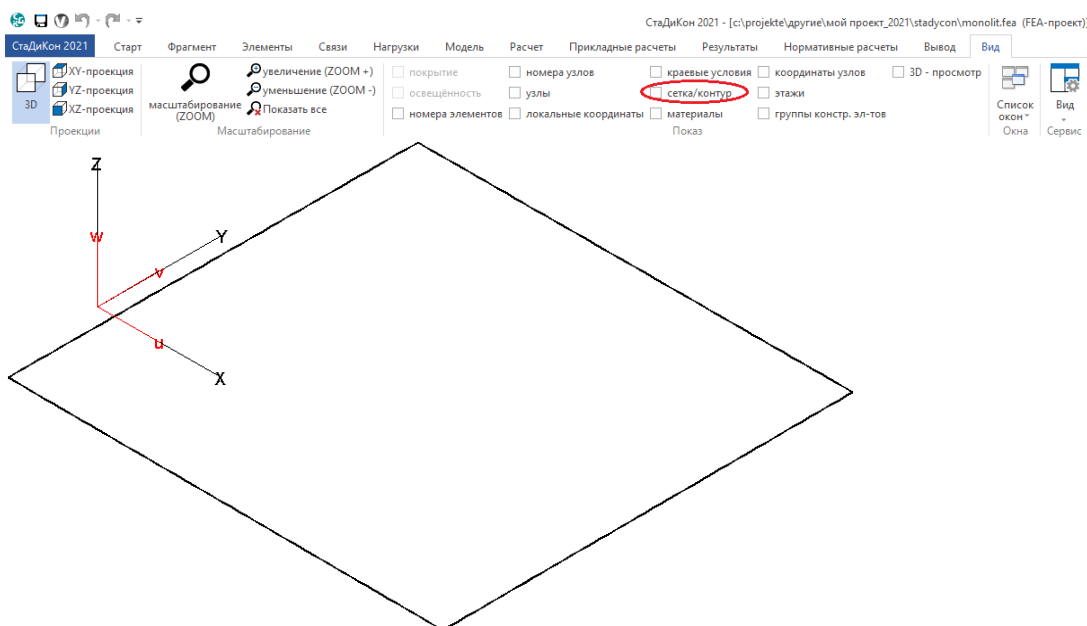
- Далее последовательно укажите три точки в плоскости фундаментной плиты, не лежащие на одной прямой для того, чтобы программа выбрала необходимую плоскость для отображения.



- Для более быстрого последующего отображения данного фрагмента сохраните его в **Список фрагментов**, щелкнув по кнопке **Сохранить фрагмент** в **Окне управления**.
- Введите имя фрагмента **Фундаментная плита**. Нажмите **ОК**.



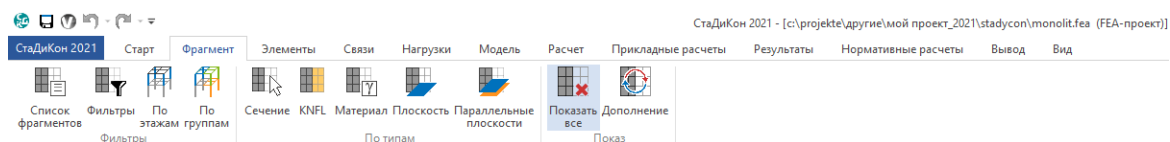
- Для активации сохраненного фрагмента в последующем кликните в диалоге **Список фрагментов** на имя необходимого фрагмента. Выйдите из режима задания фрагмента, используя кнопку  на дополнительной панели инструментов.
- Отключите опцию **Сетка/Контур** на закладке Вид ленты меню.



7. Наличие дополнительных линий на «контурной» модели плиты показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке. В данном случае «проволочная» модель плиты имеет корректный вид.



8. Для возврата к полной модели используйте функцию **Показать все** в закладке Фрагмент ленты. Установите как фрагмент перекрытие подвального этажа, используя функцию **Плоскость** аналогично фундаментной плите.

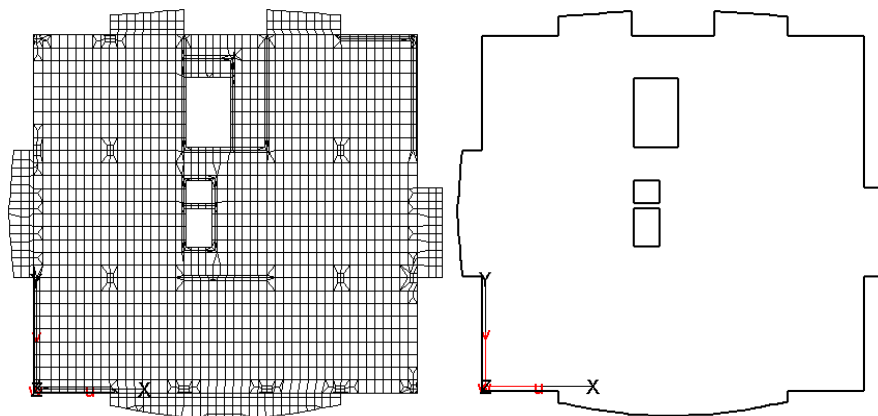


9. Установите плоскость, задав три точки принадлежащие перекрытию, и сохраните фрагмент под именем **Перекрытие подвала**.

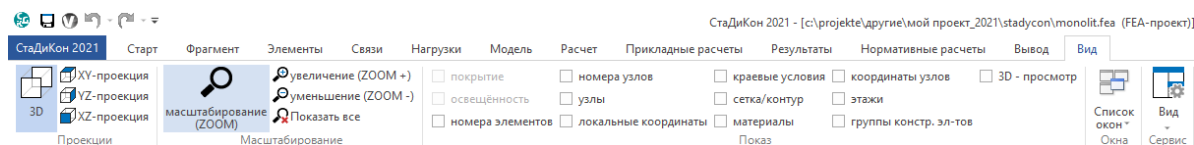
10. На перекрытии нет сгущения конечно-элементной сетки для колонн, так как в параметрах колон данного этажа Вы сняли флажок с данной опции п.4.3.3. Для подбалок мы видим сгущение сетки, так как при генерации программа преобразовала их в плоскостные элементы с специальным типом материала (слоистый).

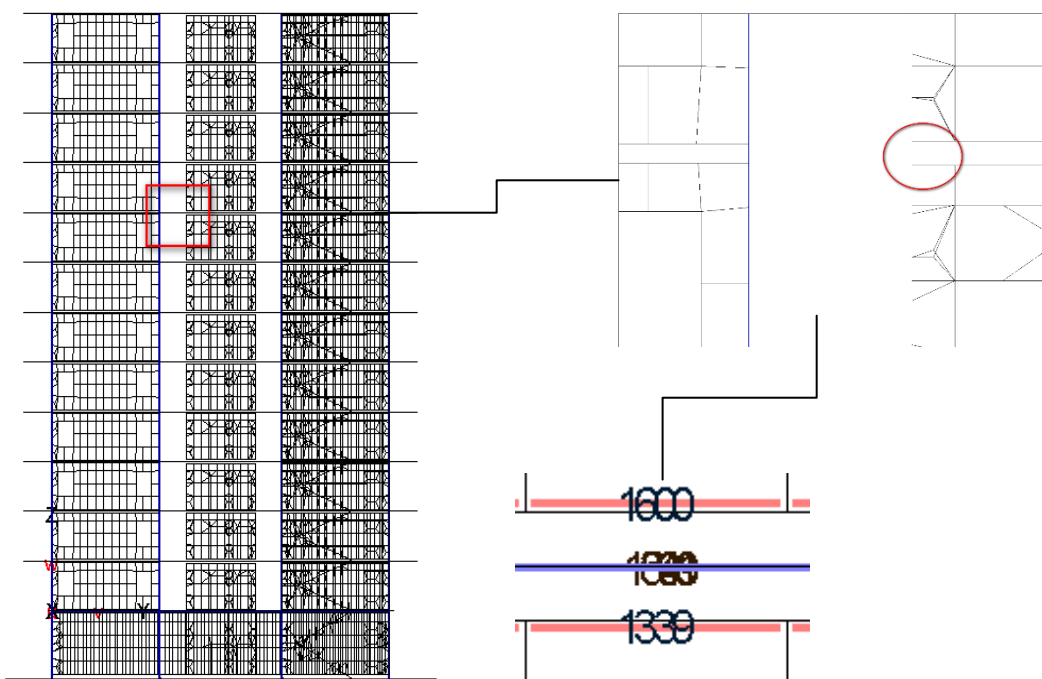
11. Проверьте «проволочную» модель на наличие дефектов.

12. Проверьте наличие сгущение сетки в местах установки колон, отсутствие дефектов генерации сетки на любом этаже и кровле здания.



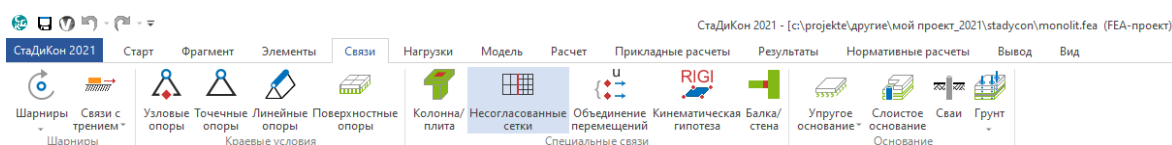
13. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую кнопку на дополнительной панели инструментов или на закладке **Вид** ленты.






14. 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: **Генерация сетки в стыках плит со стенами > Несогласованные сетки (сторона - элемент) > Удаление элементов стен.** п.5.4.

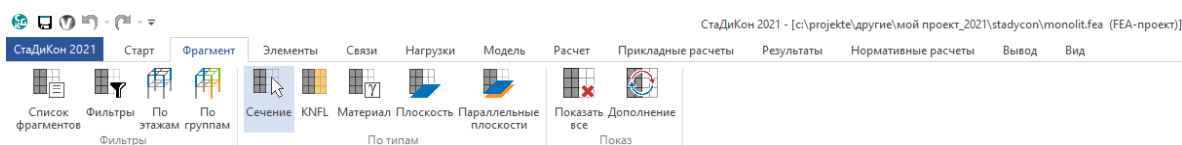
15. Вызовите команду **Несогласованные сетки**, кликнув на соответствующую кнопку в закладке **Связи** на ленте. Появившиеся номера – это порядковые номера групп элементов, в которых есть связь.




16. Проверьте корректность генерации несогласованных сеток по всему зданию.

17. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую кнопку на дополнительной панели инструментов.

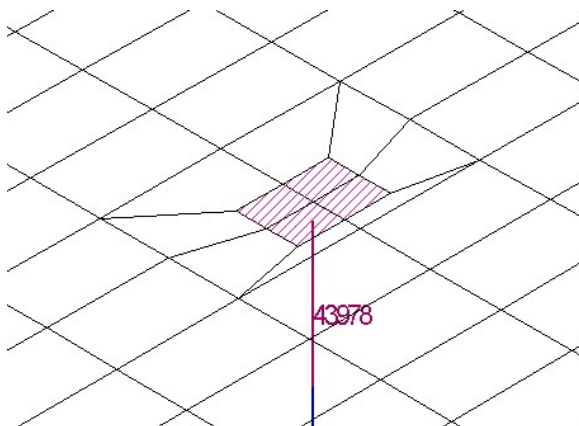
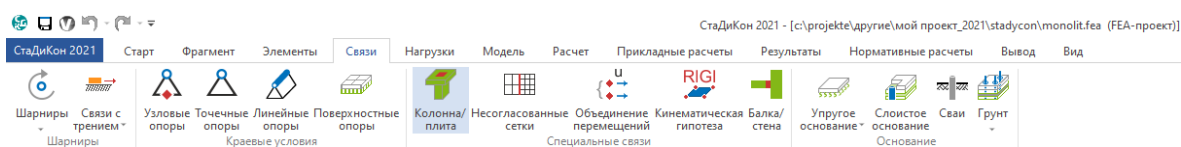
18. **Фрагмент > Сечение.** На дополнительной панели инструментов активизируйте опцию выделения **Вох** с помощью кнопки . Выделите только последний этаж здания.



19. Для завершения команды воспользуйтесь кнопкой .

20. Установите вид 3D.

21. На ленте в закладке Связи нажмите кнопку **Колонна/плита**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.



22. Заштрихованная область и номер связи на колоннах говорит о наличии связи элементов жесткости - **CLPL**.
23. 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 элемент и избежать двойного учета жесткости в стыке колонна-плита.
24. В местах сопряжения колонн и перекрытия подвального этажа связи **CLPL** отсутствуют, так как в свойствах колонн не стоит параметр **Сгущение сетки** и **Элемент жесткости**.
25. Проверьте правильность сгенерированных связей **CLPL**.

5.4.2 Проверка правильности расстановки эксцентриситетов

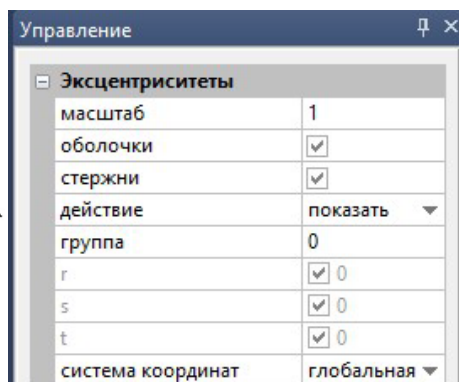
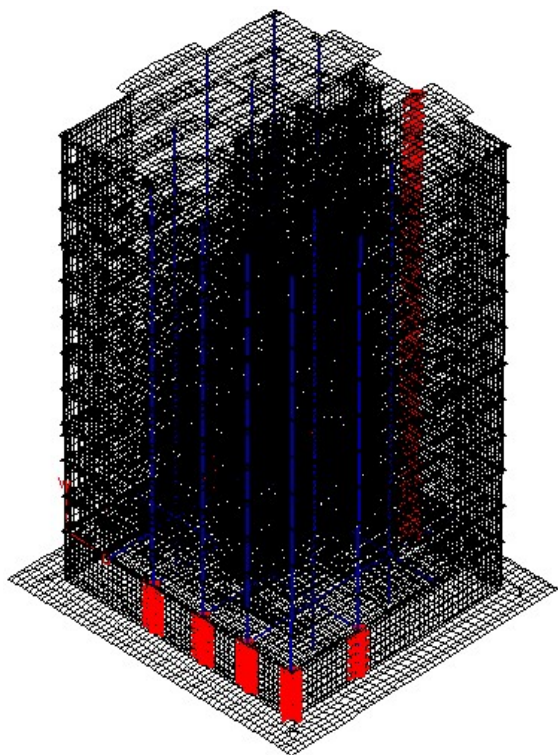
Несмотря на то, что при генерации конечно-элементной сетки мы включили в параметрах генерации опцию автоматической расстановки эксцентриситетов для стен, в результате генерации необходимо проверить правильность их расстановки.

1. Вызовите команду **Элементы > Эксцентриситеты**.



2. В окне **Управление** проследите, чтобы были отмечены направления, виды элементов и выбрано действие - **просмотр**.
3. Номер группы укажите равным 0, что соответствует выбору всех имеющихся в проекте групп эксцентриситетов. В рабочем окне включится отображение всех введенных эксцентриситетов.

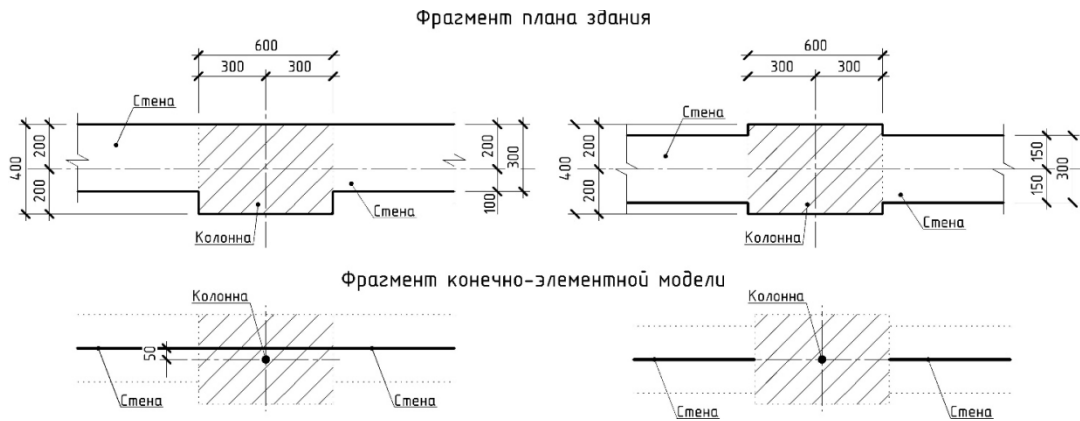
Шаг за шагом



4. Проверьте правильность расстановки эксцентриситетов, последовательно переключая группы нажатием на кнопки, расположенные в строке **Группа**. Значения эксцентриситетов при этом будут отображаться в **Окне управления** в строке направления, а соответствующая группа выделяться в рабочем окне.
5. При наличии ошибок выйдите в режим редактирования эксцентриситетов, выбрав действие **здать**.
6. В строке **группа** выберите группу, которую хотите отредактировать.
7. Укажите направление действия эксцентриситета, систему координат для выбора направления и тип элементов, для которых задается эксцентриситет, включив соответствующие переключатели.
8. Кликните левой кнопкой мыши в строке направления и измените значение эксцентриситета.
9. 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 координационных 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.

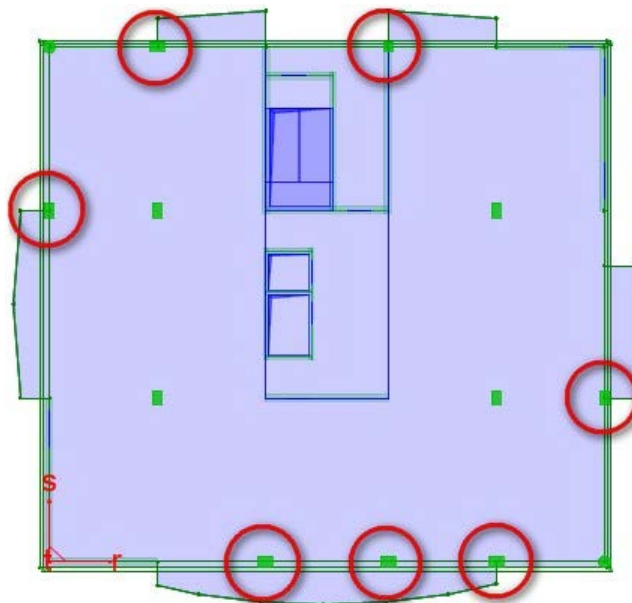
В случае же когда колонны и стены «привязаны» к координационным осям центрально, то ввод позиций и генерация элементов происходит корректно без задания дополнительных параметров.

Для моделирования такого рода связи можно использовать несколько разных вариантов. Мы в данном случае рассмотрим один из них.

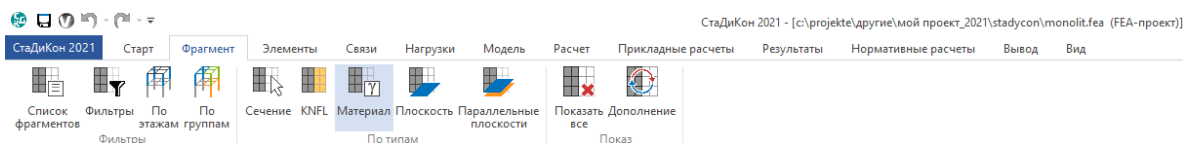
Для того чтобы была связь узлов стены и колонны, и генерация сетки в первом случае происходила корректно, необходимо проделать некоторые операции.

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 согласованно (в зависимости от реального положения элементов).

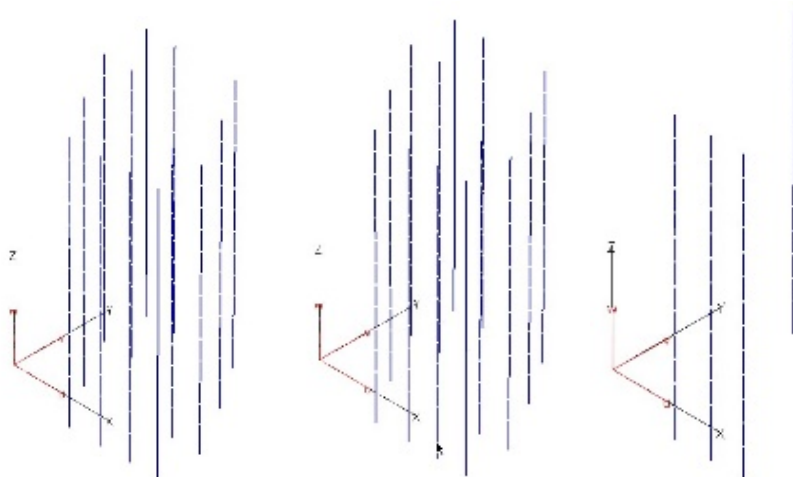
Задайте эксцентриситеты для следующих колонн.



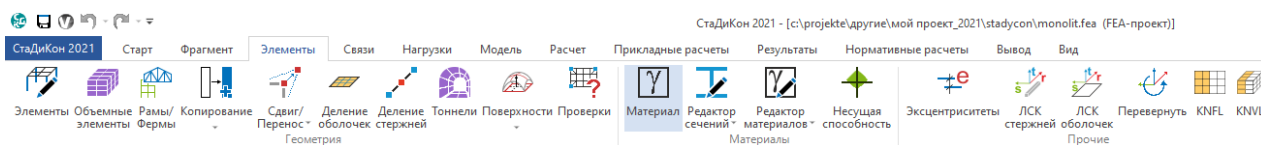
1. Перейдите по меню **Фрагмент > Сечение** выберите на дополнительной панели инструментов вариант **Установить балки**.
2. Воспользуйтесь кнопкой **Материал** для перехода к выбору колонн.



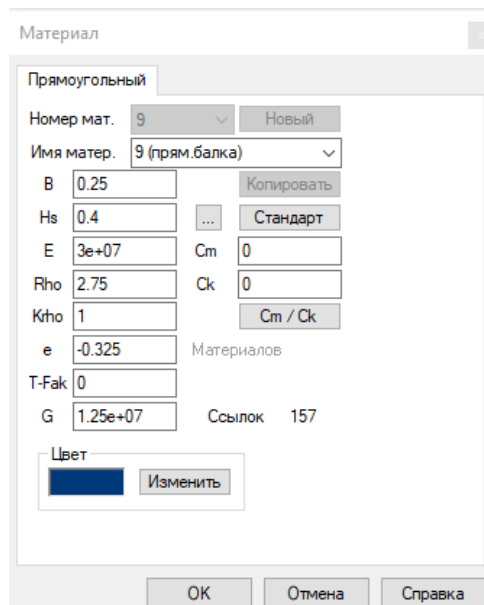
3. Кликните по необходимой колонне для фильтрации их по материалу.



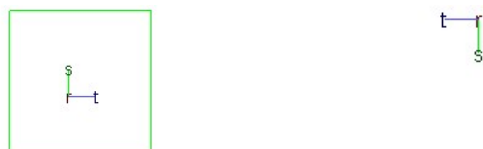
4. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.
5. Отобразите локальные координаты элементов, активировав соответствующую опцию на закладке **Вид**.
6. Установите вид сверху, кликнув на кнопку **XY-проекция** в закладке **Вид** ленты или на дополнительной панели инструментов.
7. Перейдите к функции **Элементы > Материал**.



8. В окне управления выберите тип материала **Прямоугольный**.
9. Кликните по кнопке **Новый**.
10. Установите необходимые значения в поля ввода. Значение эксцентриситета задается только вдоль оси **S**.



11. Подтвердите параметры, нажав **ОК**.
12. Активируйте опцию ввода **Вох** и выделите элементы.
13. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.
14. Необходимо повернуть оси. Перейдите по вкладкам **Элементы** > **Редактировать ЛСК стержни**, в окне управления установите галочку возле параметра **г - поворот**.
15. Рядом появится значение 0, задайте значения угла поворота, на который необходимо повернуть элемент. 180 градусов.
16. Выделите необходимые элементы.

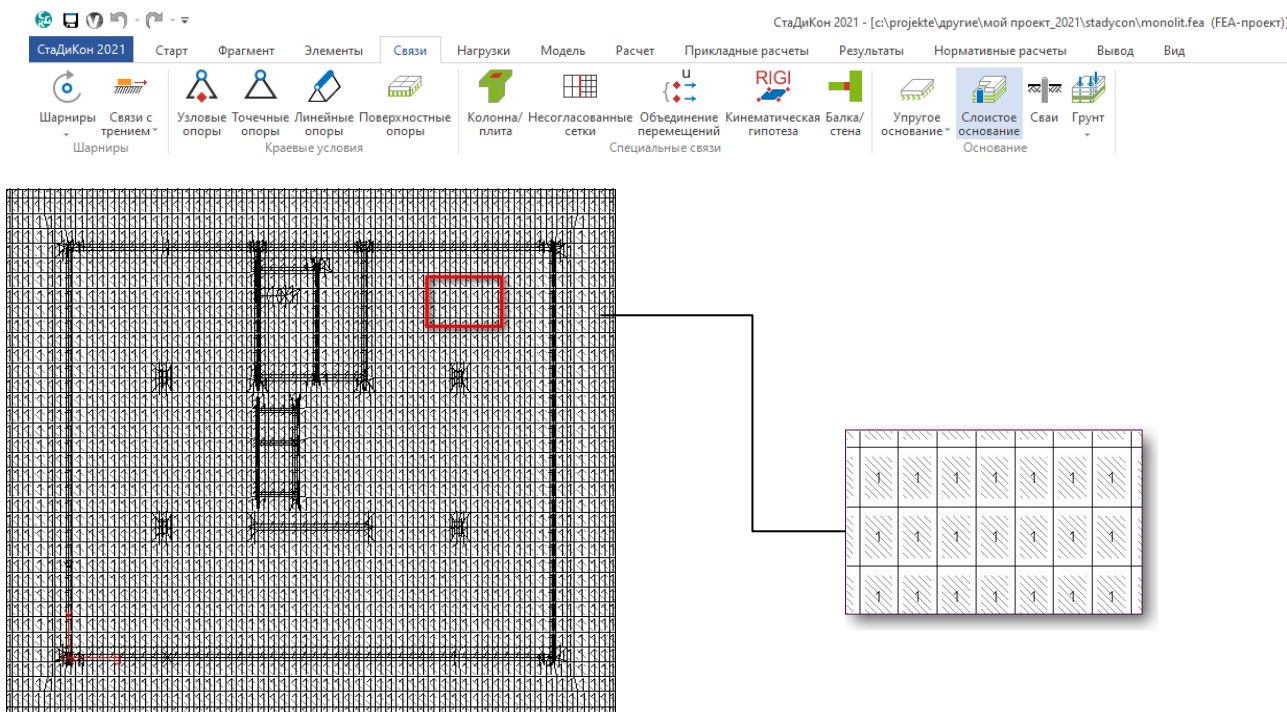


17. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов, используя кнопку **Домой**.
18. Аккуратно проделайте операции с остальными колоннами, в которых необходимо задать эксцентриситет.

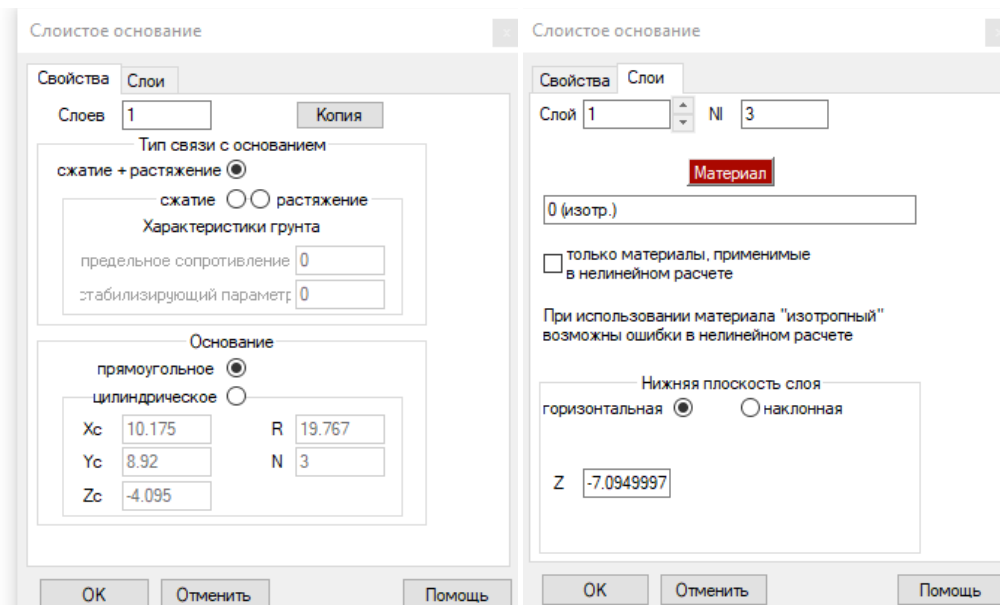
5.4.4 Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты

Шаг за шагом

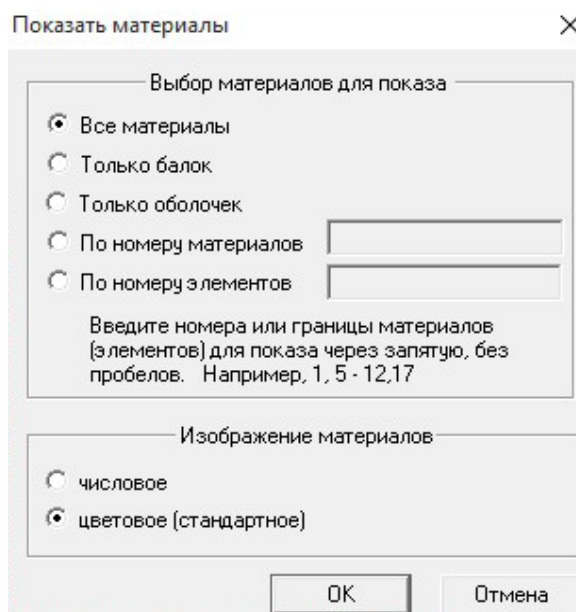
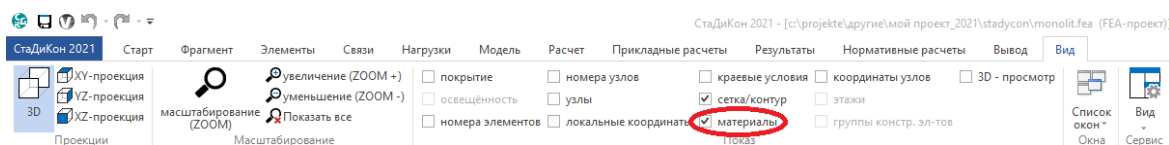
1. Сделайте видимым ранее созданный фрагмент Фундаментная плита (см. п.5.5.1).
2. В ленте меню команду **Связи > Слоистое основание**. В рабочем окне на элементах основания отобразится слоистое основание в виде цветовой заливки. Кликните параметр Подписи в окне управления для показа номера присвоенного слоистого основания.



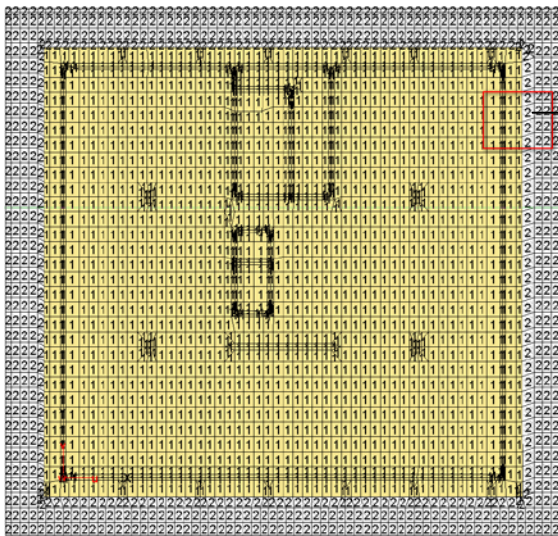
3. Просмотреть свойства слоистого основания можно кликнув левой кнопкой мыши в Информационном окне.
4. Поскольку по заданию под фундаментной плитой и за ее пределами основание имеет разные свойства, то необходимо создать новое основание с измененными характеристиками. Для этого в окне **Переключатели** нажмите на кнопку **Новое основание**.
5. В появившемся окне укажите свойства основания соответствующего той его части, которая находится за пределами фундаментной плиты.



6. Чтобы проще найти законтурные элементы основания включите цветное отображение материалов. На ленте меню в закладке **Вид** установите опцию **Материалы** и в появившемся окне установите переключатели на все материалы и цветное отображение.



7. Последовательно выделите все элементы основания за контуром фундаментной плиты при активной функции **Вох**.



| | | | | | | | |
|---|-----|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1 | 1 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |

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

Советы & рекомендации

5.4.5 Выполнение проверочного статического расчета

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

1. Нажмите на кнопку **Расчет** на закладке для вызова диалога **Выбор типа расчета**.

Шаг за шагом



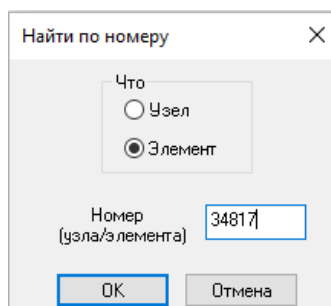
2. Оставьте все параметры по умолчанию и нажмите **ОК**.
3. Начнется расчет. Параллельно во **Viewer** будет происходить формирование протокола расчета, содержащего замечания, информацию об объемах данных и т.п.
4. Если в модели есть грубые ошибки, то расчет будет автоматически прерван и в отчете будет дана 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 (сопряжения 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.

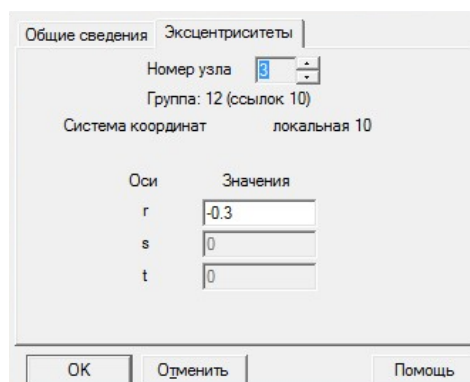
5.4.6 Редактирование конечно-элементной сетки

Шаг за шагом

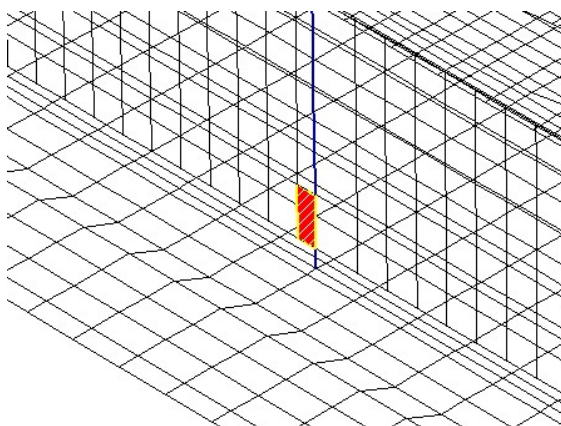
1. Откройте FEA-проект многоэтажного здания.
2. В рабочем окне кликните правой клавишей мыши и в появившемся меню выберите команду **Элемент > Найти элемент**.
3. В появившемся диалоговом окне укажите номер элемента, вызвавшего ошибку при расчете.



4. В рабочем окне у Вас выделится искомый элемент и появится окно с его свойствами.
5. Обратите внимание, что в элементе заданы эксцентриситеты. Перейдите во вкладку **Эксцентриситеты** и просмотрите значения эксцентриситетов, изменяя номер узла.

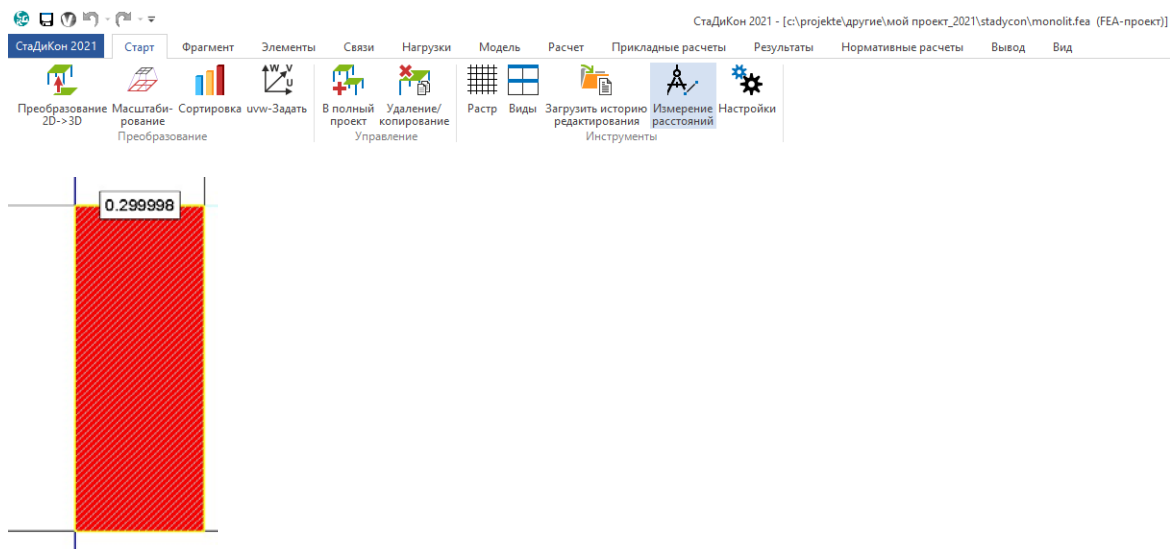


6. Нажмите на кнопку **ОК**.
7. Посмотрите, где находится данный элемент в каркасе здания.

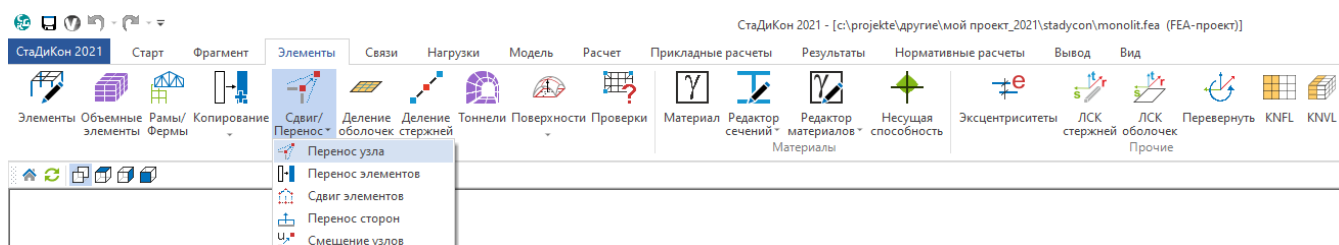


8. Сделайте видимой только плоскость стены, которой принадлежит данный элемент (см. п. 5.5.1).

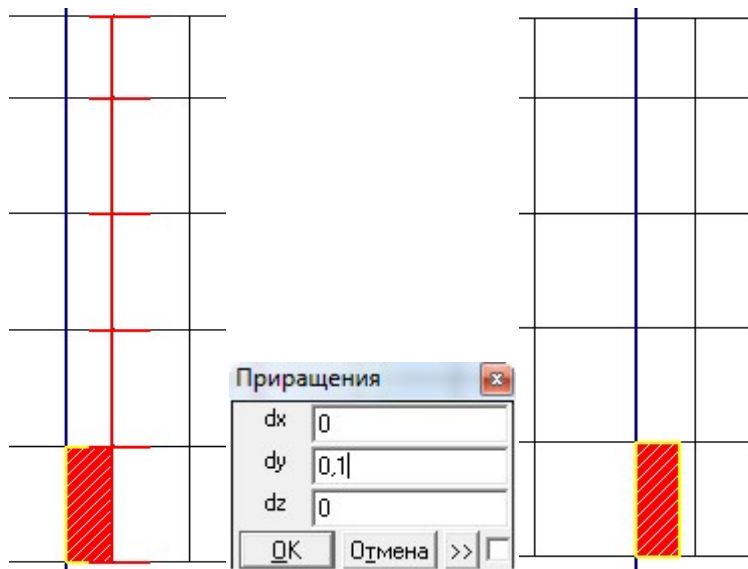
9. Установите для модели вид спереди, кликнув по иконке **XZ-проекция** в закладке **Старт** ленты меню.
10. Измерьте длину элемента. Для этого вызовите команду **Измерение расстояний** в закладке **Старт**, кликнув по соответствующей иконке, и укажите две угловые точки элемента.



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. В ленте меню вызовите команду **Элементы > Сдвиг/Перенос > перенос узла**.



15. В верхней панели инструментов сделайте активной опцию ввода **Box**
16. Выделите рамкой узлы, которые необходимо переместить.



Для завершения выделения кликните правой клавишей мыши в рабочем окне.

17. Укажите начальную точку, кликнув по ней левой клавишей мыши.
18. В верхней панели инструментов кликните на иконке **Запрос смещения в декартовой системе координат**.
19. Кликните по начальной точке и в появившемся окне укажите значение смещения.
20. 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, следуя указаниям п.5.5.5.

5.5 Оценка погрешности

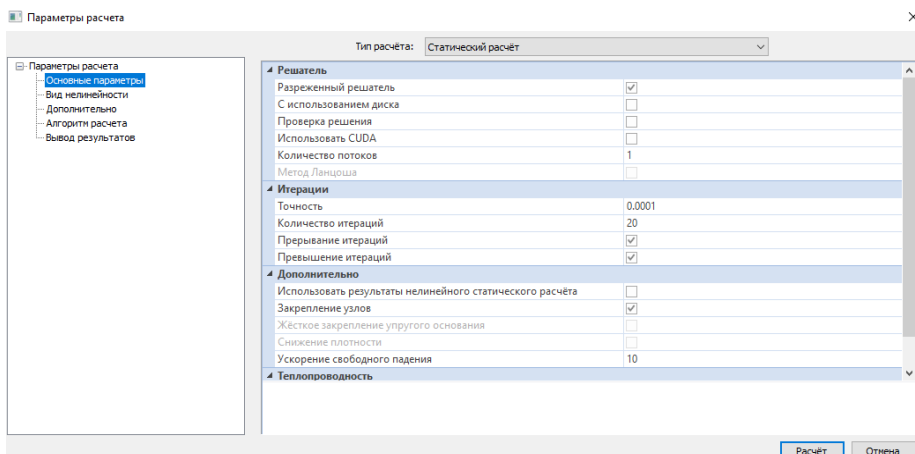
В ходе выполнения любого расчета по методу конечных элементов необходимо контролировать достаточно ли принятых размеров ячейки сетки и оценивать возникающие при расчете погрешности.

В СтаДиКон оценку погрешностей можно выполнить в ходе статического расчета.

1. Вызовите команду меню **Расчет** в закладке **Расчет** на ленте меню.
2. Выберите вид расчета **Статический** и перейдите в окно **Стандарты**.
3. Укажите для оценки погрешности **Критерий 1**. 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.

4. Запустите расчет.

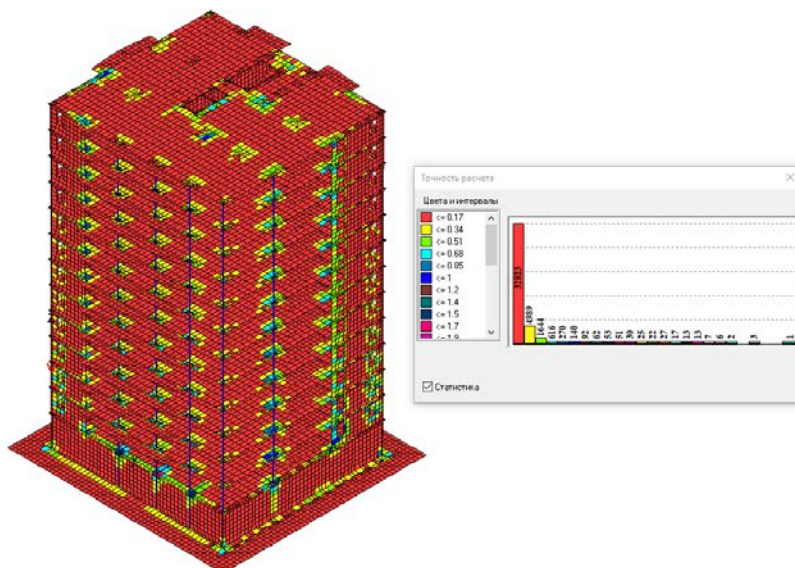


5. По окончании расчета откройте FEA-проект.

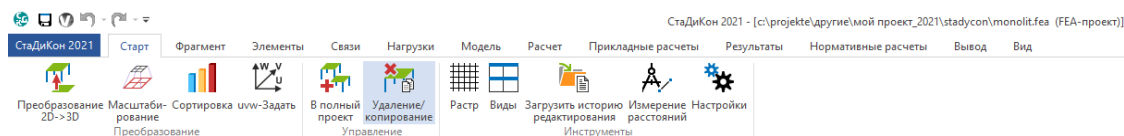
6. Вызовите команду **Результаты > Ошибки** на ленте меню в зоне **Специальные**.



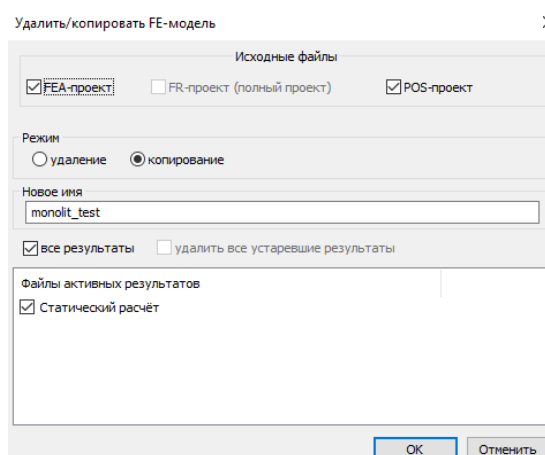
7. В рабочем окне отобразится цветовая индикация погрешностей определенных по критерию 1. При этом элементы с наименьшей ошибкой будут покрашены красным цветом, а элементы с наибольшей ошибкой – зеленым. Соответствие цветов значениям погрешностей приведено в окне **Точность расчета**. Можно просмотреть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



8. Обратите внимание, 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.
9. 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**.



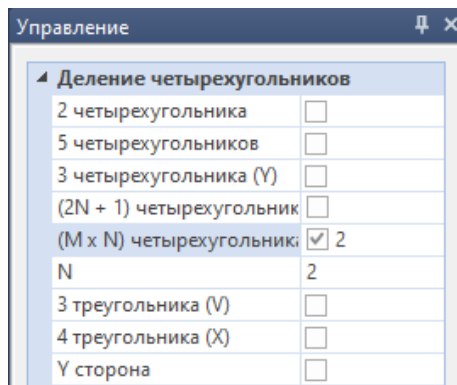
10. В появившемся диалоговом окне задайте параметры копирования проекта. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.



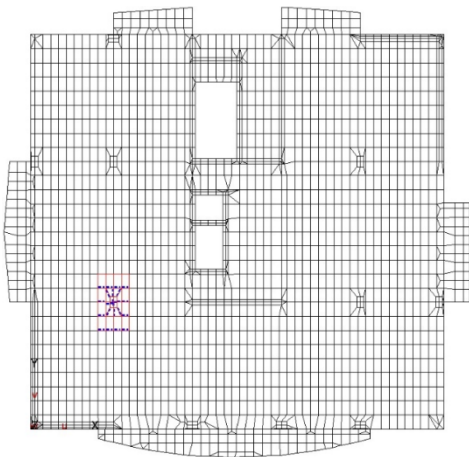
11. Перейдите в окно **ProjektManager** и загрузите скопированный проект monolit_test.fea.
12. Сделайте видимой только плоскость верхнего перекрытия (см. п.5.5.1).
13. Вызовите команду **Элементы > Деление оболочек**, на дополнительной панели инструментов **Произвольное**.



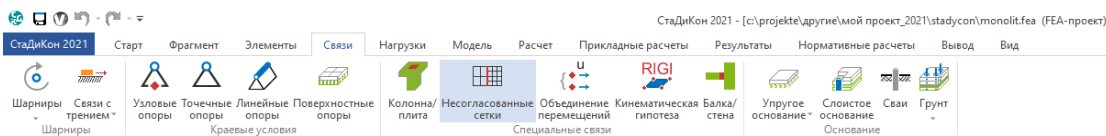
14. В окне управления укажите тип деления **Деление (MxN) четырехугольника (#)**.
15. Укажите число разбиений по первой стороне 2. В следующей строке **M** укажите деление по второй стороне.



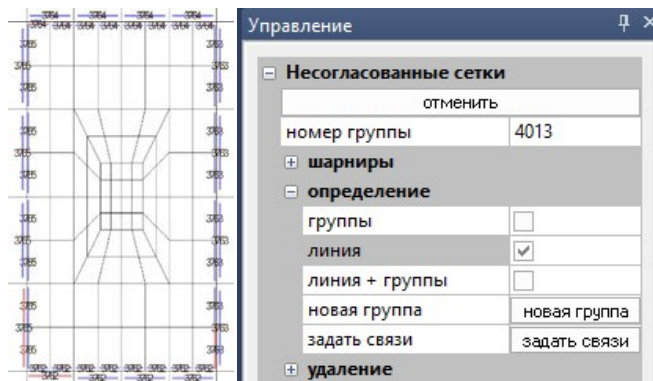
16. Сделайте активной опцию ввода **Вох** и выделите элементы перекрытия, примыкающие к колонне. Подтвердите выделение, кликнув правой клавишей мыши в области рабочего окна.



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



18. В окне **Управление** установите тип ввода **Линия** в группе **Определение**.
19. 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**.



20. Повторно запустите статический расчет с теми же параметрами, с которыми он выполнялся и до редактирования сетки.

21. По окончании расчета откройте FEA-проект.

Err Ошибки

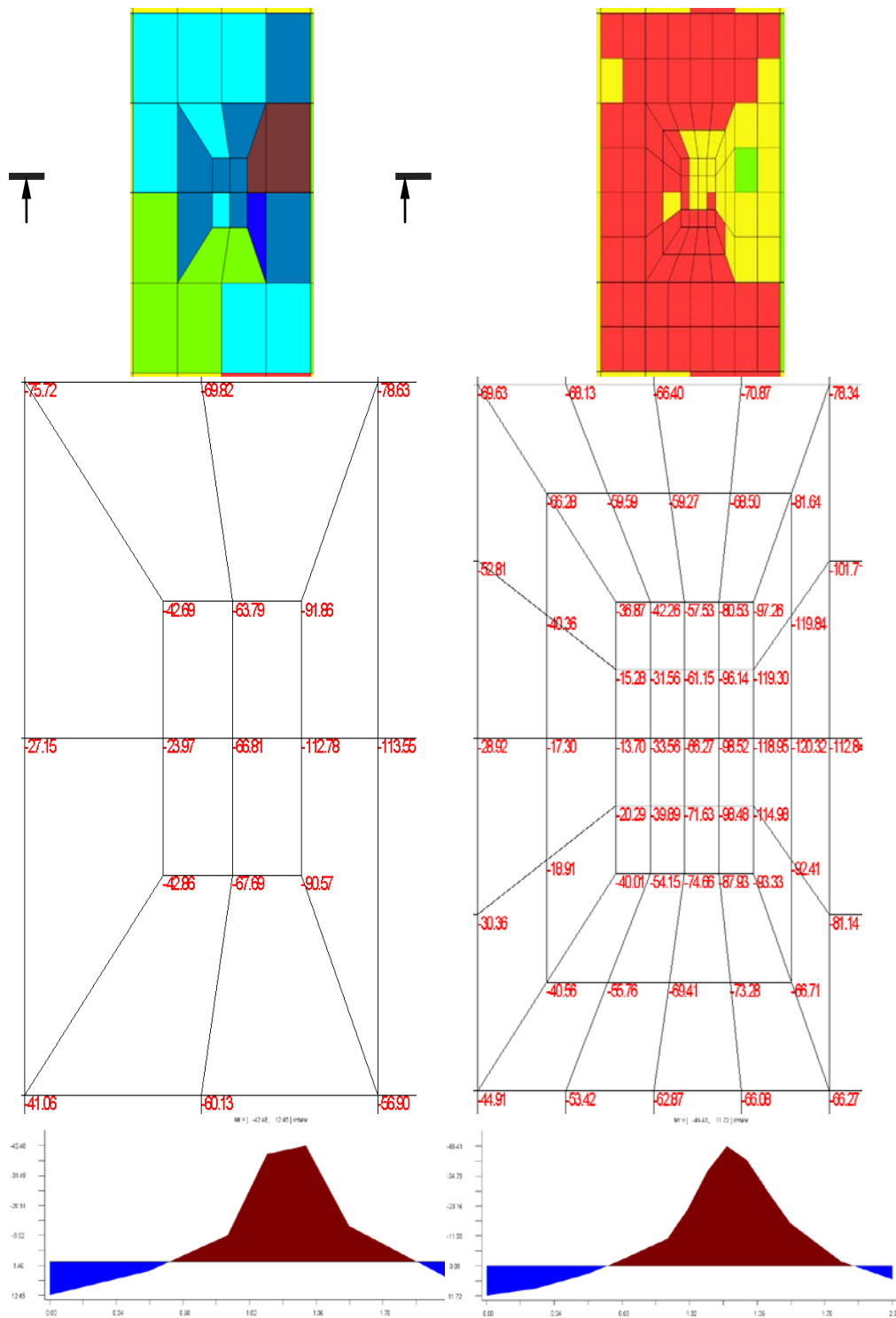
22. Вызовите команду **Результаты > Ошибки**.

23. Сравните результаты расчета погрешностей по первому и второму варианту. Как видно при включении цветовой индикации точности расчета, погрешность при расчете данных элементов снизилась.

24. Включите отображение усилий в элементах. Для этого вызовите команду **Результаты > Усилия в оболочках**.



25. В окне **Управление** выберите отображаемые усилия **Mr**, вид отображения – **значения**.



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

27. В дополнительной панели инструментов сделайте активной опцию **Сечение по линии через 2 точки**, кликнув по соответствующей иконке.

2

28. В окне **Управление** в группе **Свойства сечения** в строке 2 точки выберите **отрезок**.

29. Укажите начальную и конечную точки отрезка, по которому будет построено сечение.

30. Сравните значения усилий, полученных до и после сгущения сетки. Как видно 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.

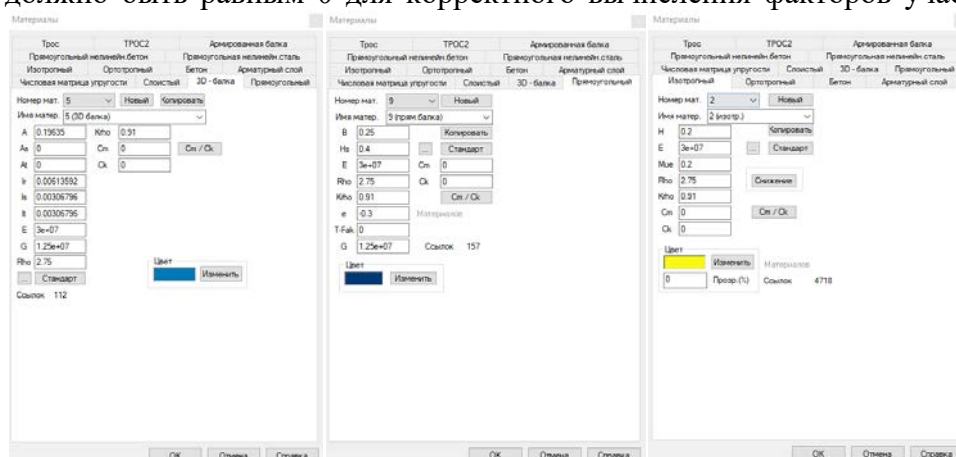
Во-первых, необходимо изменить свойства материалов, задав множитель для плотности при переводе собственного веса в массу. При создании позиционной модели Вы указывали расчетные значения плотности материала. Расчет собственных форм и частот колебаний должен выполняться от нормативных значений инерционных 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 кнопку **Редактирование**.
2. Измените значение коэффициента **Krho** с 1 на 0,91, переключая номера материалов во вкладках **3D – балка**, **Прямоугольный**, **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 равным 0 для корректного вычисления факторов участия



3. Завершите изменения, нажав **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 Стандартах расчета.

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 нагрузжений в комбинации приведены в таблице.

| № нагружения | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|----|
| Коэффициент | 0.093 | 0.085 | 0.085 | 0.078 | 0.078 | 0.071 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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

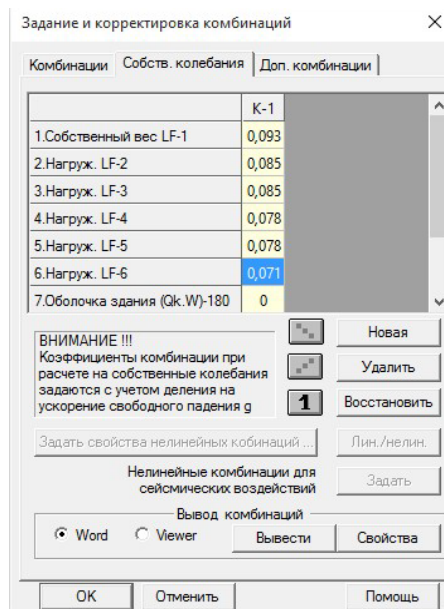
Шаг за шагом



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

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

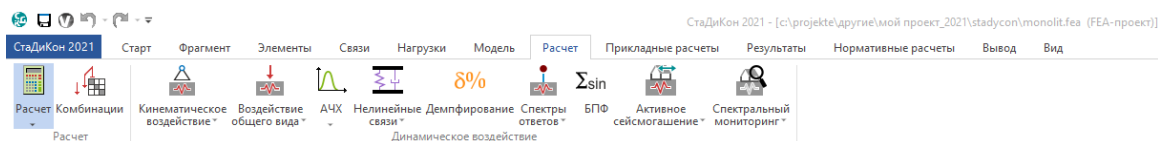
4. В появившемся столбце последовательно введите коэффициенты для нагрузжений, которые будут учтены как массы.



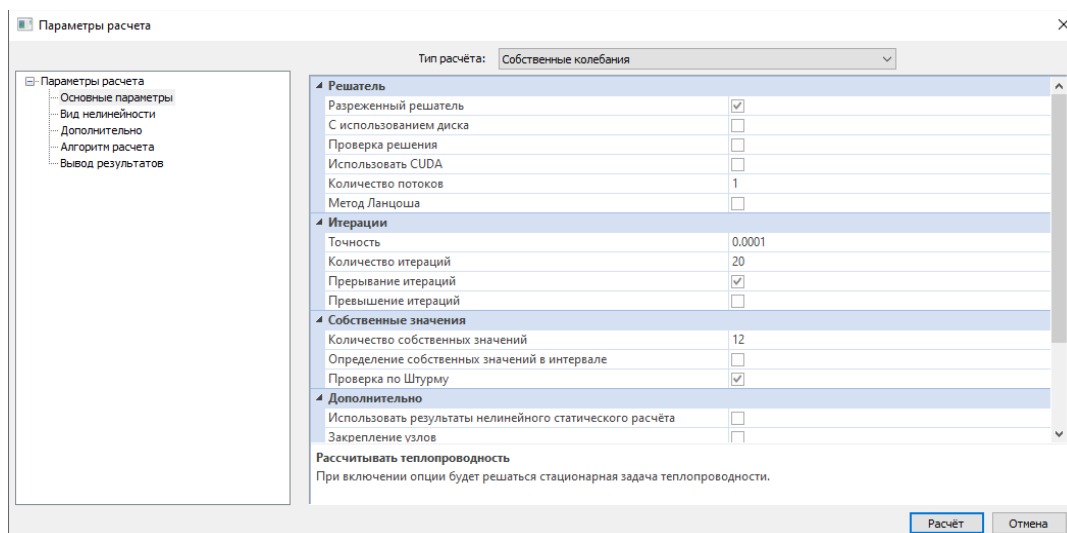
5. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

5.7 Расчет форм собственных колебаний

1. Нажмите на кнопку **Расчет** на закладке **Расчет** ленты меню для вызова диалога **Выбор типа расчета**.



2. Укажите вид расчета **Собственные колебания**.
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. В поле **Элементы** задан тип используемых при расчете конечных элементов.
6. Опция **Жесткое закрепление упругого основания** позволяет для данного вида расчетов осуществить автоматическое защемление расчетной схемы в уровне фундаментной плиты.
7. Опция **Снижение плотности для расчетов собственных колебаний** включает в вычисление масс от собственного веса множитель **Krho**.
8. 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.
9. Аналогично опции **Согласованные массы**. Если опция отключена, то создается только диагональная матрица масс. Активируйте данную опцию.



10. **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.

11. **Количество нитей расчета** – эта функция позволяет задействовать при расчете максимум возможностей вашего компьютера. Для ускорения процесса расчета установите **Количество нитей расчета** равным количеству ядер вашего компьютера. Если установлено значение 0, то число нитей автоматически определяется по числу процессоров (ядер). Узнать о количестве ядер можно в свойствах компьютера либо в сервисной книжке.

12. Для начала расчета нажмите **ОК**. Расчет может занять несколько минут в зависимости от характеристик вашего компьютера.

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 проделайте следующие действия:

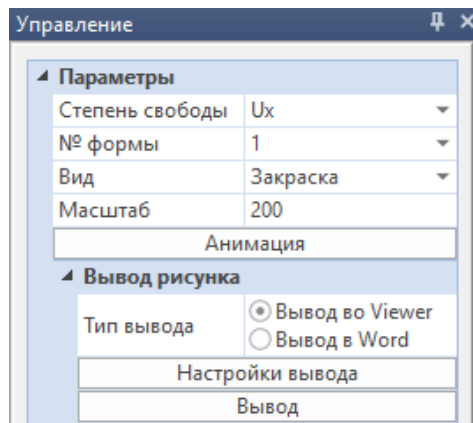
1. Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.



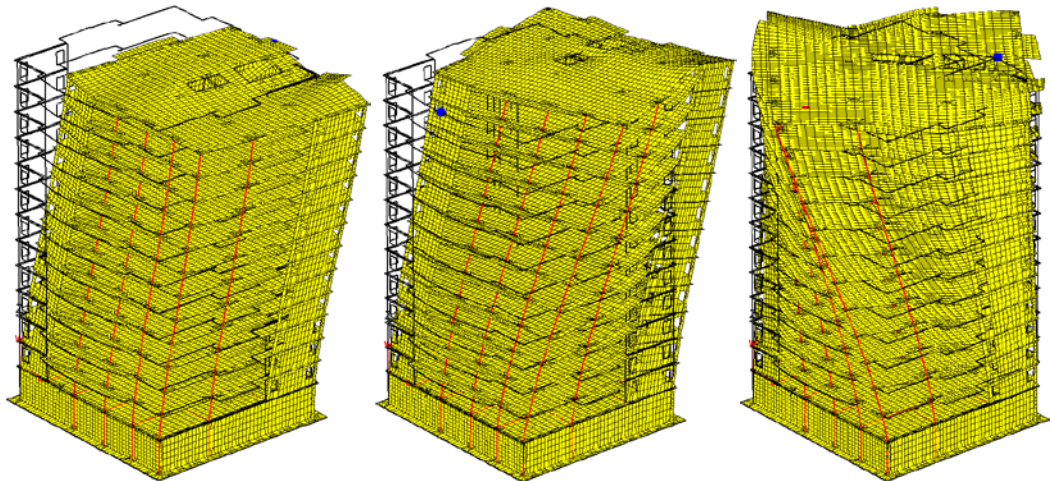
2. Установите опции в окне **Управление** в режим просмотра деформированной схемы.

3. Установите коэффициент отображения 200.

Шаг за шагом



4. Переключайте линейку **№ формы** для просмотра других деформированных схем модели по соответствующей форме. Переключение возможно не только выбором. Но и по двойному клику на **№ формы**.
5. Просмотрим первые три формы колебаний.



Советы & рекомендации

- 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.

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

Советы & рекомендации

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

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

а также соотношения собственных частот и высоты сооружения

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

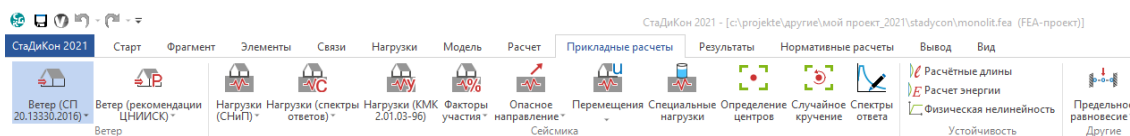
5.9 Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Определение пульсационной составляющей производится согласно СП 20.13330.2016.

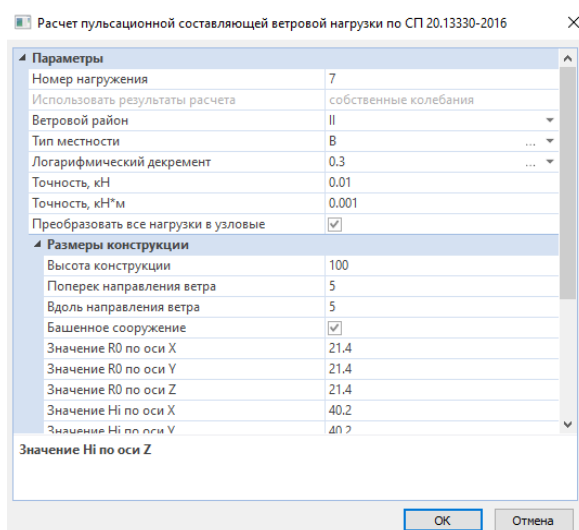
Определите пульсационную составляющую ветровой нагрузки, действующей по направлению оси **Y**.

1. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Ветер (СНиП)**.

Шаг за шагом



2. В появившемся диалоге укажите необходимые параметры согласно заданию.

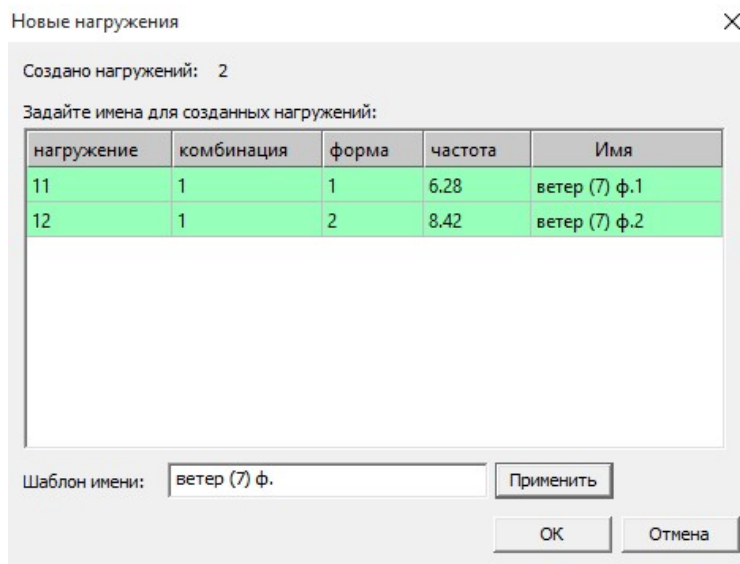


- ❑ Особенности задания параметров таковы, что при решении пространственной задачи значения **R₀** по осям **X**, **Y** и **Z** определяют направление нормали потока ветра, значение которой равно размеру здания в перпендикулярном направлении потоку ветра (Если направление ветра параллельно оси **Y**, 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.

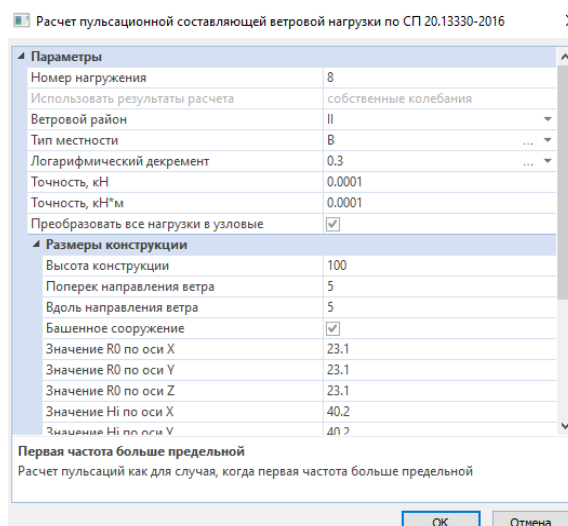
Советы & рекомендации

3. Выберите ветровой район II.
4. Во вкладке дополнительные условия укажите данные для расчета **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, $45478 \text{шт} \cdot 0,001 \text{кН} = 45.478 \text{кН}$ 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 данная опция не обязательна.
7. Нажмите кнопку **Расчет**. После выполнения расчета появится диалог задания информации о сформированных нагружениях. Добавьте в шаблон имени информацию о номере статического ветра. Нажмите **Применить**.

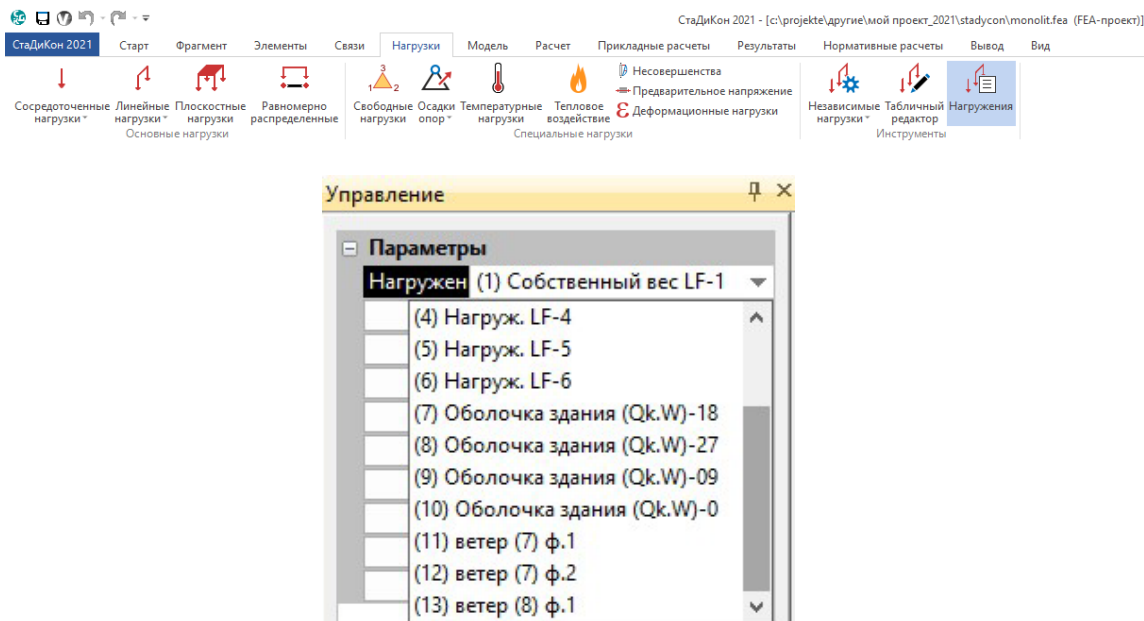


8. Заметьте, что теперь нагружений стало 12. Это связано с тем, что при расчете для каждой учитываемой формы колебаний формируются нагружения, в дальнейшем для определения полной пульсации они будут складываться по СНИП в момент формирования РСУ или комбинаций. Но если по указанной форме получены нулевые нагрузки, то она не формируется. То есть при расчете пульсационной составляющей для ветровой нагрузки по отрицательному направлению оси **X** (нагружение 7) образуются нагружения 11 и 12.
9. Определите пульсационную составляющую ветровой нагрузки, действующей по направлению оси **Y**.



10. Нажмите кнопку **Расчет**.

11. После окончания расчета вызовите команду **Нагрузки > Нагружения**, в окне управления раскройте список нагружений.



12. При расчете пульсационной составляющей для ветровой нагрузки по оси **X** (нагружение 8) образуется нагружение 13.

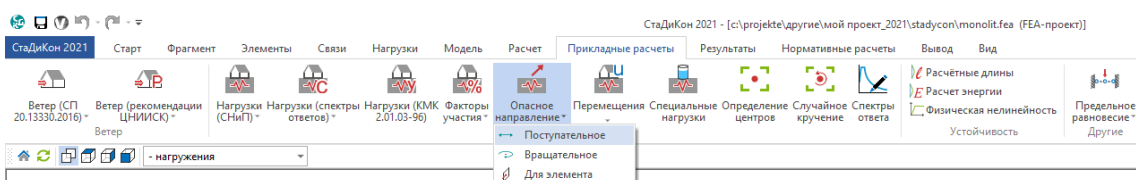
5.10 Определение сейсмических нагрузок

5.10.1 Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействия

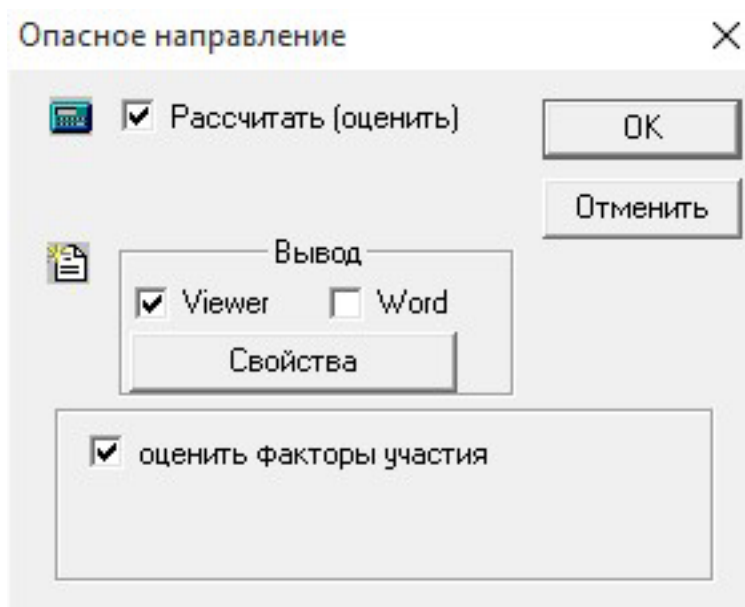
При расчете на сейсмическое воздействие следует помнить, что во многих районах направление воздействия равновероятно. Поэтому необходимо определить некие расчетные направления воздействия. Будем рассматривать три наиболее неблагоприятных направления поступательного сейсмического воздействия – два направления, 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.

1. Вызовите команду **Опасное направление > Поступательное** в ленте в закладке **Прикладные расчеты** в зоне **Сеймика**.

Шаг за шагом



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



- Запустите расчет нажатием 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:

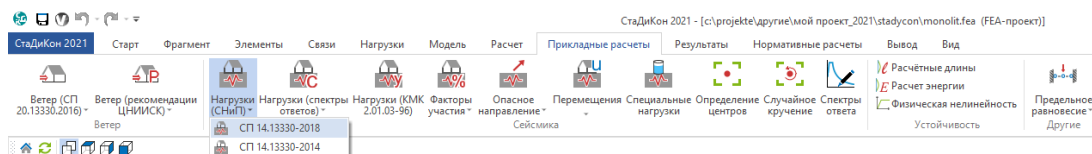
| № направления | № формы | OX | OY | OZ |
|---------------|----------|--------|--------|--------|
| 1 | Форма 1 | 0.998 | 0.056 | -0.006 |
| 2 | Форма 2 | -0.131 | 0.991 | 0.019 |
| 3 | Форма 3 | 0.030 | 0.999 | 0.009 |
| 4 | Форма 4 | 0.996 | 0.074 | 0.040 |
| 5 | Форма 5 | -0.053 | 0.418 | -0.907 |
| 6 | Форма 6 | -0.194 | 0.289 | 0.937 |
| 7 | Форма 7 | 0.000 | 0.323 | 0.947 |
| 8 | Форма 8 | 0.108 | -0.938 | 0.329 |
| 9 | Форма 9 | -0.044 | 0.441 | 0.896 |
| 10 | Форма 10 | 0.039 | -0.128 | -0.991 |
| 11 | Форма 11 | -0.070 | 0.200 | 0.977 |
| 12 | Форма 12 | -0.433 | 0.123 | 0.893 |

Факторы участия:

| Номер направления | Номер формы | Период [сек] | Фактор участия [%] |
|-------------------|-------------|--------------|--------------------|
| 1 | 1 | 1.0010 | 66.13 |
| | 2 | 0.7460 | 0.16 |
| | 3 | 0.6520 | 0.28 |
| | 4 | 0.2570 | 15.49 |
| | 5 | 0.1920 | 0.01 |
| | 6 | 0.1850 | 0.20 |
| | 7 | 0.1810 | 0.00 |
| | 8 | 0.1700 | 0.04 |
| | 9 | 0.1580 | 0.00 |
| | 10 | 0.1440 | 0.01 |
| | 11 | 0.1410 | 0.01 |
| | 12 | 0.1320 | 0.12 |
| | | | Сумма = 82.45 |
| 2 | 1 | 1.0010 | 0.38 |
| | 2 | 0.7460 | 28.91 |
| | 3 | 0.6520 | 36.11 |
| | 4 | 0.2570 | 0.05 |
| | 5 | 0.1920 | 2.65 |
| | 6 | 0.1850 | 0.64 |
| | 7 | 0.1810 | 2.09 |
| | 8 | 0.1700 | 11.43 |
| | 9 | 0.1580 | 0.69 |
| | 10 | 0.1440 | 0.15 |
| | 11 | 0.1410 | 0.11 |
| | 12 | 0.1320 | 0.03 |
| | | | Сумма = 83.24 |
| bad_dir | 1 | 1.0010 | 0.98 |
| | 2 | 0.7460 | 27.79 |
| | 3 | 0.6520 | 37.03 |
| | 4 | 0.2570 | 0.31 |
| | 5 | 0.1920 | 2.61 |
| | 6 | 0.1850 | 0.49 |
| | 7 | 0.1810 | 2.06 |
| | 8 | 0.1700 | 11.11 |

| Номер направления | Номер формы | Период [сек] | Фактор участия [%] |
|-------------------|-------------|--------------|--------------------|
| | 9 | 0.1580 | 0.66 |
| | 10 | 0.1440 | 0.13 |
| | 11 | 0.1410 | 0.09 |
| | 12 | 0.1320 | 0.01 |
| | | | Сумма = 83.27 |

5. 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 форме. Поэтому в качестве расчетных направлений выберем направления воздействия, наиболее опасные для 1 и 2 формы колебаний.
6. Вызовите команду **Прикладные расчеты > Нагрузки (СНиП)**. Можно выбрать по какому СП будет выполнен расчет.



7. В появившемся диалоговом окне укажите **Сейсмичность площадки, Категорию грунта**.
8. С помощью кнопок Таблица 5.3, Таблица 5.4, и Таблица 5.5 выберите соответствующие коэффициенты, зависящие от типа сооружения, сейсмичности по различным картам и других параметров.
9. В поле **Амплитуда** показывается величина максимального расчетного ускорения
10. В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний для первого направления.
11. Установите опцию **Задать формы** и в ставшем активным поле укажите номера учитываемых форм собственных колебаний для первого направления.
12. В качестве способа указания направления сейсмического воздействия выберите **Задать направляющими косинусами** и выпишите направляющие косинусы из протокола расчета опасного направления для первого направления.
13. 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.

14. Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок нажатием на кнопку **Расчет**.
15. После завершения расчета будут образованы новые нагружения и показана таблица с именами нагружений. В поле Шаблон имени добавьте 1 (первое направление) после слова Пост. и нажмите кнопку Применить, все имена будут изменены в соответствии с шаблоном. Нажмите ОК для сохранения имен нагружений.

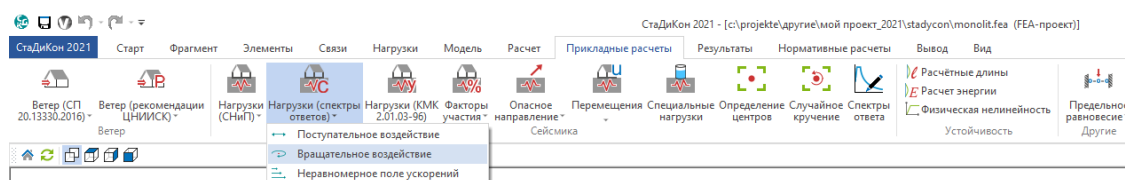
| нагружение | комбинация | форма | частота | Имя |
|------------|------------|-------|---------|---------------------|
| 14 | 1 | 1 | 6,28 | сейсм. (пост.1) ф.1 |
| 15 | 1 | 4 | 24,41 | сейсм. (пост.1) ф.4 |
| 16 | 1 | 0 | 479,80 | сейсм. (пост.1) ф.0 |

16. Повторите процедуру расчета сейсмических нагрузок для другого неблагоприятного направления поступательного сейсмического воздействия.

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. Из анализа форм колебаний принимаем решение о учете при определении сейсмических нагрузок форм 2, 3, 5, 6.

1. Вызовите команду **Прикладные расчет > Сейсмика > Нагрузки (спектры ответов) > Вращательное воздействие**.



2. В появившемся диалоговом окне укажите количество спектров 1.
3. Для выбора файла характеристик укажите опцию **Загрузка стандартов** и в появившемся окне укажите путь к стандарту **SNIP1_2.sna**, который соответствует характеристикам грунтов I и II категорий по сейсмическим свойствам (СП 14.13330.2018).
4. Укажите количество побуждений равное 1.
5. В поле **Амплитуда** записывается величина максимального расчетного ускорения, определяемого по формуле:

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

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:

$$I_d = 0,25 \cdot 1,3 \cdot 0,2 \cdot 9,81 \cdot 0,06 = 0,038 \text{ рад/с}^2$$

- В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний.
- Установите опцию **Задать формы** и в ставшем активным поле укажите номера учитываемых форм собственных колебаний.
- В качестве способа указания направления сейсмического воздействия выберите **Задать углами > угол в градусах между воздействием и плоскостью XOY** равный 90 градусам.

Характеристики сейсмического расчёта

Спектры

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

Задание по точкам
 Аналитическое задание

Количество интервалов: 25

Периоды и ускорения

| Период [с] | Ускор. [м/с ²] |
|------------|----------------------------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0.1 |
| 3 | 0.1 |
| 4 | 0.1 |

Координаты центра тяжести основания

Задать Вычислить

X = 0 Y = 0 Z = d

Точности сейсмических нагрузок ...

Файлы характеристик

Загрузка из проекта Чтение
 Загрузка стандартов Запись

Побуждения

Количество побуждений: 1
Номер тек. побуждения: 1
Амплитуда: 0,038
Количество исследуемых собственных значений: 6
Номер спектра: 1

Задать формы: 2-3-5-6

Направление сейсм. воздействия

Задать углами
 Задать направляющими косинусами

Угол в градусах между воздействием и осью OX: 0 и плоскостью XOY: 90

Определять нагрузки от неугнетенных форм
 Задать коэф. динамичности: 1

График: Sa vs T

Кнопки: График, Расчёт, Отмена

- Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок нажатием на кнопку **Расчет**. Подтвердите присвоение имен нагружений новым нагружениям.

5.11 Статический расчет

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

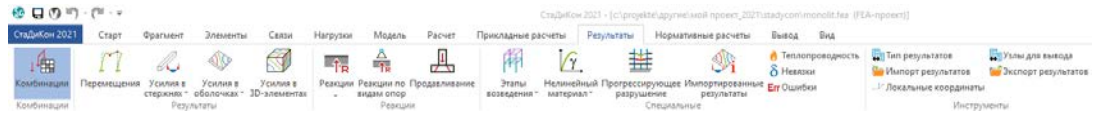
Проведите статический расчет согласно п.5.5.5.

5.12 Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки

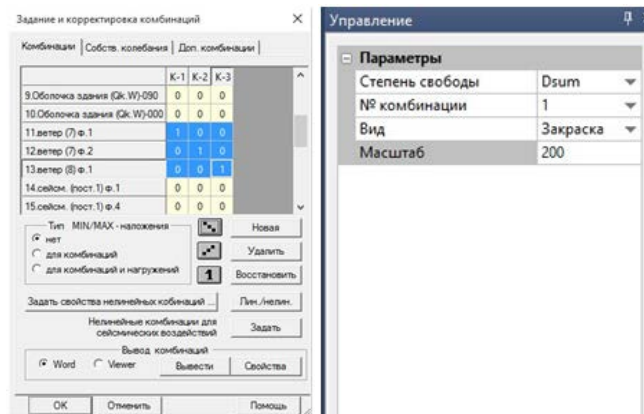
В соответствии с требованиями нормативных документов по комфортности контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки требуется выполнить при проектировании высотных (более 75 м) зданий. Рассматриваемое здание не относится к классу высотных, однако покажем, как выполняется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

Шаг за шагом

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



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



4. Для завершения ввода данных нажмите **ОК**.
5. Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.



6. Установите параметры в режим просмотра деформированной схемы.
7. Выпишите значения максимального перемещения, соответствующего номеру комбинации.
8. Определите фактические ускорения перекрытий здания при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки по следующим формулам:

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

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

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

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

$$\omega_1 = 6,278 \text{ рад/с}, \omega_2 = 8,417 \text{ рад/с}$$

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

$$A_1^{36055} = 0,16 \text{ мм} = 0,00016 \text{ м}, \quad A_2^{35882} = 0,0006 \text{ мм} = 0,0000006 \text{ м}$$

11. Подставьте значения в формулу:

$$\sum_{i=1}^n |A_i \cdot \omega_i^2| = 0,00016 \cdot 6,278^2 + 0,0000006 \cdot 8,417^2 = 0,0063 \text{ м/с}^2$$

$$0,0063 \cdot \frac{0,7}{1,4} = 0,00315 < 0,08$$

При проектировании высотных зданий необходимо обеспечивать комфортность пребывания в них жителей, посетителей, сотрудников и обслуживающего персонала при действии пульсаций ветровой нагрузки. $0,08 \text{ м/с}^2$ - предельно-допустимое значение. МГСН 4.19-2005.

12. Значения максимальных перемещений для второго направления существенно меньше, поэтому для него анализ не проводим.

Значения ускорений колебаний не превышают предельно-допустимого, и значит, принятая конструктивная схема удовлетворяет требованиям норм и не требует конструктивных изменений по данному пункту.

5.13 Задание данных для РСУ

Согласно СП 14.13330.2014 сейсмические нагрузки от поступательного и вращательного колебаний, необходимо учитывать как отдельно, так и совместно. В СтаДиКон существует два способа как можно учесть подобные комбинации:

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, 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.

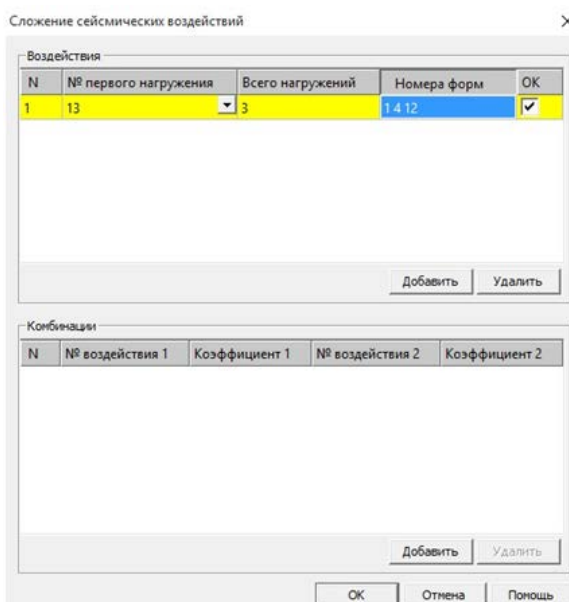
5.13.1 Формирование дополнительных нагружений

Шаг за шагом

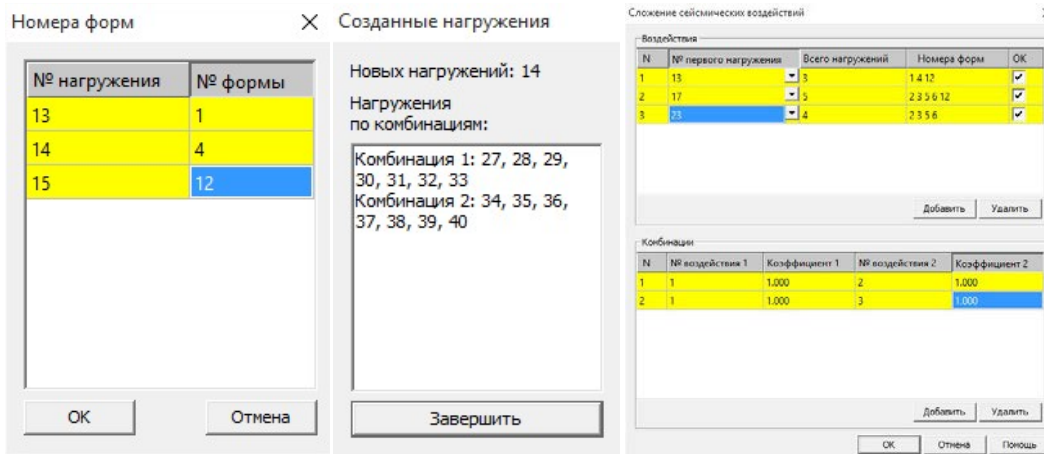
1. Вызовите команду **Нагрузки > Нагружения**. На дополнительной панели инструментов выберите **Сеймика поступательная + сеймика вращательная (сп.+св.)**.



2. В появившемся окне **Сложение сейсмических воздействий** в разделе **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. Кликните в ячейку в графе **Номера форм** и в появившемся окне укажите соответствие номеров нагружений номерам колебаний.



5. Аналогичным образом доба*вьте воздействия по остальным направлениям.
6. В разделе **Комбинации** нажмите на кнопку **Добавить**.



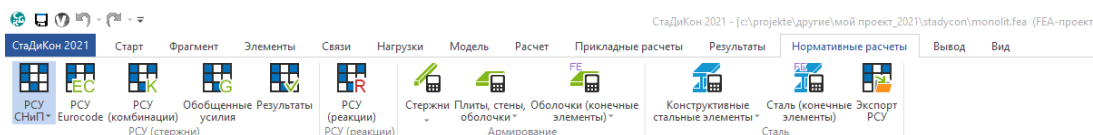
7. В появившейся строке укажите номера поступательного и вращательного воздействий, которые необходимо сложить, а также коэффициенты при них.
8. Аналогичным образом создайте необходимое количество комбинаций.
9. При нажатии на кнопку **ОК** будут созданы дополнительные нагружения, номера которых по комбинациям будут указаны в диалоговом окне. В результате мы получим 11 новых нагружений, и общее их число составит 40.
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 подобием ввода данных для динамических воздействий. Для определения расчетных сочетаний усилий проделайте следующие операции:

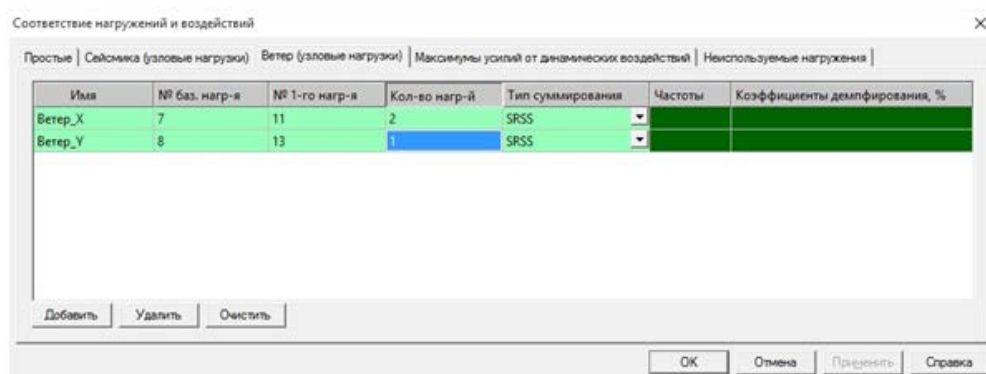
Шаг за шагом

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

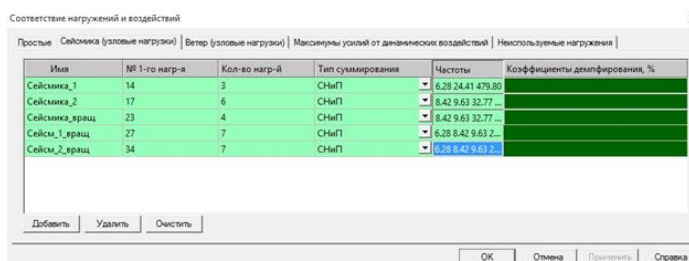


2. В диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий СНИП** кликните на кнопке **Соответствие воздействий и нагружений**.
3. В появившемся диалоге **Соответствие воздействий и нагружений** перейдите во вкладку **Ветер (узловые нагрузки)**.
4. Добавьте две строки нажав на кнопку **Добавить**.

5. В первом столбце укажите номер статического нагружения. В данном примере ветровому статическому нагружению соответствует 7 и 8 нагружения.
6. В столбце **№ 1-ого нагр-я** укажите порядковый номер нагружения, которому соответствует нагрузка, определенная для первой учитываемой формы собственных колебаний.
7. В столбце **Количество нагр-й** укажите количество учитываемых форм собственных колебаний для данного статического нагружения.
8. В столбце **Метод** 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 во вкладку **Сеймика (узловые нагрузки)**.
10. Добавьте пять строк, нажав на кнопку **Добавить**.
11. В первом столбце **№ 1-ой формы** укажите порядковый номер нагружения, которому соответствует нагрузка, определенная для первой учитываемой формы собственного колебания по первому поступательному направлению.
12. В столбце **Число форм** укажите количество учитываемых форм собственных колебаний для данного направления.
13. Выберите метод суммирования **СНиП**.
14. По щелчку в столбце **Частоты** откроется диалог задания частот. Выберите **Из инф. о нагружениях** для первых трех строк и **Из результатов** для комплексных вариантов сеймики. Частоты из результатов могут быть выбраны как для первых форм (для комплексного воздействия 1), та и для указанных форм.



15. Завершите ввод, нажав **ОК**.
16. В диалоге **Определение расчетных сочетаний** усилий проконтролируйте параметры для первых 6 нагрузений (они должны получить установки из позиций), выбирая нагрузения, 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 нагрузения соответственно. При выборе нагрузений можно использовать клавиши **Shift** и **Ctrl** для выбора нескольких однотипных нагрузений.
17. Обратите внимание на то что в ветровых и сейсмических нагрузениях параметры **Тип**, **Источник**, **Знакопеременное**, **Коэффициенты Кн** и **Кд** определены автоматически
18. Необходимые для ввода параметры показаны на рисунке. Сверьте правильность заданных параметров.

Определение расчетных сочетаний усилий СНиП

| Имя | Тип | Источник | +/- | Нагружения | К.н. | К.д. | Включить/Исключить | Р. расч |
|----------------------------|-----------------|----------|-------------------------------------|------------|------|------|--------------------------|--------------------------|
| Собственный вес LF-1 | Постоянное | Простое | <input type="checkbox"/> | 1 | 1.10 | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нагруж. LF-2 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 2 | 1.30 | 0.20 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нагруж. LF-3 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 3 | 1.30 | 0.20 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нагруж. LF-4 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 4 | 1.30 | 0.20 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нагруж. LF-5 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 5 | 1.30 | 0.20 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Нагруж. LF-6 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 6 | 1.43 | 0.50 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Оболочка здания (Qk.W)-090 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 9 | 1.40 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Оболочка здания (Qk.W)-000 | Кратковремен... | Простое | <input type="checkbox"/> | 10 | 1.40 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ветер_X | Кратковремен... | Ветер | <input type="checkbox"/> | 7, 11 - 12 | 1.40 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ветер_Y | Кратковремен... | Ветер | <input type="checkbox"/> | 8, 13 - 13 | 1.40 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Сейсмика_1 | Особое | Сейсмика | <input checked="" type="checkbox"/> | 14 - 16 | 1.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Сейсмика_2 | Особое | Сейсмика | <input checked="" type="checkbox"/> | 17 - 22 | 1.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Сейсмика_вращ | Особое | Сейсмика | <input checked="" type="checkbox"/> | 23 - 26 | 1.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Сейсм_1_вращ | Особое | Сейсмика | <input checked="" type="checkbox"/> | 27 - 33 | 1.00 | 0.00 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Учитывать этапы возведения Изменить этапы

Свойства воздействий | Коэффициенты сочетаний | Из FE-модели | Количество сечений : 5 | ОК | Отменить | Помощь

- Обратите внимание, 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 п.**Ошибка! Источник ссылки не найден.** 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».

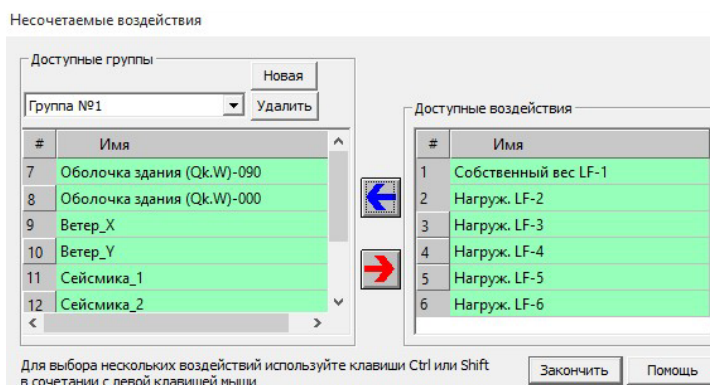
Советы & рекомендации

5.13.3 Несочетаемые нагружения

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.

Шаг за шагом

1. Нажмите кнопку **Несочетаемые** в активном диалоге.
2. В появившемся диалоге сначала необходимо создать группу, а затем в созданную группу добавлять номера несочетаемых нагружений данной группы. Нажмите **Добавить** новую группу. Автоматически будет присвоен порядковый номер.
3. Далее введите номера несочетаемых нагружений нажимая после каждого номера нагружения **Добавить** для добавления его в группу.



4. Задайте группы несочетаемых нагружений согласно нижеприведенной таблице.

| Группа | Номера нагружений |
|--------|------------------------------|
| 1 | Все варианты сеймики и ветра |
| 2 | 5,6 |

Советы & рекомендации

- Поскольку, в соответствии со СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», нагрузки на покрытие учитываются без снеговых нагрузок, при определении расчетных сочетаний усилий нагружения 5 и 6 следует отнести к несочетаемым (Примечание 2 к таблице 3).
5. Далее укажите количество сечений элемента для определения РСУ и . нажмите **ОК**
 6. В рабочем окне выберите стержневые элементы, для которых должны быть рассчитаны РСУ через выбор в графике. Для начала расчета нажмите **Расчет** в панели **Управление**.
 7. По окончании расчета будет выведено соответствующее сообщение. Для вывода результатов расчета РСУ можно воспользоваться команду **Нормативные расчеты – Результаты** в зоне РСУ (стержни). При выводе результатов можно управлять составом выводимых сочетаний для выбранных элементов.

5.14 Проверка законтурного основания

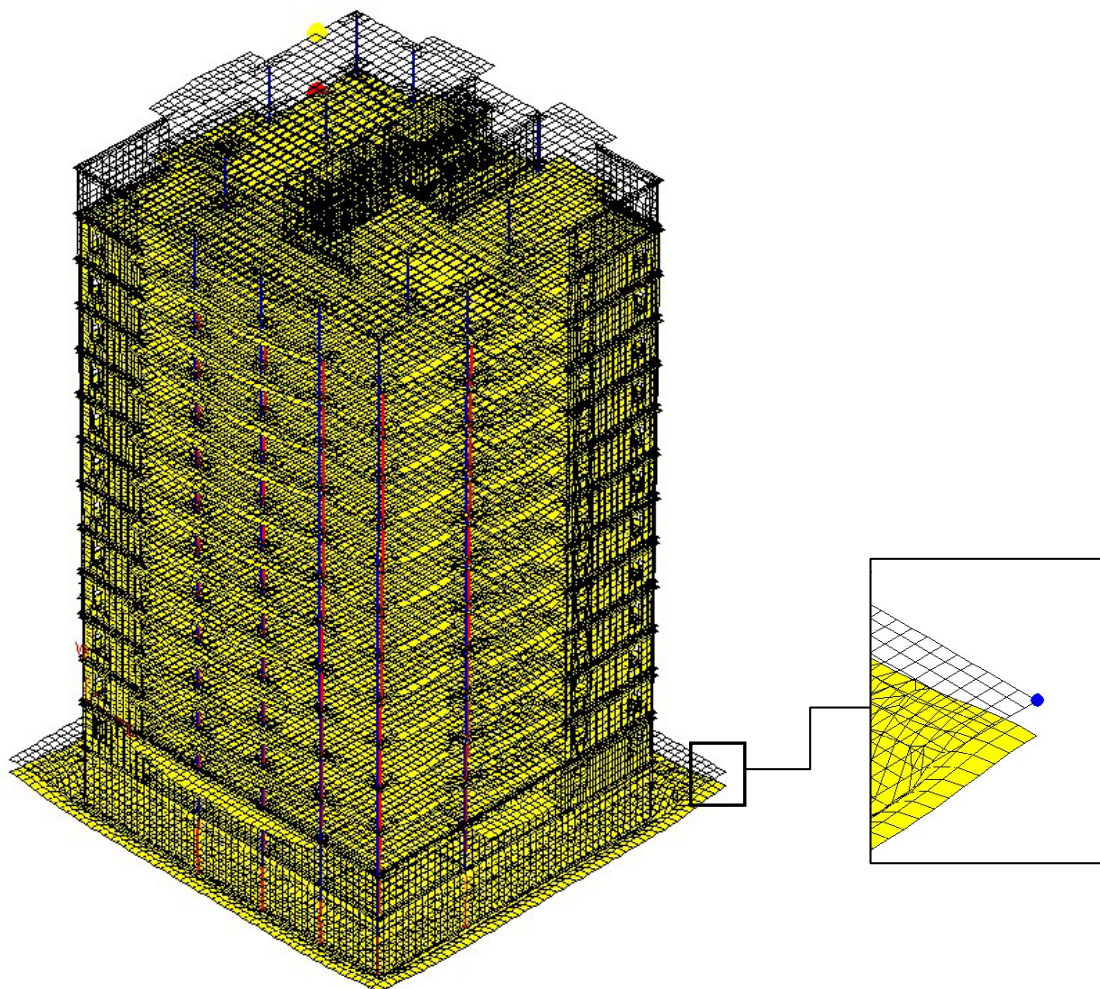
На этапе создания позиционной модели в MicroFe мы условно задали основание выступающим на 2 метра за контуры фундаментной плиты. После определения всех нагрузок необходимо проверить, достаточно ли в расчете учитывать данную площадь основания. Выполнив статический расчет, проверим перемещения по границам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

5.14.1 Анализ перемещений и редактирование основания

1. По окончании расчета создайте комбинацию, в которой учитываются только вертикальные нагрузки с коэффициентом 1 (нагружения 1-6) (см.п.5.7.3), просмотрите деформированную схему модели (см. п.5.9).
2. В окне **Управление** установите опции на отображение перемещений по оси **z**.

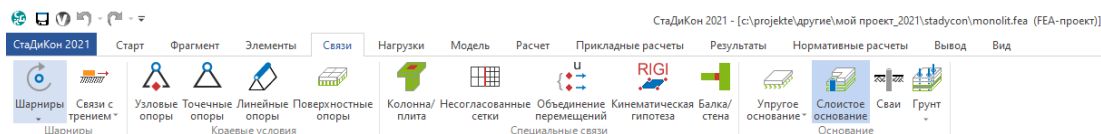


3. Посмотрите перемещения в углах основания.

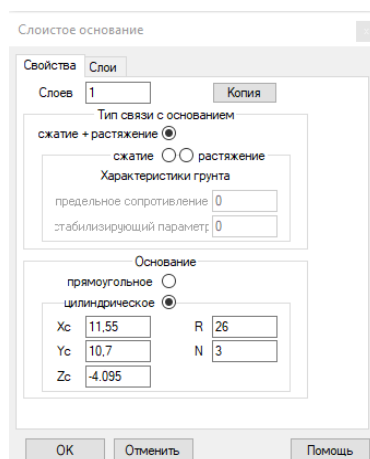


Max:Узел=44804, Uz= -20.221 мм Min:Узел=44804, Uz= -20.221 мм

- Такие перемещения по краям основания свидетельствуют о необходимости учесть большую зону основания. Вызовите команду **Связи > Слоистое основание**. На панели инструментов выберите вариант работы **Установка**.



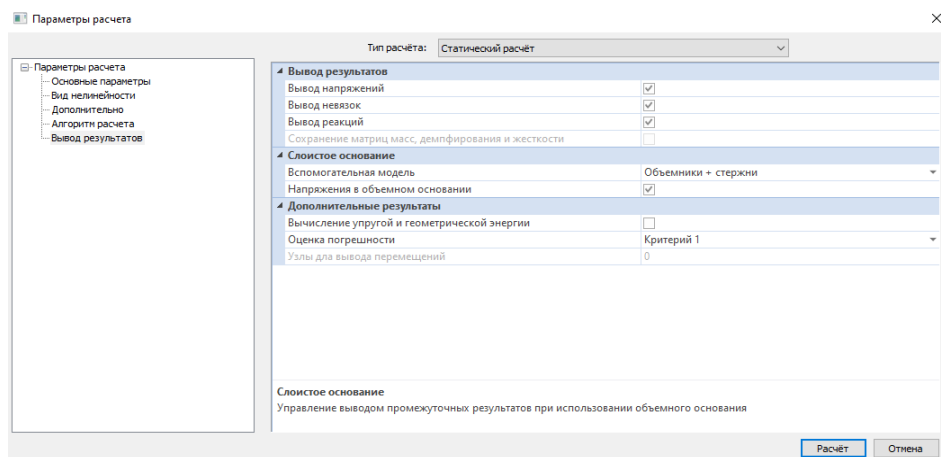
- В окне **Управление** выберите основание и кликните левой клавишей мыши в области **Информационного окна**.
- В появившемся окне **Слоистое основание** выберите вид основания цилиндрический. В части диалога **Цилиндрическое основание** будут установлены значения координат центра основания, радиуса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



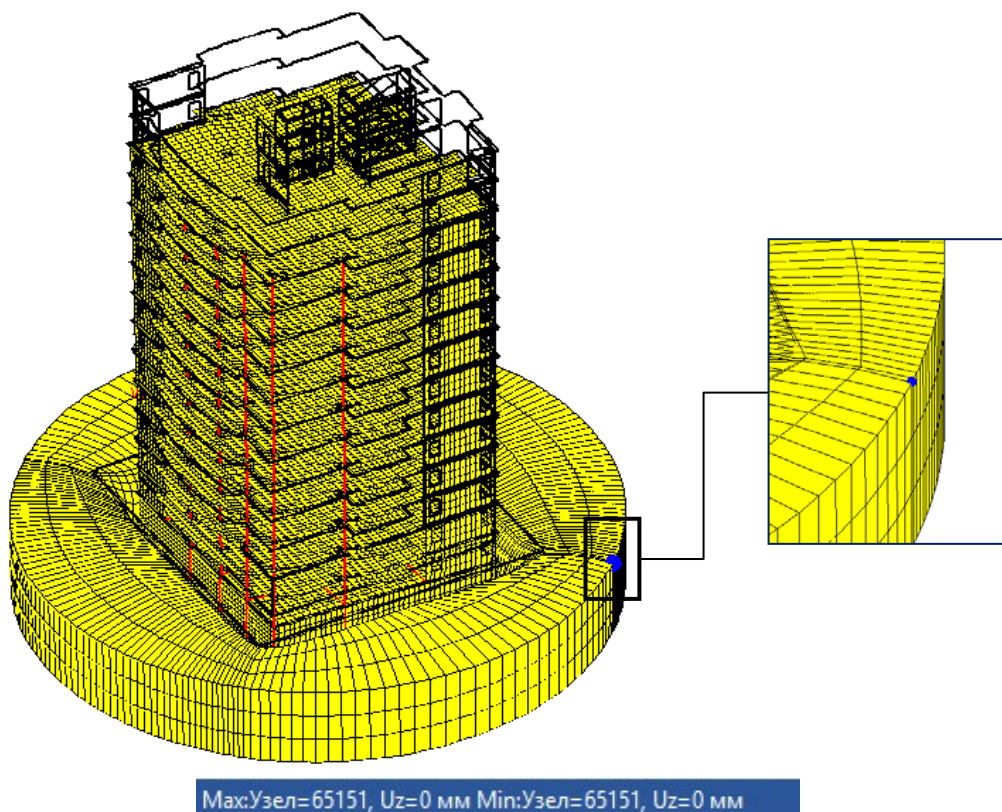
- Вызовите команду **Расчет > Расчет** и на предложение сохранить изменения в файле ответьте **Да**.



- В параметрах расчета в вкладке **Вывод результатов** в разделе **Слоистое основание** выберите опции **Объемники + стержни** в настройке **Вспомогательная модель**, а так же поставьте галочку настройки **Напряжение в объемном основании**. Включение этих опций позволяет сформировать дополнительный файл для просмотра модели с основанием.



9. Запустите статический расчет.
10. По окончании расчета загрузите промежуточный FEA-файл monolit+f3d.fea, который находится в той же папке, что и файл monolit.fea. В этом файле хранится модель, которая иллюстрирует расчетную модель с учетом основания.
11. Включите отображение деформаций и посмотрите вертикальные перемещения в точках основания наиболее близких к углам фундаментной плиты.
12. В данном случае видно, что вертикальные перемещения по краям рассматриваемой области основания равны 0 и нет необходимости включать в расчет большую площадь основания.

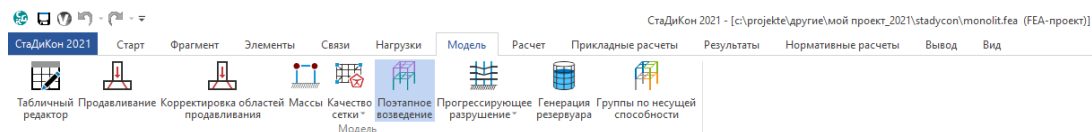


5.15 Учет этапности возведения

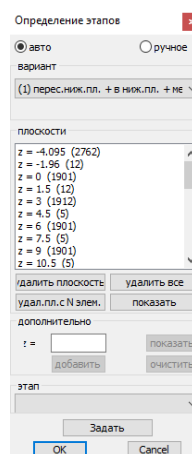
Для ввода параметров этапности возведения здания проделайте следующие операции:

Шаг за шагом

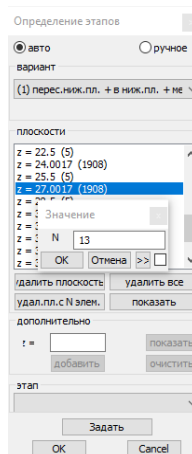
1. Вызовите команду **Модель > поэтапное возведение**.



2. В окне **Управление** нажмите 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 13 конечными элементами - это лестничные марши. Их необходимо исключить из списка автоматического формирования плоскостей.
5. Нажмите **удал. пл. с N элем.** для задания параметра, по которому будет происходить фильтрация плоскостей.
6. В появившемся диалоге задайте параметр 13. То есть произойдет исключение плоскостей с количеством элементов меньше и равно 13.



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

Так же можно выбрать одну из схем 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; |
| 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; |

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

Советы & рекомендации

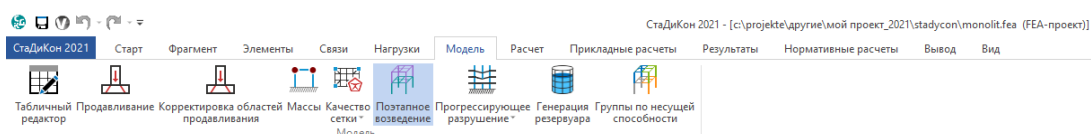
Шаг за шагом

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

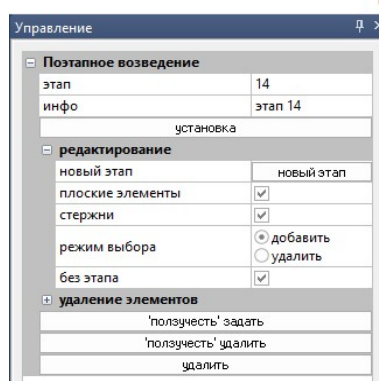
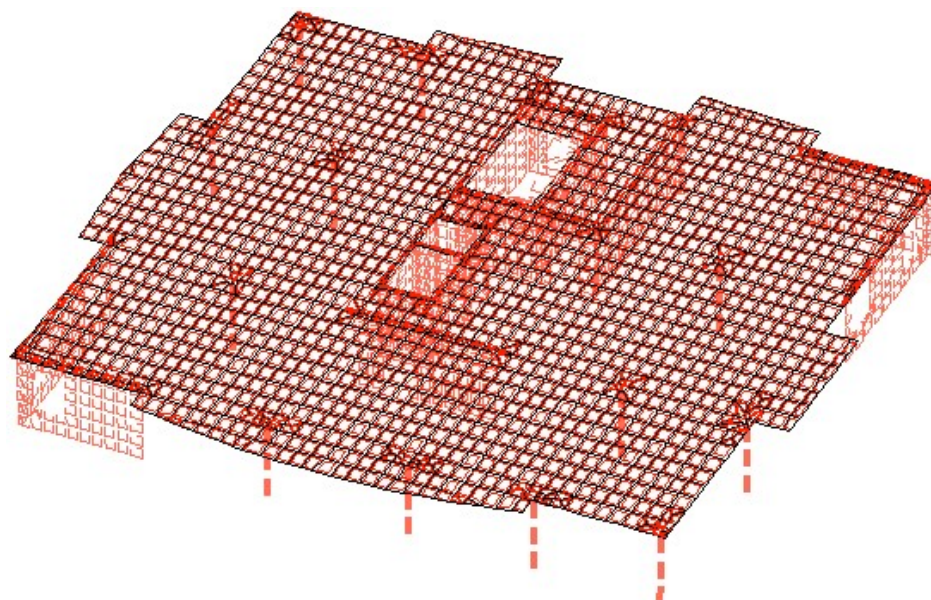
5.15.1 Ручное редактирование этапа возведения

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

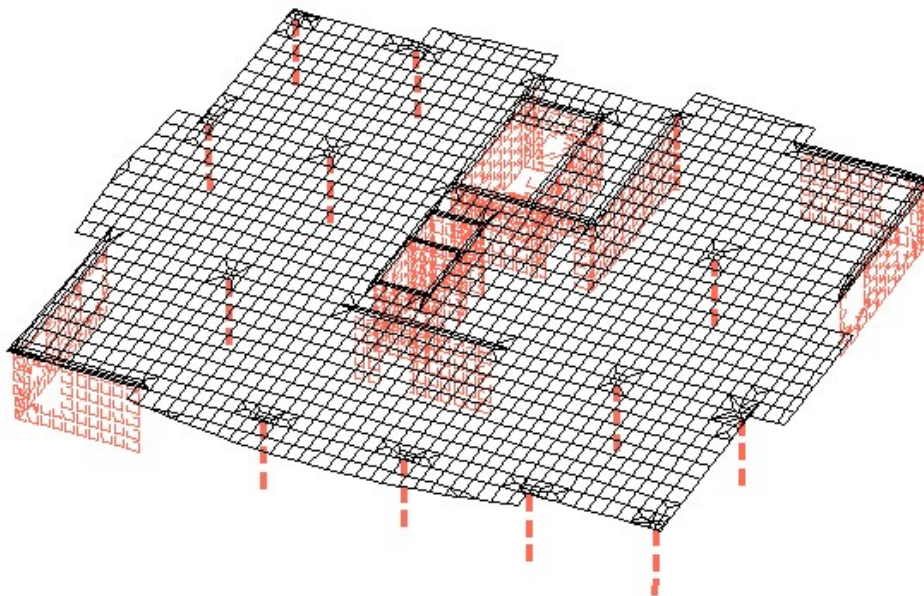
1. Для удобства редактирования установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия п.5.5.1.
2. Вызовите команду **Модель > Поэтапное возведение**.




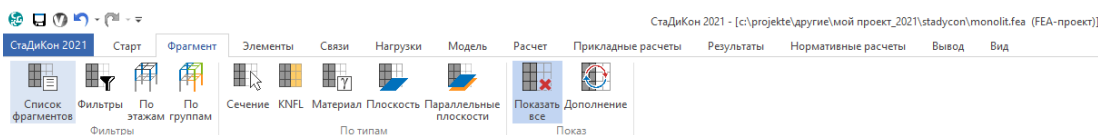
3. Переключите линейку номеров этапов на 15 этап. Станут активны элементы, входящие в этап возведения.



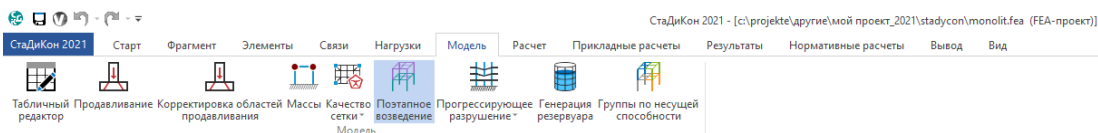
4. Установите переключатели в режим вычитания элементов из этапа возведения.
5. Выделите всю плиту при помощи опции **Вох**.



6. Нажмите на кнопку **Новый этап** в меню переключателей для создание нового этапа. Будет автоматически присвоен порядковый номер этапа 16.
7. Установите переключатели в режим добавления элементов в этап возведения. Выделите всю плиту при помощи опции **Вох**.
8. Для завершения команды кликните кнопку **Домой**  на панели инструментов.
9. Отключите отображение фрагмента **Фрагмент > Показать Все** для отображения всей модели здания.



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



11. Просмотрите каждый этап возведения.
12. Выполните статический расчет, установив опцию **Поэтапное возведение** в нижней части зоны **Вид расчета**.

Вы можете установить опцию **Промежуточные этапы для поэтапного возведения** 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 | -14241 кН/м ² |
| Нормальная сила в колоннах | | | | | | |
| | max | min | -72 кН | -396,00 кН | -77 кН | -406 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 с ней работать.

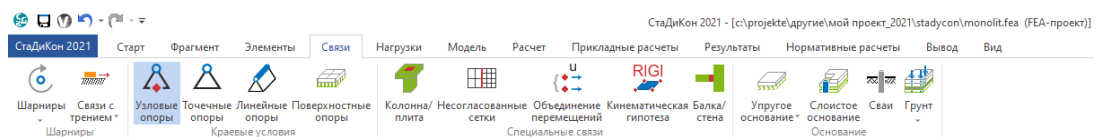
Шаг за шагом

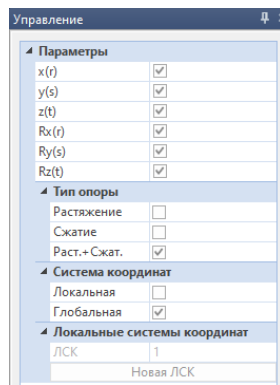
1. Для удобства ввода краевых условий установите отображение фрагмента фундаментной плиты п.5.5.1.

2. Вызовите команду **Связи > Узловые опоры**.

3. На панели инструментов выберите **Установка**.

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



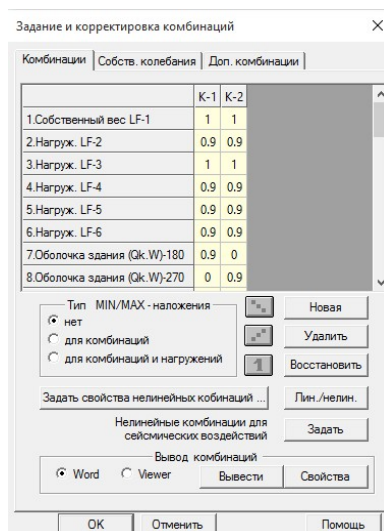


- Выберите все узлы с помощью рамки.
- Вызовите команду **Результаты > Комбинации** и создайте две комбинации для расчета на устойчивость со следующими коэффициентами, приведенными в таблице.

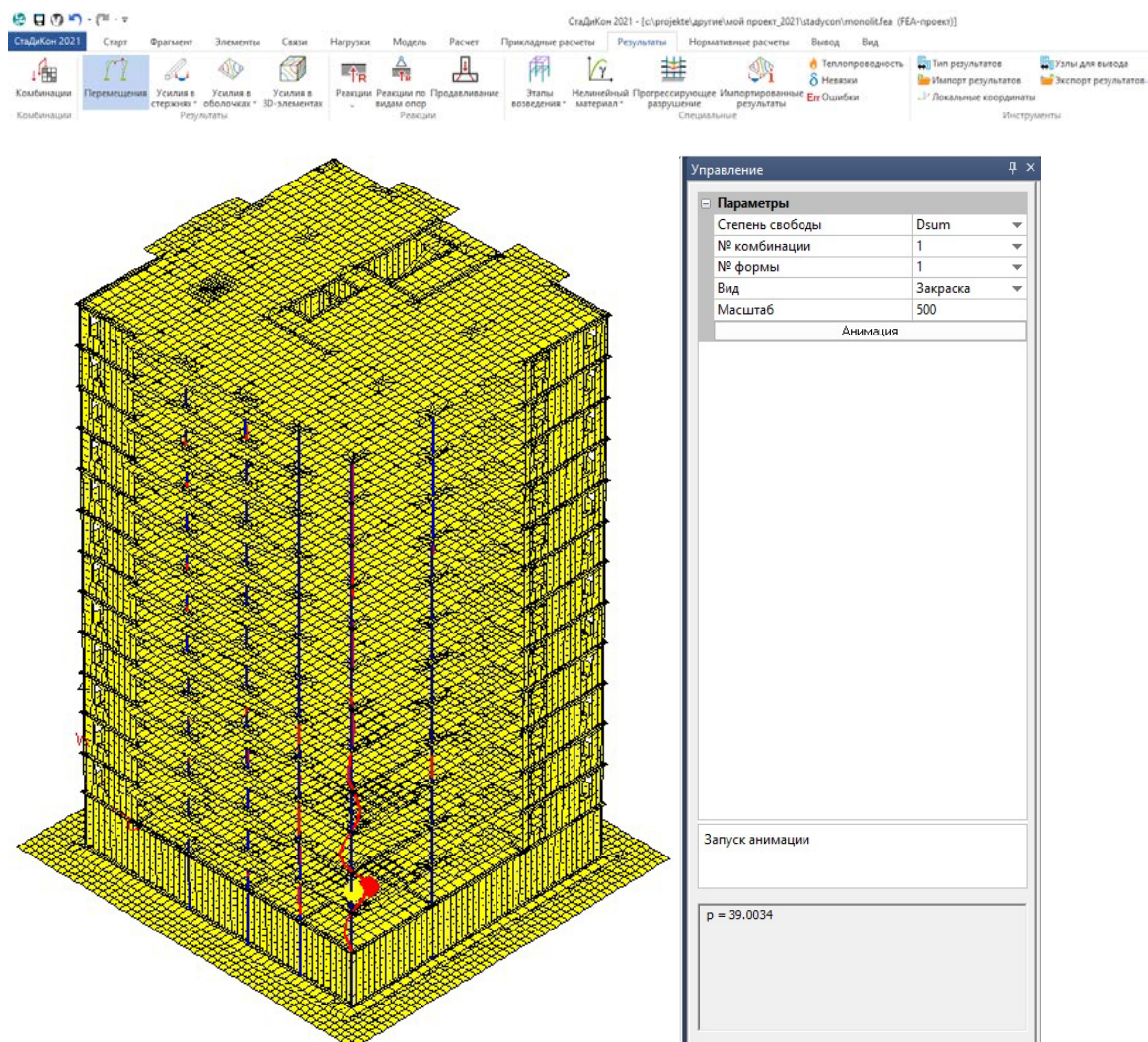


| № нагружения | Комбинация 1 | Комбинация 2 |
|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0.9 | 0.9 |
| 3 | 1 | 1 |
| 4 | 0.9 | 0.9 |
| 5 | 0.9 | 0.9 |
| 6 | 0.9 | 0.9 |
| 7 | 0.9 | 0 |
| 8 | 0 | 0.9 |
| 9-36 | 0 | 0 |

- Вызовите команду **Расчет > Расчет**.
- В окне **Выбор параметров расчета** укажите вид расчета **Устойчивость**, количество собственных значений 3, точность 0,001. Запустите расчет нажатием на кнопку **ОК**.



9. 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 (оггибающей) для комбинаций. Ниже в качестве примера приведены результаты для комбинации всех нагружений.

5.17.1 Просмотр усилий в плите

1. Для удобства просмотра результатов в плите установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия п.5.5.1.
2. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**. Установите в первых 6 ячейках столбца первой комбинации значение 1 для вывода результатов от первых шести нагружений.

Шаг за шагом



3. Вызовите команду **Результаты > Усилия в оболочках** нажатием на верхнюю часть соответствующей кнопки.



4. В окне управления меняйте параметры для просмотра требуемого вам результата. Вид параметров в окне выбора зависит от типа элементов, вида MIN/MAX наложения, количества комбинаций.

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 через команду **Вид > Сетка/контур**. Этот переключатель работает только для несущих конструкций с оболочечными элементами.
- Для более быстрого переключения между обозначениями можно использовать двойное нажатие на левую кнопку мыши (для выбора нижнего обозначения) и ctrl + левую кнопку мыши (для выбора верхнего обозначения).

Вид результатов:

Изолинии – отображение напряжений в виде изолиний.

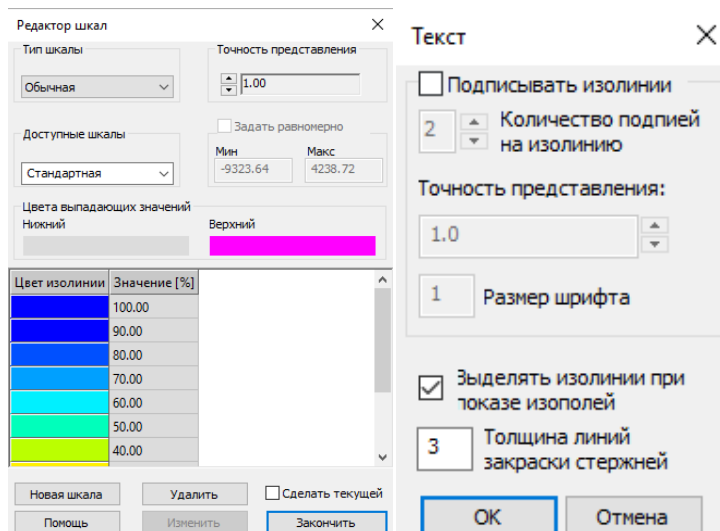
Изополя – отображение напряжений в виде изополей.

Значения – отображение напряжений в цифровом формате.

Сечение – отображение эпюры напряжений по заданному сечению.

Мозаика – отображение напряжений в виде мозаики.

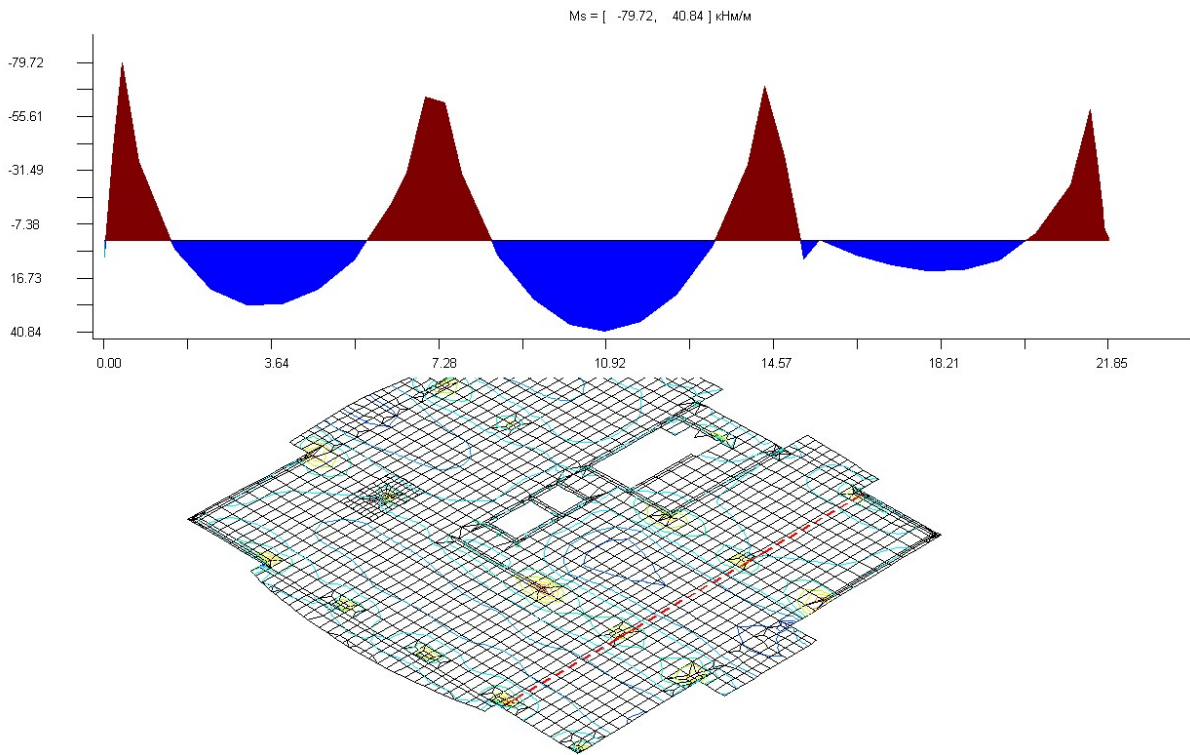
- При просмотре результатов в виде изолиний и заливки появляется диалог с отображением шкалы. Кликнув по кнопкам **Шкалы** и **Дополнительно** вы можете настроить параметры шкал, создать новую шкалу и т.д..



- Для отображения эпюры напряжений по линии выберите вид отображения **Сечение**. На верхней панели инструментов появится панель с выбором вариантов определения линии.

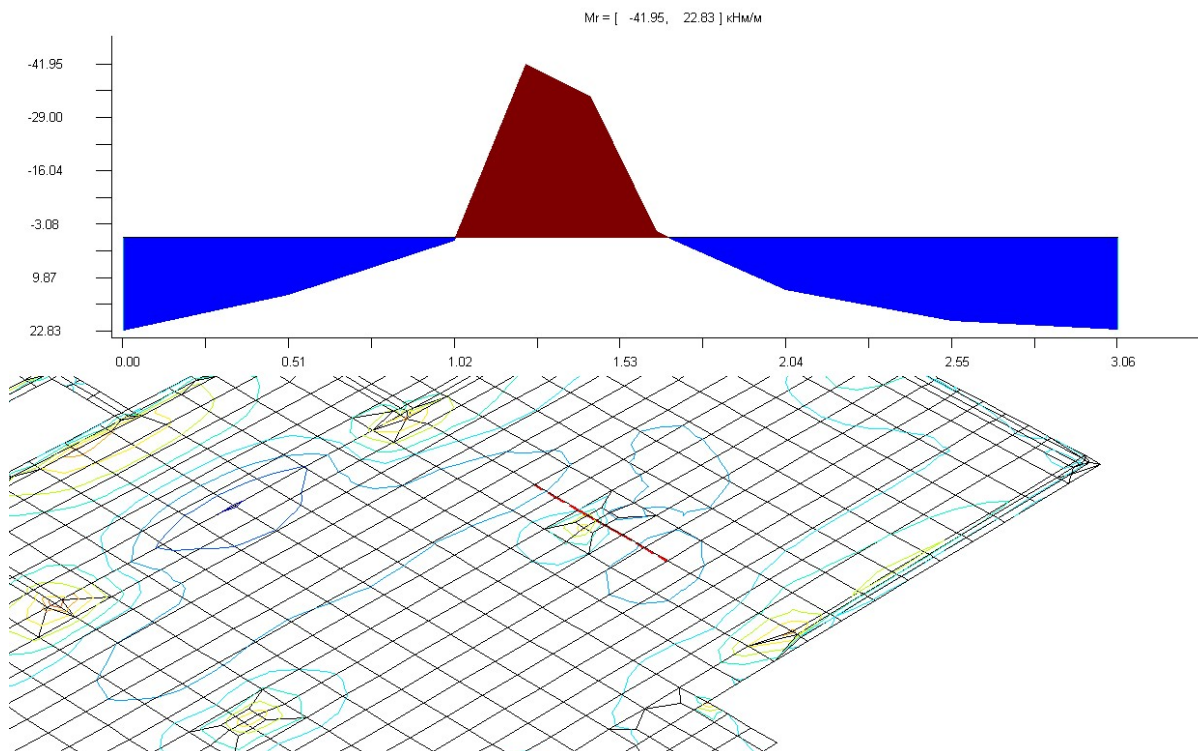


- Для ввода сечения кликните по опции **2** и задайте две точки, через которые будет проведена секущая плоскость.
- Рабочая область экрана условно поделится на две части. В верхней части отображается эпюра, в нижней части указывается сечение.



9. Возможен вывод отрезка для отображения по нему эпюры напряжений.
Для этого в зоне **Сечение** выберите вариант построения **Отрезок**.

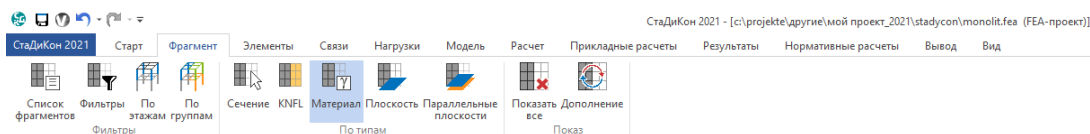
10. Укажите необходимый Вам отрезок.



Шаг за шагом


5.17.2 Просмотр усилий в колоннах и подбалках

1. Для удобства просмотра результатов в стержневых элементах установите отображение стержневых элементов вызвав команду **Фрагмент > Сечение** выберите на панели инструментов вариант **Установить балки** п.5.5.3.
2. Выберите команду **Фрагмент > Материал** и вариант работы **Удаление**.



3. Кликните по элементу подбалки для фильтрации их по материалу.
4. Для просмотра результатов статического расчета вызовите команду **Результаты > Усилия в стержнях**.



5. Для завершения команды нажмите на команду **Домой** .
6. В окне управления выбирайте опции для просмотра требуемого вам результата.

N – продольная сила.

Q_s – поперечная сила в направлении оси s.

Q_t – поперечная сила в направлении оси t.

Mr – крутящий момент.

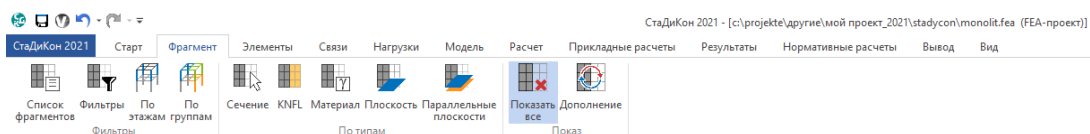
Ms – изгибающий момент относительно оси s


Mt – изгибающий момент относительно оси t

Советы & рекомендации

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

7. Для отображения колонн одного сечения вернитесь к просмотру полной модели, используя команду **Фрагмент > Все**.



8. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение**, выберите вариант **Установить балки п.5.5.3**.
9. Воспользуйтесь командой **Фрагмент > Материал**. Кликните по необходимой колонне.
10. Для завершения команды нажмите на команду **Домой**  .

5.18 Конструктивный расчет

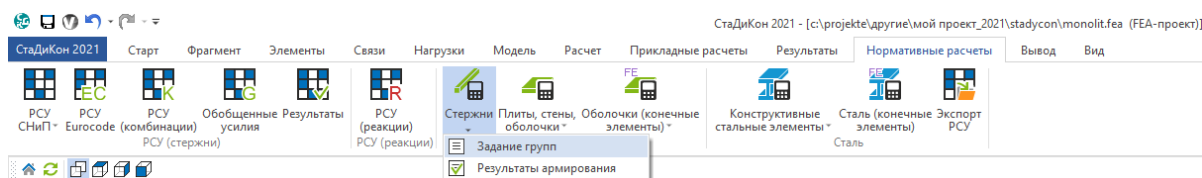
Для выполнения конструктивных расчетов железобетонных конструкций в **СтаДиКон** реализовано 2 подхода. Первый – с использованием имеющейся информации о конечных элементах. В этом случае рассматриваются указанные группы конечных элементов (либо в виде списка – для стержневых элементов, либо в виде фрагмента – для плоских элементов (плиты, стен, оболочек)). Данный подход является устаревшим, в настоящее время не развивается, и в данном примере рассматриваться не будет. Второй – через создание специальных групп конечных элементов – конструктивных элементов. Конструктивный элемент позволяет оптимизировать задание данных для конструктивного расчета (например, автоматически определить длину элемента), упростить документирование (например, воспользоваться **Пакетным выводом**) и обладает рядом дополнительных достоинств. 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.

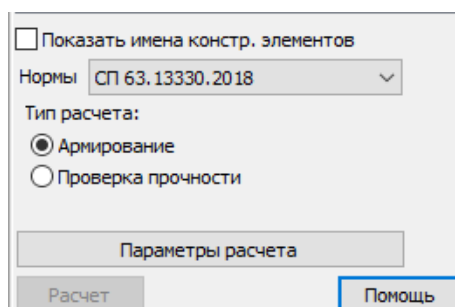
5.18.1 Задание конструктивных элементов для стержней

1. Включите отображение только стержневых элементов (см. п.5.5.3).
2. Вызовите команду меню **Нормативные расчеты > Стержни > Задание групп** нажатием нижней части кнопки и выбором в выпадающем меню.

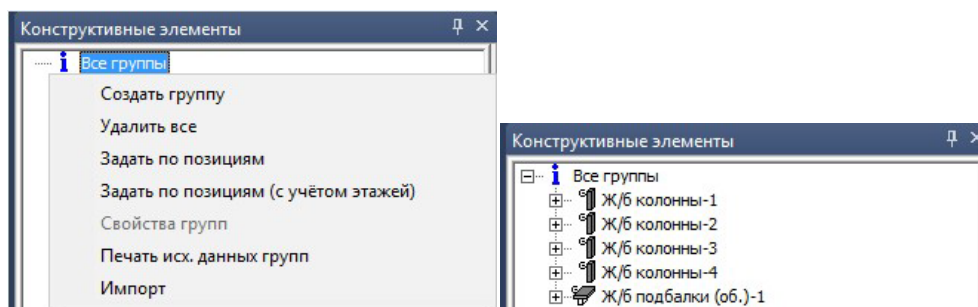
Шаг за шагом



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



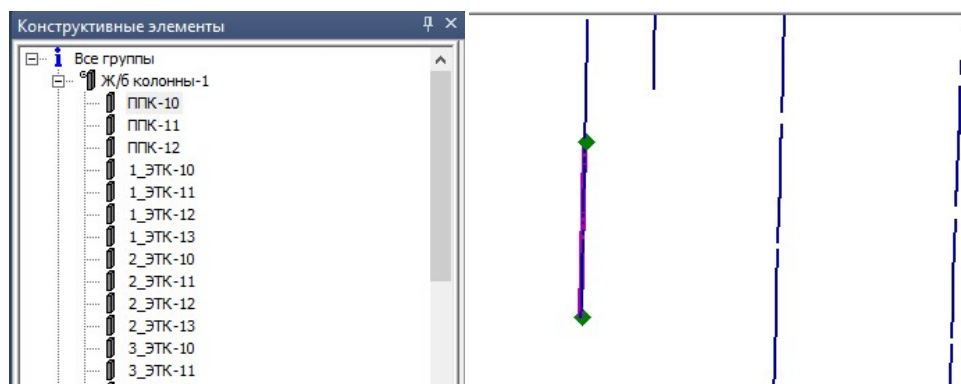
4. В поле отображения дерева конструктивных элементов кликните правой клавишей мыши по надписи **Все группы** и в появившемся списке выберите **Задать по позициям**. Автоматически будут созданы конструктивные элементы из позиций, заданных в MicroFe, которые будут объединены в группы конструктивных элементов по материалам. Также будут созданы конструктивные элементы из оболочечных элементов со слоистым материалом, которые моделируют подбалки.



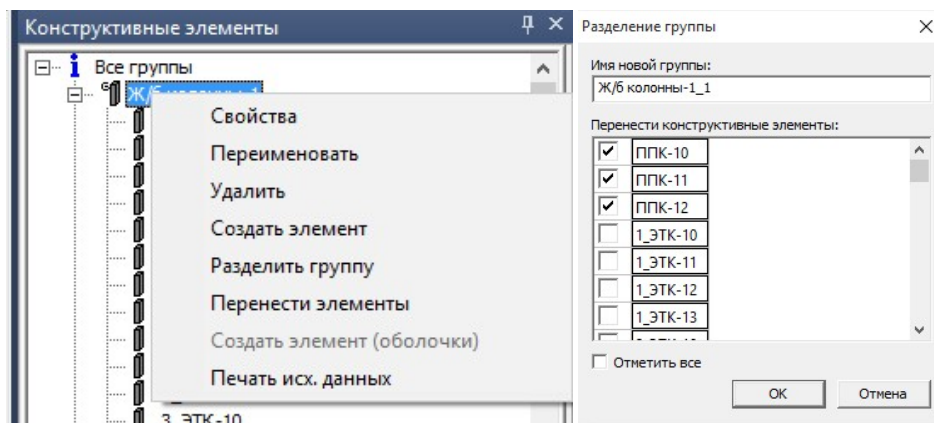
Советы & рекомендации

- 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.

5. Поскольку колонны подвального этажа имеют отличную от колонн типовых этажей расчетную длину, то для них необходимо создать отдельные группы. Кликните по значку + слева от надписи **Ж/б колонны-1**, раскроется список конструктивных элементов, входящих в данную группу. Кликните по первому элементу в списке и в рабочем окне выделяются конечные элементы, входящие в состав данного конструктивного элемента.



6. В поле отображения дерева конструктивных элементов кликните правой клавишей мыши по надписи **Ж/б колонны-1** и в появившемся списке выберите команду **Разделить группу**.
7. В появившемся диалоговом окне задайте имя группы и укажите элементы, которые надо переместить.

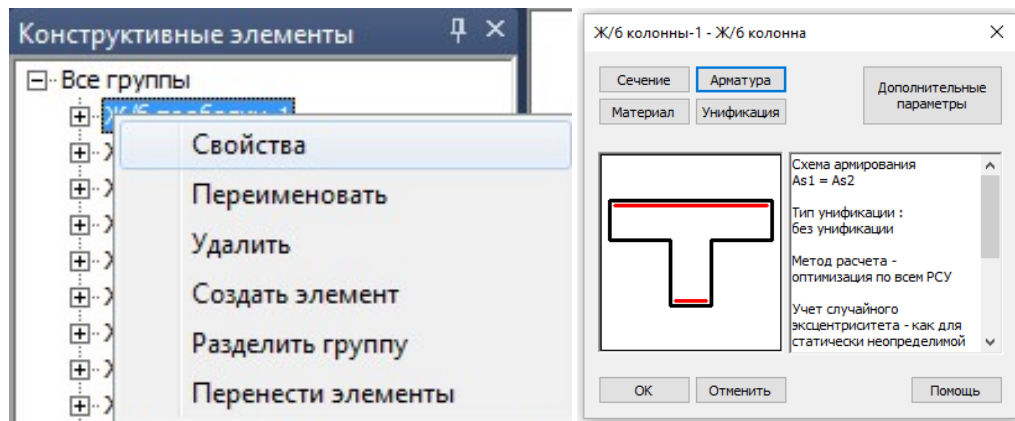


8. Аналогичную операцию проделайте со всеми группами колонн.
9. Поскольку, согласно п. 6.2.12 СП 52-101-2003, значение b_f' в элементах таврового сечения, вводимое в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более $1/6$ пролета элемента, то необходимо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

Состав групп конструктивных элементов приведен в таблице.

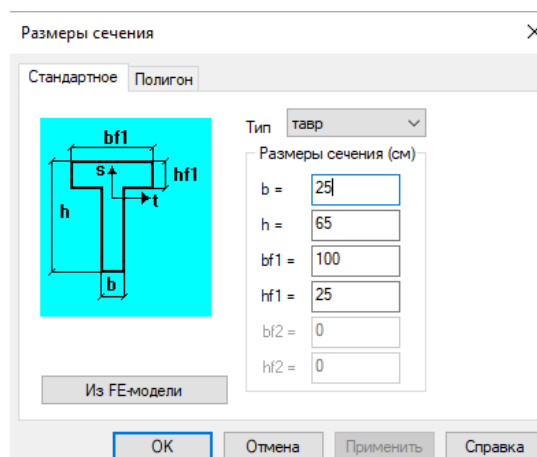
| Группа конструктивных элементов | Состав группы |
|---------------------------------|---|
| Ж/б подбалки-1 | Подбалки длиной 7,8 м |
| Ж/б подбалки-2 | Подбалки длиной 4,5 м |
| Ж/б подбалки-3 | Подбалки длиной 6,8 м |
| Ж/б колонны-1 | Колонны сечением 600x400 длиной 3 м |
| Ж/б колонны-2 | Колонны 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 |
| 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 кликните 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 в MicroFe, которые необходимы для выполнения конструктивного расчета.



12. В окне **Ж/б подбалки-1** – свойства нажмите на кнопку **Сечение**.

13. Появится диалоговое окно, в котором можно выбрать стандартное сечение и указать его геометрические размеры, либо задать произвольное сечение, перейдя во вкладку **Полигон** и задав сечение по координатам. Проверьте правильность задания исходных данных и отредактируйте их при необходимости.



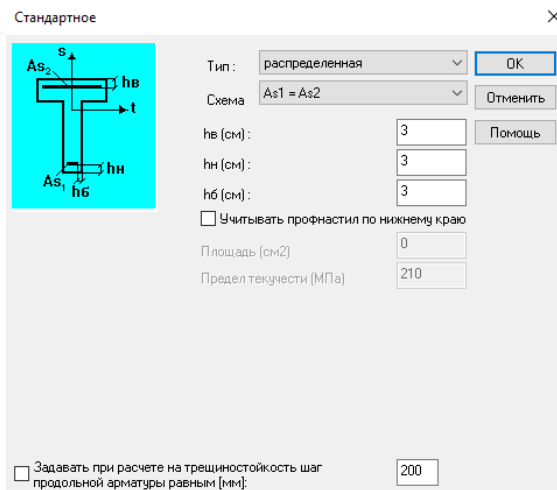
14. Обратите внимание, что в поле **bf1** необходимо изменить значение согласно рекомендациям СП 52-101-2003. Значения **bf1** для различных групп подбалок приведены в таблице.

| 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 |

15. После задания всех значений нажмите на кнопку **ОК**.

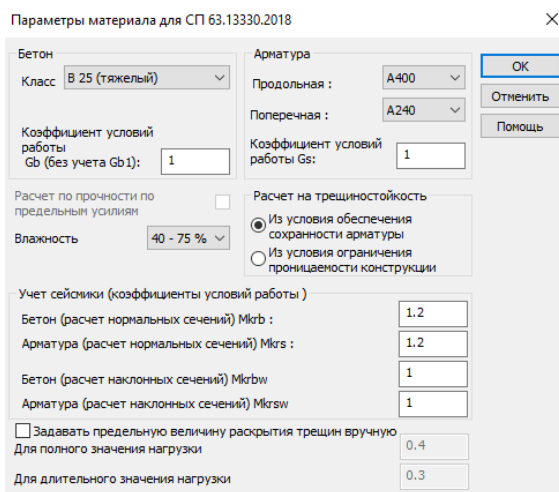
16. В окне **Ж/б подбалки-1** – свойства нажмите на кнопку **Арматура**.

17. 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**.



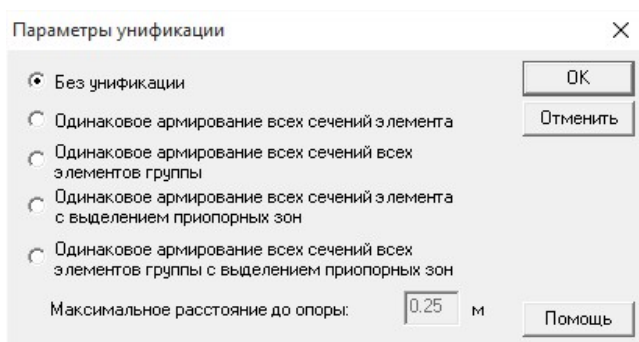
18. В окне **Ж/б подбалки-1 – свойства** нажмите на кнопку **Материал**.

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



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

20. Нажав на кнопку **Унификация**, Вы можете задать способ унификации сечений по арматуре. Для дальнейшего анализа расчетов по определению требуемой площади арматуры не проводите унификацию.



21. Нажав на кнопку **Дополнительные параметры**, Вы можете задать метод расчета и параметры для поперечной арматуры.

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 проверять 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**.

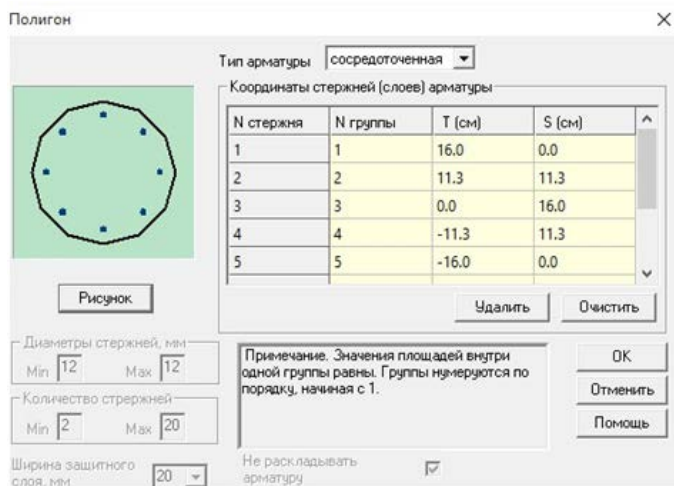
22. Выберите метод расчета **Оптимизация по всем РСУ**.

23. Установите опцию **Автоматический выбор геометрических параметров** для расчета поперечной арматуры.

24. Обратите внимание, что в свойствах колонн в окне **Дополнительные параметры** необходимо также указать коэффициенты расчетной длины в двух ортогональных плоскостях. Расчетная длина вычисляется путем умножения длины на коэффициент расчетной длины **μ** .

25. После задания всех значений нажмите на кнопку **ОК**.

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

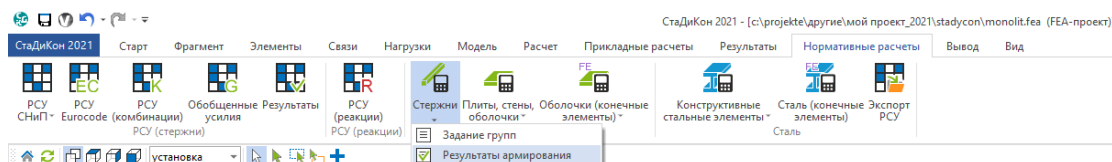


27. После задания всех параметров для конструктивного расчета для запуска расчета армирования нажмите кнопку **Расчет**. В появившемся окне проконтролируйте корректность данных по РСУ (они нужны для подбалок) и нажмите **ОК**. Во время выполнения расчета будет выдаваться протокол с результатами в табличном виде.

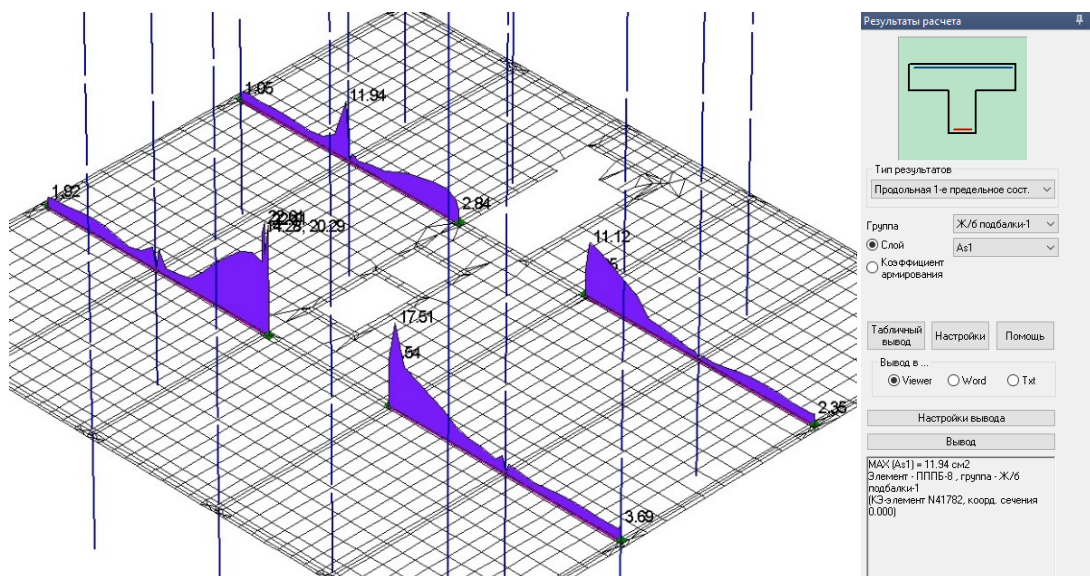
5.18.2 Просмотр результатов конструктивного расчета стержней

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

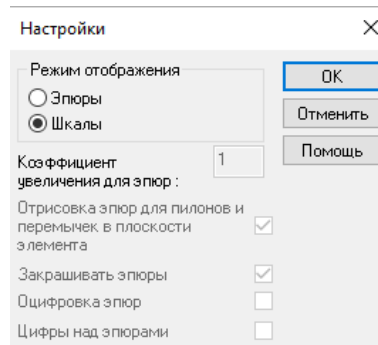
Шаг за шагом



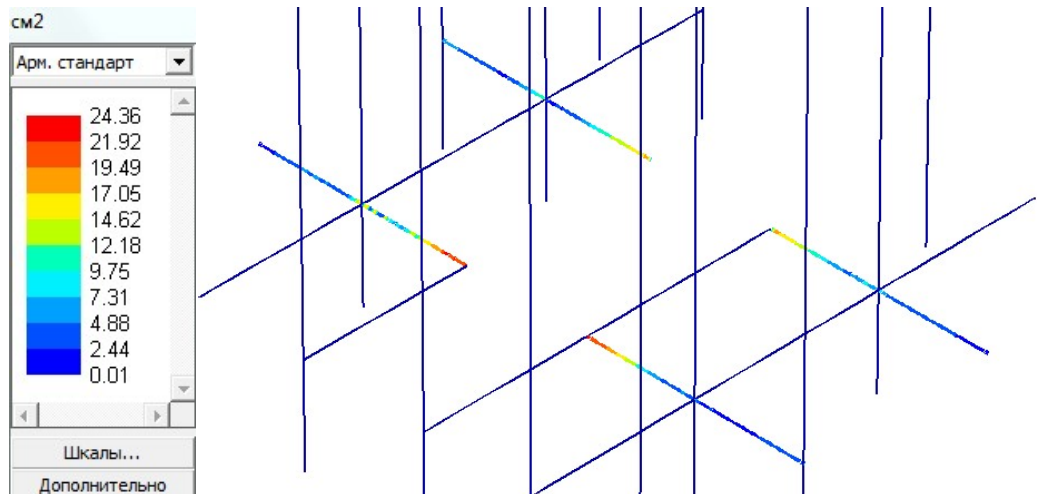
2. В появившемся окне выберите группу конструктивных элементов и слой арматуры, для которых хотите просмотреть информацию. В рабочем окне отобразится армирование стержней в виде эпюр.



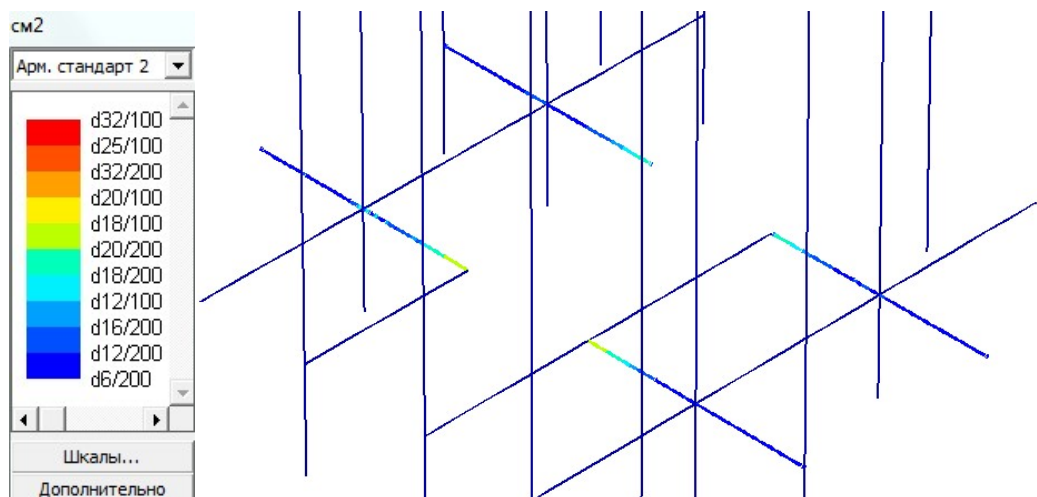
- Для изменения параметров отображения армирования нажмите на кнопку **Настройки** в окне **Результаты расчета**.
- В окне **Настройки** выберите режим отображения **Шкалы** и нажмите на кнопку **ОК**.



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.



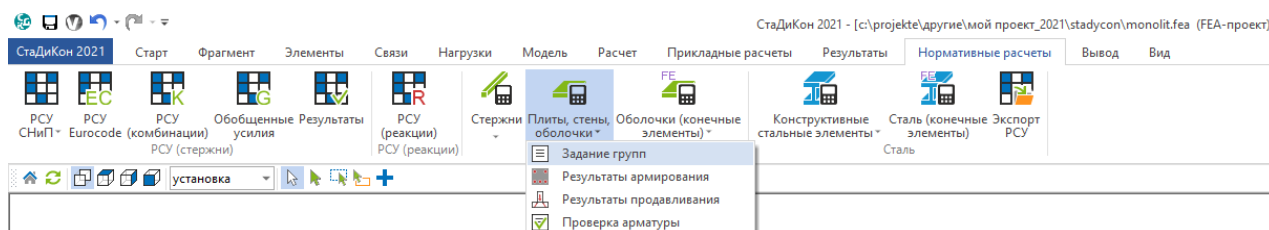
- В окне отображения шкалы можно выбрать способ оцифровки шкалы: в виде площади сечения арматуры или в виде диаметр/шаг арматуры.



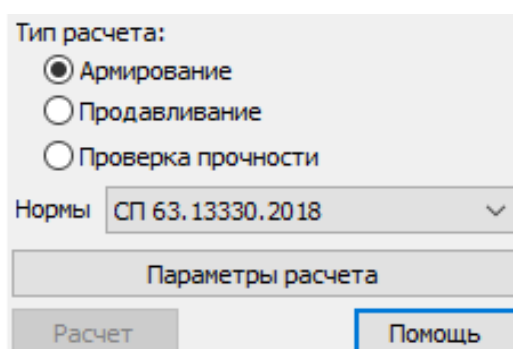
5.18.3 Задание конструктивных элементов для оболочек

Шаг за шагом

1. Включите отображение всей модели (см. п.5.5.3).
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.



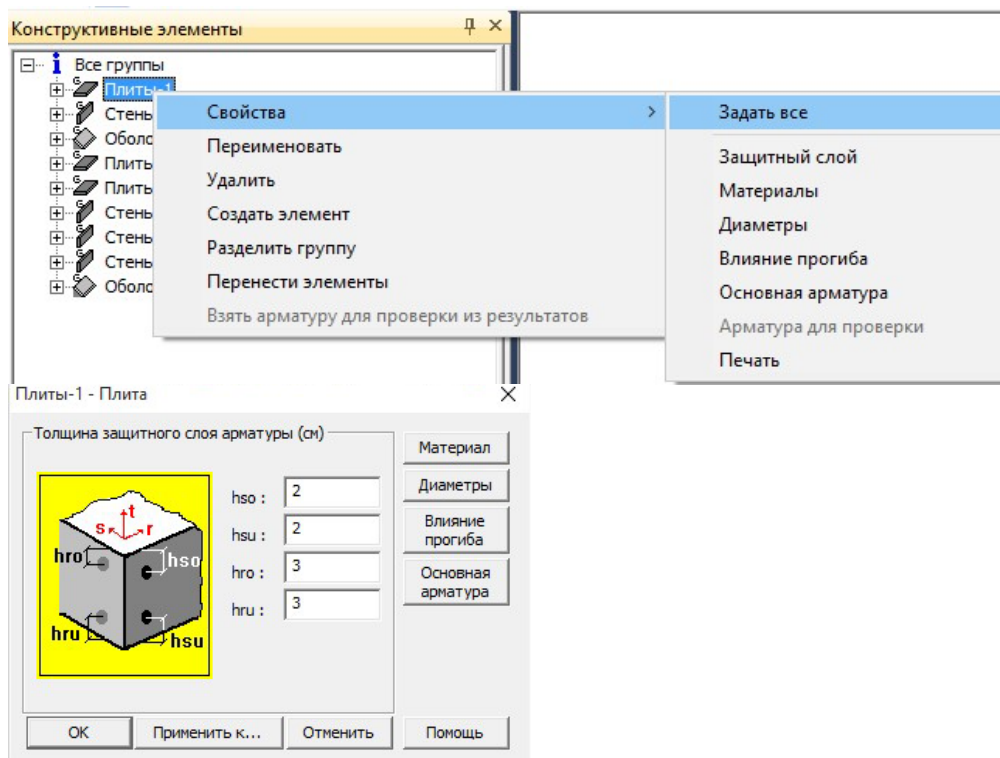
4. В поле отображения дерева конструктивных элементов кликните правой клавишей мыши по надписи **Все группы** и в появившемся списке выберите **Задать по позициям**. Автоматически будут созданы конструктивные элементы из позиций, заданных в MicroFe, которые будут объединены в группы конструктивных элементов плита, стена, оболочка.
5. Поскольку стены подвального этажа имеют отличную от стен типовых этажей расчетную длину, то для них необходимо создать отдельные группы.
6. Следуя указаниям, описанным в п.5.19.1, 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.

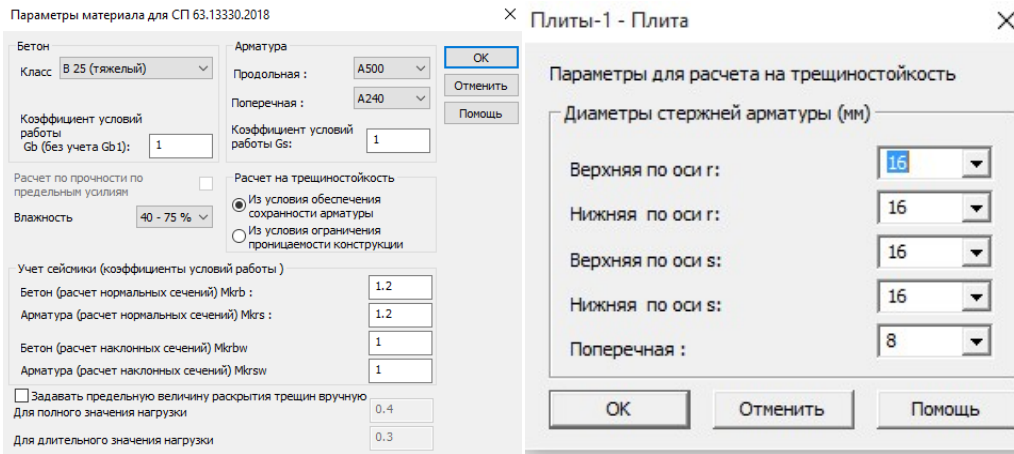
| Группа конструктивных элементов | Состав группы |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| Плиты-1 | Плиты перекрытий |
| Плиты-2 ПФ | Фундаментная плита |
| Плиты-3 | Межэтажные площадки лестничных клеток |
| Стены-1 | Стены типовых этажей толщиной 300 мм |

| Группа конструктивных элементов | Состав группы |
|---------------------------------|---|
| 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 |

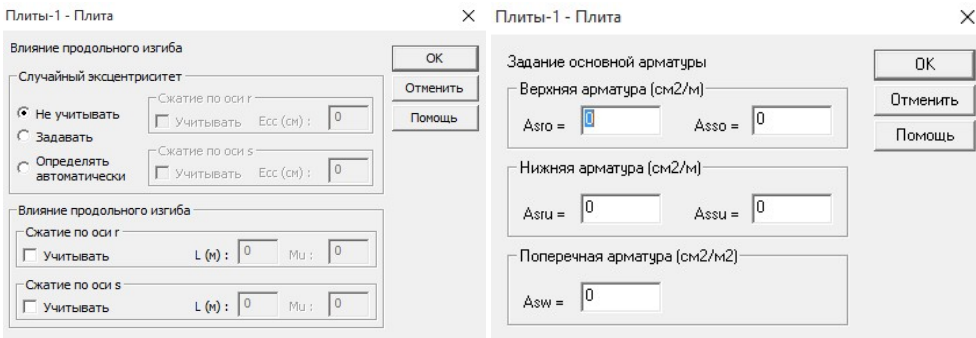
7. Задайте расчетные характеристики для каждой группы конструктивных элементов. Для этого кликните правой клавишей мыши по названию группы и перейдите по вкладкам выпадающего меню **Свойства** > **Задать все**. Укажите толщины защитного слоя арматуры.



8. Вызовите диалог **Параметры материала для расчета по СП**, кликнув по кнопке **Материал**. Задайте параметры материала согласно заданию.
9. Вызовите диалог **Параметры для расчета на трещиностойкость**, кликнув по кнопке **Диаметры**. Задайте максимально возможный диаметр стержней арматуры для данной группы конструктивных элементов.



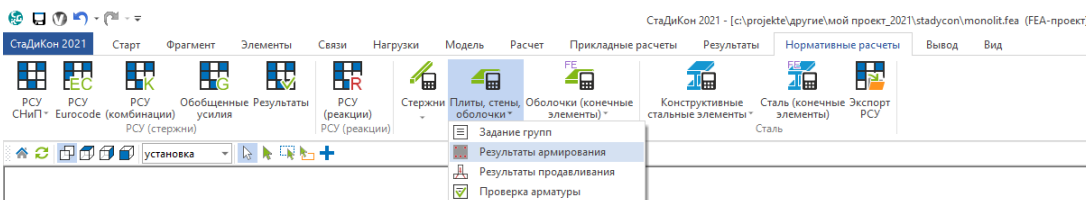
10. Вызовите диалог **Влияние продольного изгиба**, кликнув по кнопке **Влияние прогиба**. Задайте параметры: учитывать ли влияние случайного эксцентриситета и каким образом его определять, учитывать ли влияние продольного изгиба и по какому направлению.
11. Вызовите диалог **Задание основной арматуры**, кликнув по кнопке **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).
12. Завершите ввод параметров для конструктивной группы нажатием **ОК**.
13. Для выполнения расчета нажмите кнопку **Расчет**.



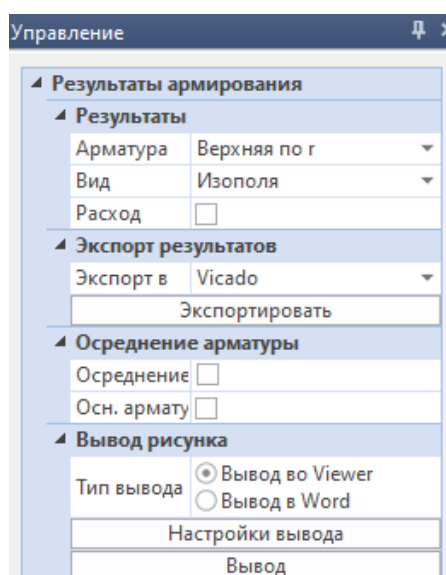
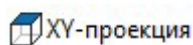
5.18.4 Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек

1. Установите видимость только верхней плиты перекрытия (см. п.5.5.1).
2. Вызовите команду **Нормативные расчеты > Плиты, стены, оболочки > Результаты армирования**.

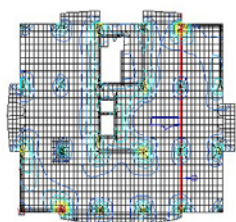
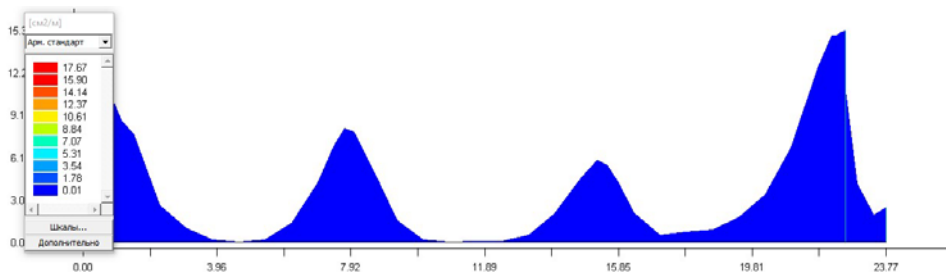
Шаг за шагом



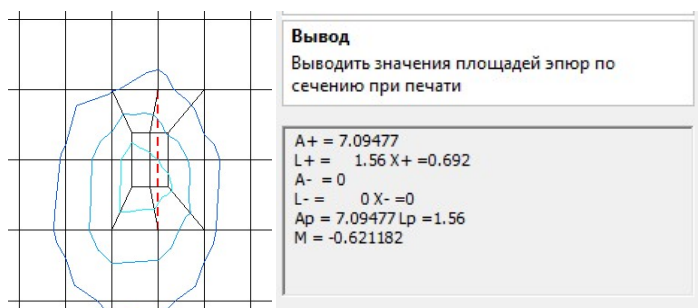
3. В рабочем окне отобразится армирование верхней плиты перекрытия в виде изолиний. Чтобы переключить режим отображения армирования плиты нажмите соответствующую кнопку в окне Переключатели (см. п.5.18.1)
4. Для переключения отображения верхней и нижней арматуры в разных направлениях используйте панель управления.
5. Установите вид сверху, кликнув на кнопку **XY-проекция** в закладке **Вид** или соответствующую кнопку на верхней панели инструментов.
6. Включите режим отображения армирования в виде изополей, выбрав вид **Изополя** в панели управления.
7. В панели управления в зоне Осреднение установите опцию **Осреднение** и задайте ширину полосы осреднения равной 1 м.



8. Обратите внимание, что схема распределения арматуры несколько изменилась. Благодаря распределительной способности железобетона для упрощения работы с пиковыми значениями арматуры можно использовать функцию осреднения, которая позволяет использовать получить в узлах значение арматуры, осредненное по полосе. Ширина полосы определяется пользователем.
9. Выберите режим отображения результатов по сечению, выбрав соответствующий вид показа результатов в панели управления.
10. При активной опции **Линия** в зоне **Свойства сечения** укажите две точки, расположенные на оси колонн, через которые хотите провести сечение.



11. В зоне **Свойства сечения** выберите вид сечения **Отрезок**.
12. Укажите две точки, расположенные на оси колонн и расположенные рядом с одной из колонн.
13. Установите в строке **Арматура** отображение верхнего армирования в направлении перпендикулярном направлению сечения. Установите опцию **Вывод**.



14. Обратите внимание, 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;

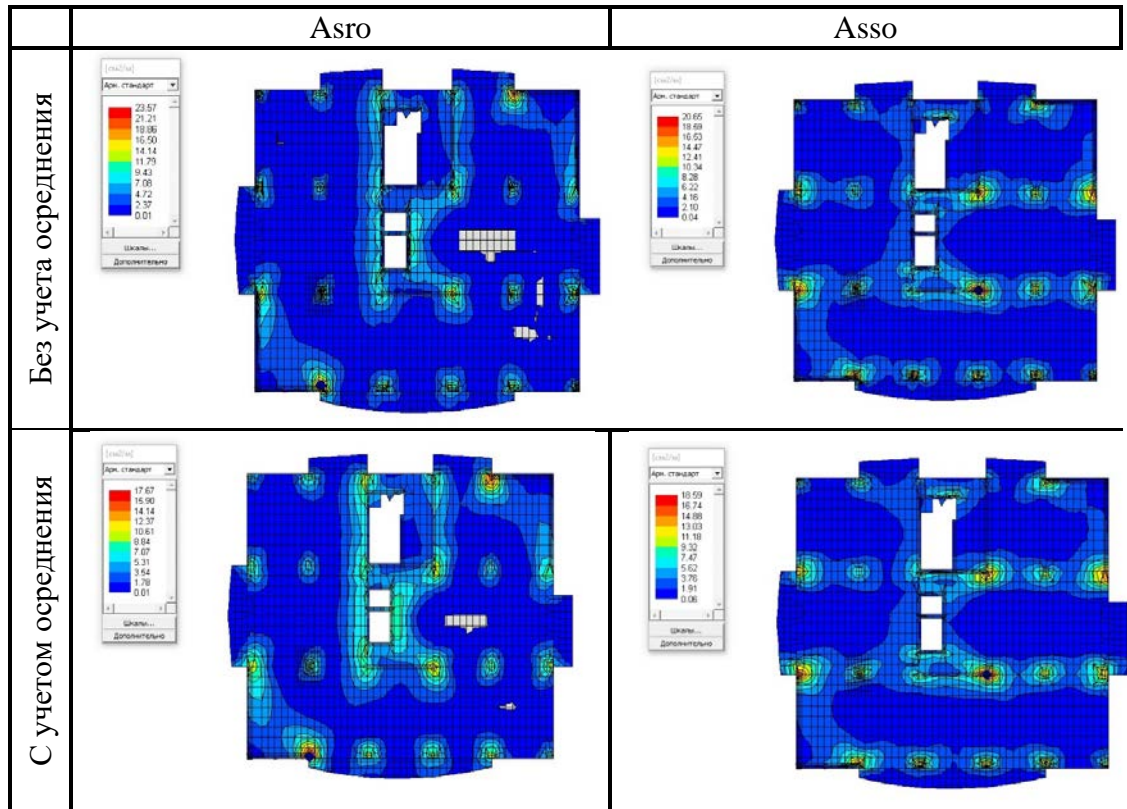
X- - координата центра тяжести отрицательной части эпюры;

Ap – площадь полной эпюры;

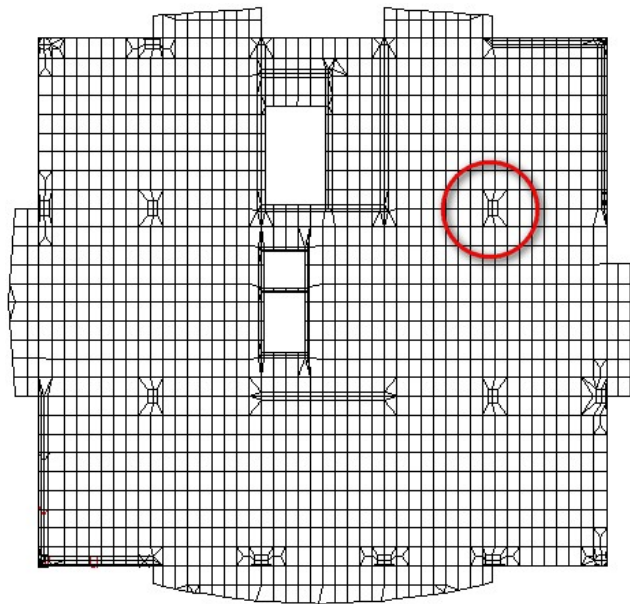
Lp – длина полной эпюры;

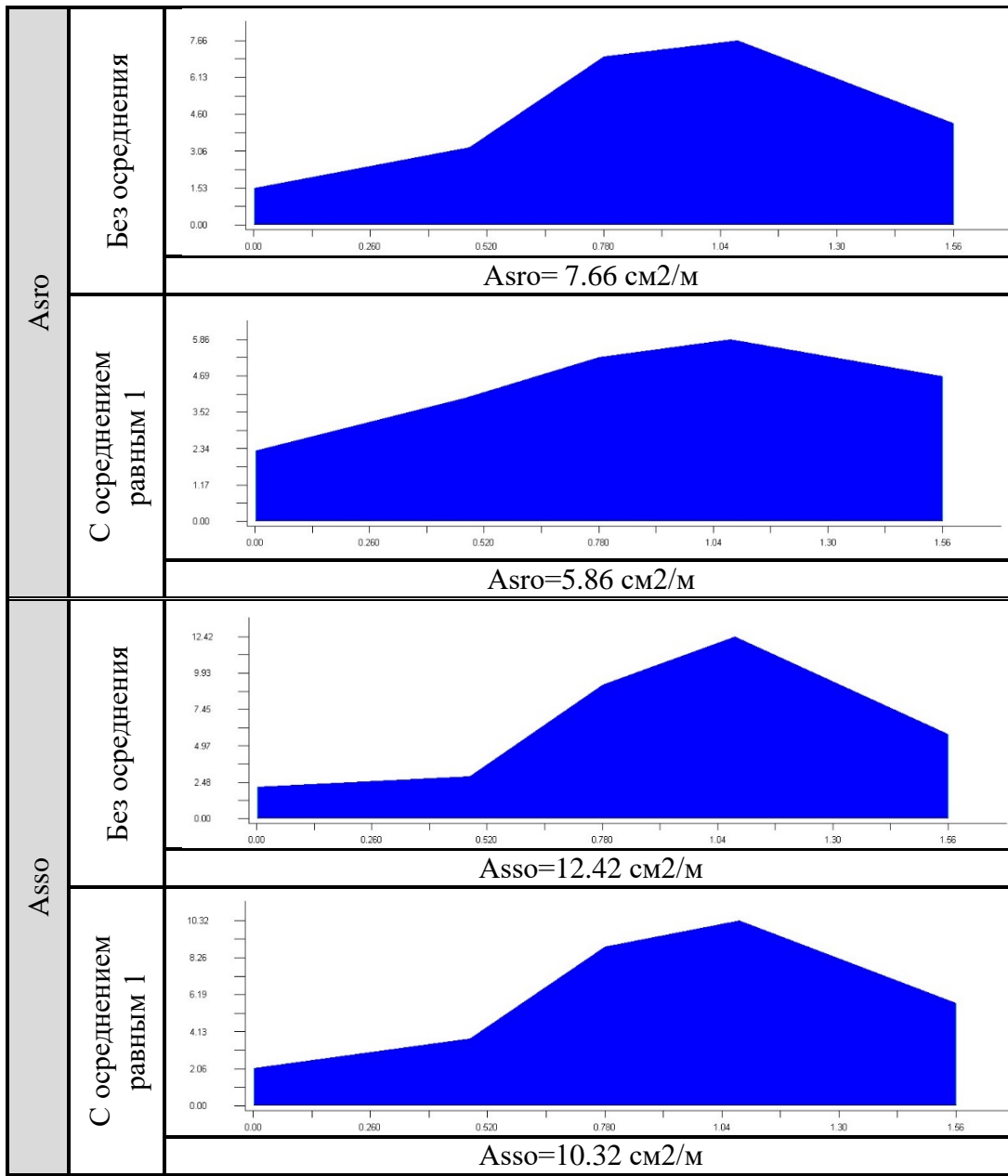
M – момент эпюры.

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.



Рассмотрим более подробно арматуру в указанной области







5.19 Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне

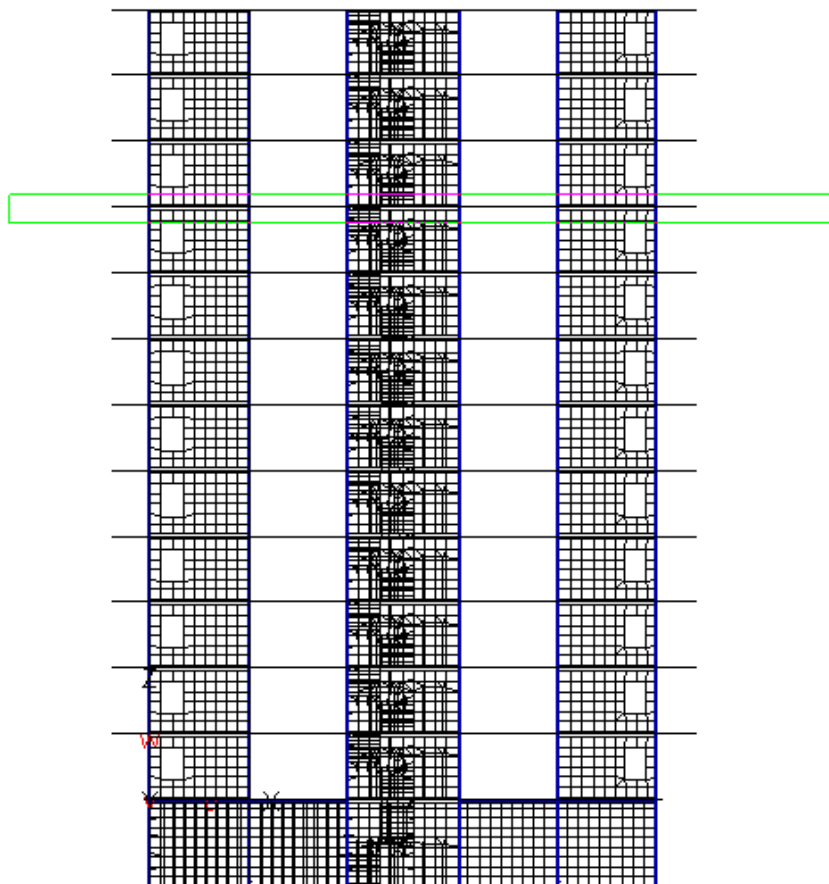
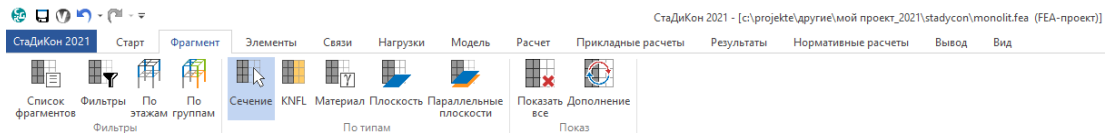
Для расчета прогибов железобетонных конструкций необходимо выполнить расчет с учетом физической нелинейности. Для расчета выберем часть нашей модели (перекрытие) для уменьшения времени счета и количества исходных данных. Расчет прогибов выполняем при действии нормативной постоянной и длительной нагрузки, с использованием нормативных характеристик материалов по СП 63.13330-2012, соответствующих длительному нагружению.


5.19.1 Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект

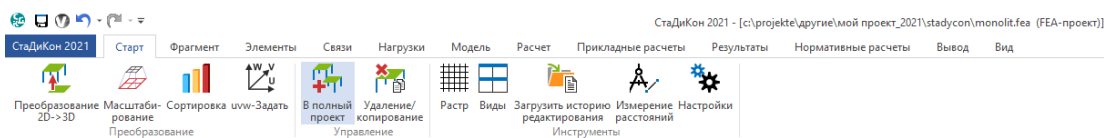
Шаг за шагом

XZ-проекция

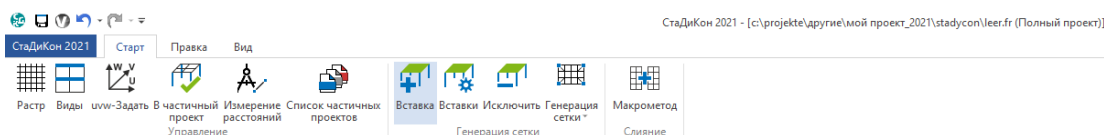
1. Установите для модели вид спереди, кликнув по иконке **XZ-проекция** в закладке Вид или в верхней панели инструментов.
2. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > Установка**. При активных опциях  и  выделите рамкой плиту перекрытия, в которой хотите определить прогибы с учетом трещинообразования в бетоне, таким образом, чтобы рамка пересекала примыкающие к плите конечные элементы стен и колонн.



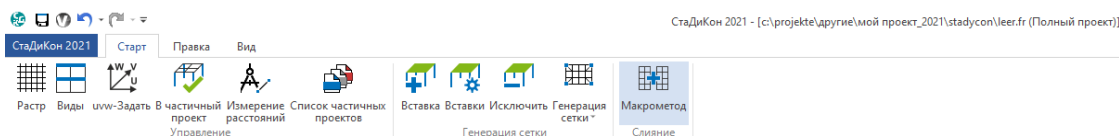
- Сохраните фрагмент для дальнейшего анализа, нажав на кнопку **Сохранить фрагмент** в окне **Список фрагментов**.
- Выйдите из режима создания фрагментов, кликнув на кнопку  в верхней панели инструментов.
- Перейдите в полный проект. Для этого вызовите команду **Старт > В полный проект**.



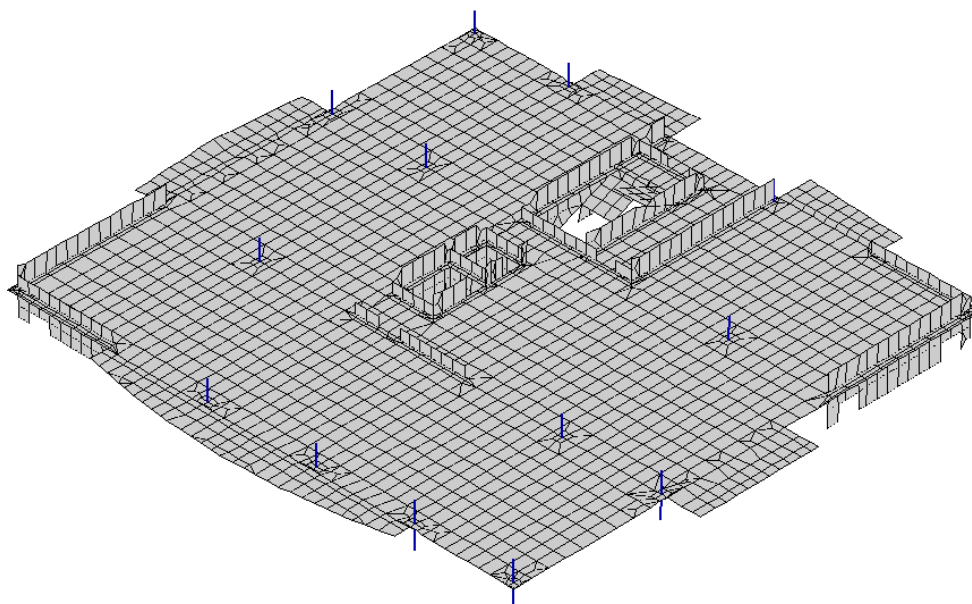
- В окне полного проекта вызовите команду **Старт > Вставка**.



- 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**.

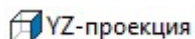


- В окне **Управление** нажмите на кнопку **Старт**.
- В появившемся окне укажите размещение и название создаваемого FEA-проекта.
- При нажатии на кнопку **Сохранить** будет загружен только что созданный Вами FEA-проект.

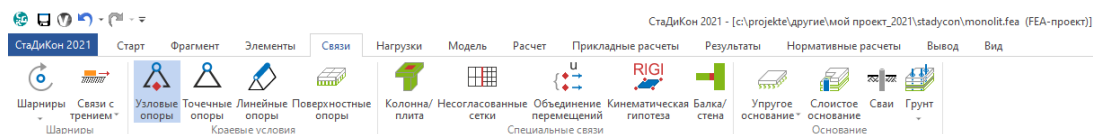


5.19.2 Задание краевых условий

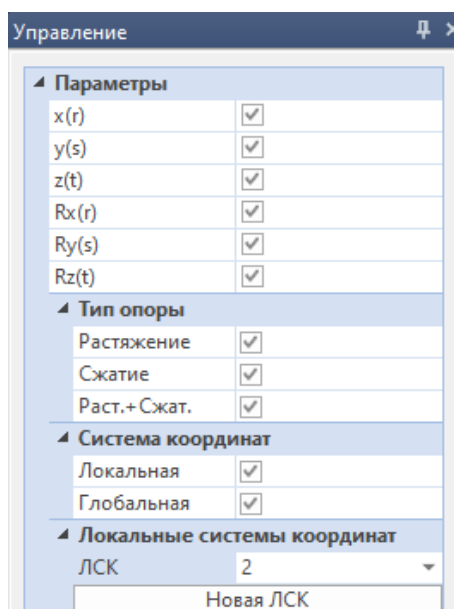
Шаг за шагом



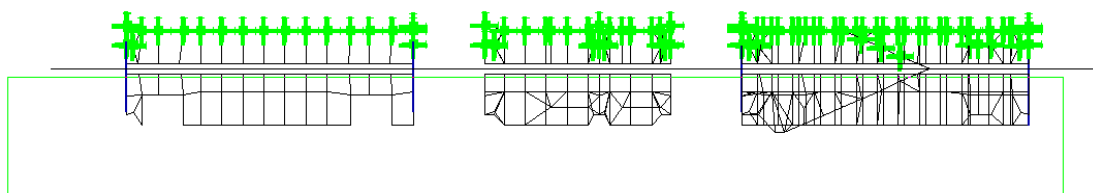
1. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.
2. Перейдите по вкладкам **Связи > Узловые опоры** и выберите тип работы **Установка**.



3. Установите переключатели так, чтобы были активны все усилия по всем направлениям.



4. Задайте значение жесткости в окне управления. Обязательно введение значения жесткости 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 выделите необходимые узлы.
7. Для завершения нажмите на команду .

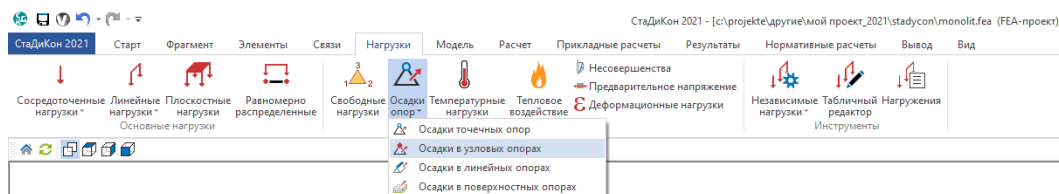



5.19.3 Передача перемещений

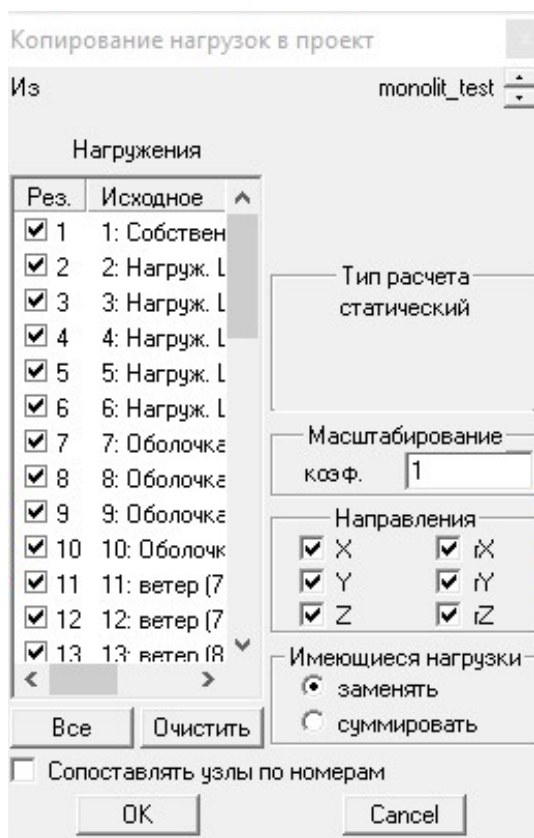
С целью отражения реальной работы перекрытия в составе каркаса здания в введенные связи необходимо добавить перемещения, полученные в соответствующих узлах, при расчете всего каркаса.

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

Шаг за шагом



2. При активной опции  в рабочем окне рамкой выделите все введенные связи.
3. По окончании выделения 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

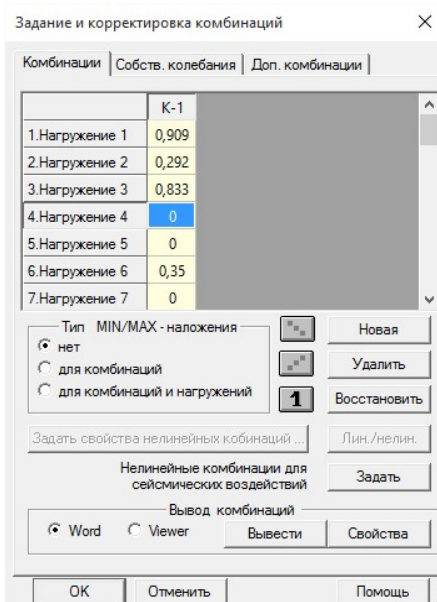
Шаг за шагом

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

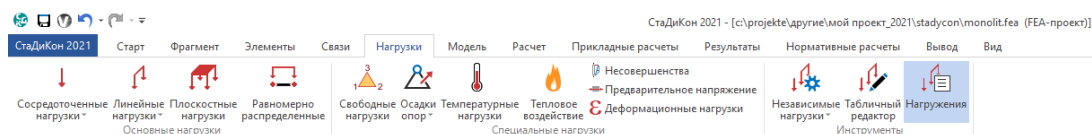


2. Удалите ненужные комбинации при помощи кнопки **Удалить**.
3. Поскольку прогибы плиты согласно СП 20.13330.2016 должны определяться от действия постоянных и временных длительных нагрузок, в таблице **Комбинации** задайте комбинацию, состоящую из вертикальных нагрузок на перекрытие с коэффициентами, 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-7-27 |
|-----|-------|-------|-------|-------|------|------|---------|
| К-1 | 0.909 | 0.292 | 0.833 | 0.154 | 0 | 0.35 | 0 |

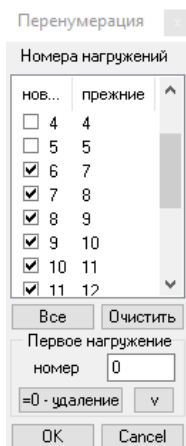


4. Завершите задание комбинации, нажав на **ОК**.
5. Чтобы расчет выполнялся значительно быстрее, удалите неиспользуемые нагружения. Для этого вызовите команду **Нагрузки > Нагружения** и вариант работы **Перенумеровать**.



6. В появившемся диалоге **Перенумерация** нажмите на кнопку **Все**, затем на кнопку **=0-удаление** и потом на **V**. Таким образом, все нагружения будут подготовлены к удалению.

7. Чтобы сохранить нагружение, кликните по нему левой клавишей мыши. Впишите новый номер нагружения в поле номер, не равный нулю, внизу списка. Нажмите V. Таким образом сохраните все необходимые нагружения.



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

5.19.5 Задание слоистого материала

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

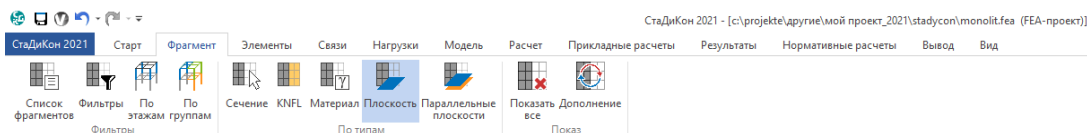
Прежде чем начать задание слоистых материалов необходимо определиться с армированием плиты перекрытия. Нелинейный расчет прогибов плиты с учетом трещинообразования должен выполняться на основе данных по действительному армированию, принятому в результате конструирования.


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

| Зоны армирования | | Надпорные зоны | | Пролетные зоны | |
|------------------|-------------|----------------|-----|----------------|-----|
| Направление | | г | s | г | 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

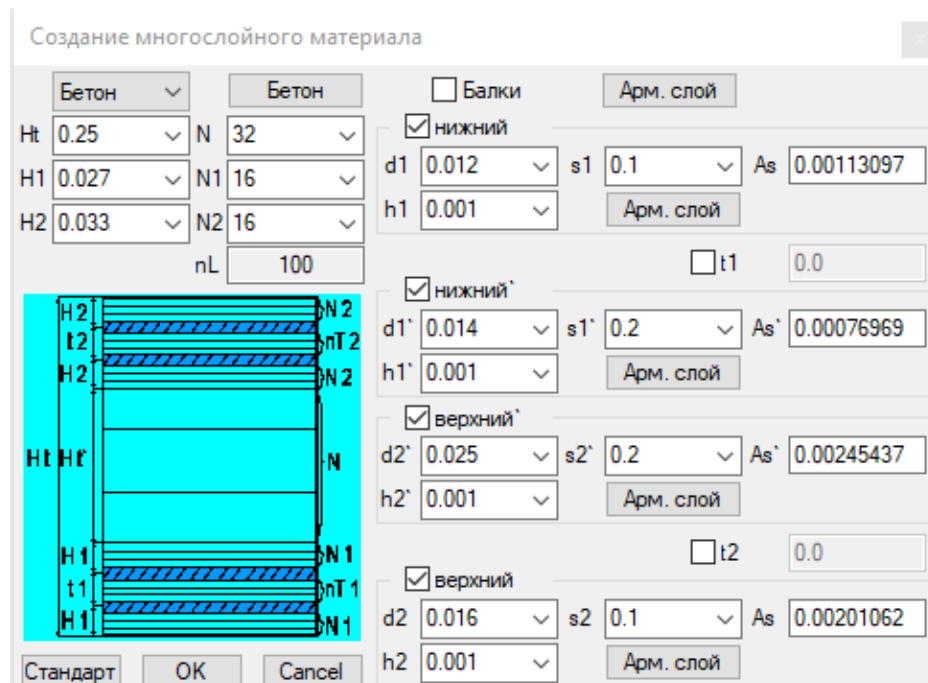
1. Установите для модели вид сверху, кликнув по иконке **XY-проекция** в верхней панели инструментов.
2. Вызовите команду **Фрагмент > Плоскость > Установка**. Укажите три точки на плите перекрытия.



3. Завершите выделение фрагмента, нажав кнопку  .
4. Вызовите команду **Элементы > Материал** и в появившемся списке в окне управления выберите **Редактирование**. Или используйте команду **Элементы > Редактор материалов > Редактор**.



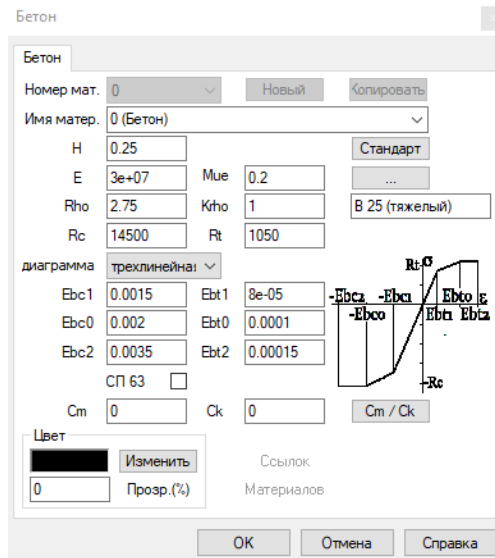
5. В появившемся диалоговом окне **Материалы** перейдите на вкладку **Слоистый** и создайте новый материал, нажав на кнопку **Новый**.
6. В поле **Имя материала** введите обозначение **Опора**.
7. Для перехода в диалог **Создание многослойного материала** нажмите на кнопку **Расчет**.
8. Задайте характеристики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



Советы & рекомендации

- Все указываемые толщины слоев и их количество замаркированы на рисунке в левом нижнем углу окна **Создание многослойного материала**.
- Количество слоев чаще всего назначается таким образом, чтобы толщина средних слоев была больше толщины крайних.
- При наведении курсора мыши на поле для ввода данных всплывает подсказка по данной переменной.

9. Для задания характеристик бетона нажмите на кнопку **Бетон**.



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 $R_{h0} = 2,1$ т/м³;

Нормативное сопротивление бетона растяжению $R_t = 1050$;

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

Предельная деформация растяжения $E_t = 0,00015$;

Предельная деформация сжатия $E_c = 0,0035$, $E_{t2} = 0,0001$, $E_{c2} = 0,002$.

11. Тип диаграммы укажите как **трехлинейная**. Установите опцию **СП 52-101**.

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

13. Для редактирования свойств всей арматуры для данного слоистого материала нажмите на самую верхнюю кнопку **Арматурный слой**. С помощью кнопок **Арм. слой** для каждого слоя Вы можете назначать индивидуальные свойства для каждого слоя.

14. В появившемся окне укажите:

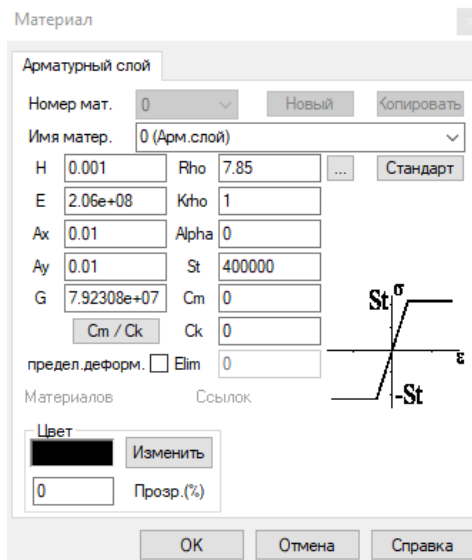
толщину арматурного слоя $H = 0,001$ м;

модуль упругости $E = 2,06 \cdot 10^8$ кН/м²;

модуль сдвига $G = 7,9 \cdot 10^7$ кН/м²;

плотность стали $R_{h0} = 7,85$ т/м³;

предел текучести $St = 400000$ кН/м².



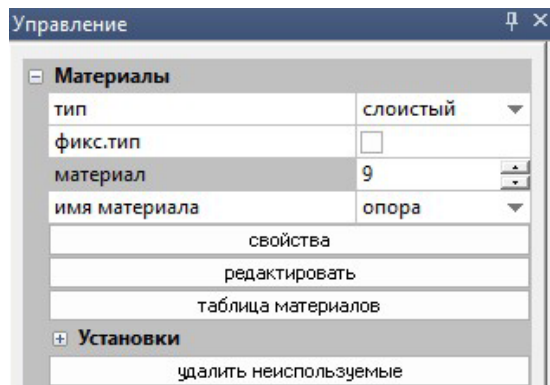
15. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.
16. Нажмите на вторую сверху кнопку **Арматурный слой**. Обратите внимание, что ненулевая площадь арматуры задана только в направлении оси Y. Убедитесь, что арматура задана в нужном направлении.
17. Аналогично проверьте правильность задания направления 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 поле **Слой** будут отображены автоматически созданные слои.

Советы & рекомендации


- Для редактирования свойств слоя дважды кликните 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**.

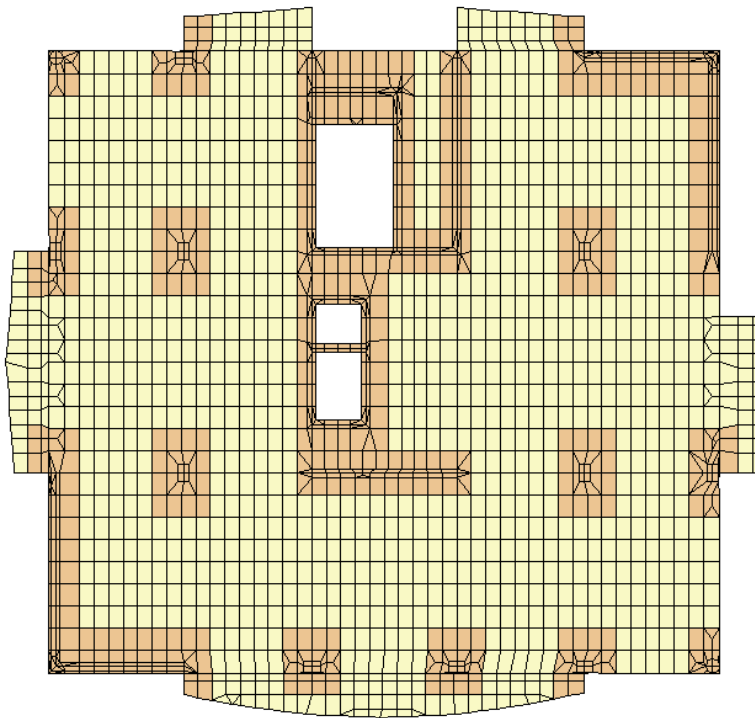


24. В окне **Управление** выберите тип материала **Слоистый**.

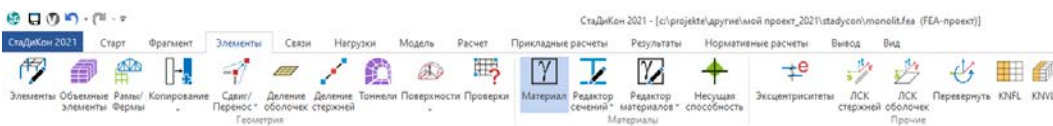


25. Выберите нужный материал, используя строку **Имя материала**.

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



27. Вызовите команду **Фрагмент > Материал** и тип работы **Установка**.
Кликните по плите перекрытия в пролетной зоне.



28. Вызовите команду **Элементы > Материал**.

29. Аналогично опорной зоне задайте материал для пролетной зоны.

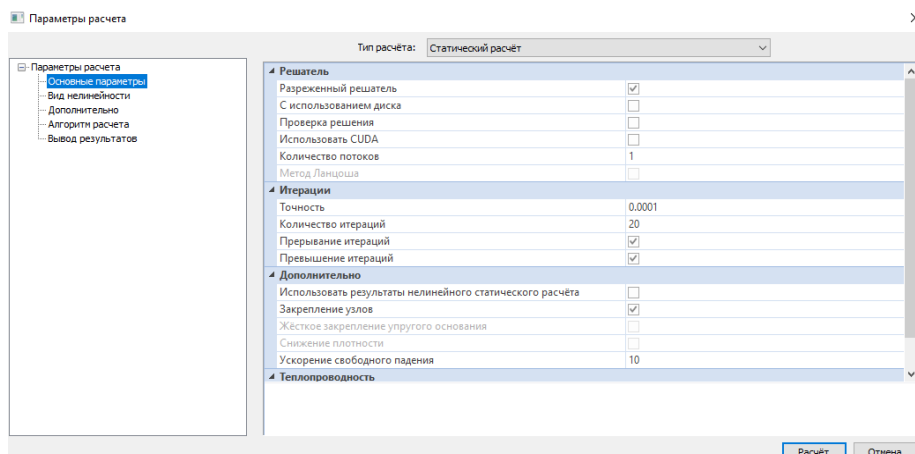
30. При активной опции  рамкой выделите все элементы.

31. Для завершения задания материалов кликните на кнопку  .

5.19.6 Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов

Шаг за шагом

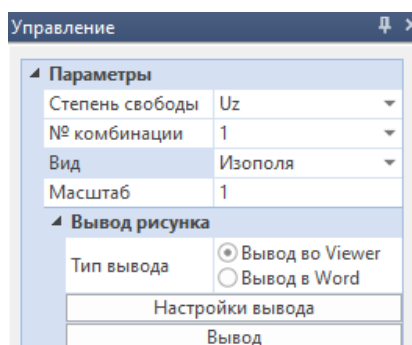
1. Выполните статический расчет, следуя указаниям п.5.5.7.



2. На вопрос сохранить ли изменения в проекте ответьте утвердительно.
3. В диалоге **Выбор типа расчета** во вкладке **Стандарты** снимите галочку с опции **Дисковый решатель**.
4. Установите галочку на опции **Нелинейный материал**.
5. В диалоге **Выбор типа расчета** установите галочку на опции **Превышение итераций**.
6. Укажите число итераций равным 20.
7. По окончании расчета загрузится FEA-проект.
8. Вызовите команду **Результаты > Перемещения**.




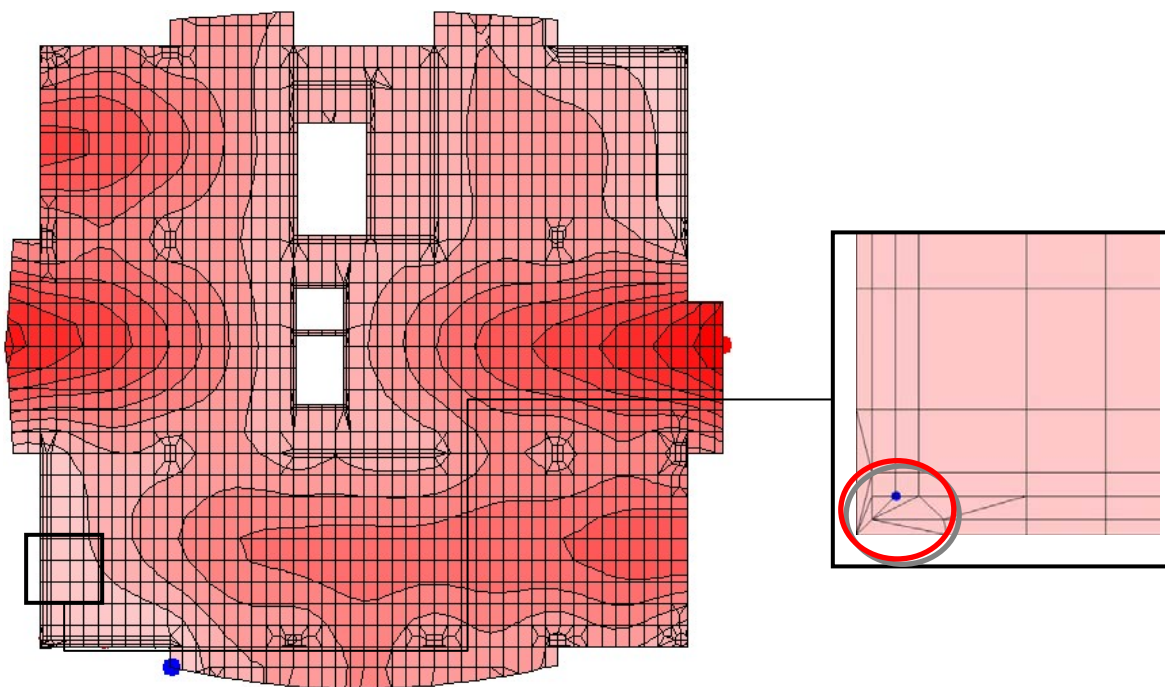
9. В окне **Переключатели** включите режим отображения деформаций в виде изополей, а также установите переключатель на показ перемещений по оси z.



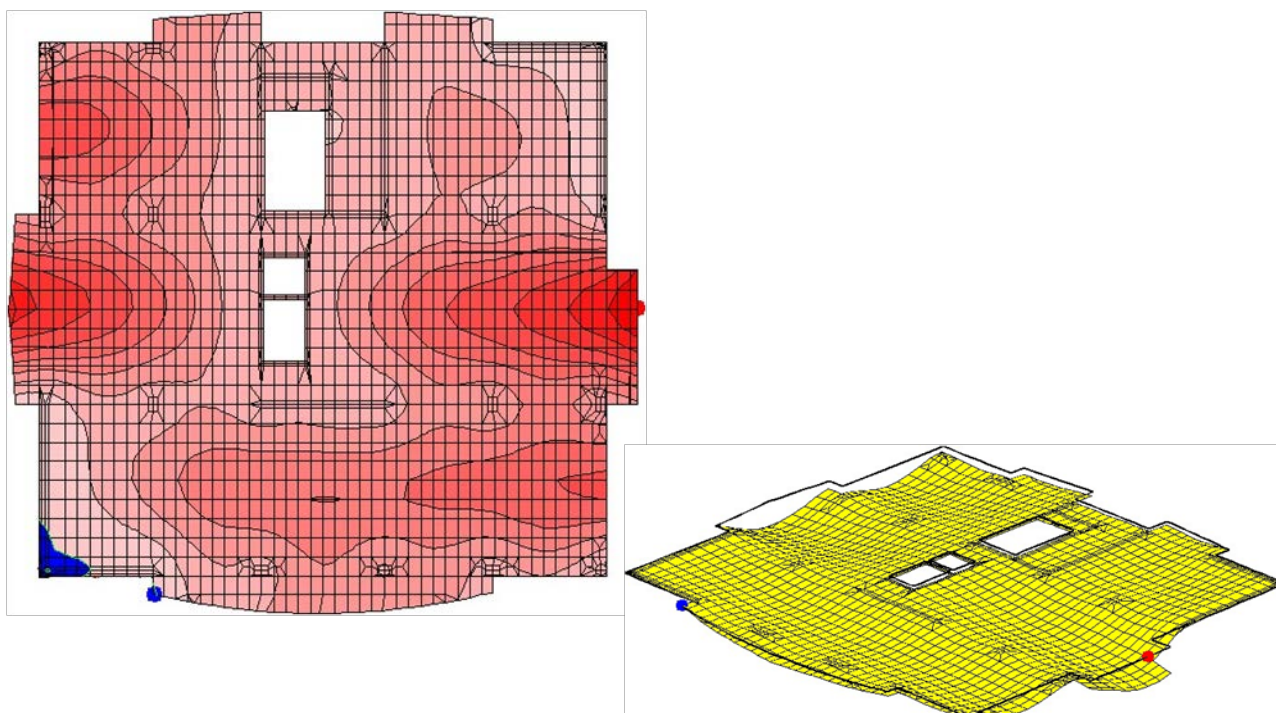
10. Сделайте активной опцию **Показ относительных перемещений**, кликнув по соответствующей иконке в верхней панели инструментов



11. Кликните по иконке **Задать узел** для показа относительных перемещений в верхней панели инструментов .
12. В рабочем окне укажите узел, расположенный на пересечении осей двух стен в левом нижнем углу.



13. В левом нижнем углу экрана в строке состояния будут выписаны максимальные перемещения узлов плиты. В данном случае максимальный прогиб составил 14,9 мм и не превысил предельно допустимое значение, равное 36,3 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 63.13330.2012 "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.