

2009

Расчет многоэтажного здания в Ing+

ТС
ТЕХСОФТ

Техсофт
01.10.2009



Пособие составлено сотрудниками ООО «Техсофт» - производителя системы сквозного архитектурно-строительного проектирования **Ing+**. Данный документ описывает работу с версией 2009 года. Набор инструментов в более ранних версиях может отличаться от представленных. Пособие не является полной документацией и не описывает все возможности программных средств.

Более подробная информация о программных продуктах представлена на сайте www.tech-soft.ru

Коллектив авторов:

Семенов В.А.

Баглаев Н.Н.

Мясумов И.А.

Сафиуллин Д.Р.

Предисловие

Данное пособие облегчит Вам работу с системой сквозного проектирования строительных конструкций **ING+ 2009**. Более подробную информацию Вы найдете в Online-документации. Мы будем рады видеть Вас и на обучении, которое организуем специально для Вас.

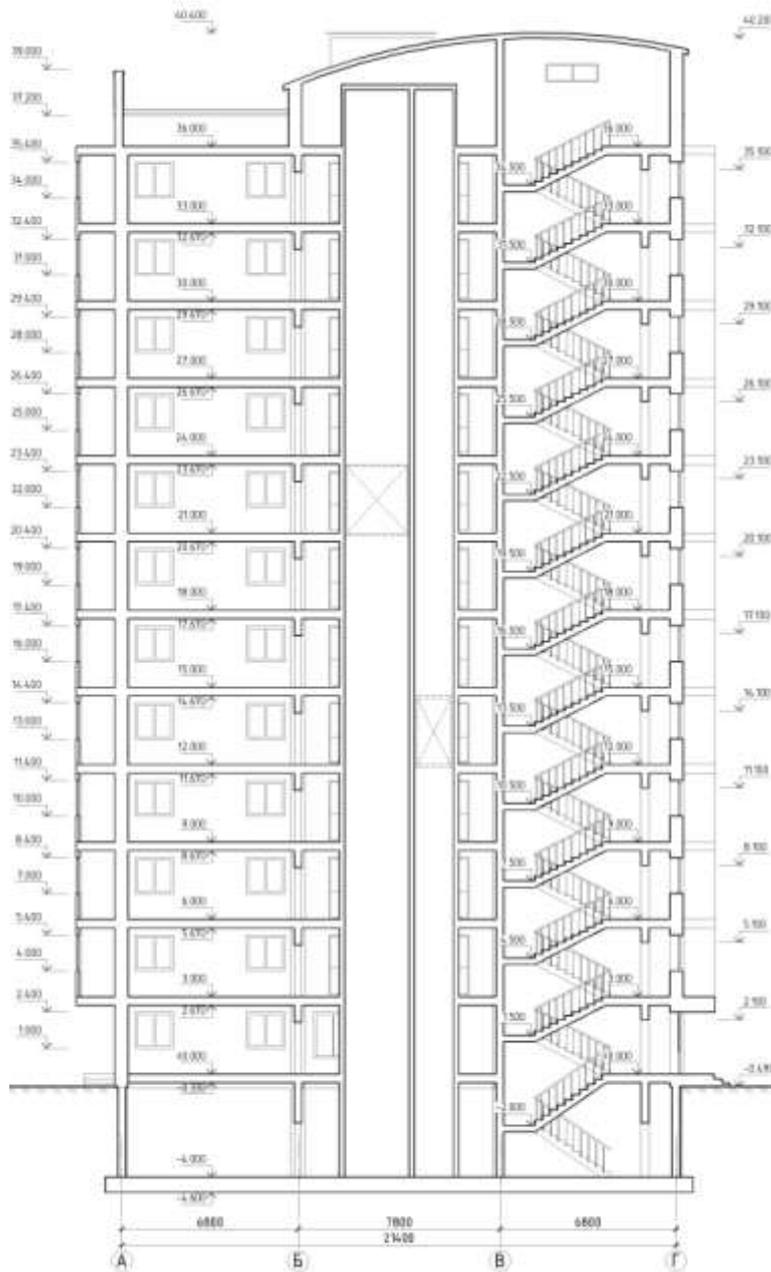
1	Описание исходных данных	7
1.1	Описание задачи	7
1.2	Основные расчетные предпосылки.....	10
2	Создание проекта в ProjektManager.....	12
2.1	Работа с ProjektManager.....	12
3	Сбор нагрузок в программе Статика S018 – Математические таблицы.....	15
3.1	Создание Частичного проекта	15
3.2	Рабочая область.....	16
3.3	Сбор нагрузок.....	17
3.4	Определить передачу нагрузок	18
3.5	Создать FE-модель.	21
4	Работа с позиционной моделью в модуле ввода общих конструкций MicroFe.....	23
4.1	Рабочая область.....	23
4.2	Создание прямоугольного раstra	23
4.3	Ввод позиций	25
4.3.1	Ввод плиты.....	26
4.3.2	Ввод стен	31
4.3.3	Ввод колонн	34
4.3.4	Ввод проемов	36
4.3.5	Ввод лестничных маршей	37
4.3.6	Ввод ребер жесткости плиты (подбалок).....	40
4.4	Изменение свойств позиций.....	40
4.5	Изменение геометрии	43
4.6	Задание нагрузок и нагружений.....	44
4.6.1	Ввод линейных нагрузок.....	44
4.6.2	Ввод поверхностных нагрузок.....	46
4.7	Тиражирование этажа	47
4.8	Редактирование этажа.....	48
4.8.1	Установка опций сгущения сетки и элементов жесткости для колонн	48

4.8.2	Изменение геометрии стен.....	49
4.8.3	Перемещение дверных проемов	50
4.8.4	Изменение геометрии лестничного марша.....	51
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	55
4.10.3	Задание нагрузки на балкон	57
4.11	Тиражирование жилого этажа	57
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	62
4.13.1	Вес конструкции кровли	63
4.13.2	Вес несущих конструкций	64
4.13.3	Снеговая нагрузка.....	64
4.14	Ввод Снеговой нагрузки на покрытие	64
4.14.1	Подсчет значений нагрузки.....	64
4.14.2	Импорт слоя DXF/DWG	66
4.14.3	Ввод поверхностной трапецевидной нагрузки	67
4.14.4	Ввод снеговой нагрузки на покрытие балкона.....	69
4.15	Ввод ветровой нагрузки.....	69
4.15.1	Подсчет значений в Статике S018.....	70
4.15.2	Приложение линейной нагрузки на перекрытия.....	72
4.16	Ввод фундаментной плиты	75
4.17	Ввод слоистого основания.....	76
4.18	Ввод фиктивных свай	78
4.19	Предварительная генерации конечно-элементной сетки.....	79
5	Работа с конечноэлементной моделью и расчеты в модуле	
	GEN_3DIM.....	81
5.1	Загрузка FEA и POS проекта	81
5.2	Рабочая область	82
5.3	Создание полного проекта.....	82
5.4	Генерация конечно-элементной сетки.....	83
5.5	Правка конечно-элементной сетки.....	84
5.5.1	Визуальный контроль результатов генерации сетки	84

5.5.2	Проверка правильности расстановки эксцентриситетов	88
5.5.3	Изменение свойств колонн	90
5.5.4	Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты	95
5.5.5	Выполнение проверочного статического расчета	97
5.5.6	Редактирование конечно-элементной сетки	97
5.5.7	Выполнение проверочного статического расчета	100
5.6	Оценка погрешности	100
5.7	Создание динамической модели	105
5.7.1	Редактирование свойств материала	105
5.7.2	Изменение граничных условий	106
5.7.3	Создание комбинаций нагружений для расчета собственных колебаний	106
5.8	Расчет форм собственных колебаний	107
5.9	Анализ результатов расчета форм собственных колебаний	108
5.10	Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки	110
5.11	Определение сейсмических нагрузок	112
5.11.1	Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействий	112
5.11.2	Определение сейсмических нагрузок от вращательных компонент сейсмического воздействия	116
5.11.3	Копирование нагружений из динамической модели в статическую модель	117
5.12	Статический расчет	118
5.13	Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки	118
5.14	Задание данных для РСУ	120
5.14.1	Формирование дополнительных нагружений	121
5.14.2	Задание свойств нагружений для автоматического формирования РСУ	122
5.14.3	Несочетаемые нагружения	125
5.15	Проверка законтурного основания	126
5.15.1	Анализ перемещений и редактирование основания	126
5.16	Учет этапности возведения	129
5.16.1	Ручное редактирование этапа возведения	131
5.17	Расчет на устойчивость	133
5.18	Просмотр результатов статического расчета	135
5.18.1	Просмотр усилий в плите	136
5.18.2	Просмотр усилий в колоннах и подбалках	138
5.19	Конструктивный расчет	138
5.19.1	Задание конструктивных элементов для стержней	139

5.19.2	Просмотр результатов конструктивного расчета стержней....	146
5.19.3	Задание конструктивных элементов для оболочек	147
5.19.4	Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек....	150
5.20	Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне.....	154
5.20.1	Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект	154
5.20.2	Задание краевых условий.....	156
5.20.3	Передача перемещений.....	156
5.20.4	Создание комбинации нагрузжений	157
5.20.5	Задание слоистого материала	159
5.20.6	Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов	163
6	Библиографический список	167

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 СНиП II-7-81*.

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 СНиП 2.01.07-85*, СНиП II-7-81* и СП 52-101-2003. 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.

Наименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. значение	Козф-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 – 8
На заветренную сторону здания	кН/м ²	0.13 - 0.27	1.4	0	7 – 8

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 пе-

регородки 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 $\nu = 0,33$; глубина сжимаемой толщи $H_c = 7,2$ м; модуль деформаций на части площади основания под фундаментной плитой $E_{sls} = 16 \cdot 10^3$ кПа; на остальной части - $E_{sls} = 12 \cdot 10^3$ 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 СНиП 2.01.07-85* 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.

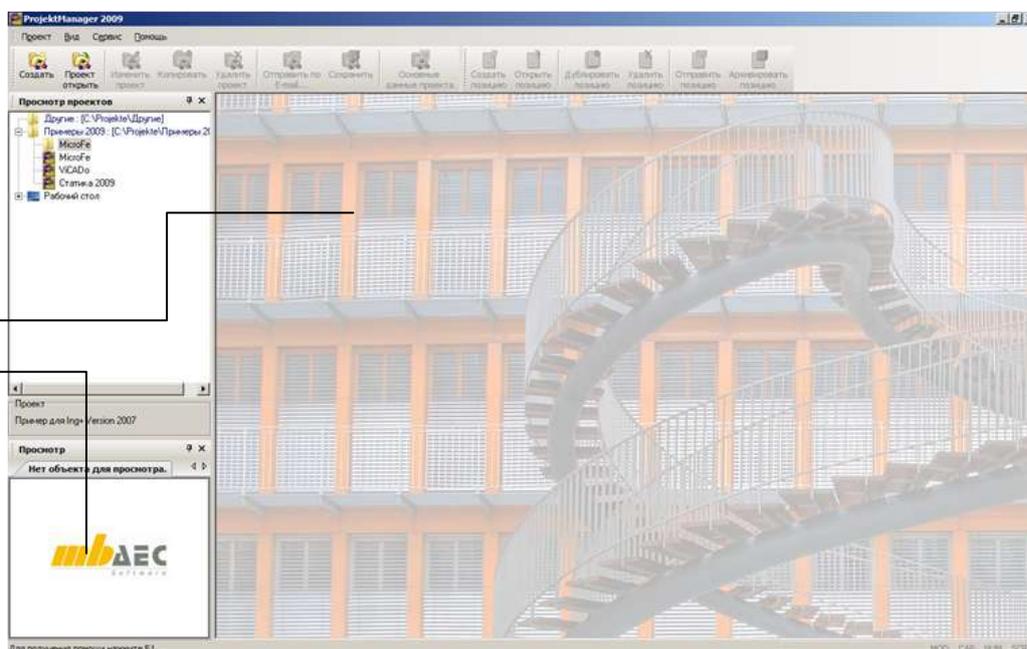
Советы & рекомендации

ProjektManager можно устанавливать на любом компьютере без лицензии. Более простую коммуникацию, не требующую огромного количества бумаг, трудно себе представить.

В просмотре проектов приведены все проекты в форме дерева. Директории (группы), созданные в версии Ing+ 2009, выделены синим цветом. Проекты, созданные в версии Ing+ 2009, отображаются темно-красным цветом и отмечаются соответствующей иконкой. Проекты более ранних версий выделены оранжевым цветом.

Переключение между FE-моделями происходит щелчком мыши.

Просмотр моделей и позиций позволяет Вам ориентироваться в проекте и перемещаться по нему.

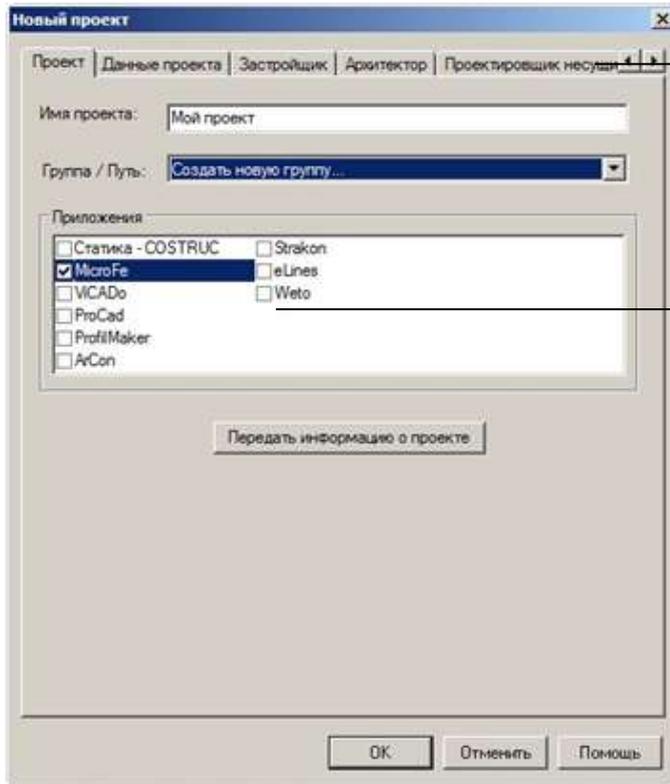


Шаг за шагом

1. Для начала работы запускаем ProjektManager: **Пуск > Все программы > Ing+ 2009 > ProjektManager 2009**.
2. Откроется окно программы ProjektManager 2009.
3. Выберите в меню команду **Проект > Новый**. Откроется диалог, предназначенный для ввода данных проекта и состоящий из нескольких вкладок.
4. На странице диалога **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.
6. Перейдите к другим закладкам, чтобы ввести данные по **застройщику, архитектору** или **проектировщику**.
7. Сохраните данные, нажав на клавишу **ОК**. Проект появится в окне просмотра. Откроется окно проекта с указанными приложениями. Закладка **Инфо** будет активна.



Общие данные проекта задаются централизованно. Затем они будут предоставлены в Ваше распоряжение во всех приложениях.

Здесь можно указать, какие приложения должны использоваться в данном проекте

- Проекты, созданные в предыдущих версиях **Ing+**, можно конвертировать в версию 2009. Старый проект сохраняется в виде копии.
- Проекты, созданные в **Ing+ 2009**, открыть при помощи предыдущих версий Ing+ невозможно.
- Проекты можно переименовывать и копировать, вызвав правой кнопкой мыши контекстное меню. Вся структура проекта сохраняется.

Советы & рекомендации

8. После нажатия клавиши **ОК**, появится окно, в котором необходимо указать **Имя группы** и **Путь** хранения данных на Вашем компьютере. В поле **Информация** можно дать краткое описание группы.



9. В окне ProjektManager 2009 появилась группа **Обучение MicroFe 2009**, в ней проект под названием «Мой проект». Далее созданные проекты бу-

дуг сохраняться в группе **Обучение MicroFe 2009**. По необходимости можно задать новое имя группе, вызвав контекстное меню и выбрав **Каталог переименовать**, или создать новую группу.

Все используемые в строительном объекте программы приведены в форме закладок.

При щелчке правой кнопки мыши на панель закладок открывается контекстное меню, предназначенное для включения и выключения программ.



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 **Статики**.

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.

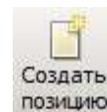
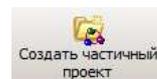
3.1 Создание Частичного проекта

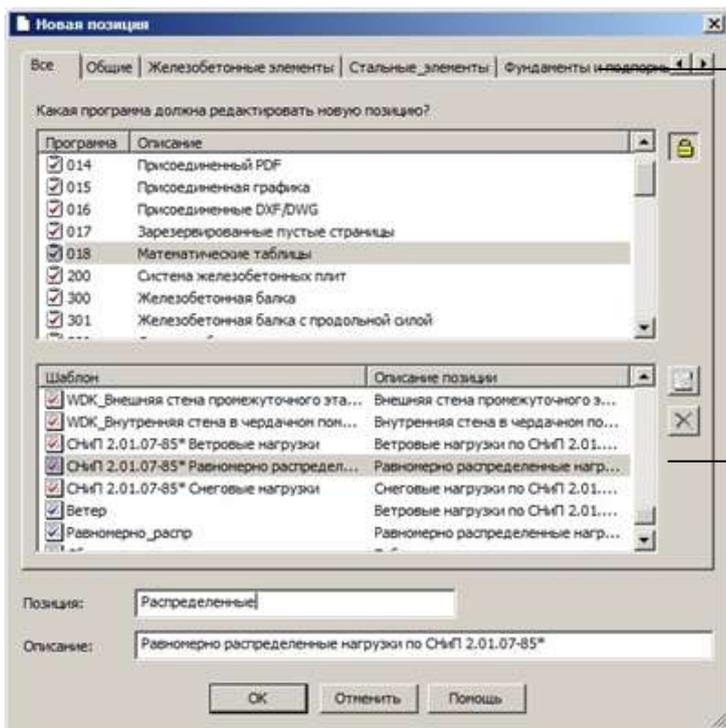
1. При создании проекта в **ProjektManager 2009** (п.2.1) для формирования раздела работы со Статикой необходимо установить опцию **Статика – COSTRUC** или установить опцию **Статика – COSTRUC** при вызове выпадающего меню на вкладках проекта.

Шаг за шагом



2. Создайте **Частичный проект**, кликнув по соответствующей кнопке в меню.
3. Теперь необходимо **Создать позицию**.
4. Выберите программу, которая должна редактировать новую позицию. Рассмотрим программу 018 – Математические таблицы.





Переключение вкладок обеспечивает сортировку программ по типам конструктивных элементов, что ускоряет процесс поиска необходимой программы.

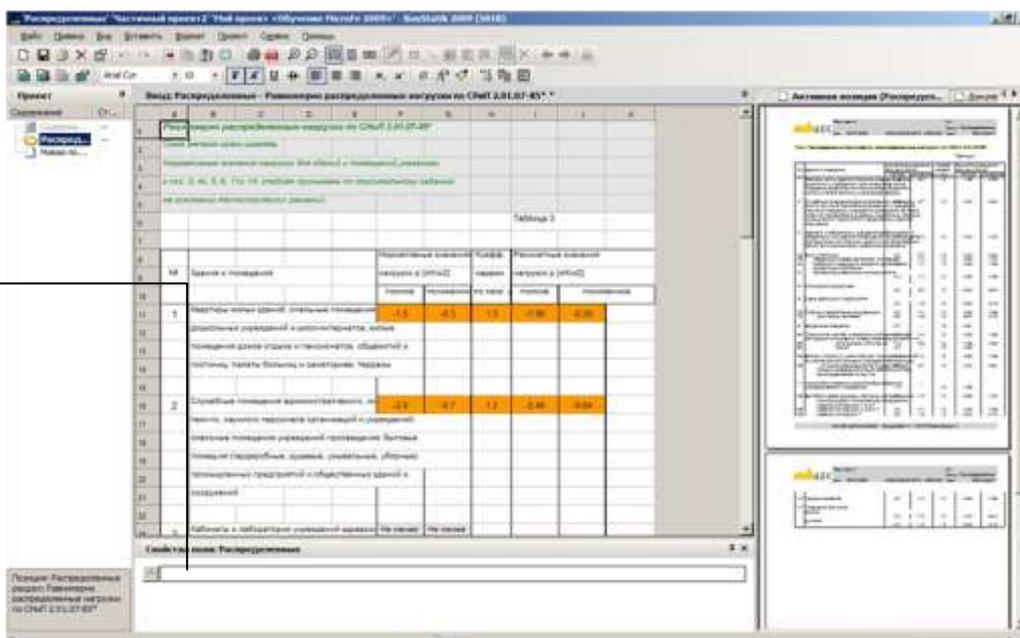
Программа работает с готовыми шаблонами таблиц

5. Укажите на шаблон «СНиП 2.01.07-85* Равномерно распределенные нагрузки». 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.



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

1. Оптимизируйте рабочую область, убрав окно **Проект**. 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 **Файл > Позиция > Создать**, выбрав следующие шаблоны: «СНиП 2.01.07-85* Ветровые нагрузки», «СНиП 2.01.07-85* Снеговые нагрузки» и **Пустая таблица**. В пустой таблице Вы будете формировать собственные нагрузки, выбирая соответствующие коэффициенты и нагрузки из готовых шаблонов.

Шаг за шагом

- 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 Статики. Благодаря этому Вы можете оптимально расположить окна для работы с таблицами. При переходе к другому модулю Статики там будет воспроизведена последняя сохраненная схема расположения окон.

Советы & рекомендации

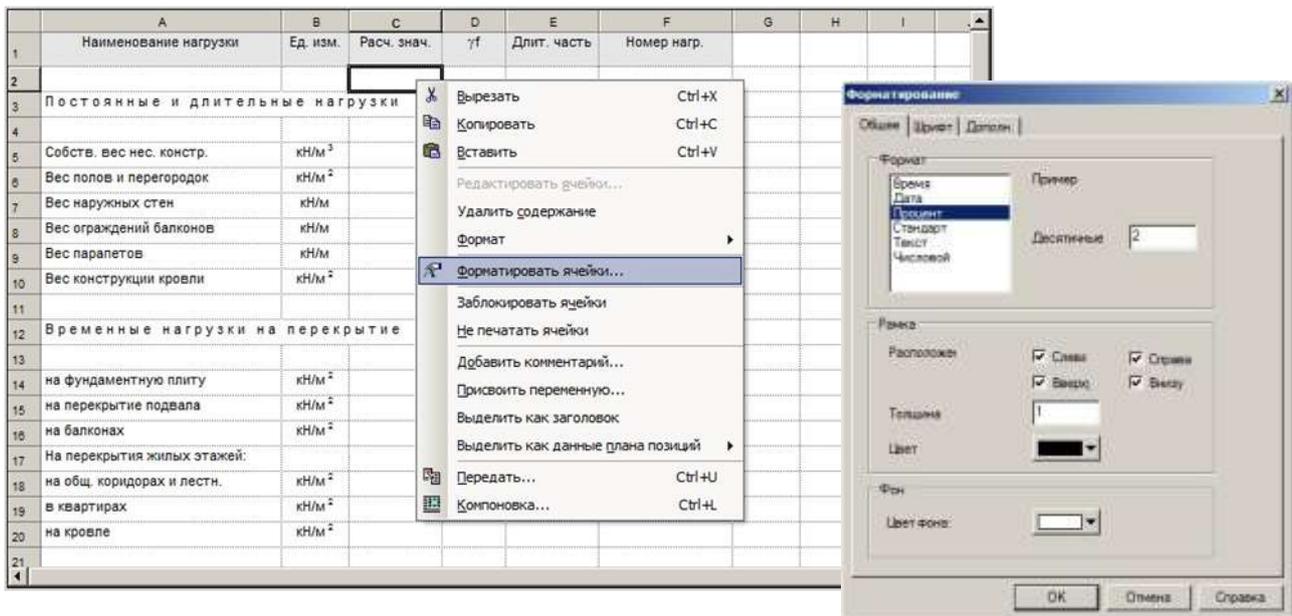
3.3 Сбор нагрузок

1. Переключитесь во вкладке **Проект** на позицию **Сбор нагрузок**.
2. Составление таблицы начните с формирования «шапки» таблицы, последовательно вводя в ячейки названия столбцов.

Шаг за шагом

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Наименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. знач.	γ _f	Длит. часть	Номер нагр.				
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

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



Советы & рекомендации

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

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.

Шаг за шагом

1. Для передачи значений из готовых шаблонов необходимо вызвать диалог **Передать**, кликнув правой клавишей по необходимой ячейке.
2. В поле **Частичный** укажите созданный ранее проект, в нашем примере он называется Частичный проект 1.
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

```
=TAKE("&{(Равномерно_распр(Ergebnis@РЗН_Пл_служ_помещения-Inhalt))}")
```

7. Аналогичным способом передайте значение нагрузок и коэффициентов надежности для соответствующих ячеек.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Наименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. знач.	γ _f	Длит. часть	Номер напр.	
2							
3	Постоянные и длительные нагрузки						
4							
5	Собств. вес нес. констр.	кН/м ²	27.50				
6	Вес полов и перегородок	кН/м ²	3.00				
7	Вес наружных стен	кН/м	12.00				
8	Вес ограждений балконов	кН/м	4.00				
9	Вес парапетов	кН/м	10.00				
10	Вес конструкции кровли	кН/м ²	1.95				

Передача

Результаты | Ввод | FE-результаты | Станд.нагрузки

Частичный: Частичный проект1

Позиция: Равномерно_распр - Равномерно распределенные нагрузки по СНиП 2.01.

Вид: R3N_Pl_ [] Среднее значение реакции по линии

Часть: R3N_Pl_чердак
R3N_Pl_лестницы
R3N_Pl_кабинеты
R3N_Pl_скот_малый
R3N_Pl_скот_крупный
R3N_Pl_залы_собраный
R3N_Pl_залы_торговые
R3N_Pl_служ_помещения
R3N_Pl_залы_читальные
R3N_Pl_залы_обеденные
R3N_Pl_покрытия_отдых
R3N_Pl_конгрессанлища
R3N_Pl_покрытия_прочие
R3N_Pl_лестницы_вокзалов
R3N_Pl_балкон_столовая_нагр
R3N_Pl_трибуны_закреп_стале
R3N_Pl_балкон_столовая_нагр
R3N_Pl_выброс_автомобильных

Значение:

Передать как:

OK Отменить Помощь

- ✂ Вырезать Ctrl+X
- 📄 Копировать Ctrl+C
- 📄 Вставить Ctrl+V
- ✎ Редактировать ячейку...
- 🗑 Удалить содержание
- 📄 Формат
- 📄 Форматировать ячейку...
- 🔒 Залочковать ячейку
- 🚫 Не печатать ячейку
- 💬 Добавить комментарий...
- 🏷 Присвоить переменную...
- 📄 Выделить как заголовок
- 📄 Выделить как данные плана позиций
- 📄 Передать... Ctrl+U
- 📄 Криповка...

☐ Все поля в форматруемой 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.

Советы & рекомендации

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Наименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. знач.	γ_f	Длит. часть	Номер нагр.				
2										
3	Постоянные и длительные нагрузки									
4										
5	Собств. вес нес. констр.	кН/м ³	27.50	1.10	1.00	1.00				
6	Вес полов и перегородок	кН/м ²	3.00	1.20	1.00	2.00				
7	Вес наружных стен	кН/м	12.00							
8	Вес ограждений балконов	кН/м	4.00							
9	Вес парапетов	кН/м	10.00							
10	Вес конструкции кровли	кН/м ²	1.95							
11										
12	Временные нагрузки на перекрытие									
13										
14	на фундаментную плиту	кН/м ²	-2.40							
15	на перекрытие подвала	кН/м ²	-2.40							
16	на балконах	кН/м ²	-2.40							
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	на кровле	кН/м ²	-0.65							
21										
22										
23										
24										

10. Задайте **Имя** переменной. По этому имени далее вы определите нужную нагрузку. Подтвердите значение, нажав **ОК**.
11. Оранжевая заливка ячейки говорит о наличии переменной.
12. Прodelайте эту операцию для всех значений необходимых для дальнейшего расчета.

Советы & рекомендации

- ❑ 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.

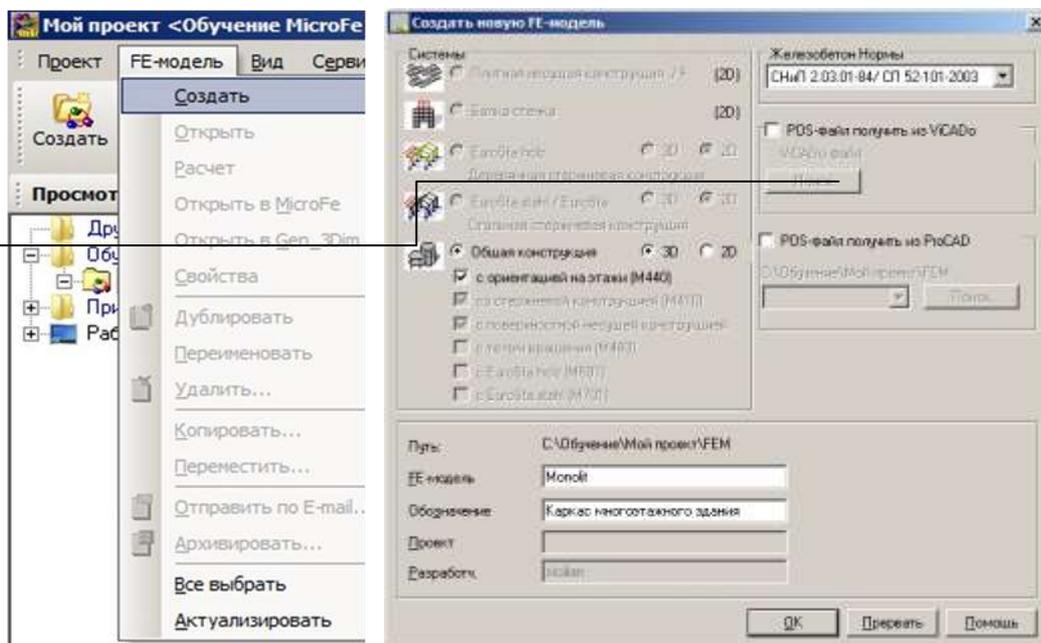
3.5 Создать FE-модель.

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.



1. Выберите в окне проекта в **ProjektManager** приложение **MicroFe**. Для этого щелкните мышью на соответствующую закладку.
2. Создайте новую FE-модель, выбрав на панели инструментов иконку **Создать FE-модель**. Запустится **MicroFe**, и появится диалог **Создать новую FE-модель**.
3. Установленная по умолчанию опция **Общая конструкция 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 **СНиП 2.03.01-84 / СП 52-101-2003**.
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.

Шаг за шагом

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)

Высота этажа – это расстояние между средними поверхностями плит перекрытия. Вычислена по архитектурным разрезам подвального этажа.

Уровень системной оси для подвального этажа принимается равным нулю. Как уровень срединной плоскости перекрытия подвала.

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

Советы & рекомендации

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

4 Работа с позиционной моделью в модуле ввода общих конструкций MicroFe

4.1 Рабочая область

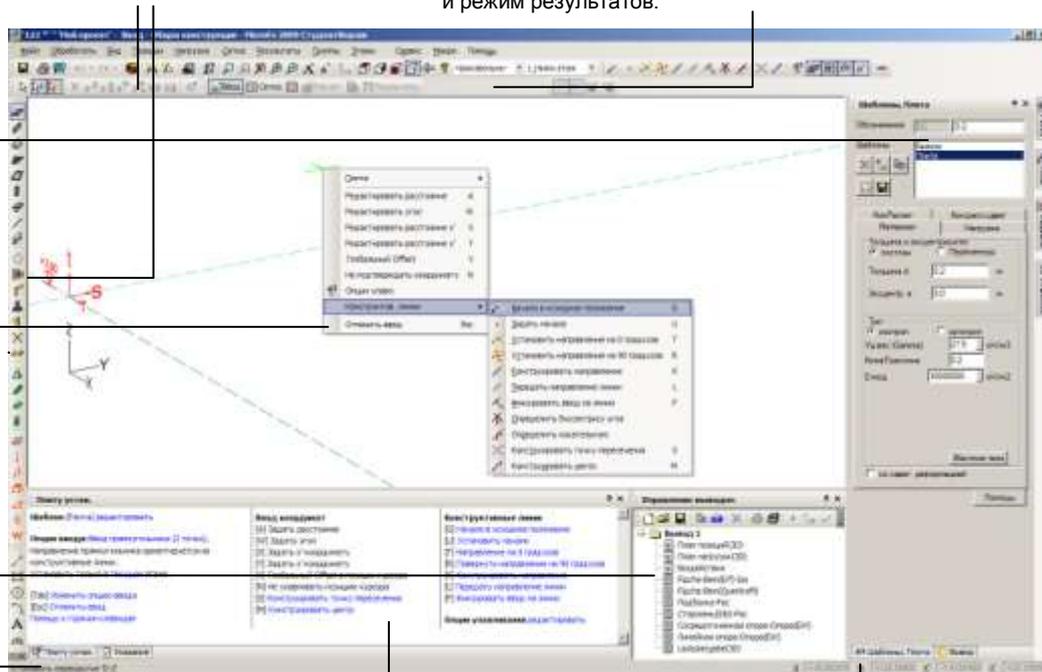
Независимо от того, в какой области программы Вы находитесь, в MicroFe используется единообразный интерфейс: рабочая область. Рабочая область состоит из нескольких фрагментов, в которых содержатся известные Вам элементы Windows. Благодаря этому Вы сможете работать с программой интуитивно.

Flyout-окна постоянно находятся в Вашем распоряжении. Здесь Вы, например, определяете свойства строительных элементов или нагрузок.

Панели инструментов предназначены для быстрого и комфортного вызова используемых функций.

Данная панель инструментов предназначена для переключения между пятью основными режимами: режим ввода, режим работы с данными для генерации, генерация, расчет и режим результатов.

Существенную помощь Вам окажет контекстное меню (правая кнопка мыши). Здесь перечислены команды, которыми можно воспользоваться на актуальной стадии работы.



Отдельные окна помогут ориентироваться в результатах и при составлении вывода.

При выводе данных и о время расчета здесь появляются указания. При выводе здесь происходит управление изображением результатов

Используя окно **Помощь при вводе**, Вы указываете, должны ли выбранные команды выполняться для отдельных объектов или для групп объектов

Справа располагается **поле координат**. Оно позволит Вам вводить данные в полярных или декартовых координатах.

- Все панели инструментов можно произвольно перемещать по экрану. Так Вы можете изменить рабочую область в соответствии с Вашими требованиями.
- Вызвав команду **Помощь > Клавиши**, Вы можете ознакомиться с горячими клавишами.

Советы & рекомендации

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.

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

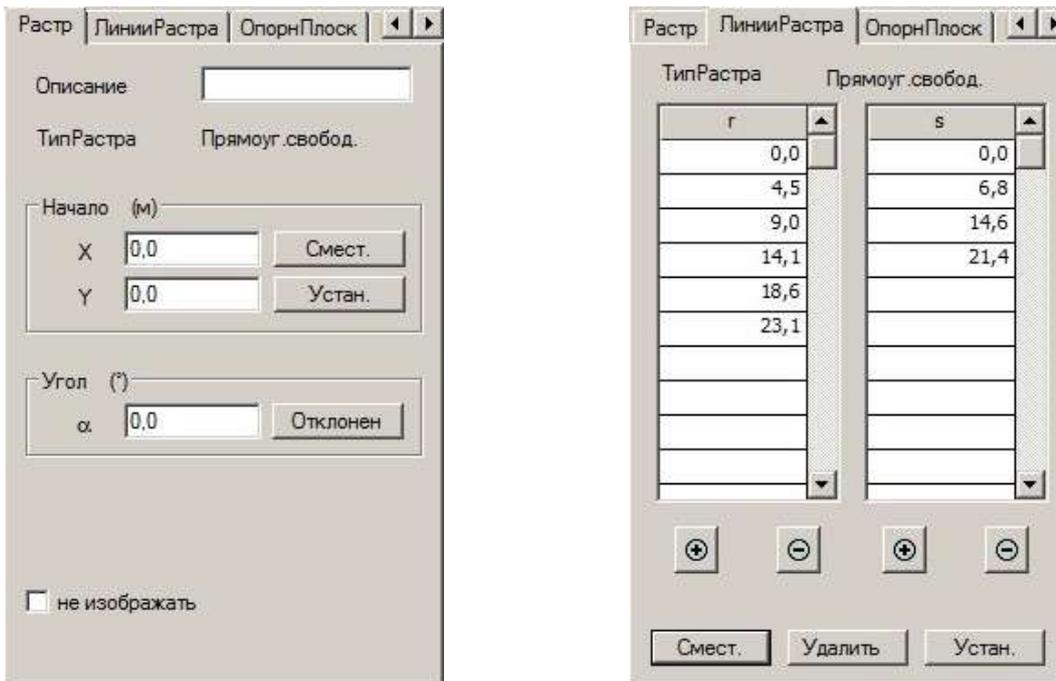
1. В правой панели инструментов выберите закладку **Растр**.
2. В окне Растр нажмите на иконку **Создать** и выберите **Прямоугольный свободный**.



Советы & рекомендации

- Растр устанавливается на рабочую поверхность. На закладке **Растр** Вы можете определить начало координат для выбранного растра.
 - В полях ввода Вы можете непосредственно задать координаты. Данные задаются в метрах и относятся к глобальной системе координат или к системе координат актуальной опорной плоскости (при 3D-моделях).
 - Если Вы щелкните мышью на переключатель **Установить**, то Вы можете выбрать в рабочем окне произвольную точку. Начало координат переместится в эту точку.
 - Переключатель **Сместить** позволит Вам определить в рабочем окне вектор (щелчком мыши на две точки), на который будет перемещаться растр.
 - Во вкладке **Опорная плоскость** можно задать начало координаты опорной плоскости относительно глобальной системы координат.
3. Оставьте начало координат растра в нулевой точке глобальной системы координат.

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.



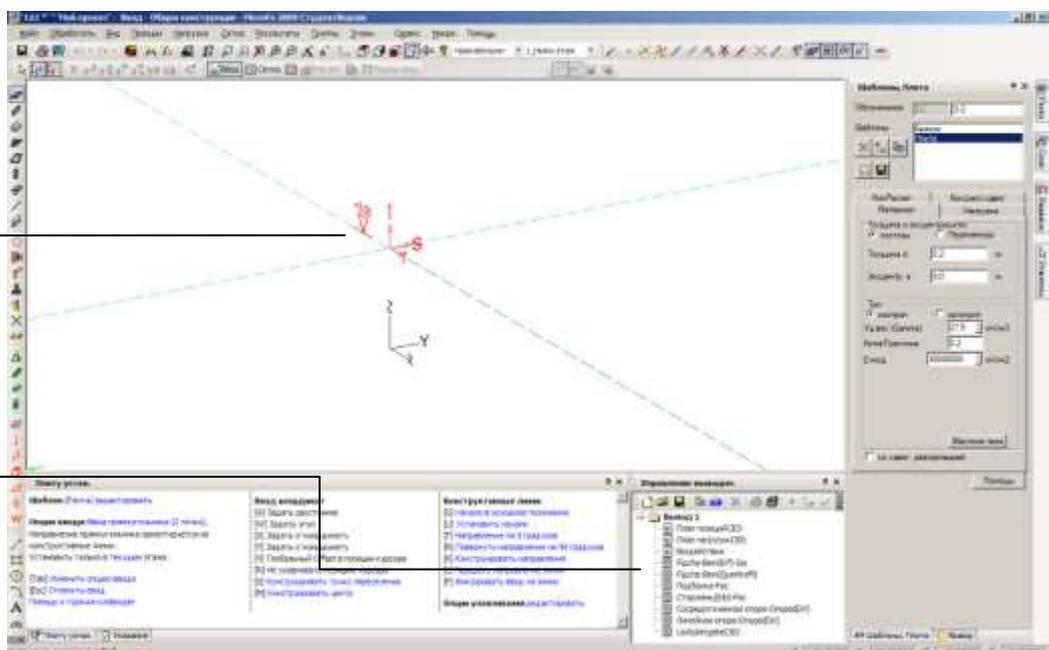
5. По окончании задания свойств растра нажмите на кнопку **Принять**.

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 контекстным меню 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.



Поля панели координат можно активизировать нажатием на указанную букву.

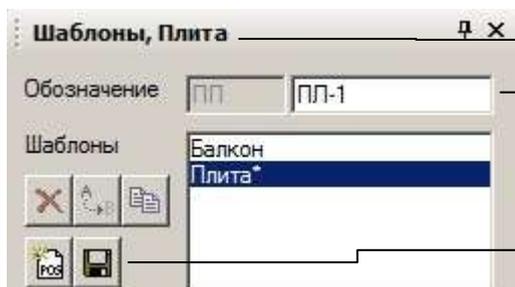
Между парными полями aw и $x'y'$ Вы можете переключаться нажатием на клавишу **Tab**

4.3.1 Ввод плиты

Шаг за шагом



1. В левой панели инструментов щелкните мышью на иконку **Плиту установить**.
2. Выберите для области плиты в окне шаблонов шаблон **Плита**. Вам будет предложено обозначение позиции, которое Вы можете при необходимости изменить.
3. Введите **Обозначение** для плиты.

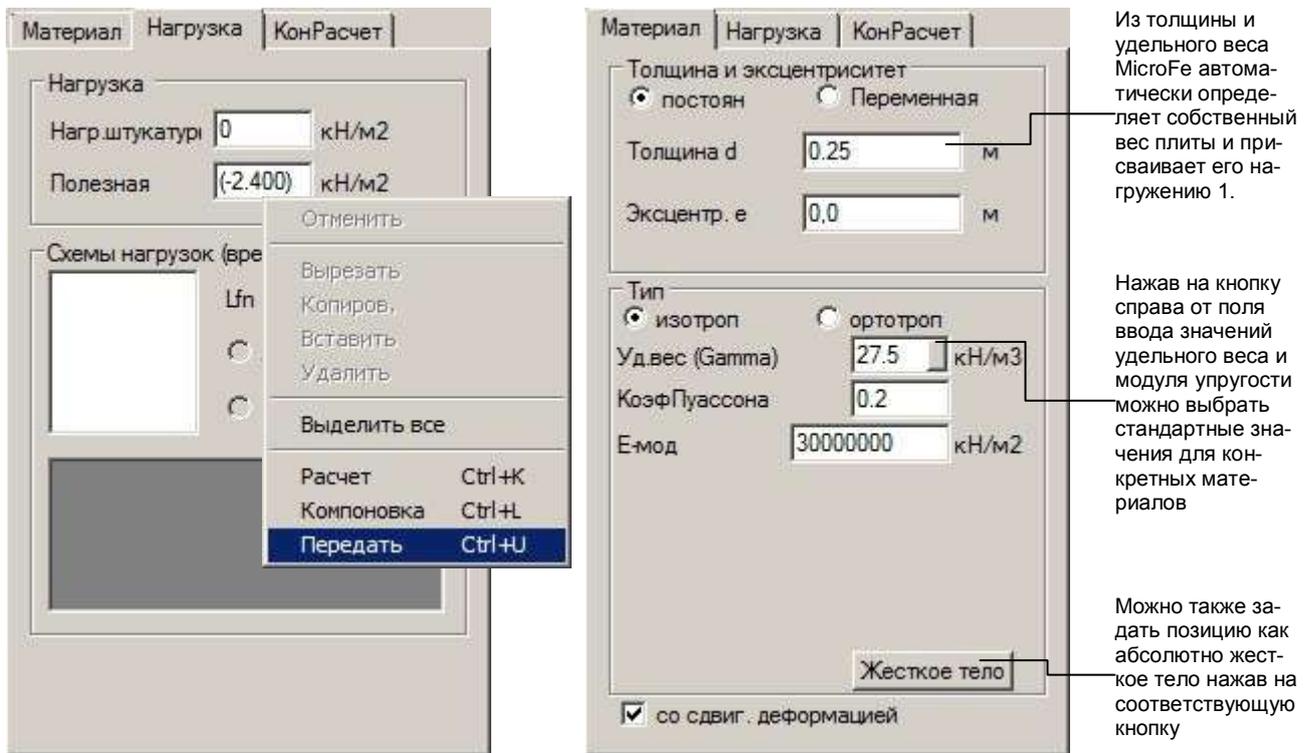


Параметры шаблона остаются активными до тех пор, пока Вы находитесь в функции установки позиции.

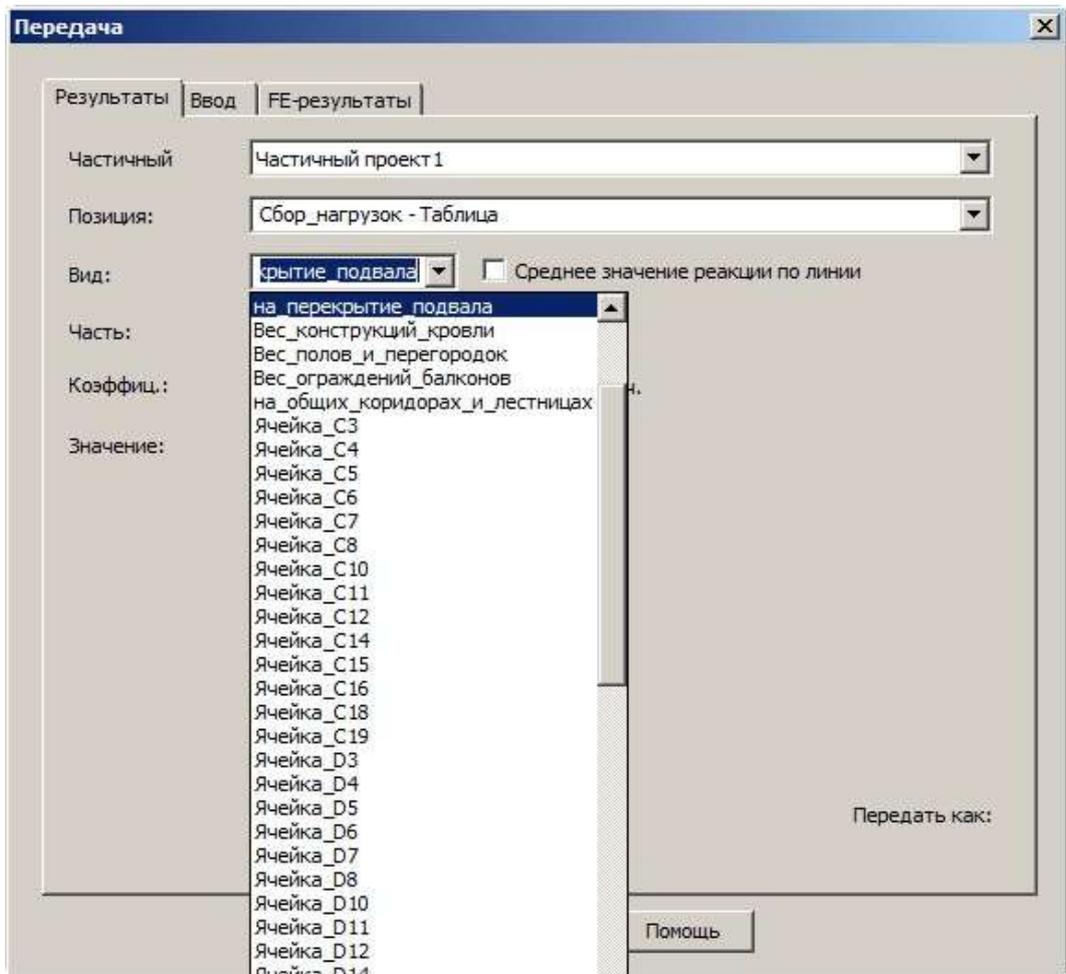
Задайте такое обозначение плиты, по которому впоследствии в процессе работы Вы с легкостью сможете ее находить

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

4. Задайте данные на страницах окна шаблонов. В случае ввода плиты MicroFe ожидает, что Вы зададите данные на двух закладках: **Материал** и **Нагрузка**. Данные для конструктивного расчета можно указать и позднее. **Нагрузка g** используется, например, для нагрузки от штукатурки или бесшовного пола и по умолчанию будет добавлена в нагружение 1. Собственный вес плиты, учтенный в удельном весе, здесь задавать уже не требуется. **Полезная нагрузка q** может делиться на зоны, которые могут относиться к разным нагружениям (например, для учета попутного нагружения плиты).
5. Для того чтобы передать значение полезной нагрузки на плиту из созданной в **Статике** позиции **Сбор Нагрузок** кликните правой клавишей мыши в поле для ввода значения полезной нагрузки и в выпадающем меню выберите **Передать**.



6. В появившемся окне **Передача** во вкладке **Результаты** укажите ранее созданный **Частичный проект**, **Позицию** и **Вид** нагрузки.



7. Подтвердите ввод данных нажатием кнопки **ОК**.

8. Перейдите во вкладку **Конструктивный расчет**. Здесь Вы можете указать исходные данные для конструктивного расчета элементов железобетонных конструкций на основе ранее выбранных норм (см. п. 3.5)

Все исходные данные по конструктивному расчету впоследствии можно корректировать по результатам статического расчета.

Можно также указать верхнюю и нижнюю продольную и поперечную основную арматуру.

Основная арматура - это фиксированное количество арматуры, которое обязательно должно присутствовать в несущей конструкции, например: минимально требуемая или монтажная арматура. При выводе результатов заданная основная арматура не выводится, в таблице указана только необходимая дополнительная арматура. На уже имеющуюся основную арматуру дается ссылка.

	Расст. [см]	Осн. [см ² /м]
г-вверху	2.0	0.0
з-вверху	3.0	0.0
г-внизу	2.0	0.0
з-внизу	3.0	0.0

9. Укажите для плиты перекрытия класс бетона, классы продольной и поперечной арматуры, а также расстояния до центров тяжести стержней верхней и нижней продольной и поперечной арматуры.

10. Нажмите на кнопку **Дополнительно**. В появившемся окне **Данные для армирования оболочек** в качестве норм для определения свойств материалов выберите СП 52-101-2003.

	Расстояние от грани до ЦТ (см)	Основная арматура (см²)	Диаметры (мм)
г-сверху	2.00	0.00	12
с-сверху	3.00	0.00	12
г-снизу	2.00	0.00	12
с-снизу	3.00	0.00	12
поперечная			8

Материал

Нормы: СП 52-101-2003, СНиП 2.03.01-84

Класс бетона - В25
 класс пр. арматуры - А400,
 класс попер. арматуры - А240,
 $G_b = 1.00, M_{krb} = 1.20, M_{krs} = 1.20,$

В окне **Данные для армирования оболочек** можно также указать начальные значения диаметров стержней арматуры

Обратите внимание, что в зависимости от того по каким нормам Вы собираетесь выполнять конструктивный расчет MicroFE требуются различные исходные данные, значения которых отображаются в данном окне. Отредактировать эти исходные данные Вы можете, нажав на кнопку **Изменить**.

- Нажмите на кнопку **Изменить**. В появившемся окне при необходимости отредактируйте характеристики материалов плиты.

Бетон

Диаграмма: криволинейная

Класс: В25

G_b (без учета G_{b1}): 1.00

M_{krb} : 1.20

M_{krs} : 1.20

Арматура

Продольная: А400

Поперечная: А240

Влажность: 40 - 75 %

Расчет на трещиностойкость

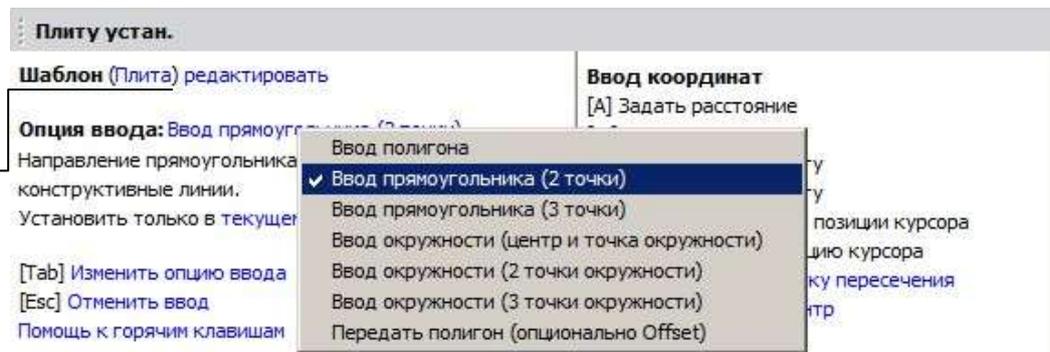
Из условия обеспечения сохранности арматуры

Из условия ограничения проницаемости конструкции

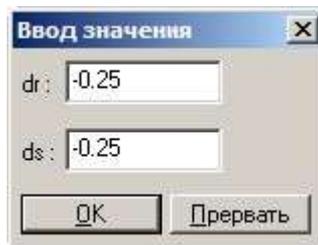
- Подтвердите введенные данные нажатием на кнопку **OK**.
- На панели инструментов в нижней части экрана в разделе **Опции ввода** кликните на синей надписи и в выпадающем меню выберите **Ввод прямоугольника (2 точки)**.

В разделе **Опции ввода** можно выбрать наиболее удобный для Вас вариант построения геометрии позиции.

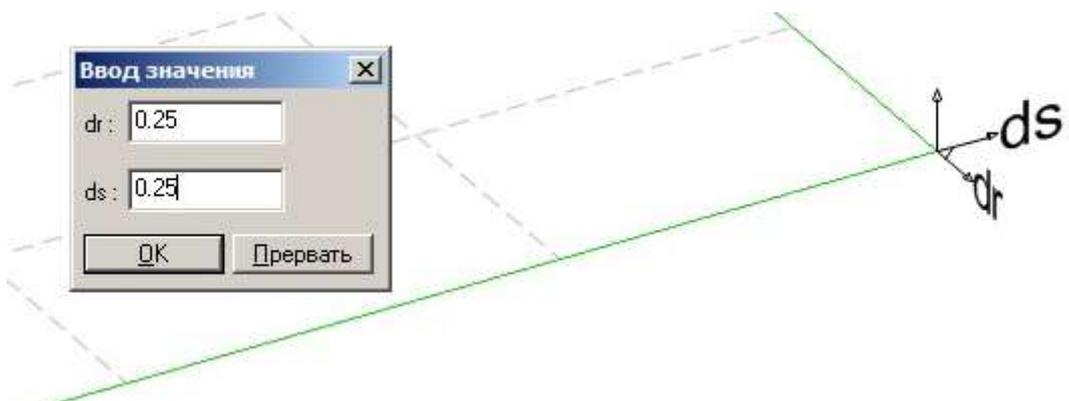
Переключение между различными вариантами ввода можно также осуществлять нажатием клавиши **Tab**.



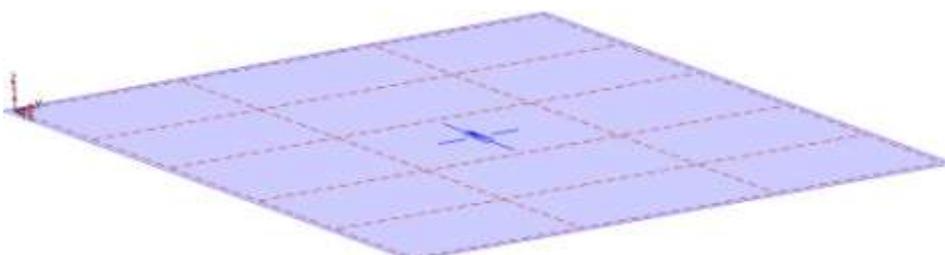
14. Наведите курсор на начало координат, у Вас появится символ «кружок», свидетельствующий о том, что установлена привязка к узлу. Нажмите клавишу **V**, включится режим ввода координат **Глобальный offset в позиции курсора**.
15. В появившемся диалоговом окне укажите значения смещения точки относительно позиции курсора. Обратите внимание, что на экране в позиции курсора также появилась локальная система координат с указанием положительных направлений смещений по направлениям dr и ds . Подтвердите ввод значений нажатием кнопки **OK**.



16. Наведите курсор на противоположный угол растра, снова нажмите клавишу **V** и укажите смещения по направлениям dr и ds относительно позиции курсора. Подтвердите ввод значений нажатием кнопки **OK**.



17. В окне построений у Вас отобразится построенная Вами плита. Завершите ввод плиты нажатием клавиши **Esc**.



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

Советы & рекомендации

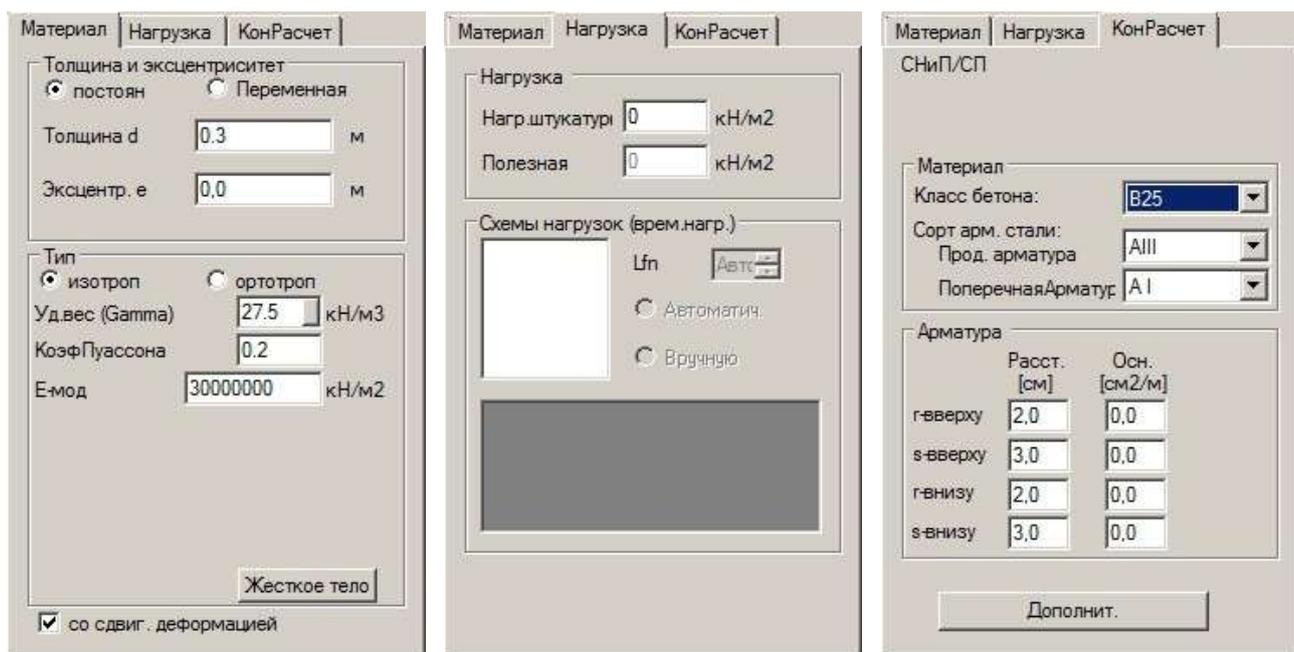
4.3.2 Ввод стен

1. В левой панели инструментов щелкните мышью на иконку **Стену установить**.
2. Задайте **Обозначение** стены.

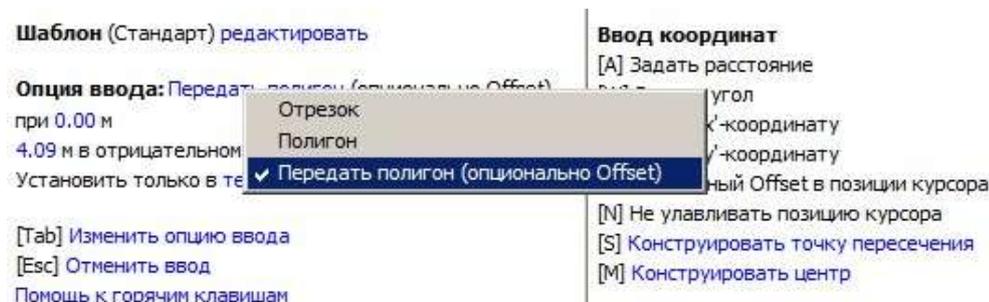
Шаг за шагом

Обозначение

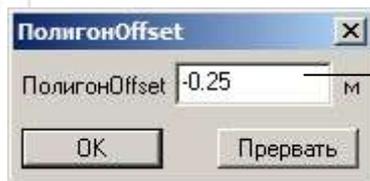
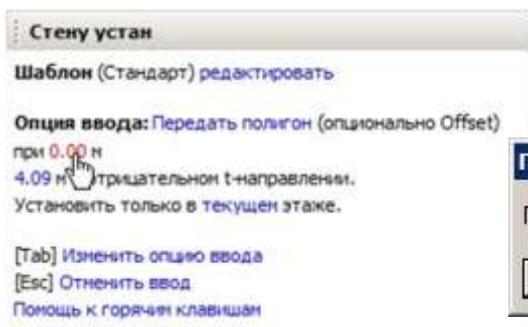
3. Задайте данные на вкладках окна шаблонов **Материал**, **Нагрузка** и **Конструктивный расчет**.



4. На панели инструментов в нижней части экрана в разделе **Опции ввода** кликните на синей надписи и в выпадающем меню выберите **Передать полигон (опционально Offset)**.

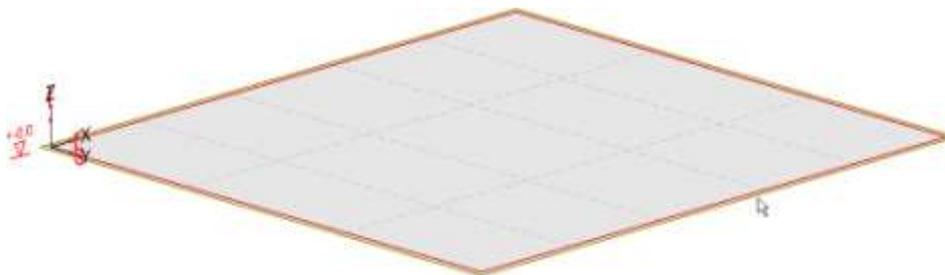


5. Укажите значение смещения линий полигона (offset) относительно исходного, кликнув на соответствующую синюю надпись. Подтвердите ввод нажатием кнопки **ОК**.

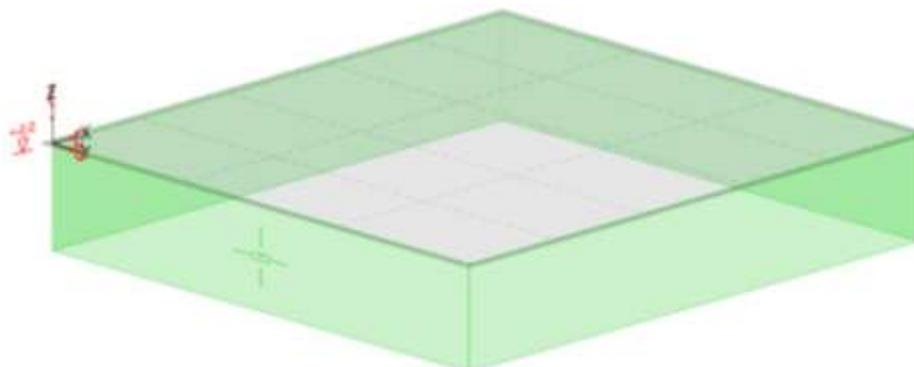


Отрицательные значения offset указывают на смещение линий внутрь полигона, положительные – наружу.

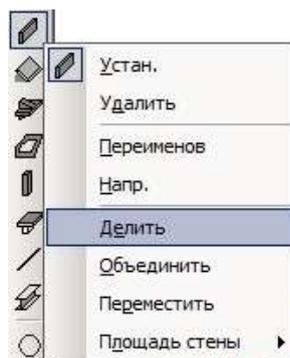
- Наведите курсор мыши на край плиты. На экране изобразится предлагаемый полигон.



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

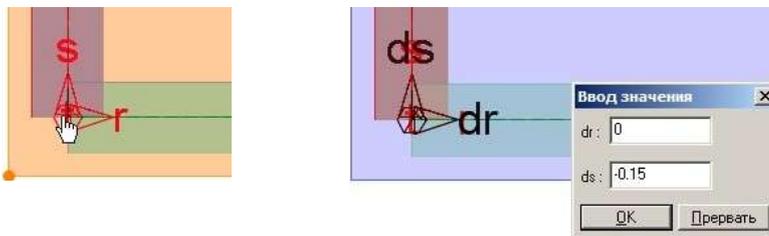


- В верхней панели инструментов кликните на иконку **Вид сверху, XY-плоскость**. Для модели установится вид в плане.
- В левой панели инструментов кликните правой клавишей мыши на иконку **Стену установить**. В выпадающем меню выберите **Делить**.



- Поделите стену, кликнув на угловые точки. Завершите выполнение команды нажатием клавиши **Esc**.

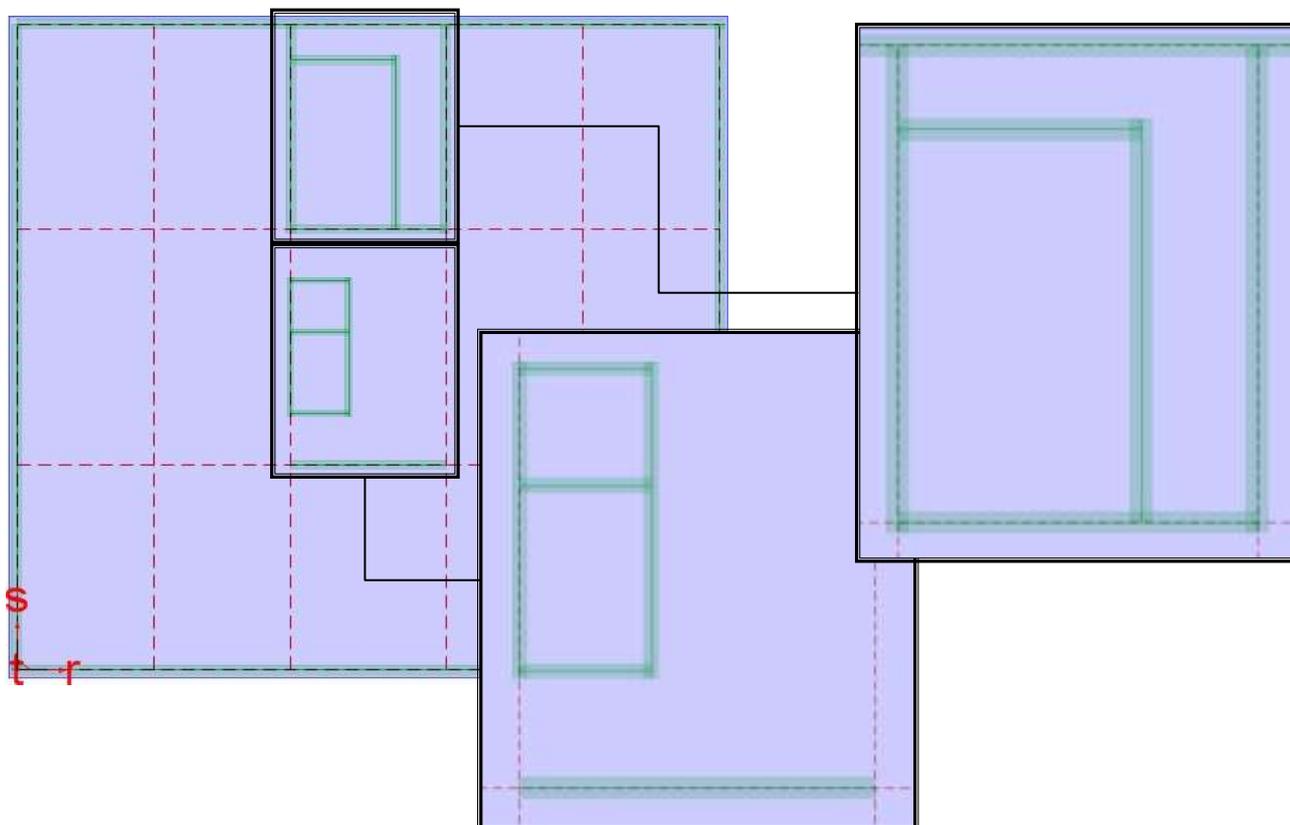
12. Выберите стену, расположенную слева.
13. Наведите курсор на левый нижний узел пересечения двух стен. Кликните по нему левой клавишей мыши, захватив тем самым узловую точку. Доведите край стены до наружной грани примыкающей стены при помощи команды **Глобальный offset в позиции курсора**, как показано на скриншоте.



14. Аналогичным образом продлите стену в верхнем правом углу.



15. Повторите процедуру ввода позиций согласно пунктам, описанным выше, для остальных стен этажа.



- Продолжение срединных плоскостей стен до наружных граней примыкающих стен осуществляется с целью отражения действительных граничных условий в месте примыкания плита - стена.

Советы & рекомендации

4.3.3 Ввод колонн

Шаг за шагом



1. В левой панели инструментов кликните мышью на иконку **Колонну установить**.
2. Задайте обозначение колонны.

Обозначение

3. Задайте данные на вкладке окна шаблонов **Колонна**.

Несовершенст.		Генерация стержней	
Колонна	Вут	Шарниры	КонРасчет
<input type="radio"/> Прямоуг. <input checked="" type="radio"/> Круг			
Диаметр	<input type="text" value="0.5"/>	м	
Высота	<input type="text" value="4.095"/>	м	
Е-мод	<input type="text" value="30000000"/>	кН/м ²	
Г-мод	<input type="text" value="12500000"/>	кН/м ²	
Уд.вес	<input type="text" value="27.5"/>	кН/м ³	
<input type="checkbox"/> Вут <input type="checkbox"/> Сгущение <input type="checkbox"/> Элемент жесткости			

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

Переключатель **Сгущение** определяет будет ли конечно-элементная сетка плиты подводится под сечение колонны, добавляя узлы по границам ее сечения. В случае с перекрытием подвала этого не требуется, поскольку оно является ребристым.

4. Введите исходные данные во вкладке окна шаблонов **Конструктивный расчет**.

Несовершенст.		Генерация стержней	
Колонна	Вут	Шарниры	КонРасчет
СНиП/СП			
Данные по сечению			
Ширина(t)	<input type="text" value="40.0"/>	см	
Тол(s)	<input type="text" value="60.0"/>	см	
Данные по арматуре			
Расст. до армат. d'(t)	<input type="text" value="4.0"/>	см	
Расст. до армат. d'(s)	<input type="text" value="4.0"/>	см	
Класс бетона:	<input type="text" value="B25"/>	▼	
Арматурная сталь (продольн.):	<input type="text" value="AIII"/>	▼	
Арматурная сталь (попер.):	<input type="text" value="A I"/>	▼	
Схема армирования:	<input type="text" value="1/4 на угол As1=As2=As"/>		
<input type="button" value="Дополнит."/>			

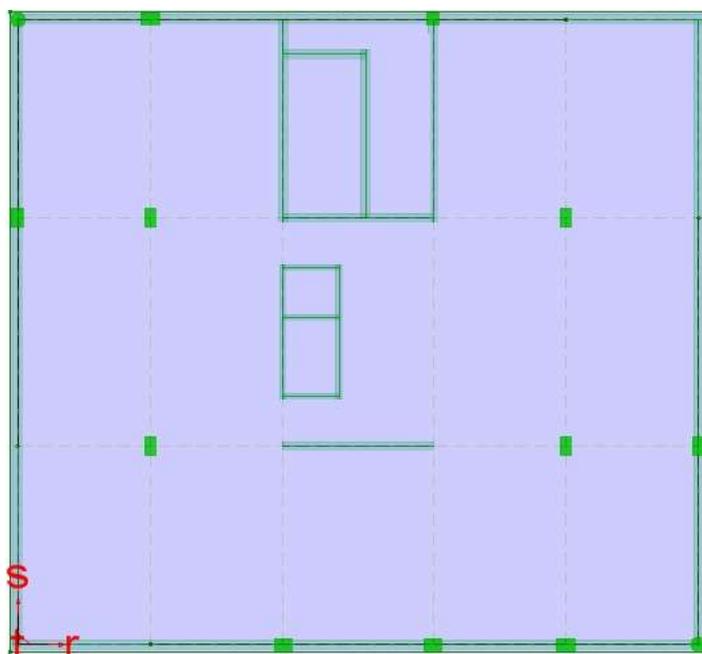
- Нажмите на кнопку **Дополнительно** и выберите подходящую схему армирования колонны.



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 .

Кoeffициенты расчетной длины изначально задаются приблизительно и будут редактироваться по результатам статического расчета и расчета на устойчивость.

- При необходимости отредактируйте характеристики материалов, нажав на кнопку **Изменить**.
- Установите колонны согласно архитектурному плану. Прямоугольные колонны задаются аналогично круглым. Размеры сечения установите в соответствии с планом.



4.3.4 Ввод проемов

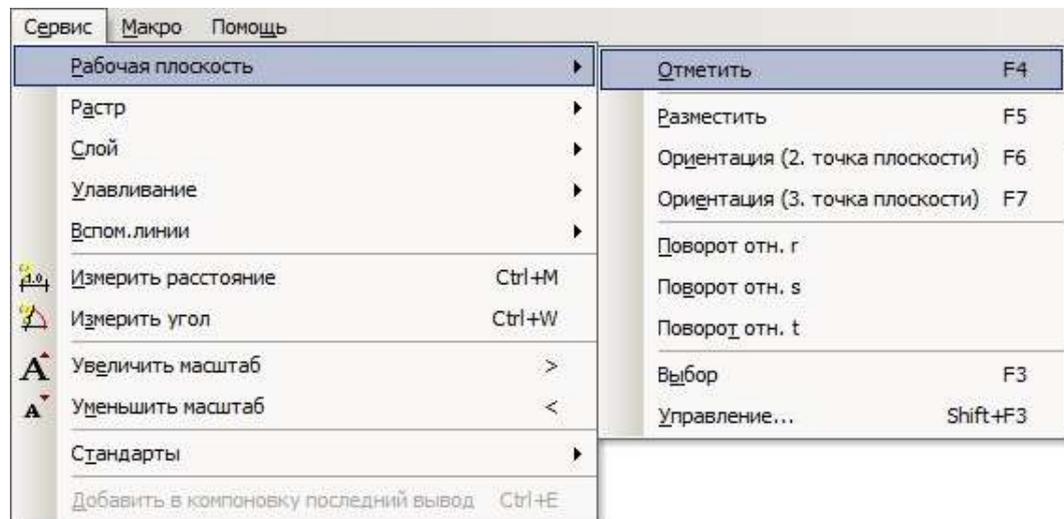
Шаг за шагом



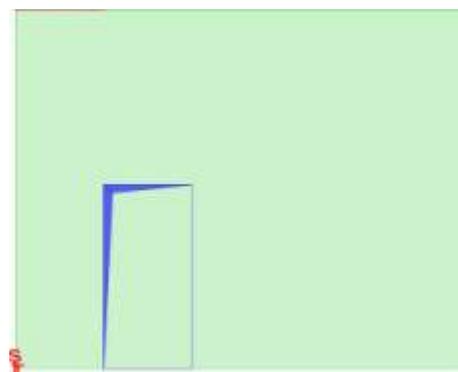
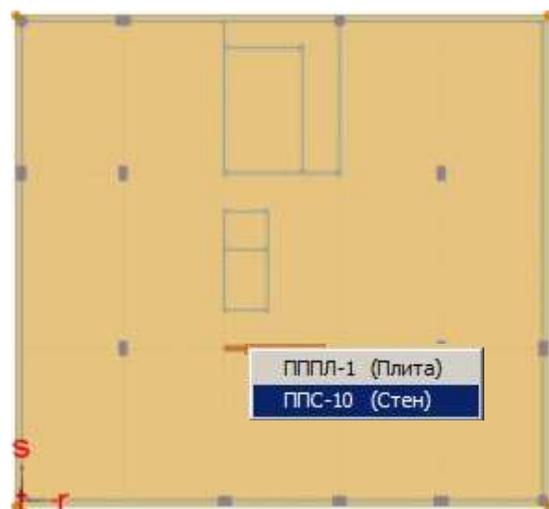
1. В левой панели инструментов кликните мышью на иконку **Отверстие установить**.
2. Задайте обозначение отверстия.



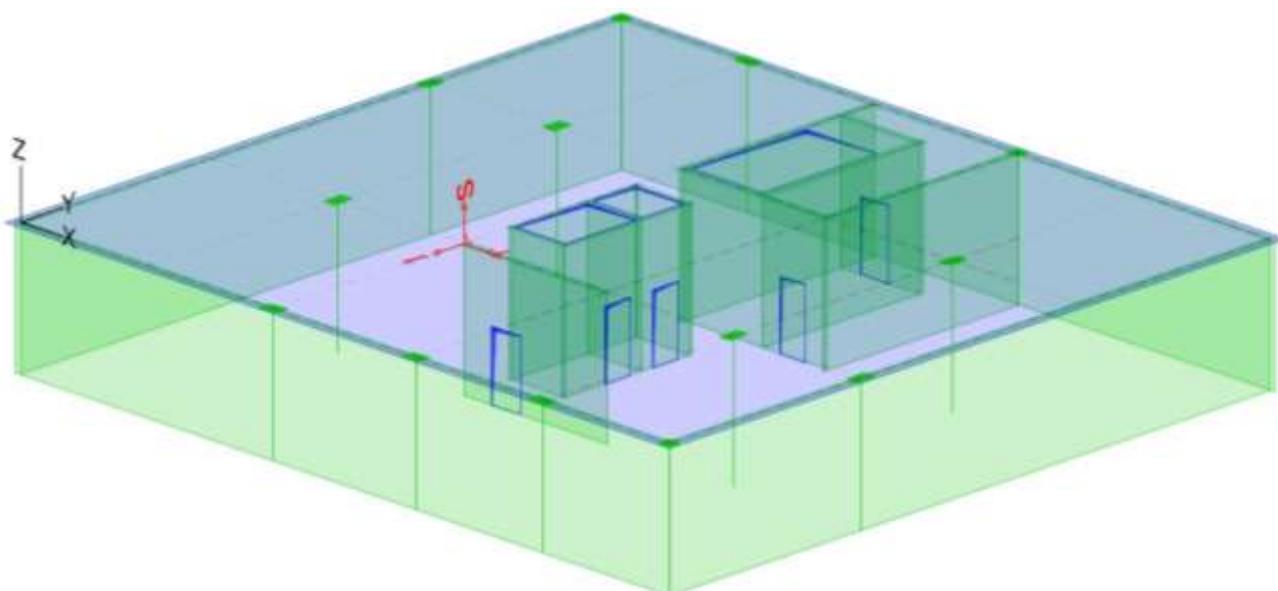
3. Выберите в меню команду **Сервис > Рабочая плоскость > Отметить** или нажмите клавишу **F4**.



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

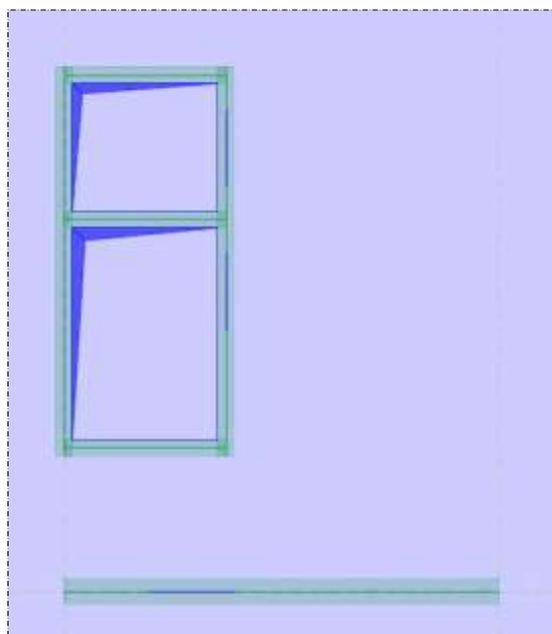
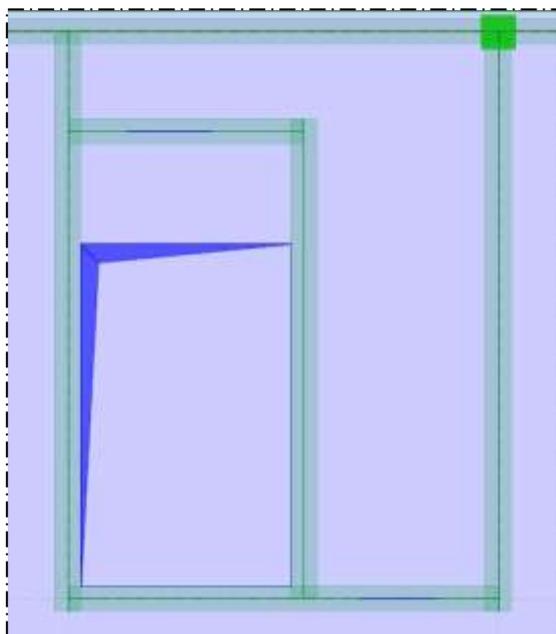


5. В верхней панели инструментов выберите вид **Рабочая плоскость**.
6. Постройте проем, используя привязки к угловым точкам стены.
7. Аналогичным образом постройте проемы в остальных стенах и в плите.



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

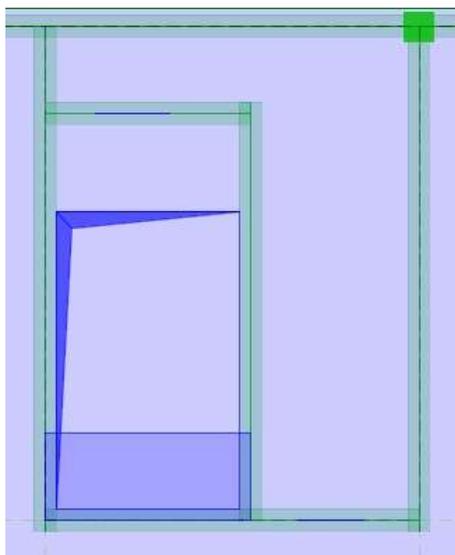
Советы & рекомендации



4.3.5 Ввод лестничных маршей

8. Установите рабочую плоскость на перекрытии подвала, при помощи команды **Сервис > Рабочая плоскость > Отметить** или нажав клавишу **F4** и укажите на соответствующую плиту.
9. Установите для модели **Вид сверху, XY-плоскость**.
10. Постройте плиту в месте расположения лестничной площадки (см. п. 4.3.1). Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.

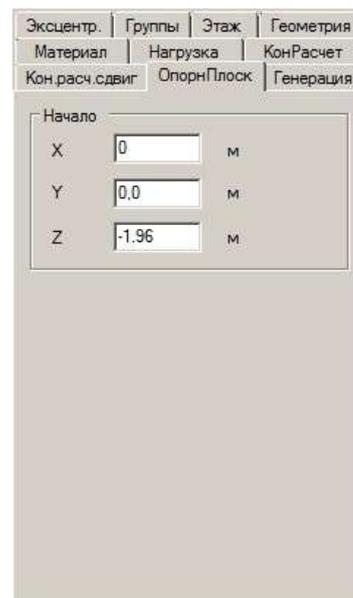
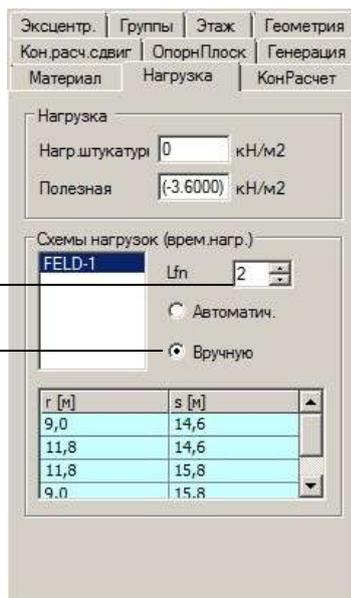
Шаг за шагом



11. Выберите построенную плиту, кликнув по ней левой клавишей мыши.
12. В окне **Свойства** перейдите во вкладку **Опорная плоскость** и укажите положение плоскости лестничной площадки по отношению к плоскости перекрытия подвала.
13. 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**.

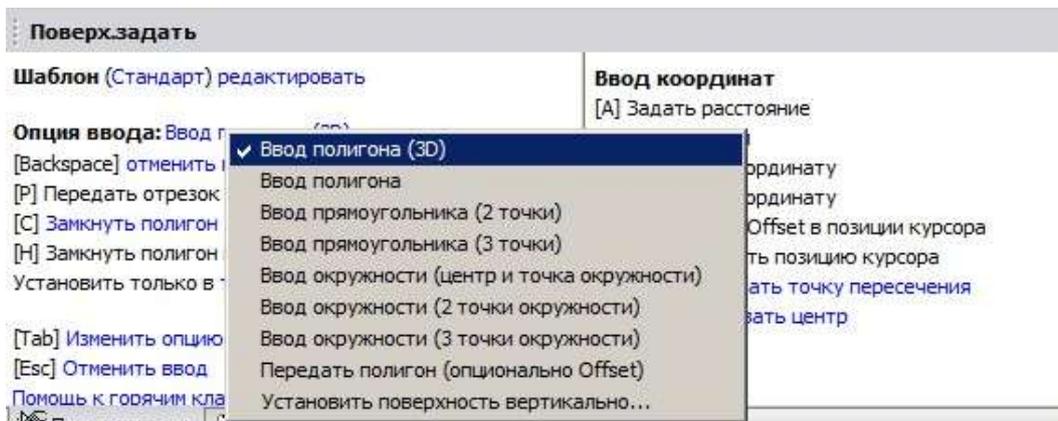
Задаваемой в свойствах плиты полезной нагрузке по умолчанию будет присвоен номер нагружения 2.

Вы можете поменять номер нагружения для полезной нагрузки, установив переключатель на значение **Вручную**

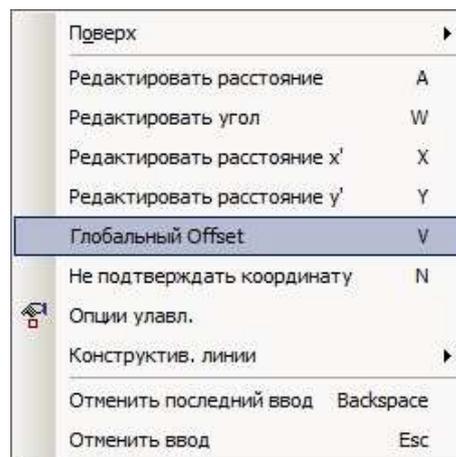


14. В левой панели инструментов выберите команду **Поверхность задать**.
15. В опциях ввода выберите **Ввод полигона (3D)**.



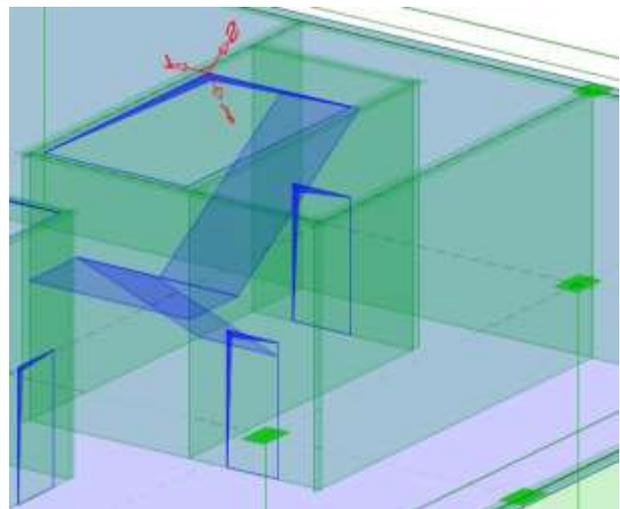
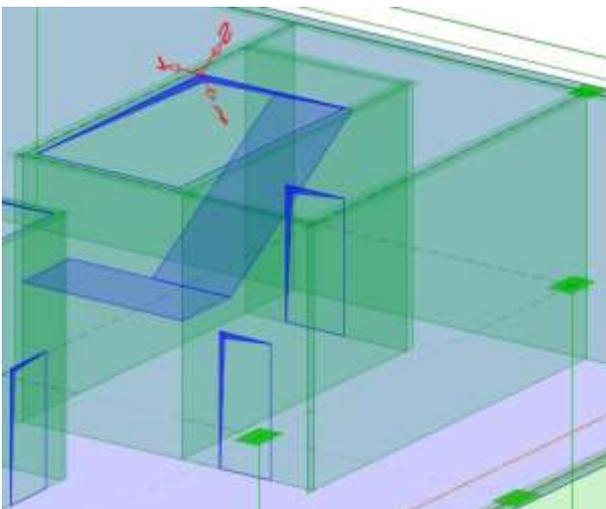


16. Постройте плоскость лестничного марша, определив положение четырех его угловых точек. При построении используйте привязки к уже имеющимся узловым точкам позиций, а также дополнительные функции ввода координат, вызываемые посредством нажатия правой клавиши мыши в поле построений или нажатия соответствующей горячей клавиши.



17. Для завершения построения полигона укажите на первую точку или нажмите клавишу **C**. Ввод завершите нажатием клавиши **Esc**.

18. Аналогичным образом постройте второй лестничный марш.



4.3.6 Ввод ребер жесткости плиты (подбалок)

Шаг за шагом

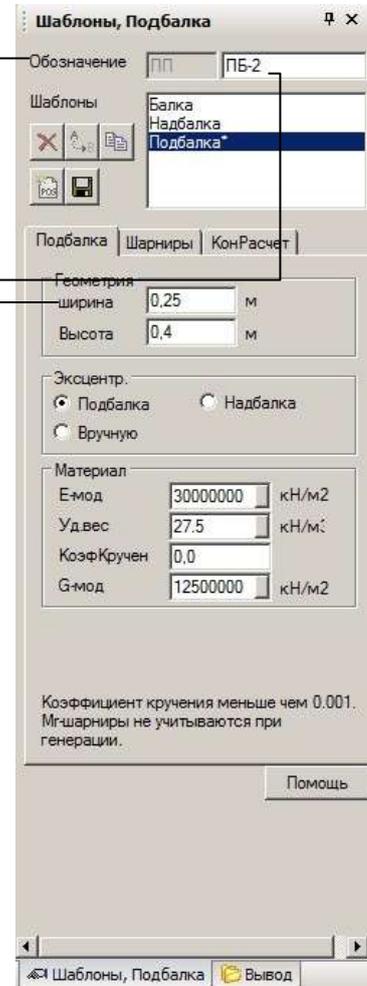
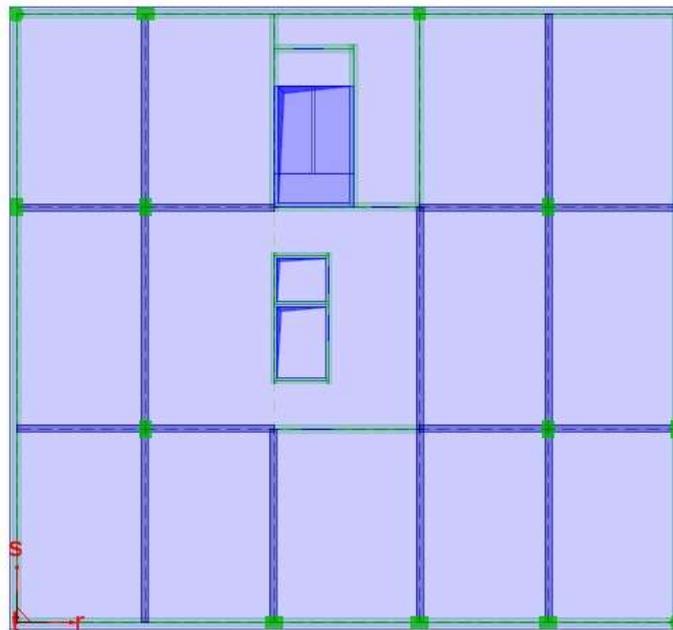
1. Вызовите команду **Подбалка установить**.
2. Введите данные на вкладках **Подбалка** и **Конструктивный расчет**.
3. Последовательно установите подбалки так, чтобы ось балки была доведена до оси (срединной плоскости) стены.



Обозначение этажа указывалось при создании этажа (ПП - план подвала).

Обозначение элемента Подбалка.

Укажите геометрические размеры элемента согласно заданию.



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.

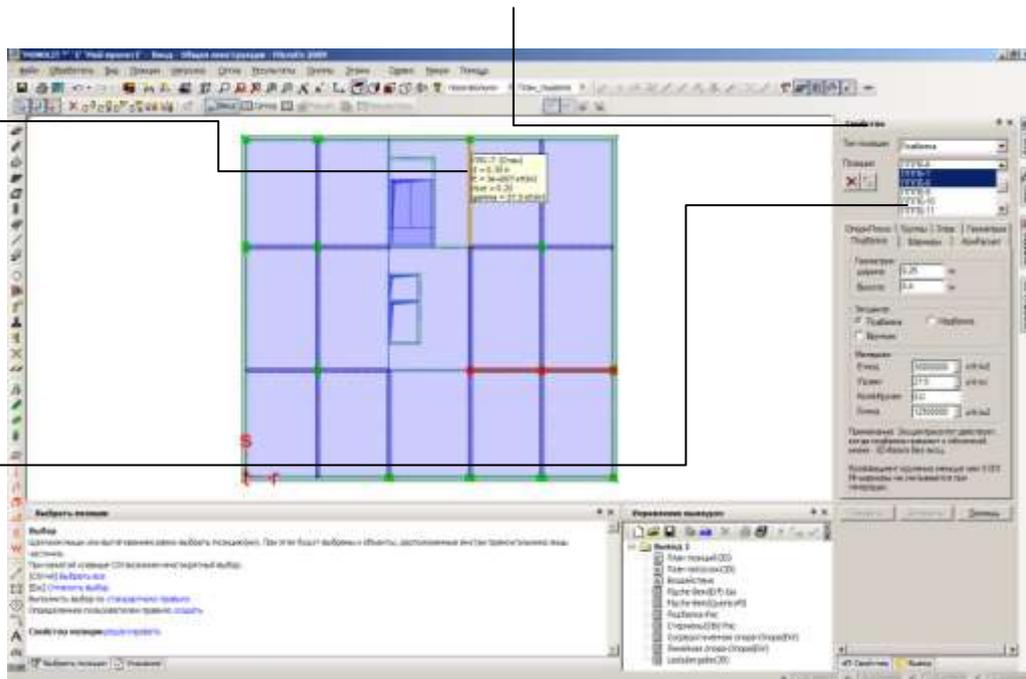
Вы можете одновременно изменить свойства нескольких позиций одного типа.

Окно свойств, предназначенное для редактирования свойств позиций, практически не отличается от окна шаблонов, которое вызывается перед установкой позиции.

Если в режиме выбора Вы подводите мышь к позиции, то появится подсказка с наиболее важной информацией.

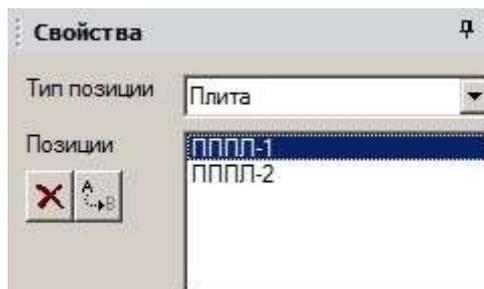
В верхней части окна можно выбрать для редактирования отдельные типы позиций.

Свойства изменяются как в окне шаблонов на отдельных закладках.

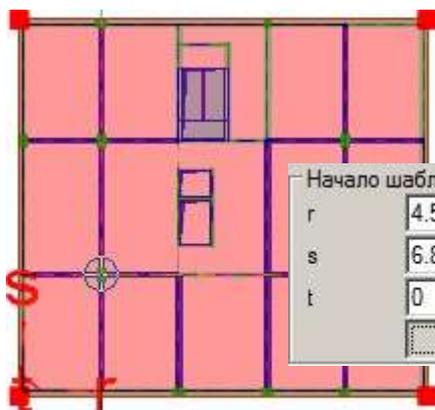


4. Нажмите на иконку режима выбора **Маркировать (Esc)**. На месте окна шаблонов появится окно свойств. Выберите позиции, которые собираетесь редактировать в области чертежа или в окне свойств.
5. В нашем примере мы изменим параметры генерации конечно-элементной сетки для плиты перекрытия. Для этого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

Шаг за шагом



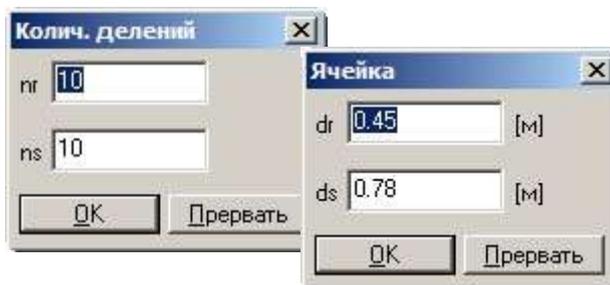
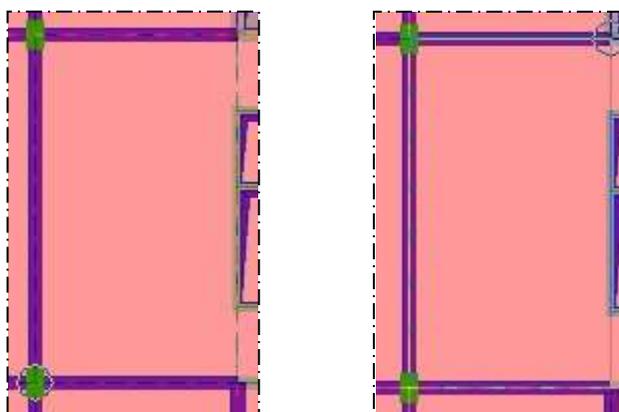
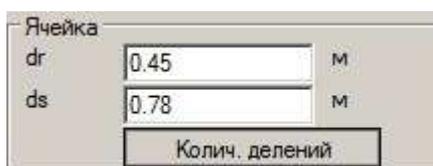
6. Выберите из списка плиты, свойства которых Вы собираетесь изменить. Выбранные плиты будут на чертеже выделены цветом.
7. Перейдите в закладку **Генерация** и укажите новое положение начальной точки генерации сетки, нажав на кнопку **Задать начало** и указав на точку, где расположена средняя колонна.



Начало шаблона можно установить либо задав конкретные координаты, либо указав точку в окне построений.

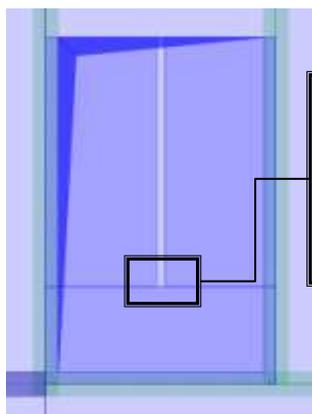
Начало шаблона – это координаты точки, в которой устанавливается первый узел сетки и от которой будет отсчитано положение остальных узлов.

8. 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**.



9. После завершения ввода данных нажмите на кнопку **Принять**.
10. Аналогичным образом измените параметры генерации конечно-элементной сетки для всех стен, установив размер ячейки по вертикали 0,5 м, а по горизонтали в зависимости от направления (вдоль цифровых осей 0,78 м, вдоль буквенных – 0,45 м), начало шаблона установите в ту же точку.

11. 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 просвета 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

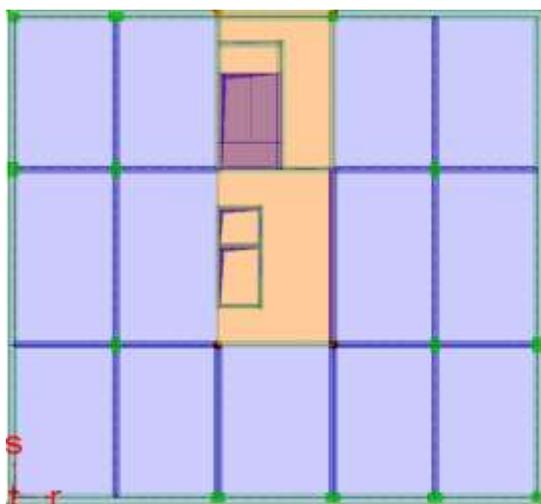
При конструировании FE-модели впоследствии может потребоваться изменение геометрии или положения позиций (например: переместить / копировать / отразить или разделить / объединить позиции). Для этого Вы можете воспользоваться одним из двух способов:

По позициям: Вы выбираете операцию для определенного типа позиций (проще всего сделать это щелчком правой кнопки мыши на иконку ввода позиции), а затем выбираете позиции, для которых должна применяться данная операция (например: разделить область плиты).

По операциям: Вы выбираете позиции, которые собираетесь редактировать, а затем операцию (например: переместить несколько позиций).

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. Кликните правой кнопкой мыши на иконке **Плиту установить** и в выпадающем меню 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. В левой панели инструментов кликните правой кнопкой мыши на иконке **Плиту установить** и в выпадающем меню выберите **Объединить**.
4. Указывайте последовательно участки плиты, которые хотите объединить. Выбор подтверждайте нажатием кнопки **Да**.
5. Завершите объединение участков плит нажатием клавиши **Esc**.

Шаг за шагом



6. Выделите участок плиты, отведенный под общие коридоры и лестницы.
7. В окне **Свойства** перейдите во вкладку **Нагрузка** и передайте значение полезной нагрузки на перекрытие подвала на общих коридорах и лестницах (подробнее о передаче значений нагрузок смотрите в разделе 3).
8. Укажите номер нагружения для полезной нагрузки.
9. Подтвердите расстояние в направлении Y нажатием на клавишу **Enter**.

Советы & рекомендации

- Обратите внимание, что номер нагружения для полезной нагрузки, задаваемой в свойствах плиты, при выполнении операций **Объединить** / **Делить** может меняться на 1. 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 **Поверхностная нагрузка установить** (см. п.4.6.2)

4.6 Задание нагрузок и нагружений

После того как задана несущая конструкция, можно приступить к определению нагрузок. При этом различают **схемы нагрузок** и **дополнительные позиции нагрузок**.

Область плиты после ввода автоматически имеет схему нагрузок. Однако **Нормы** требуют при наличии временных нагрузок вводить нагрузки **по нагружениям**. Схемы нагрузок всегда относятся к временной поверхностной нагрузке, заданной для плит в меню **Нагрузки**. При этом нагружение присваивается не области плиты как единому целому, а каждой отдельной схеме нагрузок. Итак, схемы нагрузок используются для моделирования неблагоприятных нагрузок.

В **MicroFe**, наряду с обычными сосредоточенными, линейными, поверхностными и температурными нагрузками, нагрузками считаются усилия, 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 ог-

раждений балконов, вес парапетов.

1. Вызовите команду **Линейная нагрузка установить**, кликнув на соответствующую иконку на панели инструментов.
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**.

Шаг за шагом



Задайте необходимое обозначение равномерно распределенной нагрузки. Так как Вы собираетесь задать вес наружных стен обозначьте его как ВНС. Нумерация происходит автоматически.

По необходимости Вы можете сохранить данную нагрузку в виде шаблона для ее быстрого ввода.

Задайте нагрузку в глобальной системе координат, так как направление ее распределения совпадает с направлением осей системы.

Номер нагружения назначьте согласно задания.

Необходимо указать направление вдоль какой из осей будет действовать задаваемая нагрузка.

Отображается вид нагрузки.

Значение нагрузки задайте аналогичным способом, описанным в п. 5 пункта 4.3.1.

Шаблоны, ЛинейНагр

Обозначение: ВНС-1

Шаблоны: Момент, Равномерно распределенная, Трапециевидная

ЛинейНагр

Текст: Равномерно распределенная

Нагр, глоб.

LF	FG	T	Harp1	Harp2
2	Pz		(-12.0000)	(-12.0000)

Перезадана

Результаты: Вид: РЕ-результаты

Частичный: Частичный проект 1

Позиция: Собор, цеховые - Таблица

Вид: Наружная_Стена

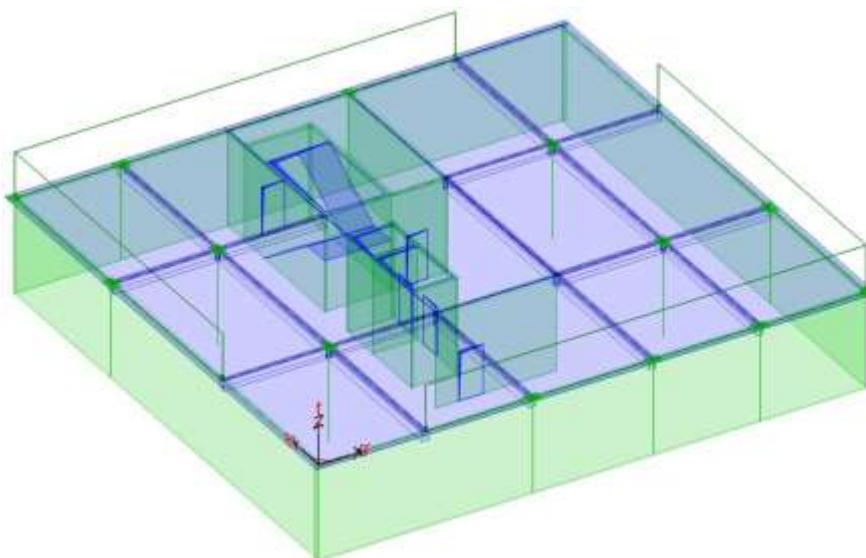
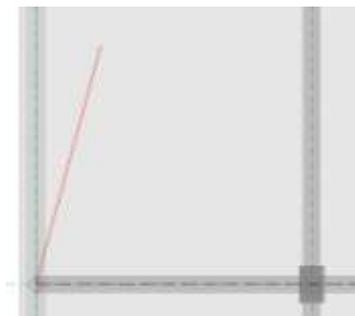
Часть: ПР_Фундаментная_Плита

Кoeffиц.: 1.000000

Значение:

Перезадана

Шаблоны, ЛинейНагр



Советы & рекомендации

- Ввод нагрузок аналогичен вводу позиций.

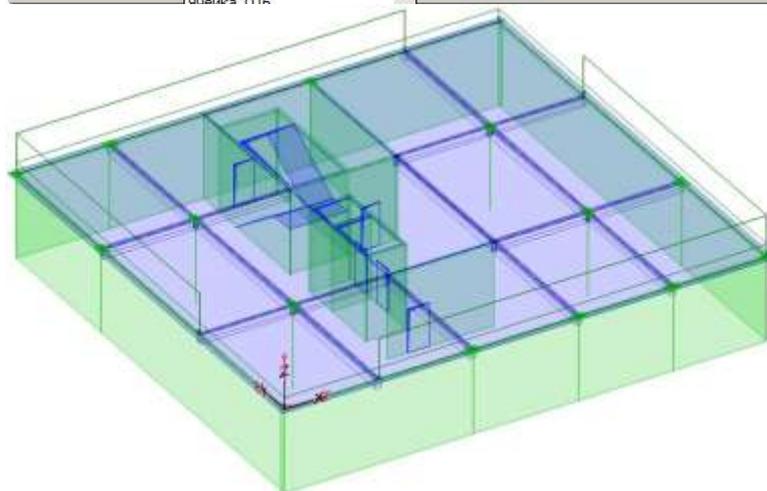
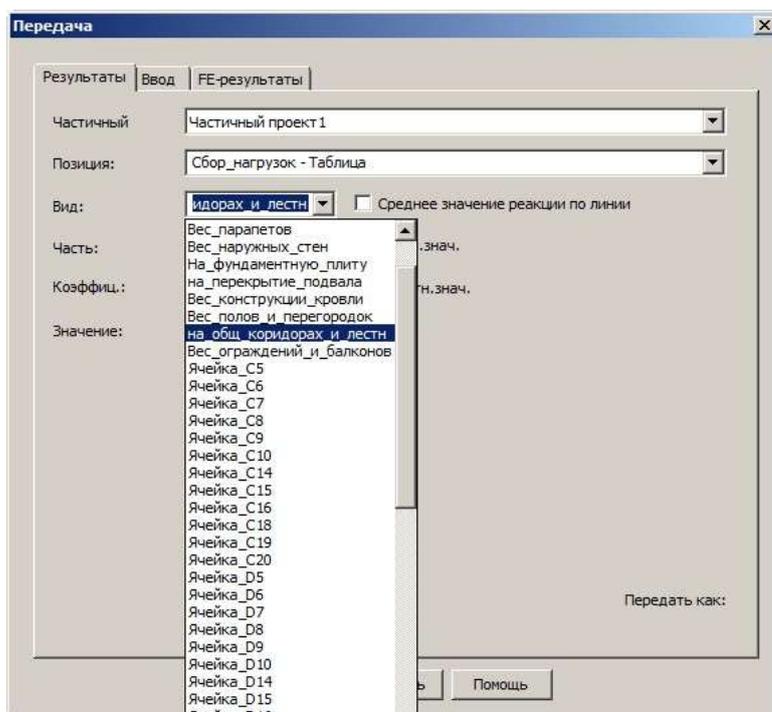
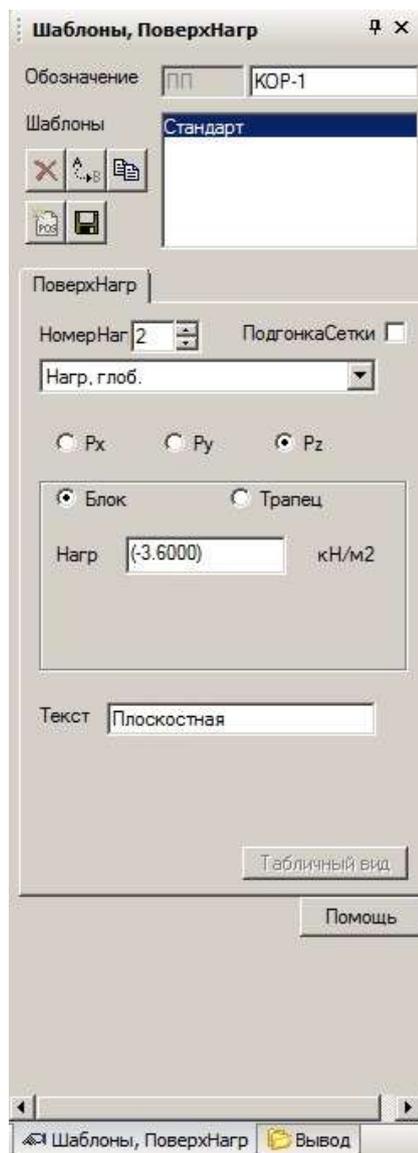
4.6.2 Ввод поверхностных нагрузок

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

Шаг за шагом



1. Вызовите команду **Поверхностная нагрузка установить**, кликнув на соответствующую иконку на панели инструментов.
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. 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.

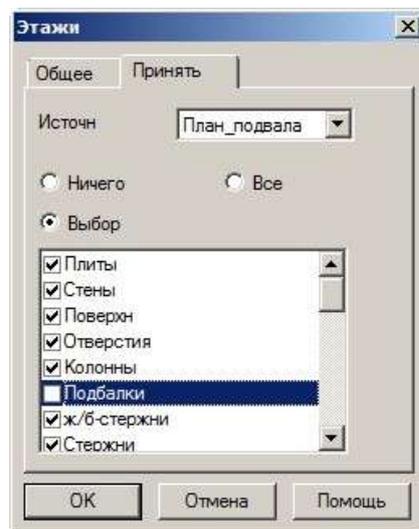
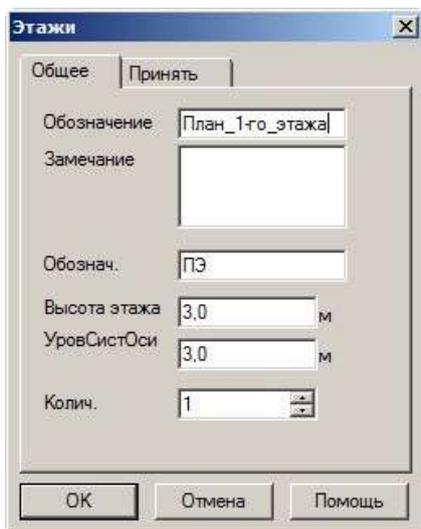


4.7 Тиражирование этажа

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

1. Выберите команду **Создать** во вкладке **Этажи**, 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.

Шаг за шагом

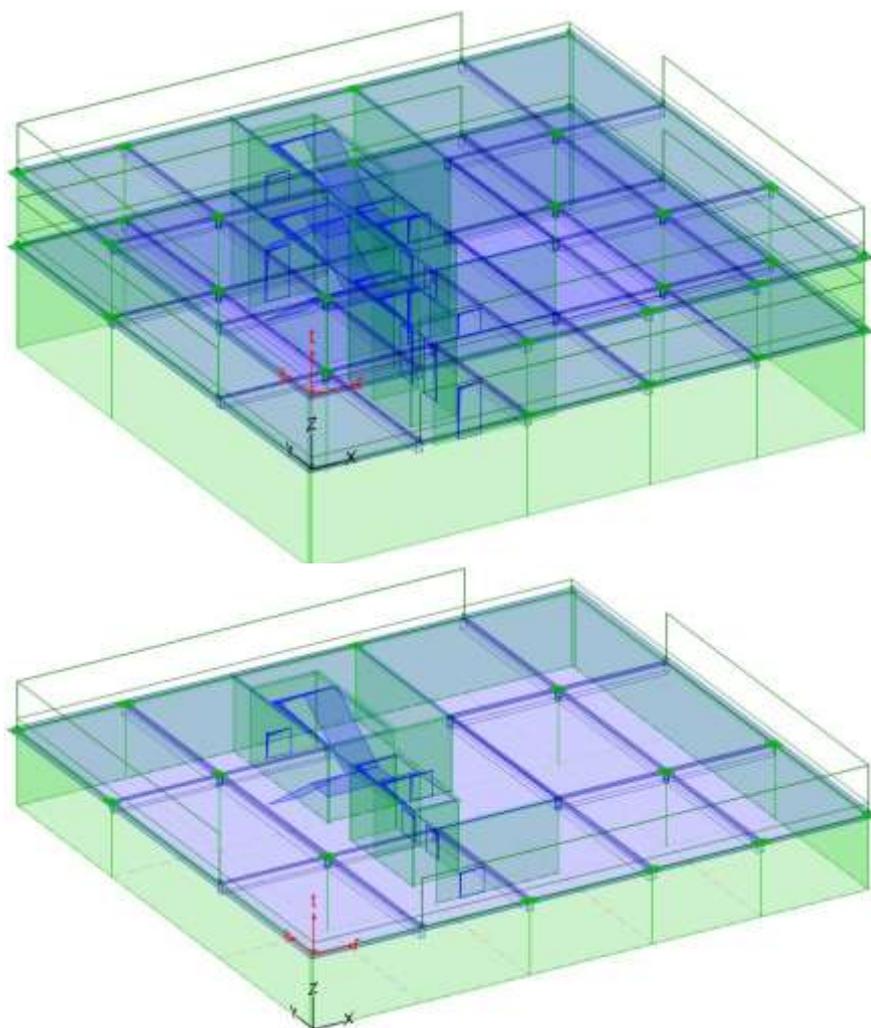


3. Завершите команду нажатием **ОК**.

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 **Видимость**. Так же по необходимости Вы можете выбрать необходимые элементы из списка для отображения на рабочее поле. Подтвердите выбор нажав **Принять**.
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 **Колонны ПЭК-1**, которая установлена в пересечение стен (нажав клавишу **Ctrl**). Установите опцию **Сгущение** и **Элемент жесткости** для выбранных колонн.

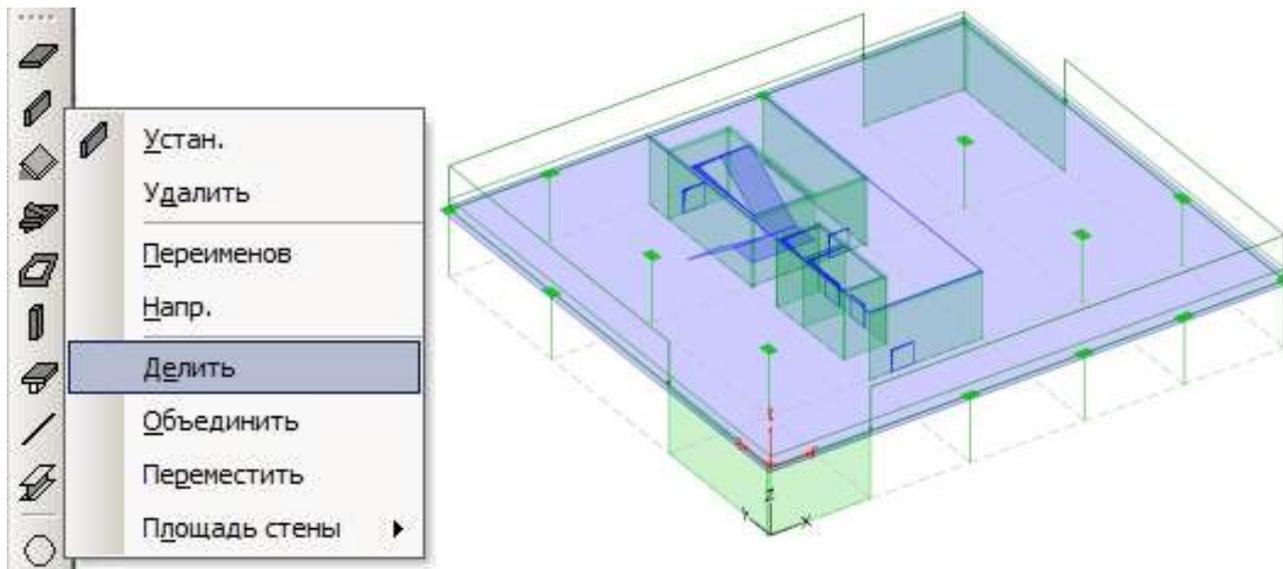
Шаг за шагом

4.8.2 Изменение геометрии стен

1. Выберите команду **Делить**, нажав на команду **Стена** правой клавишей мыши.
2. Разделите стены в необходимых местах согласно архитектурного плана первого этажа для удаления лишних элементов. Точку деления укажите на опорной плоскости.

Шаг за шагом

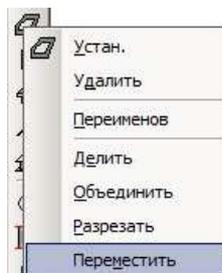
3. Удалите лишние элементы.



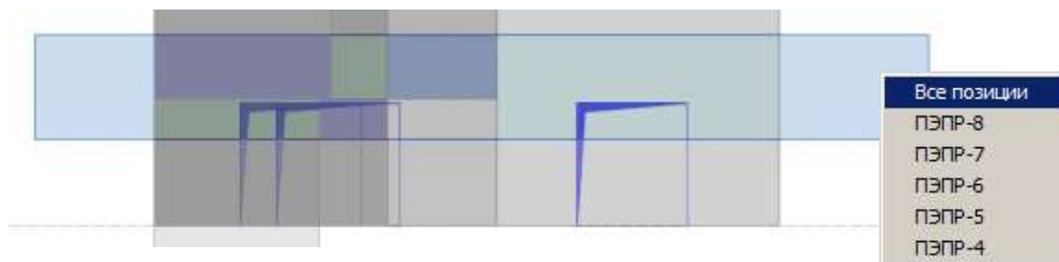
4.8.3 Перемещение дверных проемов

Шаг за шагом

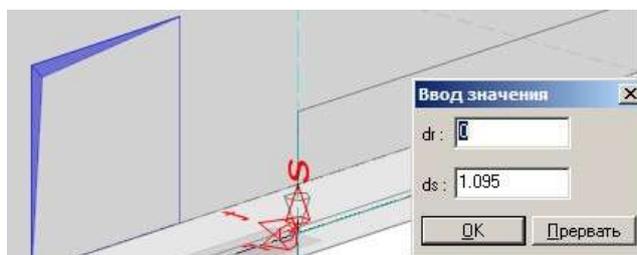
1. Установите рабочую плоскость на одну из стен (см. п.4.3.4).
2. Кликните правой клавишей мыши на иконку **Отверстие установить** и в выпадающем меню выберите **Переместить**.



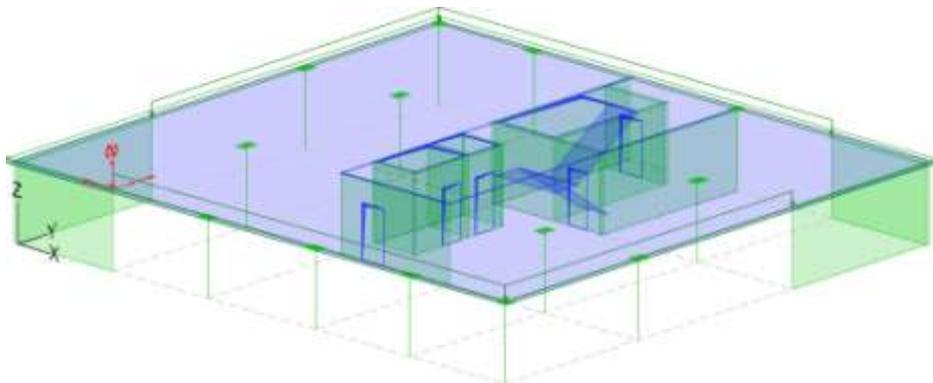
3. Установите для модели **Вид спереди, XZ-плоскость**, кликнув по соответствующей иконке в верхней панели инструментов.
4. Выделите рамкой верхние части всех дверных проемов и в появившемся списке выберите **Все позиции**.



5. Установите для модели вид **3D**.
6. Укажите первую точку, кликнув в начало локальной системы координат. Укажите вторую точку, воспользовавшись командой **Глобальный offset в позиции курсора** (см. п. 4.3.1).



7. Подтвердите введенные значения нажатием кнопки **OK**. Завершите выполнение команды нажатием клавиши **Esc**.

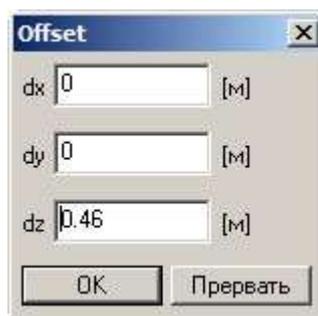
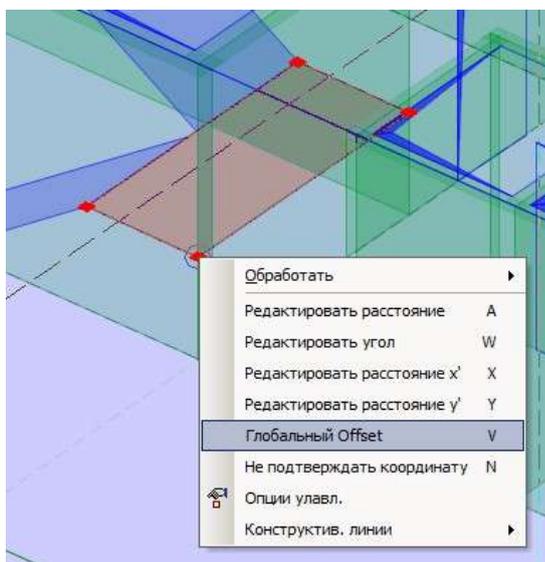


4.8.4 Изменение геометрии лестничного марша

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

1. Измерьте расстояние до срединной плоскости площадки относительно плоскости плиты покрытия, вызвав команду Измерить расстояние нажав **Ctrl+M**.
2. Значение равно 1.96 м. Значит, площадку необходимо сместить на 0.46 м по оси **Z**.
3. Активируйте позицию площадки, кликнув по ней левой клавишей мыши.
4. Выберите команду **Переместить** на панели команд.
5. Укажите начальную точку смещения (относительно которой будет происходить отсчет).
6. Вызовите команду **Глобальный Offset**.

Шаг за шагом



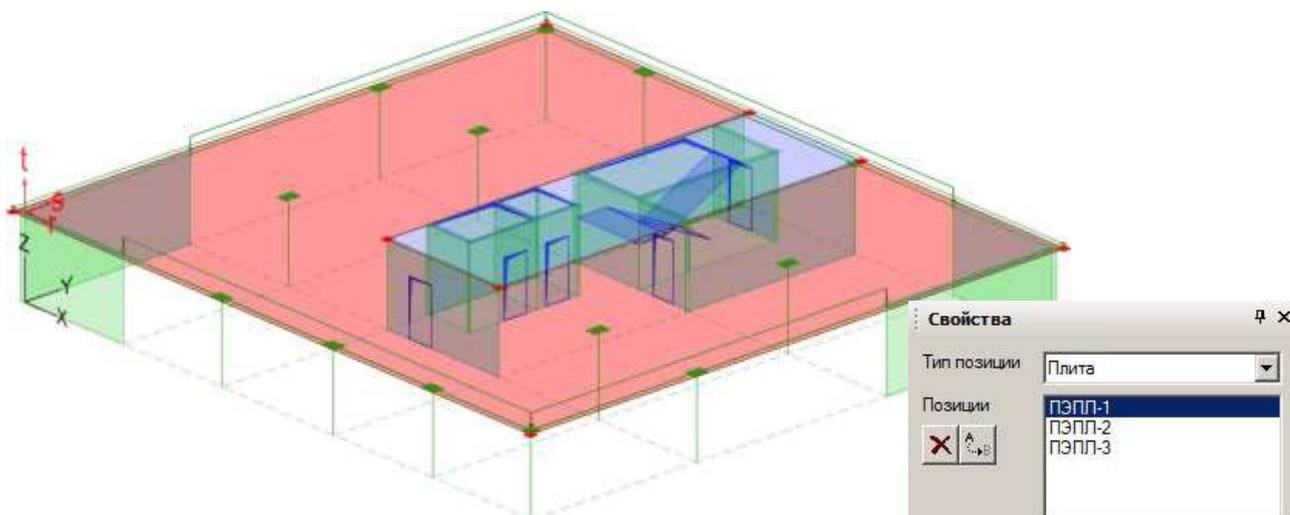
7. Укажите значение смещения по соответствующей оси. **Нажмите ОК.**
8. Лестничные марши удалите, и задайте снова способом, описанным в п.4.3.5.

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.

Кон.расч.сдвиг	ОпорнПлоск	Генерация
Эксцентр.	Группы	Этаж
Геометрия	Материал	Нагрузка
КонРасчет		

Нагрузка

Нагр.штукатуры кН/м²

Полезная кН/м²

Схемы нагрузок (врем.нагр.)

FELD-1

Ln

Автоматич.

Вручную

r [м]	s [м]
-0,25	21,65
-0,25	-0,25
23,35	-0,25
23,35	21,65

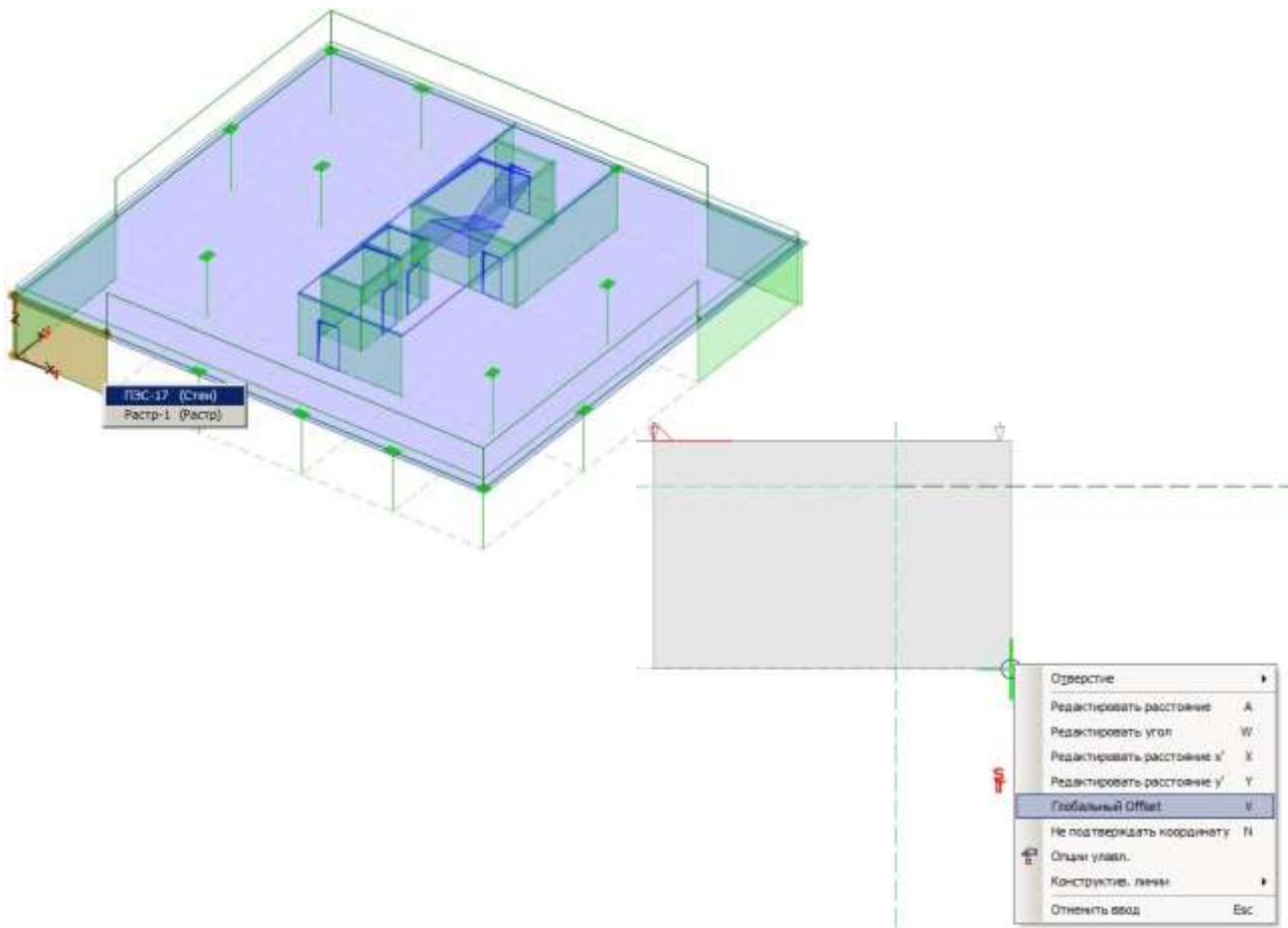
- Для того чтобы внесенные изменения вступили в силу нажмите кнопку **Принять**.

4.9 Создание оконных проемов

Создание оконных проемов происходит в локальных координатах стены.

- Перейдите в рабочую плоскость стены, нажав на **F4** и выбрав соответствующую стену.
- Вызвав команду **Отверстие установить**, укажите положение первой точки проема командой **Глобальный Offset**.
- Уровень подоконника равен 1.025 м так как на архитектурных разрезах от чистого пола до проема 0.9 м необходимо так же учесть расстояние до срединной плоскости.

Шаг за шагом



4. Повторным вызовом команды **Глобальный Offset**, укажите геометрические размеры данного проема. Высота 1.5 м, ширина 1 м.
5. Аналогичным способом расставьте остальные оконные проемы.

4.10 Создание балкона

4.10.1 Создание полярного растра

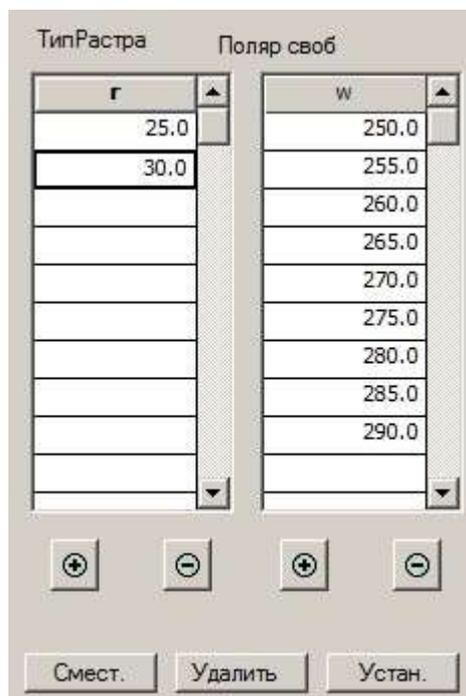
Шаг за шагом

1. В правой панели инструментов выберите закладку **Растр**.
2. В окне **Растр** нажмите на иконку **Создать** и выберите **Полярный свободный**.
3. Во вкладке **Растр** нажмите на кнопку **Установить** начало координат растра и укажите точку, являющуюся центром окружности сегментного балкона согласно архитектурному плану.

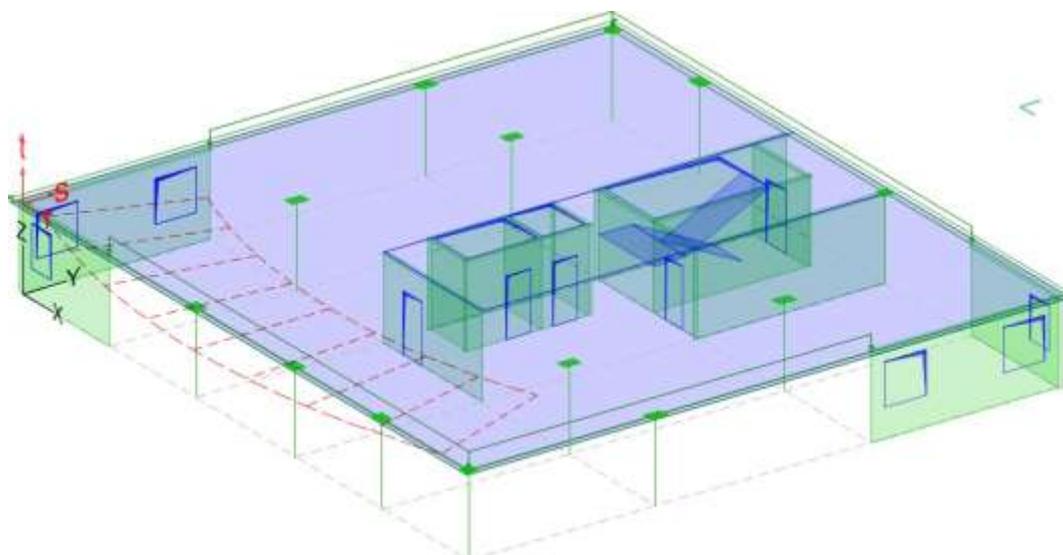
Начало (м)	
X	11,4
Y	28,2

Смест. Устан.

4. 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.



5. По окончании задания свойств растра нажмите на кнопку **Принять**.

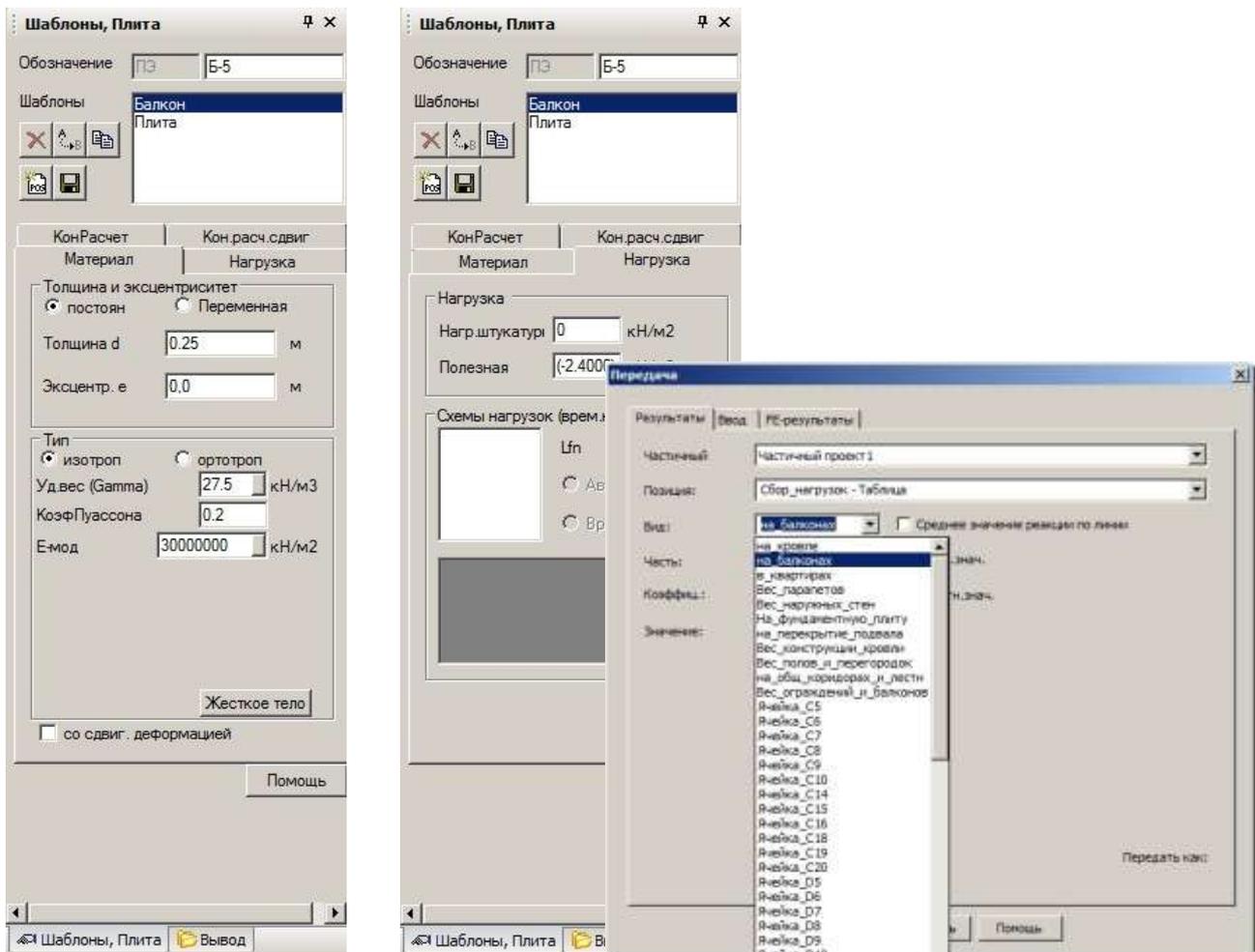


4.10.2 Ввод балконных плит

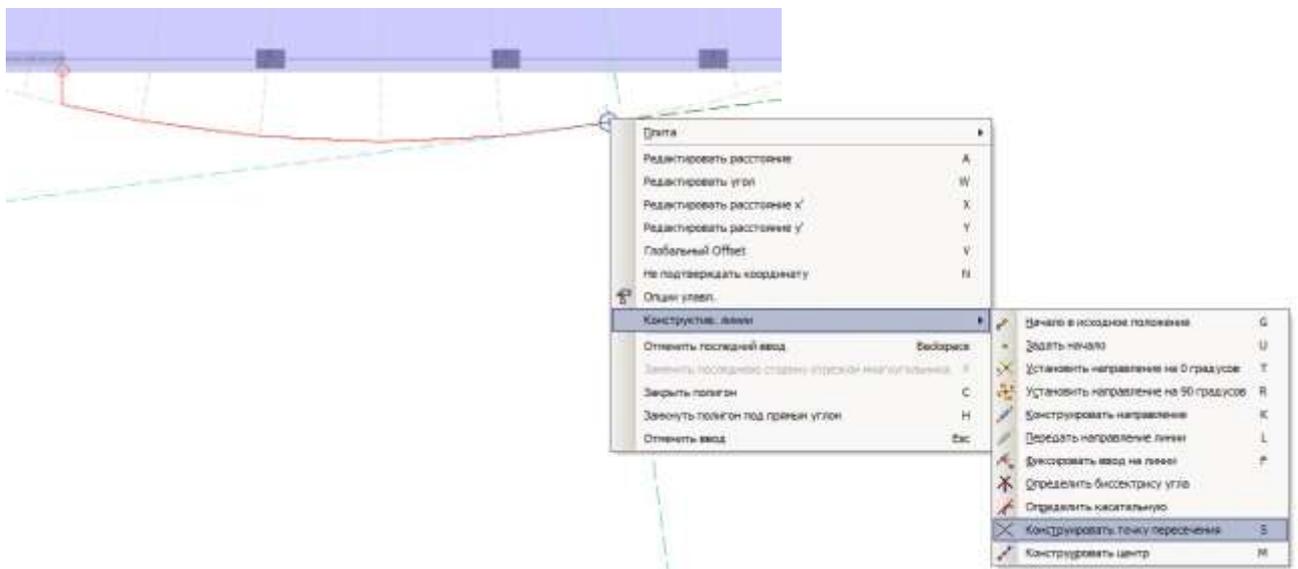
По готовому полярному растру создайте балкон.

1. Выберите команду Плита установить.
2. Задайте необходимые параметры балкона.

Шаг за шагом



3. Задайте геометрию балкона с помощью полигона.
4. Для задания точек используйте поиск точки пересечения прямых. Для вызова соответствующей команды кликните правой клавишей мыши на рабочем поле при активной команде.

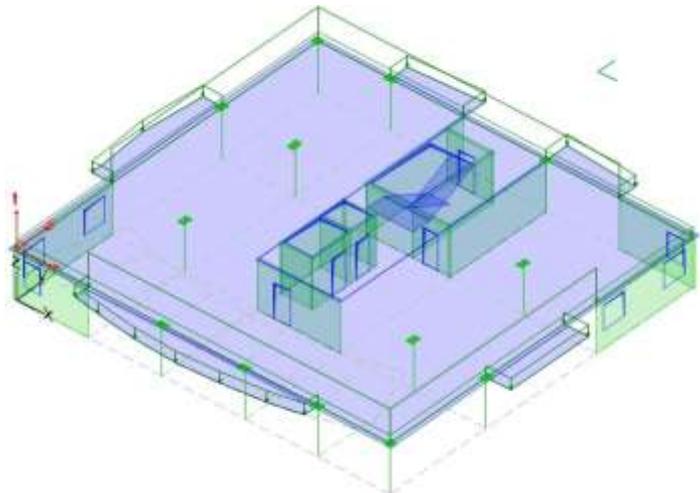
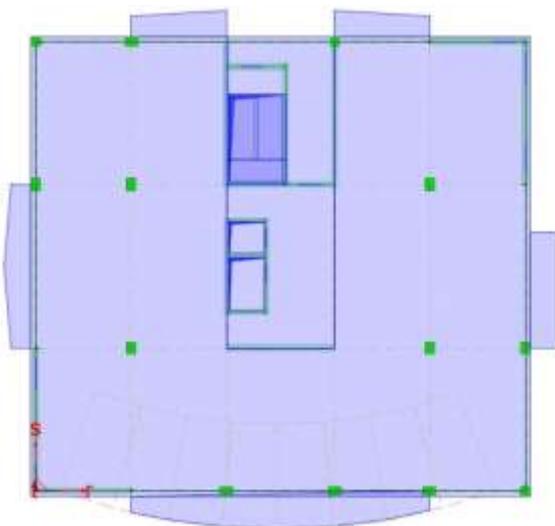
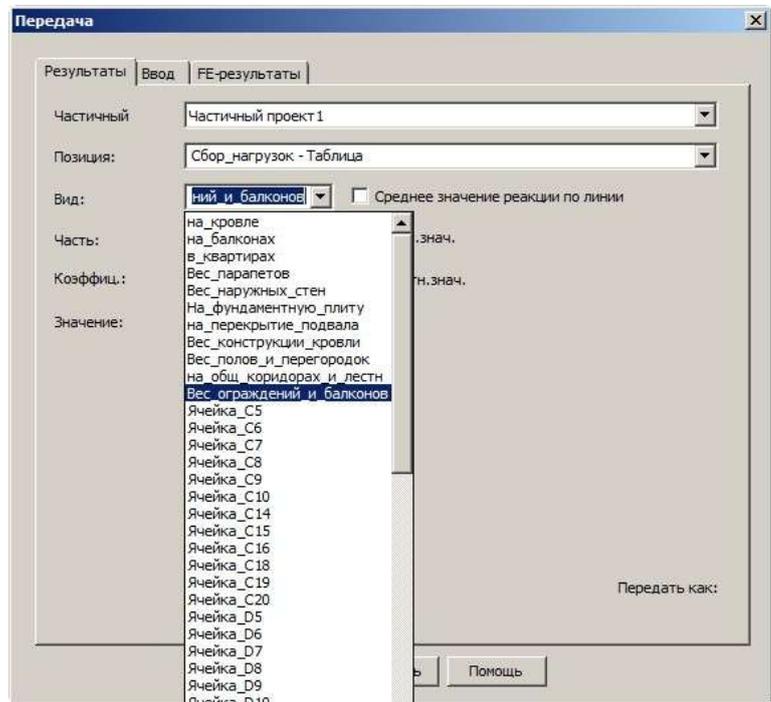
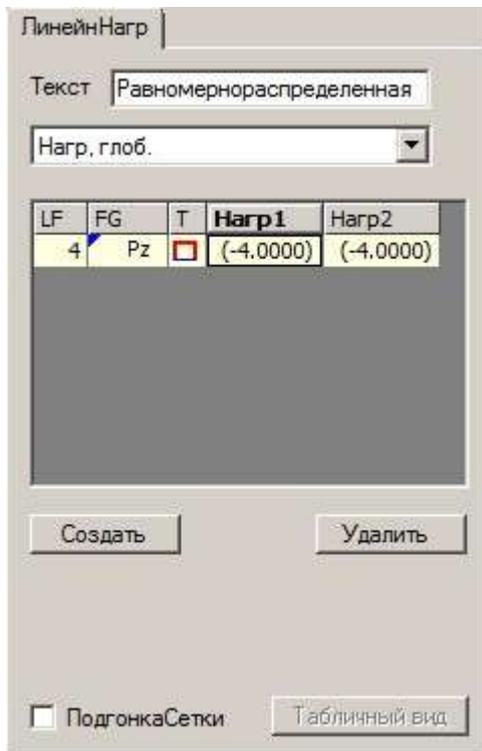


5. Укажите две линии, на пересечении которых необходимо установить начальную или конечную точку отрезка.
6. Завершите ввод балкона, замкнув контур.

7. Обратите внимание, что край плиты покрытия совпадает с краем балконной плиты.
8. Задайте аналогичным образом оставшиеся балконы.

4.10.3 Задание нагрузки на балкон

Задание линейной нагрузки на балкон от веса ограждения балкона осуществляется аналогичным образом, описанным в п.4.6.1. Будьте внимательны при выборе значения нагрузки.



4.11 Тиражирование жилого этажа

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 на конструкции покрытия последнего этажа есть нагрузки, 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 **Del**. Выделить необходимую нагрузку Вы также можете, указав **Позицию** во вкладке **Свойства**.

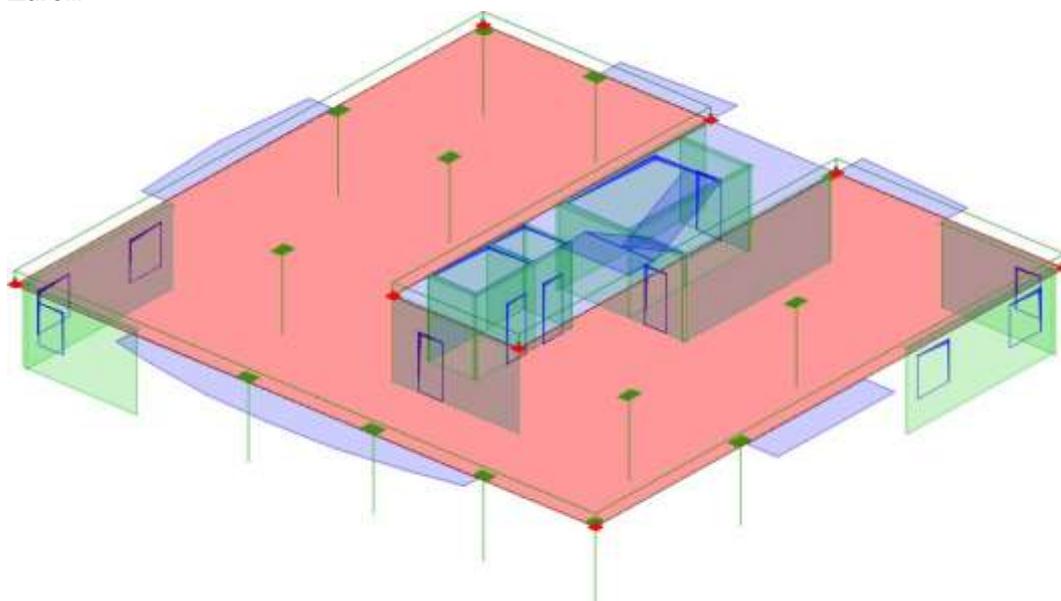
Удалите следующие нагрузки: все наружных стен, вес ограждений балконов.

4.12.2 Изменение нагрузок

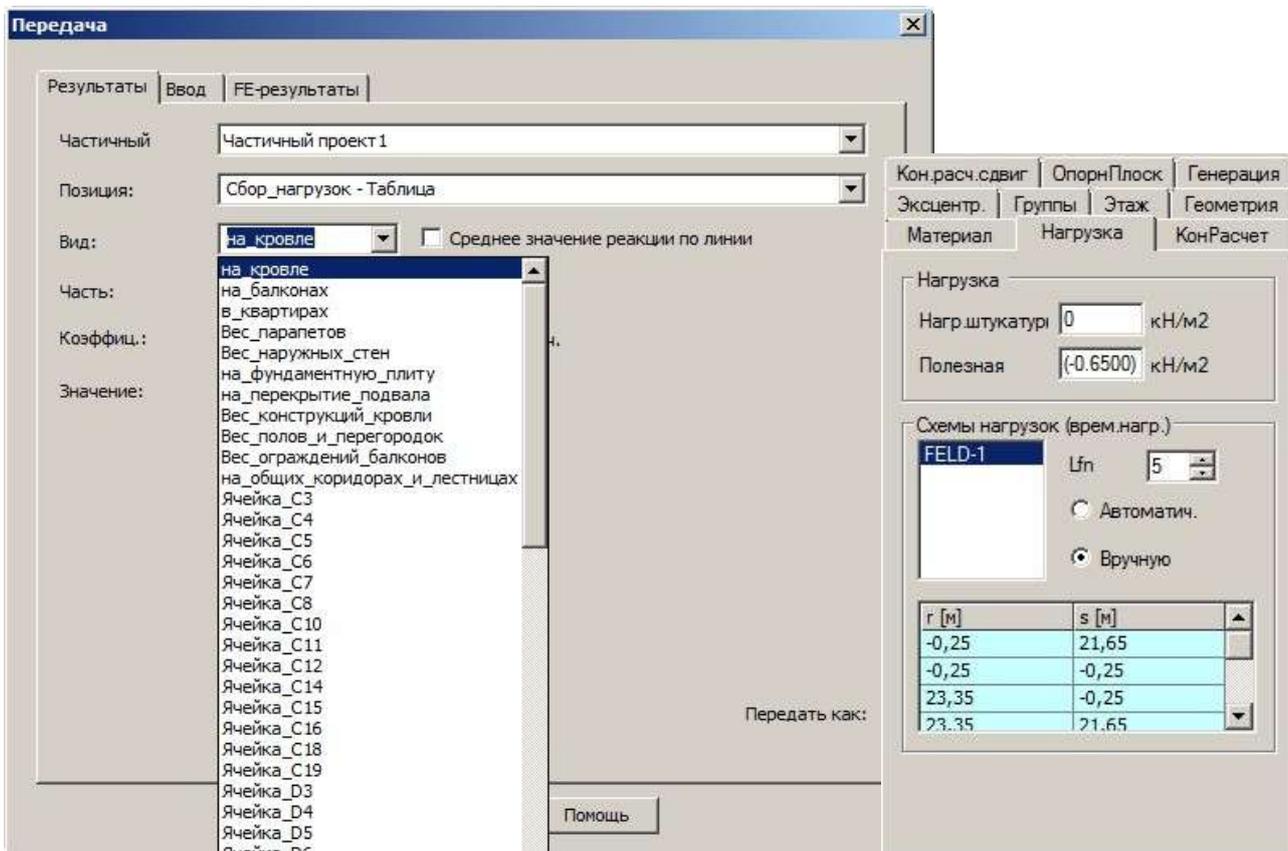
Чтобы не вводить новые нагрузки на покрытие, можно изменить уже имеющиеся, отредактировав их свойства.

Шаг за шагом

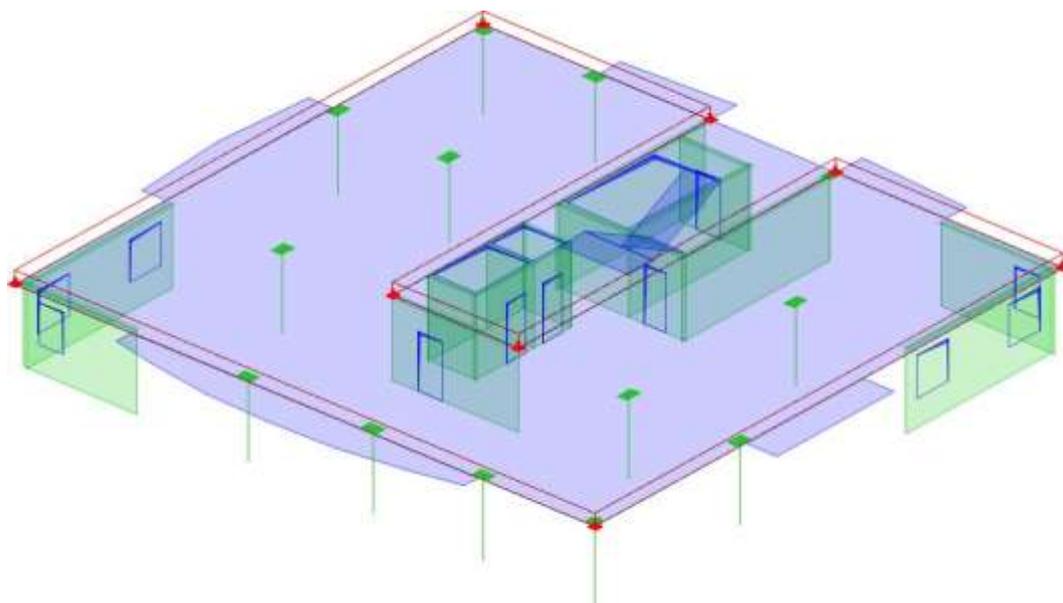
1. В окне построения или в окне **Свойства** выберите плиту покрытия.



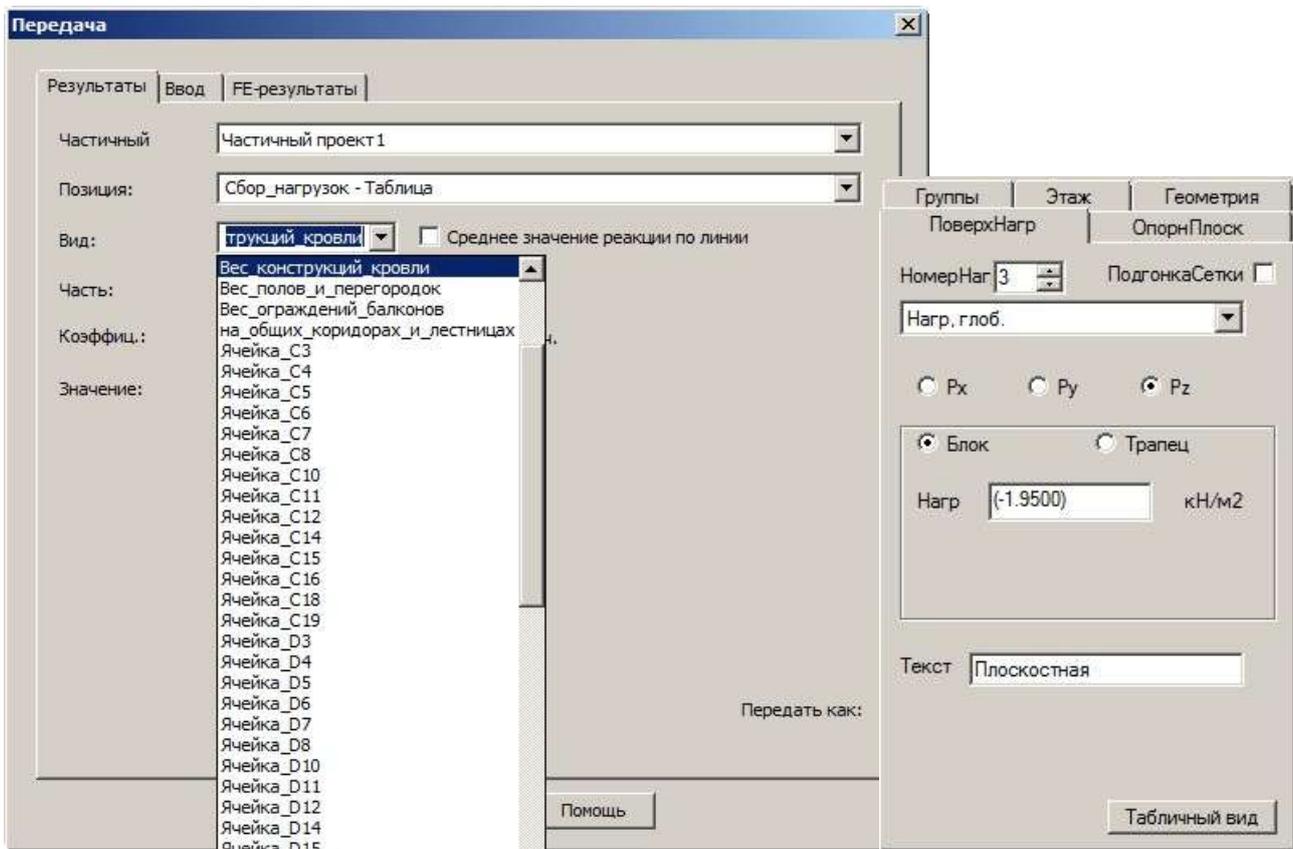
2. Измените полезную нагрузку на плиту, следуя указаниям, описанным в п.4.8.5.



3. Выберите поверхностную нагрузку от веса полов и перегородок.



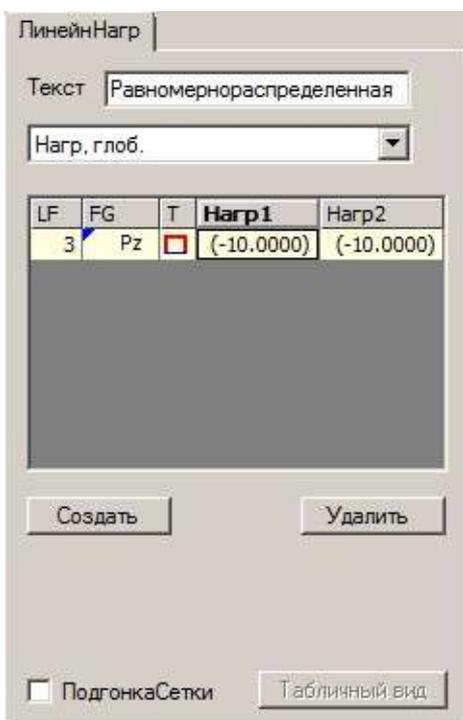
4. Измените нагрузку, следуя указаниям, описанным в п.4.8.5.

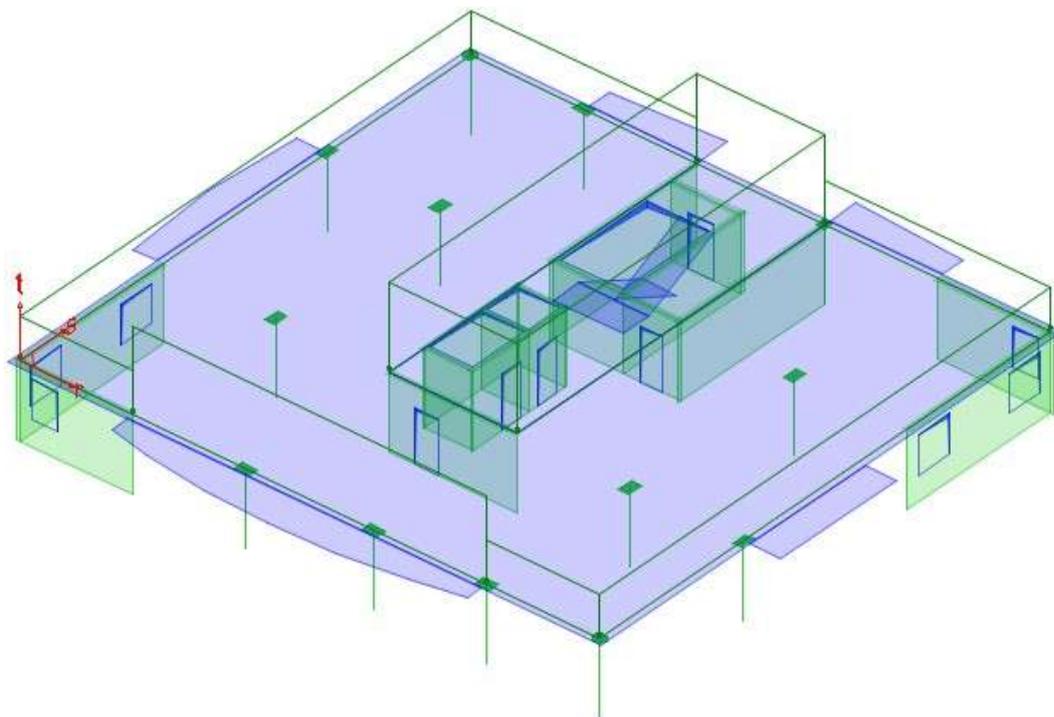


4.12.3 Ввод нагрузки Вес парапетов

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.



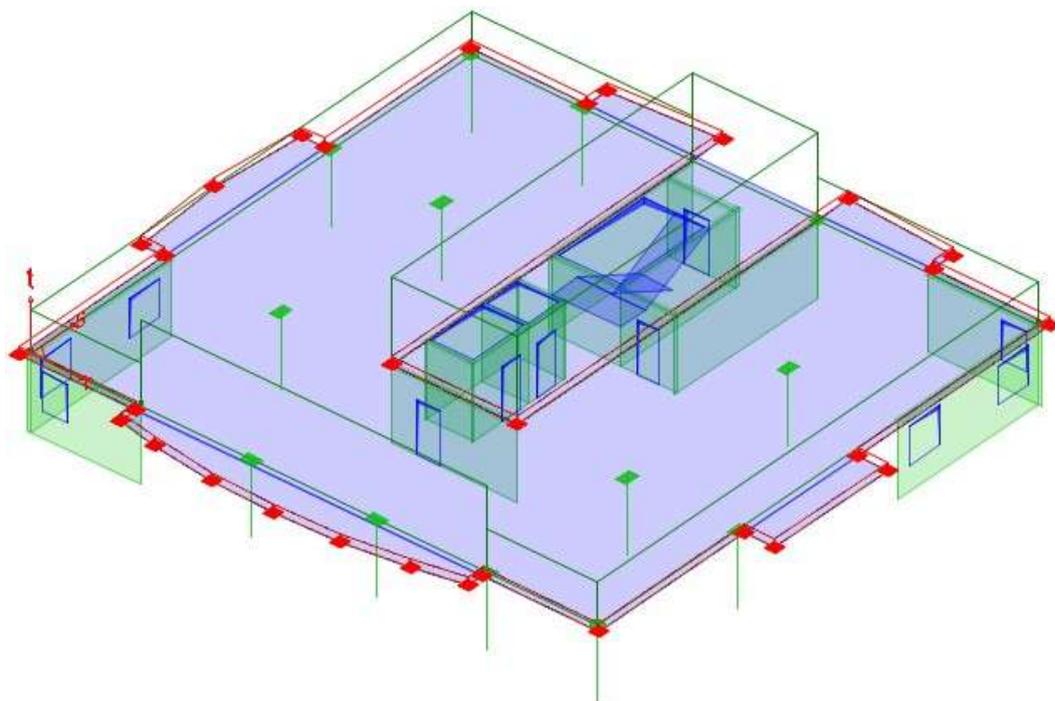


4.12.4 Ввод нагрузки Вес конструкции кровли

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. Вызовите команду **Объединить**, кликнув правой клавишей мыши на кнопку вызова назначения поверхностной нагрузки.
3. Последовательно объедините нагрузку на перекрытии этажа с нагрузкой на перекрытии балконов.

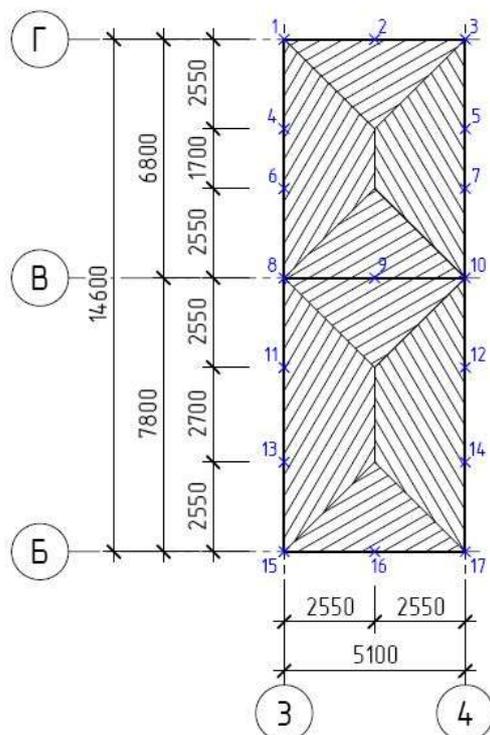
Шаг за
шагом



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.

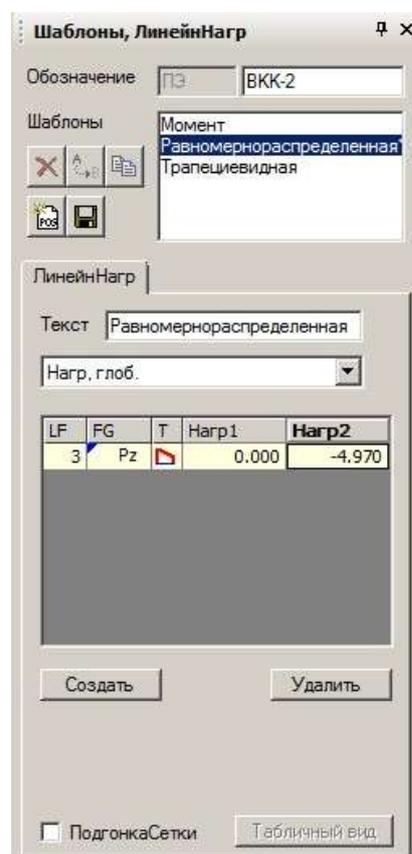
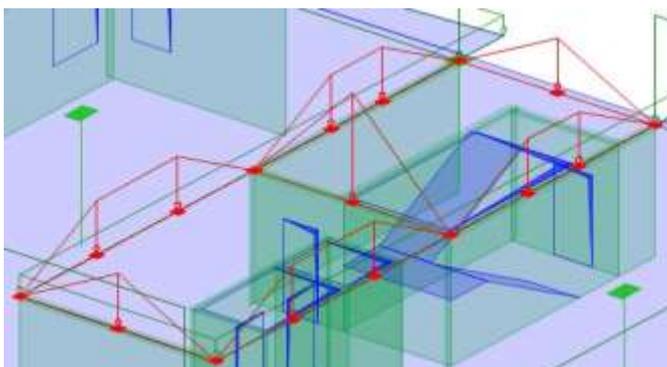
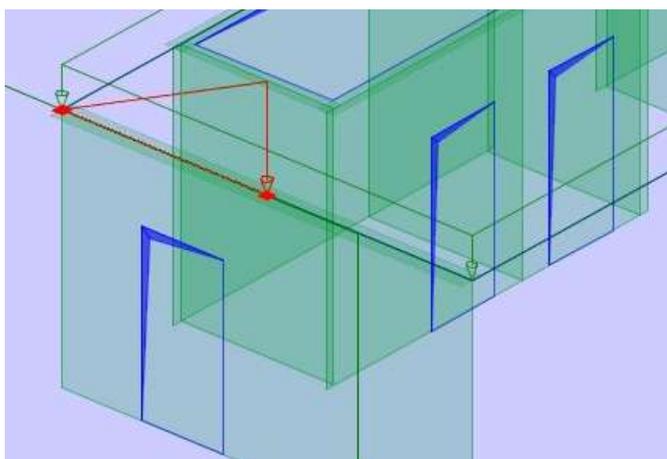


Значения нагрузок в точках приведены в таблице

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

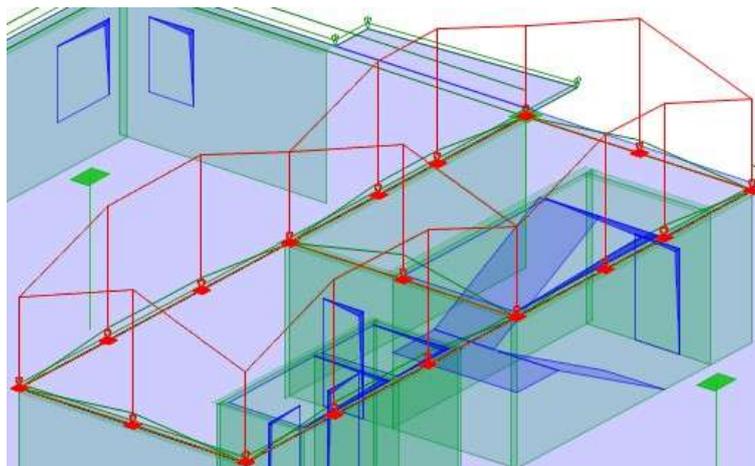
4.13.1 Вес конструкции кровли

Задайте линейную нагрузку, следуя указаниям п.4.6.1



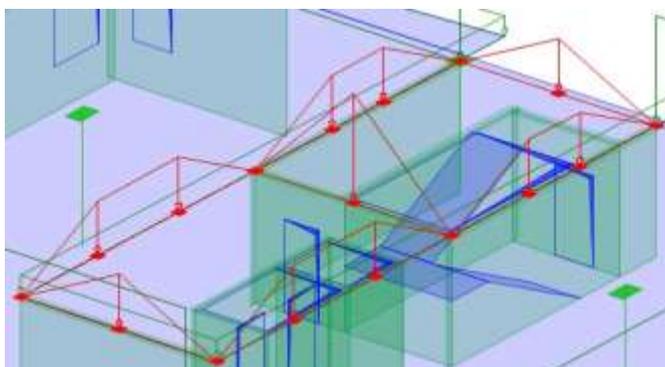
4.13.2 Вес несущих конструкций

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



4.13.3 Снеговая нагрузка

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

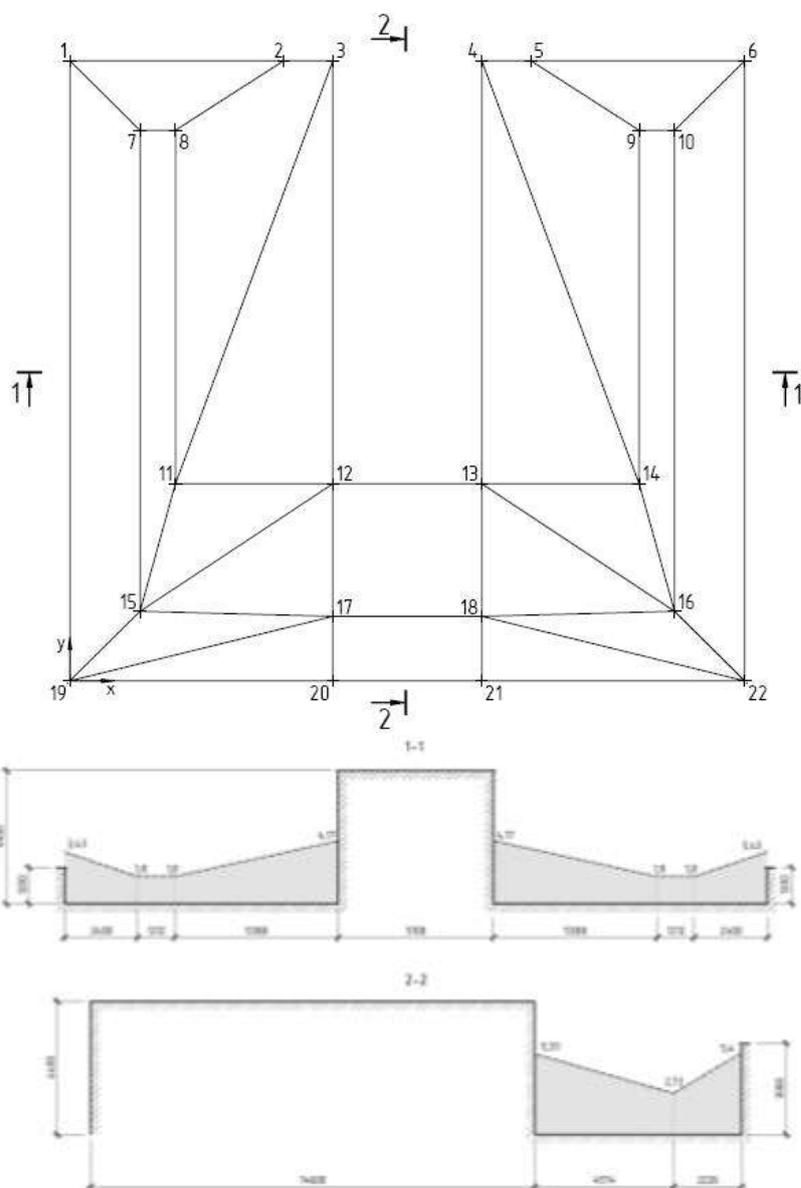


4.14 Ввод Снеговой нагрузки на покрытие

4.14.1 Подсчет значений нагрузки

Значения нагрузок от веса снеговых мешков подсчитаны согласно СНиП 2.01.07 Нагрузки и воздействия. Приложение 3, схемы 8, 10.

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.

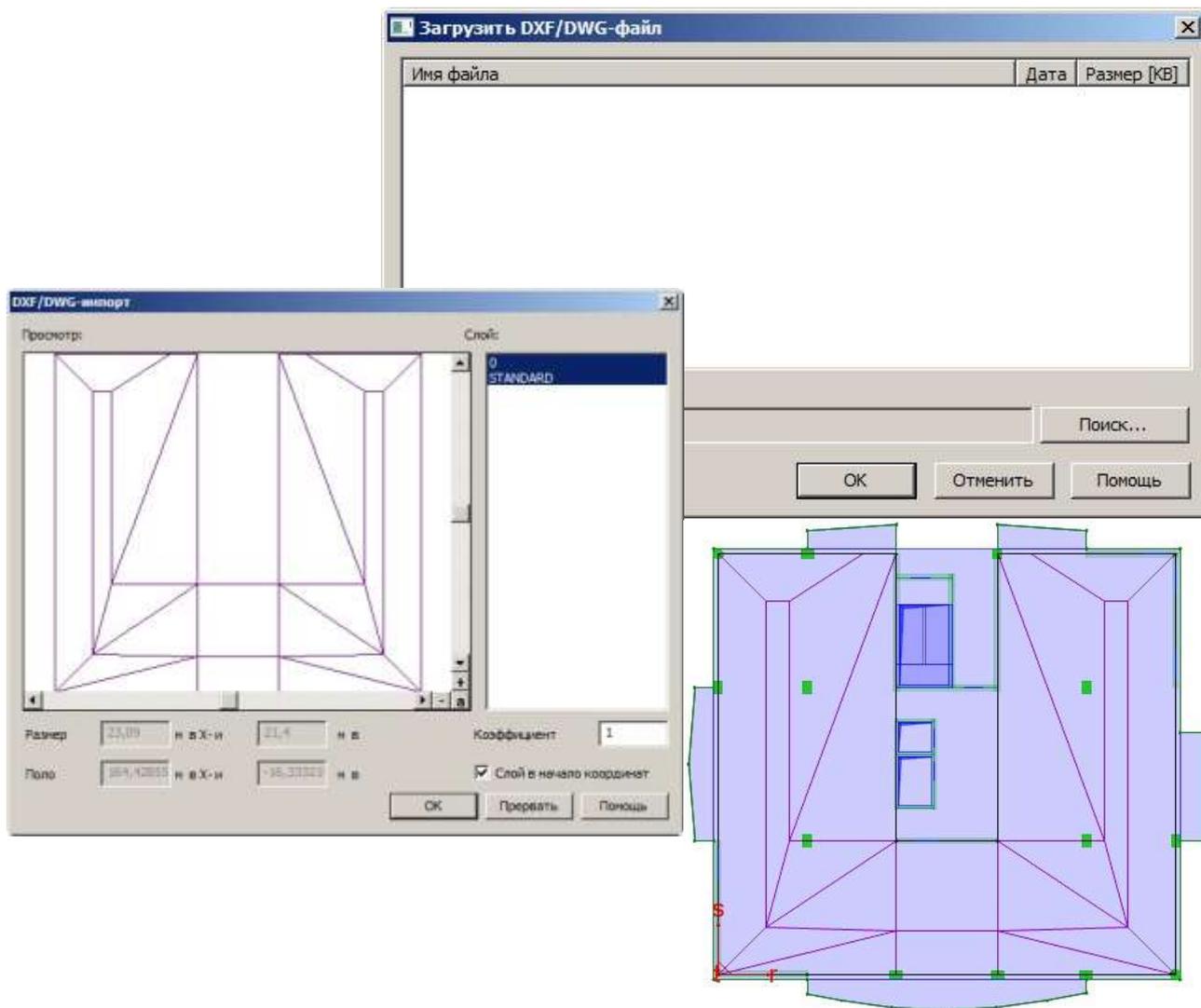
№ точки	x, м	y, м	P_z , кН/м ²
1	0,000	21,400	-3,43
2	7,318	21,400	-3,43
3	9,000	21,400	-4,17
4	14,100	21,400	-4,17
5	15,782	21,400	-3,43
6	23,100	21,400	-3,43
7	2,400	19,000	-1,8
8	3,612	19,000	-1,8
9	19,488	19,000	-1,8
10	20,700	19,000	-1,8

№ точки	x, м	y, м	P _z , кН/м ²
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

Шаг за
шагом

1. Вызовите команду **Загрузить слой** во вкладке **Слой**.
2. В появившемся диалоге кликните на кнопку Поиск и укажите путь хранения файла в формате *.dxf,*.dwg.
3. 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.
4. Установите опцию **Слой в начало координат**.
5. Нажмите **ОК**.

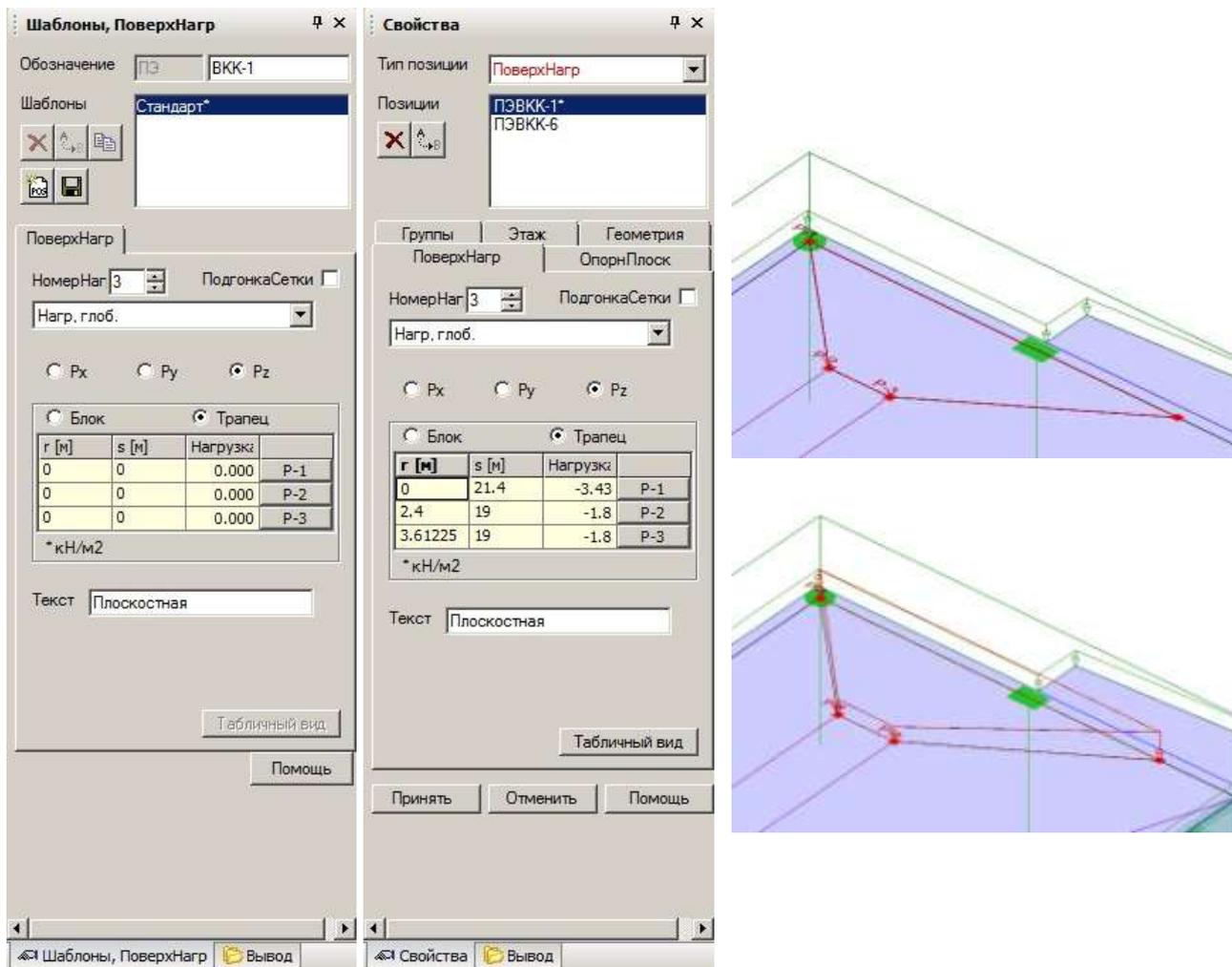


4.14.3 Ввод поверхностной трапециевидной нагрузки

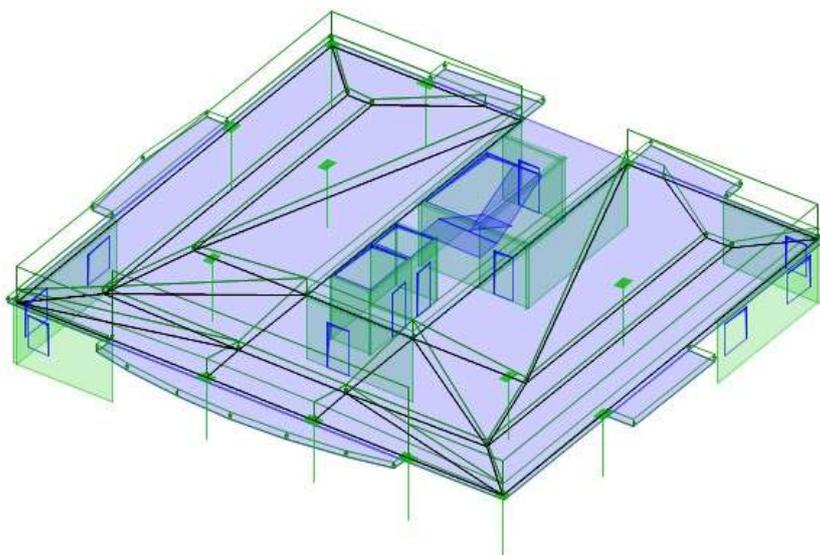
1. Ввод снеговой нагрузки будет происходить по полигонам, обозначенным в слое.
2. Начните с полигона с номерами углов 1,2,7,8.
3. Вызовите команду **Поверхностная нагрузка установить**.
4. Переключите вид нагрузки с **Блок** на **Трапеция**.
5. Введите границы требуемого полигона, последовательно указав его границы на слое DXF. Для ввода переключите на **Ввод полигона** в **Опции ввода**.
6. Завершите ввод нажатием **Esc**.
7. Выделите введенную нагрузку.
8. Координаты точек нагрузки будут автоматически записаны в графы координат. На нагрузке обозначились три базовые точки, по значениям которых далее будет выстроена нагрузка.
9. Задайте номер нагружения согласно задания, равный 6.

Шаг за шагом

- Внимательно задайте соответствующие значения нагрузки для данных точек, учитывая нумерацию на чертеже п.4.14.1 и значения в таблице того же пункта. Положение точек с известной интенсивностью нагрузки можно изменить, кликнув по кнопке с именем точки (например **P-1**) и указав новое положение точки.



- Подтвердите значения нажатием кнопки **Принять**.
- Проследите, как изменился вид нагрузки.
- Аккуратно задайте оставшиеся нагрузки.



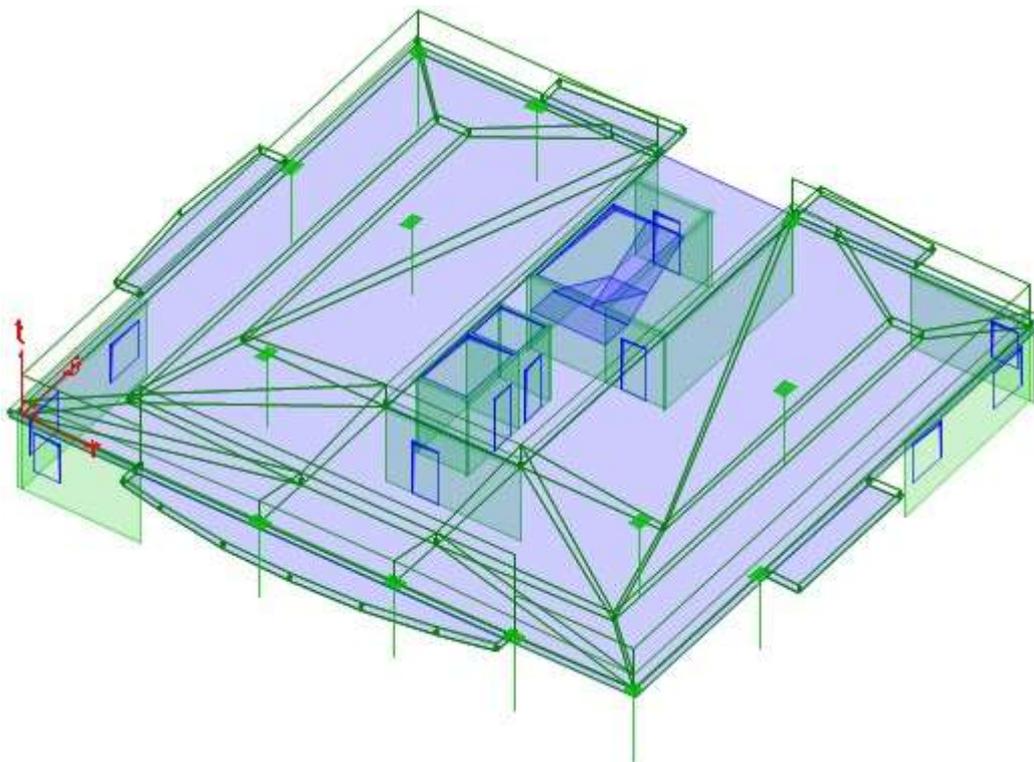
- Вы можете задать нагрузки на половину покрытия. Выделите и далее отобразите их с копированием соответствующей командой. Эта операция заметно ускорит и облегчит ввод нагрузок.
- Для удобства отключите видимость слоя DXF нажатием кнопки на панели инструментов.

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). Расчет значений ветровой нагрузки на каждое пере-

крытие выполняем в Статике S018 с последующей передачей значений в MicroFe.

4.15.1 Подсчет значений в Статике S018

Шаг за шагом

1. В **ProjektManager 2009** в создаваемом Вами проекте перейдите во вкладку **Статика - COSTRUC** и откройте созданный ранее частичный проект.
2. В окне **Проект** сформируйте новую позицию программы **S018** «Ветер – Ветровые нагрузки по СНиП 2.01.07-85*».
3. Введите все необходимые данные для расчета ветровой нагрузки. Ячейки, значения которых необходимо указать, выделены синим цветом.

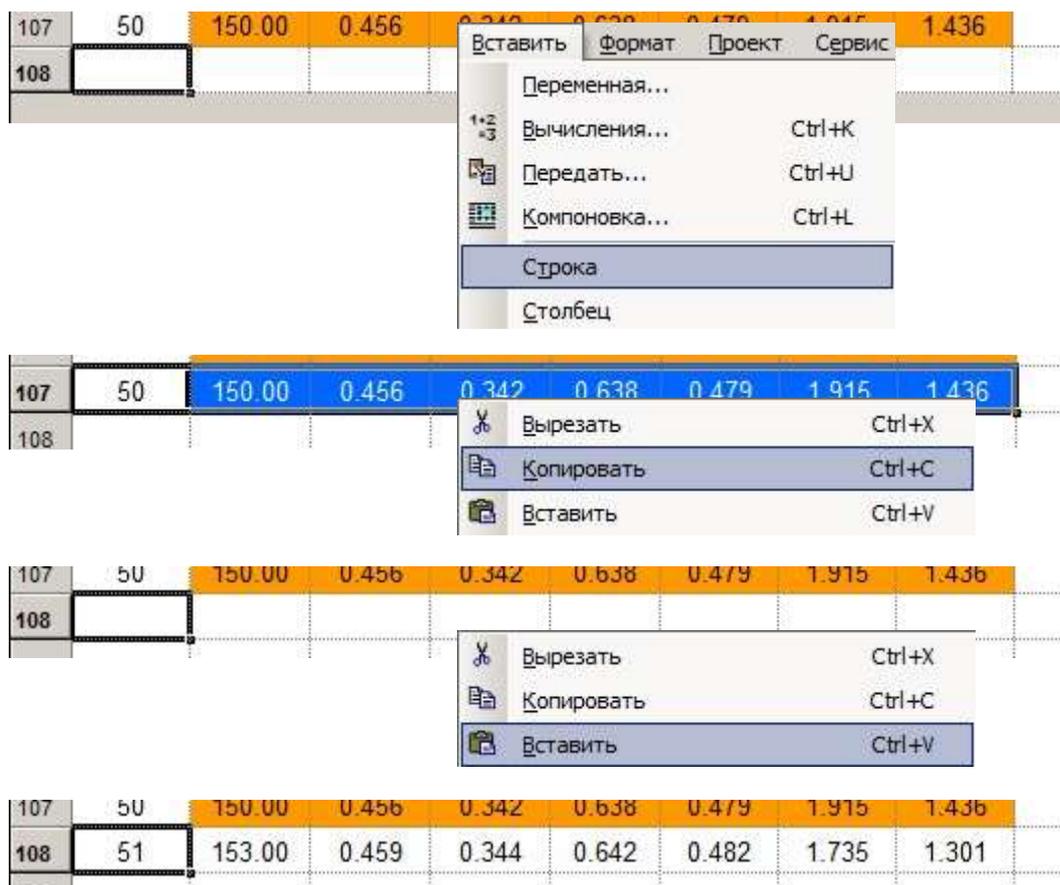
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Ветровые нагрузки по СНиП 2.01.07-85*										
2	Программа определяет средние составляющие ветровые нагрузки для отдельно										
3	стоящих плоских сплошных конструкций с наветренной и подветренной сторон										
4	высотой до 200 м										
5	Синие значения можно изменять.										
6	H ₀ =	0.00	м	Отметка уровня пола							
7	h ₁ =	3.00	м	Высота первого этажа							
8	h _t =	3.00	м	Высота типового этажа							
9	n =	12	м	Количество этажей							
10	h _p =	1.20	м	Высота парапета							
11	Таблица 5										
12	Ветровые районы СССР										
13	(принимаются по карте 3			Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
14	обязательного										
15	приложения 5)										
16	w ₀ [кН/м ²]			0.17	0.23	0.30	0.38	0.48	0.60	0.73	0.85
17		II	Ветровой район								
18	w ₀ =	0.30	кН/м ²	Нормативное значение ветрового давления							
19	в зависимости от ветрового района - выбирается из табл. 5										
20	Тип м.	B	A - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра;								
21	B - городские территории, лесные массивы и др. местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;										
22	C - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.										
23	c _e =	0.8	аэродинамический коэффициент с наветренной стороны								
24	c _e =	0.6	аэродинамический коэффициент с подветренной стороны								
25	γ _f =	1.4	Коэффициент надежности по ветровой нагрузке								
26											

4. Значения ветровой нагрузки в уровне каждого перекрытия посчитаны. Вы можете просмотреть их в нижней части таблицы или в окне вывода документа.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
48											
49		Ветровой район -	II								
50		Нормативное значение ветров		0,30	кН/м ²						
51		Тип местности -	B								
52											
53		Распределение ветровой нагрузки по высоте здания									
54	Номер	Высота	Нормат-ые знач-я ср		Расчет. знач-я сре		Расчет. знач-я средн. сост				
55	этажа	потолка	ветров. нагр. W _m [кН		ветров. нагр. W _m [кН		ветров. нагр. W _m [кН/м]				
56	№	H [м]	навстренн	подветрен	навстренн	подветрен	навстренн	подветрен	навстренн	подветрен	
57	0	0.00	0.120	0.090	0.168	0.126	0.252	0.189			
58	1	3.00	0.120	0.090	0.168	0.126	0.504	0.378			
59	2	6.00	0.127	0.095	0.178	0.134	0.534	0.401			
60	3	9.00	0.149	0.112	0.208	0.156	0.625	0.469			
61	4	12.00	0.166	0.124	0.232	0.174	0.696	0.522			
62	5	15.00	0.180	0.135	0.252	0.189	0.756	0.567			
63	6	18.00	0.194	0.146	0.272	0.204	0.816	0.612			
64	7	21.00	0.207	0.155	0.290	0.217	0.869	0.652			
65	8	24.00	0.216	0.162	0.302	0.227	0.907	0.680			
66	9	27.00	0.225	0.169	0.315	0.236	0.945	0.709			
67	10	30.00	0.234	0.175	0.328	0.246	0.983	0.737			
68	11	33.00	0.243	0.182	0.340	0.255	1.021	0.765			
69	12	36.00	0.252	0.189	0.353	0.265	0.953	0.714			
70											
71											
72											
73											

- Значения линейных нагрузок вычисляются при коэффициенте k, взятом для отметки перекрытия, и ширине грузовой площади, равной расстоянию между серединами высот двух соседних этажей (для верхнего этажа – половина высоты верхнего этажа плюс высота парапета).
- Несмотря на то, что в настоящий момент указано максимальное число этажей, равное 50, при необходимости Вы можете рассчитывать ветровую нагрузку для большего числа этажей. Чтобы добавить этаж, необходимо выполнить следующие действия. Установите курсор в самую нижнюю строку таблицы. Вызовите команду **Вставить > Строка**. Выделите последнюю строку с рассчитанными значениями. Скопируйте ее в буфер обмена, нажав клавиши **Ctrl+C** или кликнув правой клавишей мыши и выбрав в появившемся списке команду **Копировать**. Установите курсор в первую ячейку вновь созданной строки. Нажмите клавиши **Ctrl+V** или кликните правой клавишей мыши и в появившемся списке выберите команду **Вставить**. Добавьте переменные для ячеек со значениями нагрузки на новый этаж (см. п. 3.3).

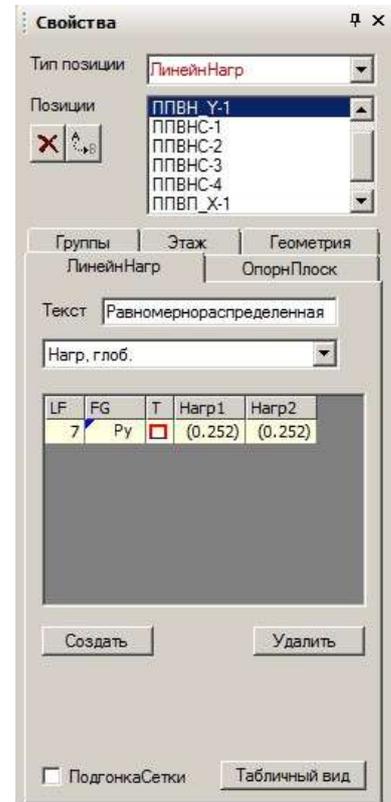
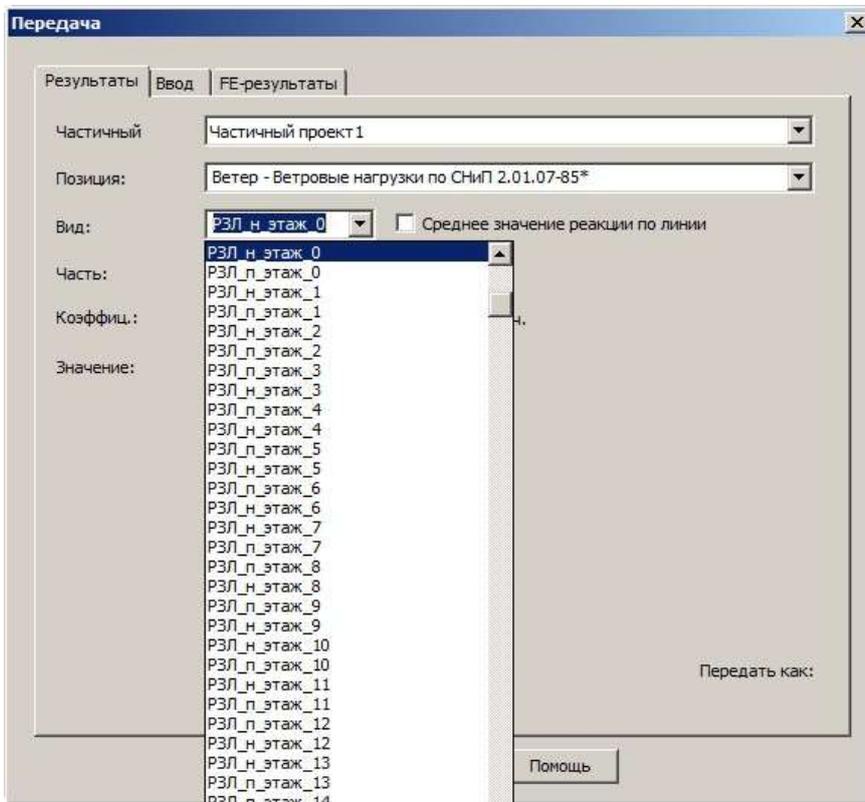
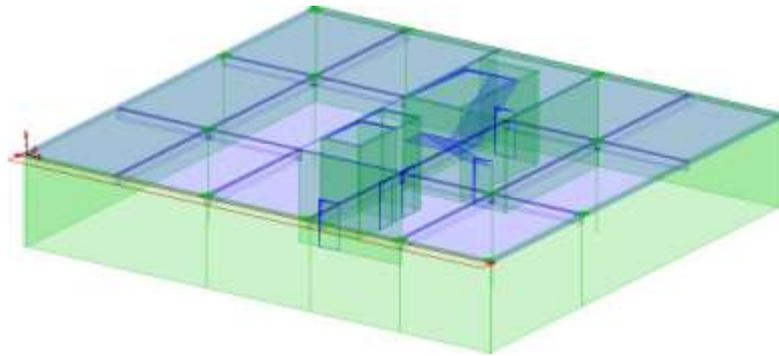
□



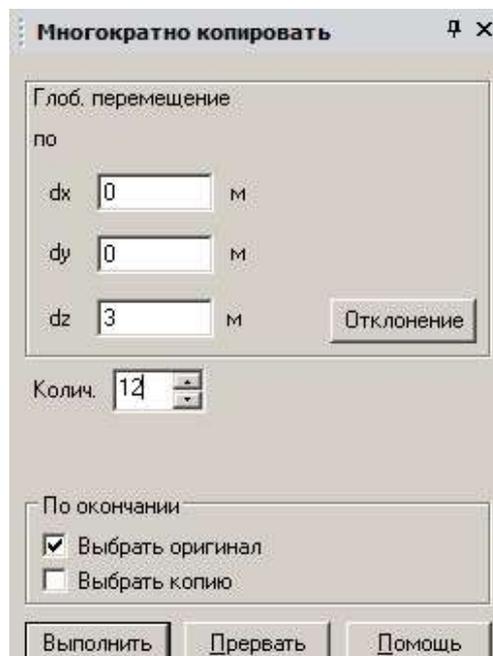
4.15.2 Приложение линейной нагрузки на перекрытия

Шаг за шагом

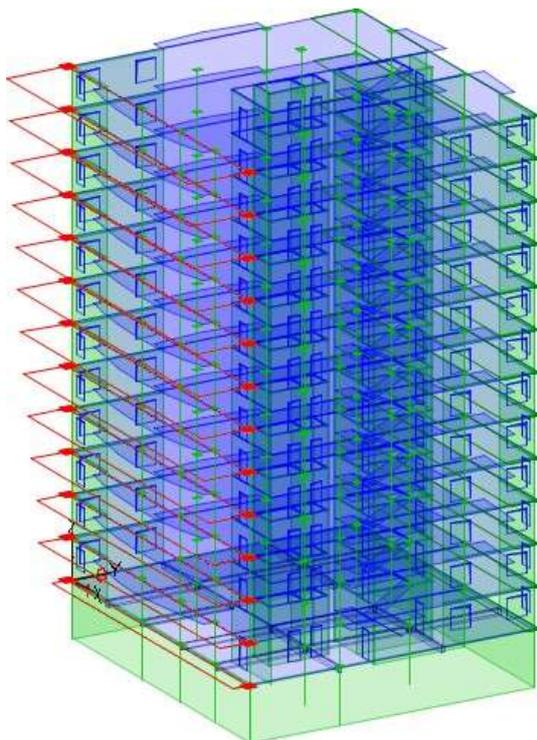
5. Сделайте видимым подвальный этаж (см. п. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).
6. Установите рабочую плоскость на перекрытие подвального этажа (см. п.4.3.4).
7. Введите линейную нагрузку на ребро плиты (см. п.4.6.1), передав соответствующее значение ветровой нагрузки с наветренной стороны здания в уровне нулевого этажа из Статики S018 (см.п.4.3.1).



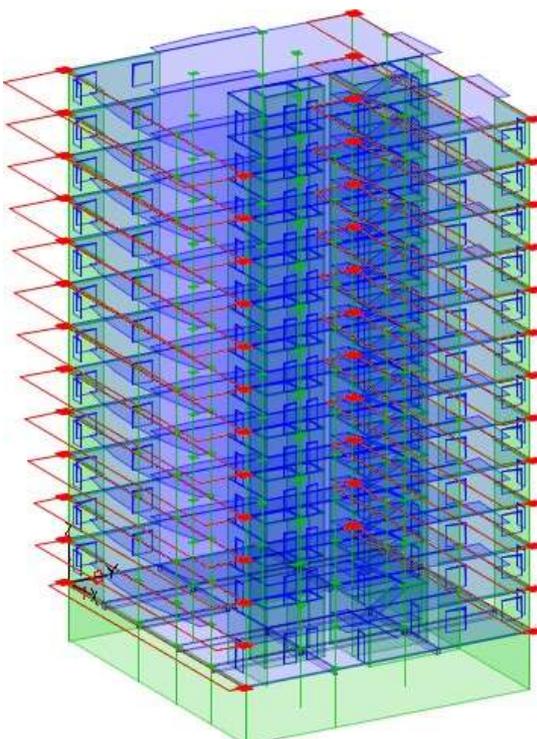
8. Выберите только что заданную нагрузку и скопируйте ее на остальные перекрытия, при помощи функции **Копировать**.



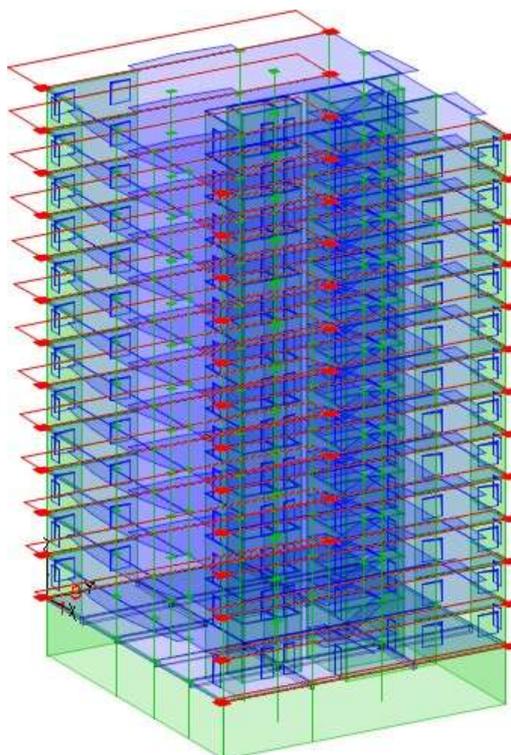
9. Измените свойства нагрузок на каждом этаже, передав соответствующие значения ветровой нагрузки (см. п.4.12.2).



10. Выделите все линейные ветровые нагрузки и скопируйте их на противоположное ребро плиты.
11. Измените значения скопированных нагрузок на соответствующие значения ветровых линейных нагрузок с подветренной стоны здания.



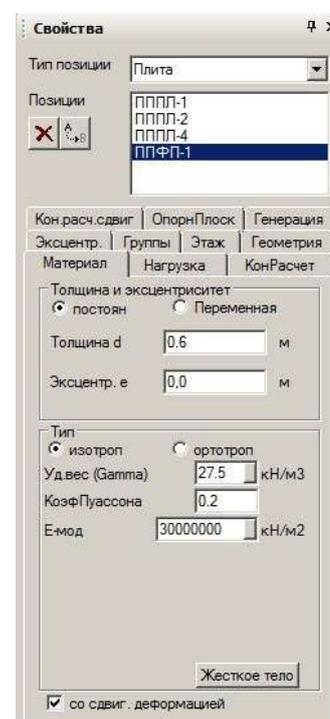
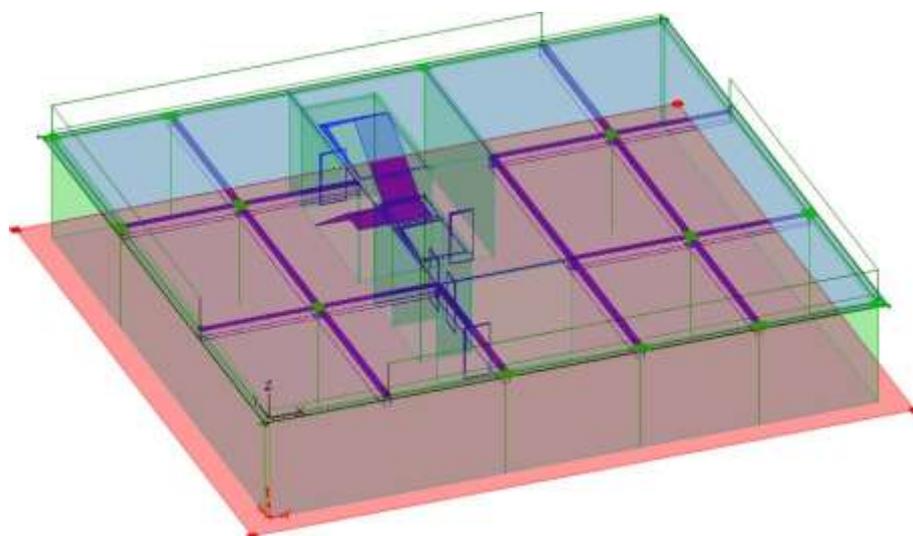
12. Аналогичным образом введите ветровую нагрузку в направлении глобальной оси **X**, задав ее в нагружение 8.



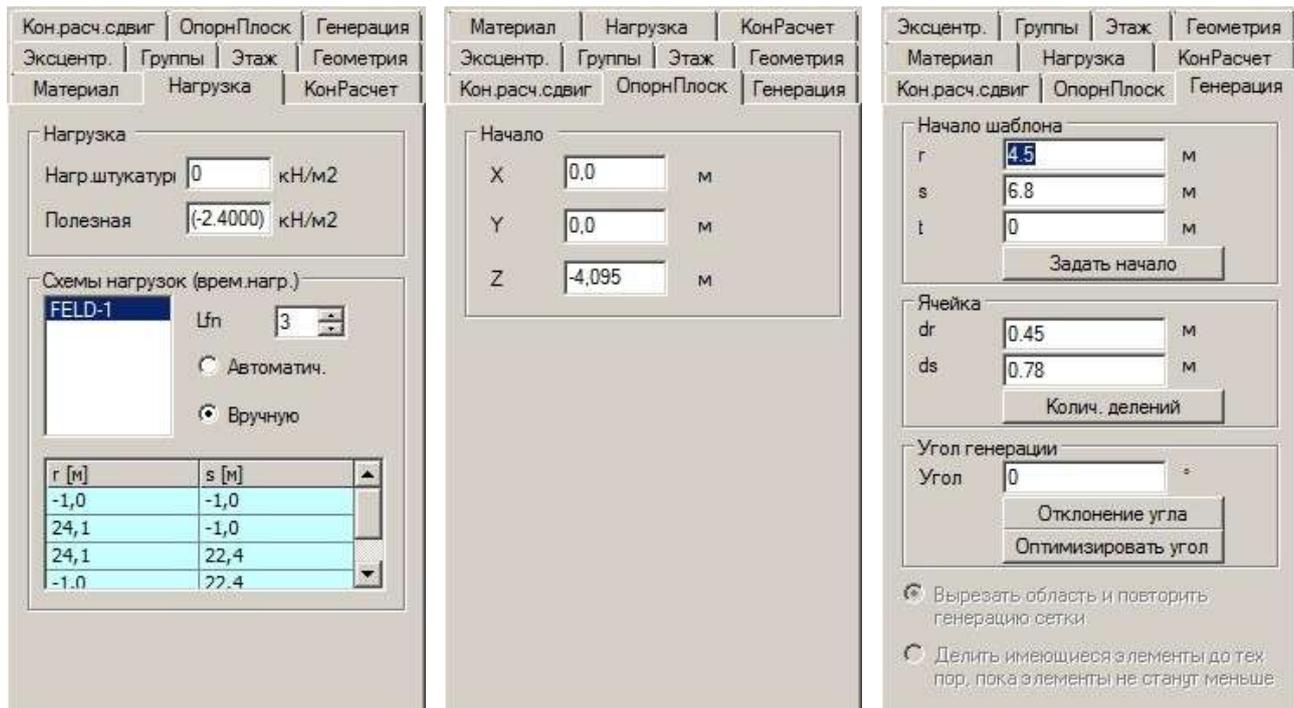
4.16 Ввод фундаментной плиты

1. Сделайте видимым подвальный этаж здания (см. п. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).
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).

Шаг за шагом



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).

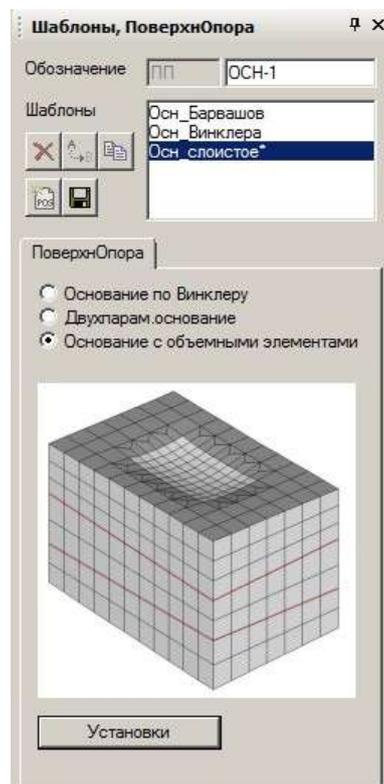


4.17 Ввод слоистого основания

Шаг за шагом



1. В левой панели инструментов щелкните мышью на иконку **Поверхностную опору установить**.
2. В окне шаблонов выберите шаблон **Основание слоистое** и установите переключатель на **Основание с объемными элементами**.

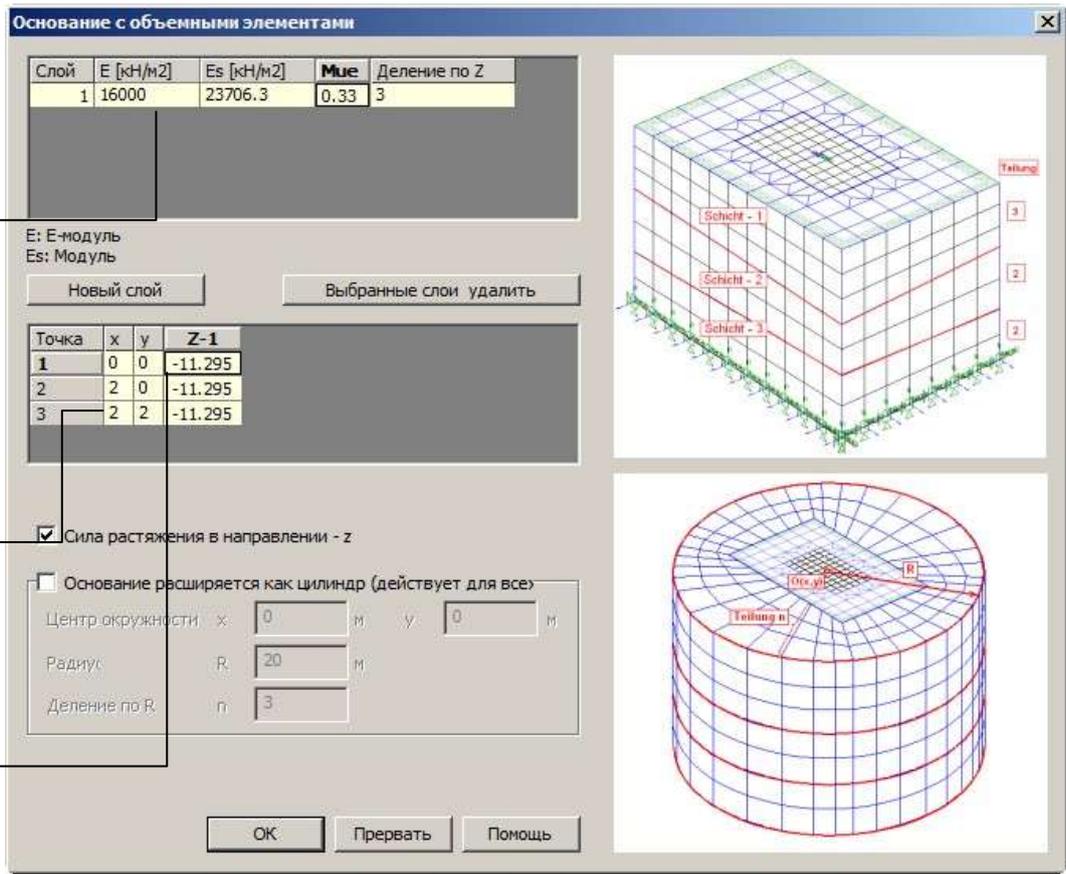


- Нажмите на кнопку **Установки** и в появившемся окне задайте параметры слоистого основания с объемными элементами.

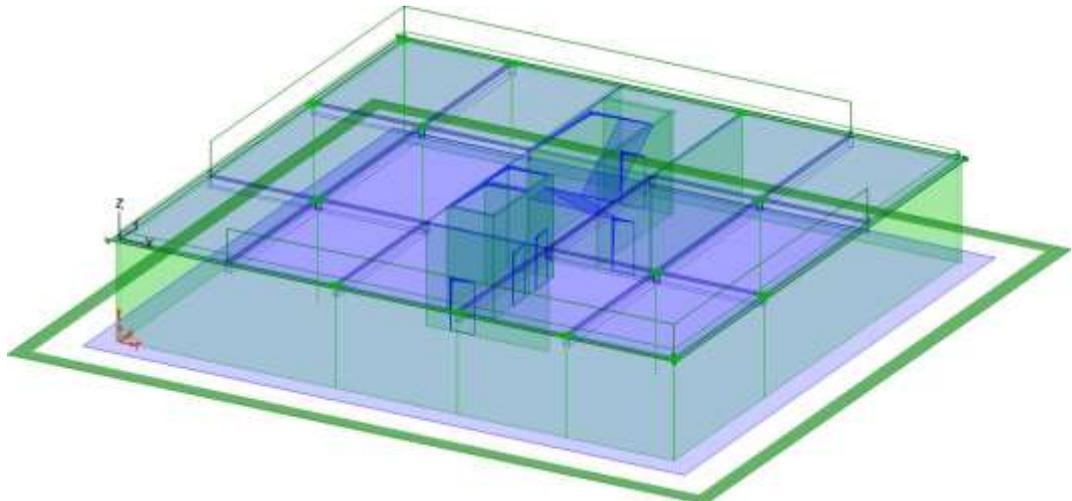
Поскольку модуль жесткости E_s и коэффициент Пуассона μ_{ue} являются определяющими для описания свойств основания, то при вводе данных в нашем случае сначала необходимо задать коэффициент Пуассона, а затем модуль упругости E , по которым будет вычислено значение E_s .

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.



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



- Выберите созданную поверхностную опору и в окне **Свойства** во вкладке **Генерация** измените координаты начала шаблона и размеры ячейки

таким образом, чтобы при генерации получилась согласованная FE-сетка.

Поверхн.Опора		Опорн.Плоск	
Генерация	Группы	Этаж	Геометрия
Начало шаблона			
r:	4.5	м	
s:	6.8	м	
t:	0	м	
Задать начало			
Ячейка			
dr:	0.45	м	
ds:	0.78	м	
Колич. делений			
Угол генерации			
Угол:	0	°	
Отклонение угла			
Оптимизировать угол			
<input checked="" type="radio"/> Вырезать область и повторить генерацию сетки <input type="radio"/> Делить имеющиеся элементы до тех пор, пока элементы не станут меньше			

8. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **Принять**.

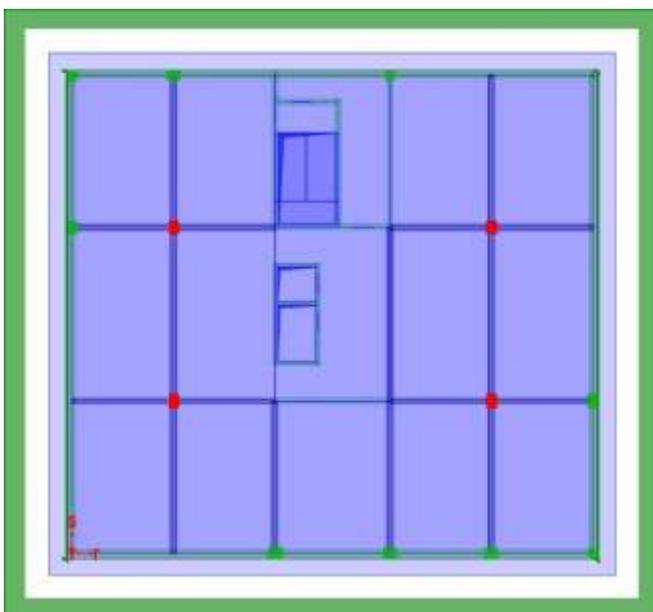
4.18 Ввод фиктивных свай

Фиктивные сваи здесь задаются для того, чтобы сгенерировать конечно-элементную сетку фундаментной плиты со сгущением в местах опирания на нее колонн каркаса. Это даст возможность определять значения усилий и площадей сечения арматуры в сечениях фундаментной плиты по грани колонн. Если определять армирование фундаментной плиты не требуется, то вводить фиктивные сваи нет необходимости.

Шаг за шагом

9. В левой панели инструментов щелкните мышью на иконку **Установить свайное основание**.

10. В окне **Шаблоны** во вкладке **Материал** укажите размеры сваи, равные размерам колонн. Установите свайные основания под средние колонны.



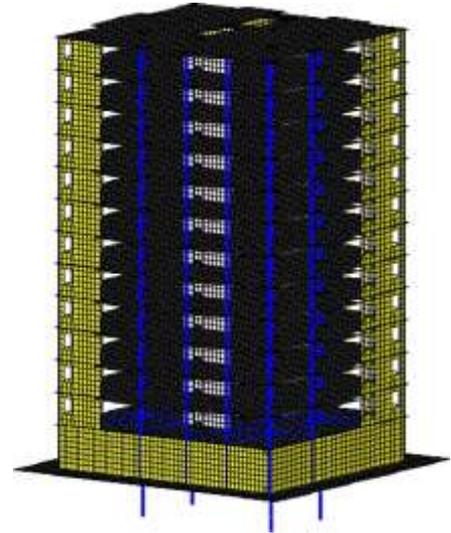
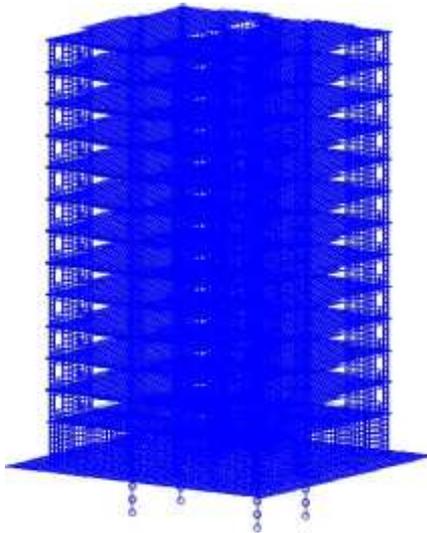
Генерация стержней			
Материал		Опирание	
<input checked="" type="radio"/> Прямоуг. <input type="radio"/> Круг			
Ширина:	0.4	м	Тол(s): 0.6 м
Высота:	5	м	α : 0 °
E-мод:	30000000	кН/м2	
G-мод:	12500000	кН/м2	
Генерация			
<input checked="" type="checkbox"/> Сгущение			

4.19 Предварительная генерации конечно-элементной сетки

Весь последующий расчет модели многоэтажного здания будет производиться в модуле Gen_3Dim. 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.

1. В верхней панели инструментов нажмите на иконку **Генерация**. Для каждой позиции будет сгенерирована сетка и проведено ее изменение в соответствии с точками связи с другими позициями.

Шаг за шагом



2. В нижней части экрана в окне **Состояние генерации** проверьте, произошли ли какие-либо ошибки в процессе генерации сетки.

В окне **Состояние генерации** отображается количество сгенерированных узлов и элементов. Просмотреть их номера можно кликнув по соответствующей надписи.

эжим отображения конечно-элементной сетки, кликнув по соответствующей

Состояние генерации

Сгенерировано 35051 узлов и 37159 элементов.

Произошли ошибки генерации.

Узлы и элементы показать

FE-сетку показать

Скрытое изображение показать

системы координат элементов показать

Генерация провести повторно

3. При наличии ошибок кликните по соответствующей надписи. Вы перейдете во вкладку с ошибками генерации. Просмотрите ошибки и при необходимости устраните их.

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

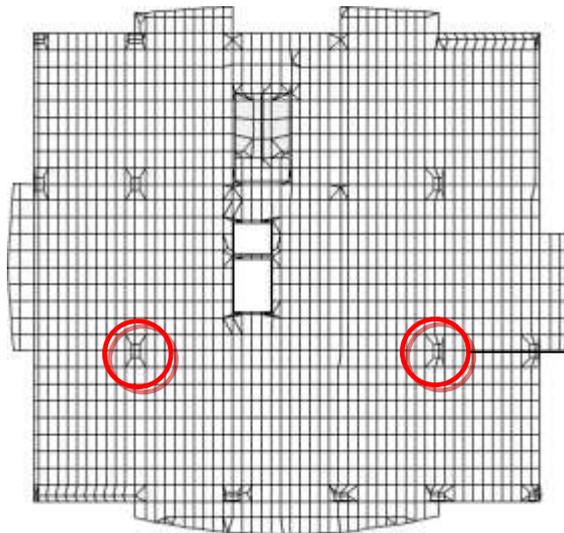
№	Примечание	Комментарий
1	Линейная нагрузка ПЭВП-1' [План_12-го_этажа] сгенерирована в 97.93 %.	PosНагр = -214.000 kN, FE-нагрузка = -209.562 kN. Возможные причины:
2	Линейная нагрузка ПЭВНС-43' [План_11-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
3	Линейная нагрузка ПЭВНС-38' [План_10-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
4	Линейная нагрузка ПЭВНС-35' [План_9-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
5	Линейная нагрузка ПЭВНС-30' [План_8-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
6	Линейная нагрузка ПЭВНС-27' [План_7-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
7	Линейная нагрузка ПЭВНС-22' [План_6-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
8	Линейная нагрузка ПЭВНС-19' [План_5-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:
9	Линейная нагрузка ПЭВНС-14' [План_4-го_этажа] сгенерирована в 96.96 %.	PosНагр = -175.200 kN, FE-нагрузка = -169.874 kN. Возможные причины:

- В нашем примере никаких серьезных ошибок при генерации конечно-элементной сетки не произошло. Указанные ошибки произошли в ре-

Советы & рекомендации

зультате 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 Gen_3Dim.

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 З 4, было целое число конечных элементов.

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



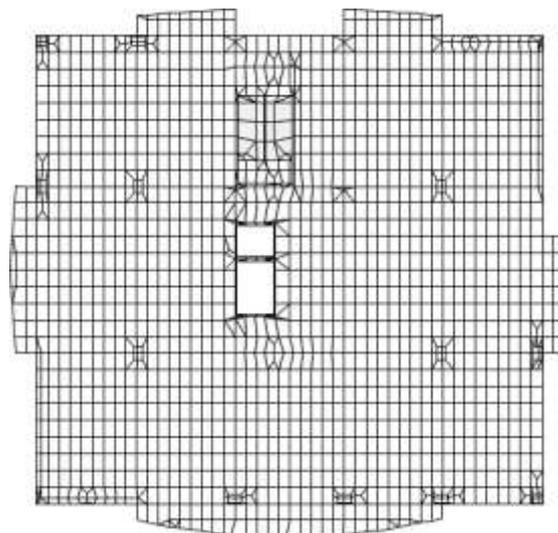
5. Перейдите в режим ввода и редактирования позиций, кликнув по соответствующей иконке в верхней панели инструментов.
6. В окне шаблонов выберите все плиты во вкладке **Генерация** и установите новые значения координат для начала шаблона и новые значения размеров ячеек.
7. Аналогичным образом измените 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 шаблона

г	<input type="text" value="9"/>	м
с	<input type="text" value="6.8"/>	м
т	<input type="text" value="0"/>	м

Ячейка

dr	<input type="text" value="0.51"/>	м
ds	<input type="text" value="0.78"/>	м



5 Работа с конечноэлементной моделью и расчеты в модуле GEN_3DIM

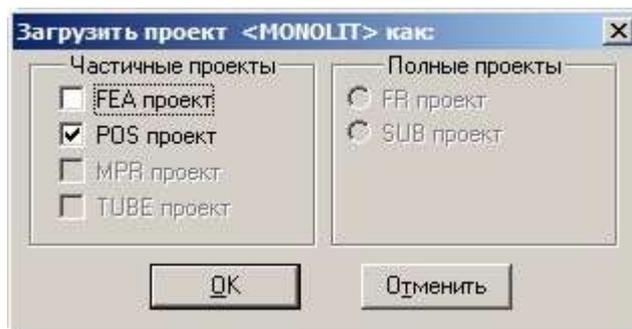
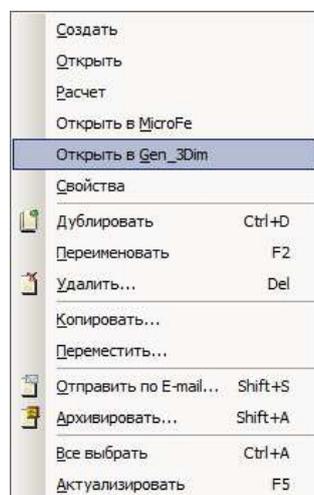
5.1 Загрузка FEA и POS проекта

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. Кликните правой клавишей мыши на модели Monolit в окне ProjektManager и выберите **Открыть в Gen_3Dim**.

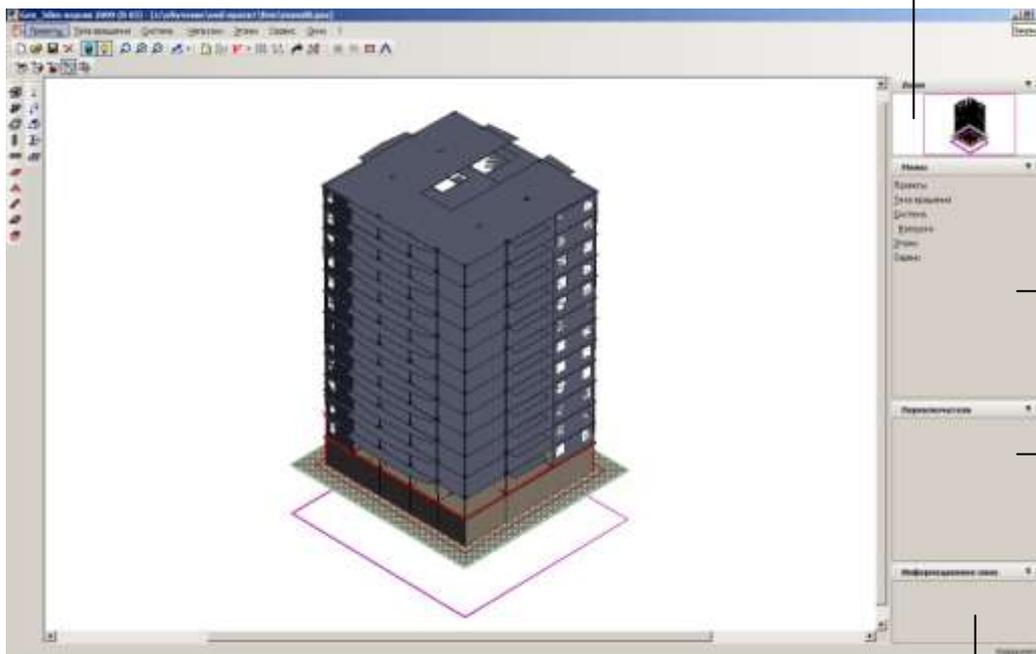
Шаг за шагом

2. Далее укажите необходимый проект (**FEM** или **POS**), который должен быть открыт в приложении.
3. Нажмите **ОК**.

5.2 Рабочая область

Рабочая область Gen_3Dim состоит из нескольких фрагментов, в которых содержатся известные Вам элементы Windows. Благодаря этому Вы сможете работать с программой интуитивно.

Окно **ZOOM** предназначено для графического отображения актуального проекта. Актуальный проект изображается в окне просмотра в последнем рассчитанном общем размере, а актуальный Zoom-фрагмент помечается боксом.



Наряду с главным меню программы, текущее активное подменю дублируется в области окна так называемого плавающего **Меню**. Наличие такого меню значительно упрощает работу с главным иерархическим меню программы, так как позволяет перейти вверх или вниз на один уровень иерархии, а также перемещаться в пределах пунктов активного подменю.

Управление работой программы во многих случаях осуществляется с помощью окна **Переключатели**. Это окно появляется автоматически при выборе пунктов меню.

Информационное окно предназначено для отображения текущей информации. Это могут быть:

- текущие значения данных, заданных пользователем в процессе редактирования проекта (например, значения жесткостей граничных условий, величины нагрузок и т.д.);
- характеристики некоторых величин при их просмотре (например, характеристики материалов, локальных систем координат, собственных форм колебаний и т.д.).

5.3 Создание полного проекта

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.

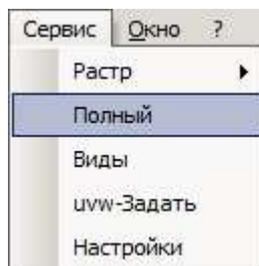
Перед генерацией для каждой вставленной позиции задается прямоугольный шаблон сетки. Задается шаг сетки по каждому направлению и угол поворота шаблона. Затем сетка автоматически генерируется с учетом заданного шаблона. Генератор сеток позволяет создавать сгущение сетки для плит в месте примыкания колонн, учитывать физические размеры колонн, а также автоматически создавать группы узлов для учета совместной работы колонны и плиты.

Шаблон сетки может быть задан и в модуле ввода общих конструкций. В этом случае перезадавать параметры шаблона не нужно.

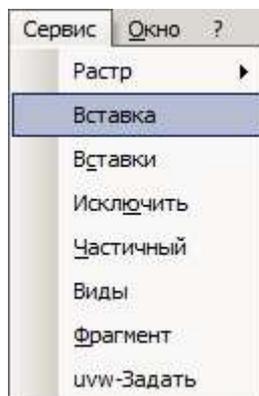
Существует единственное ограничение на работу с полным проектом - вставляемые частичные проекты должны быть одного типа: или только конечно-элементные проекты, или только POS-проекты.

1. Вызовите команду меню **Сервис > Полный** или кликните на соответствующую иконку в верхней панели инструментов. Вы перейдете в окно редактирования полного проекта.

Шаг за шагом



2. Чтобы добавить в полный проект имеющийся POS-проект вызовите команду меню **Сервис > Вставка** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов. В рабочем окне появится модель многоэтажного здания.



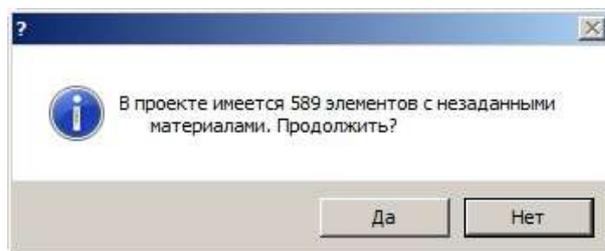
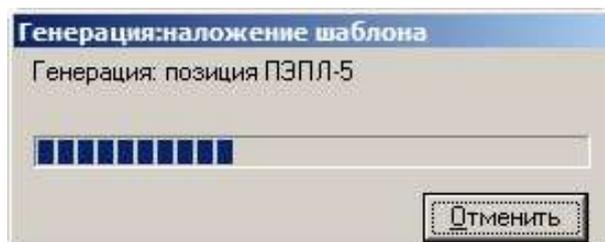
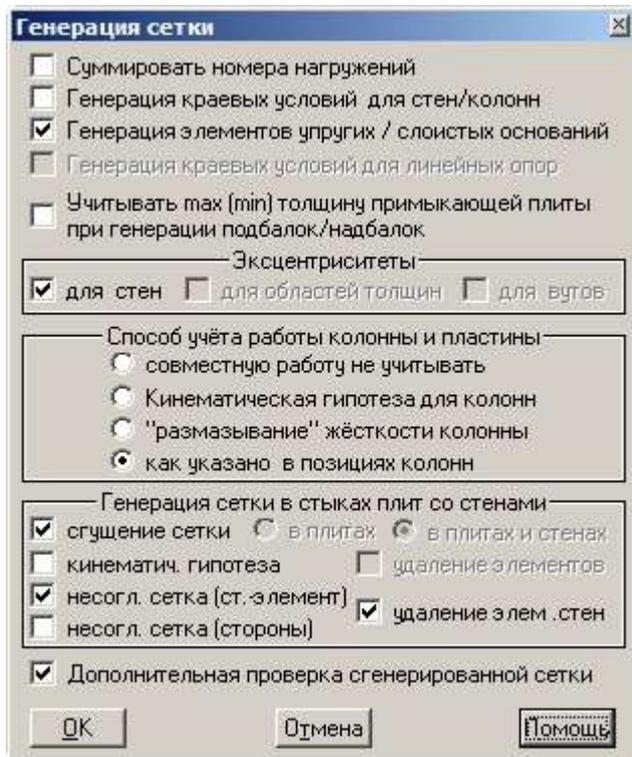
5.4 Генерация конечно-элементной сетки

3. Для генерации конечно-элементной сетки вызовите команду **Генерация сетки**, вызвав команду меню Слияние – по шаблону – Генерация сетки или нажав на соответствующую иконку на панели инструментов.

Шаг за шагом



4. 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.
5. Подтвердите установки нажатием клавиши **ОК**.
6. При генерации сетки Viewer оформит отчет об ошибках и неточностях генерации сетки.



7. В проекте имеются законтурные элементы, для которых не требуется назначение материала. Программа выдаст сообщение с количеством таких элементов. Нажмите **Да**.
8. Далее сохраните проект с заменой. Проект имеет расширение *.fea. Нажмите **Сохранить**.

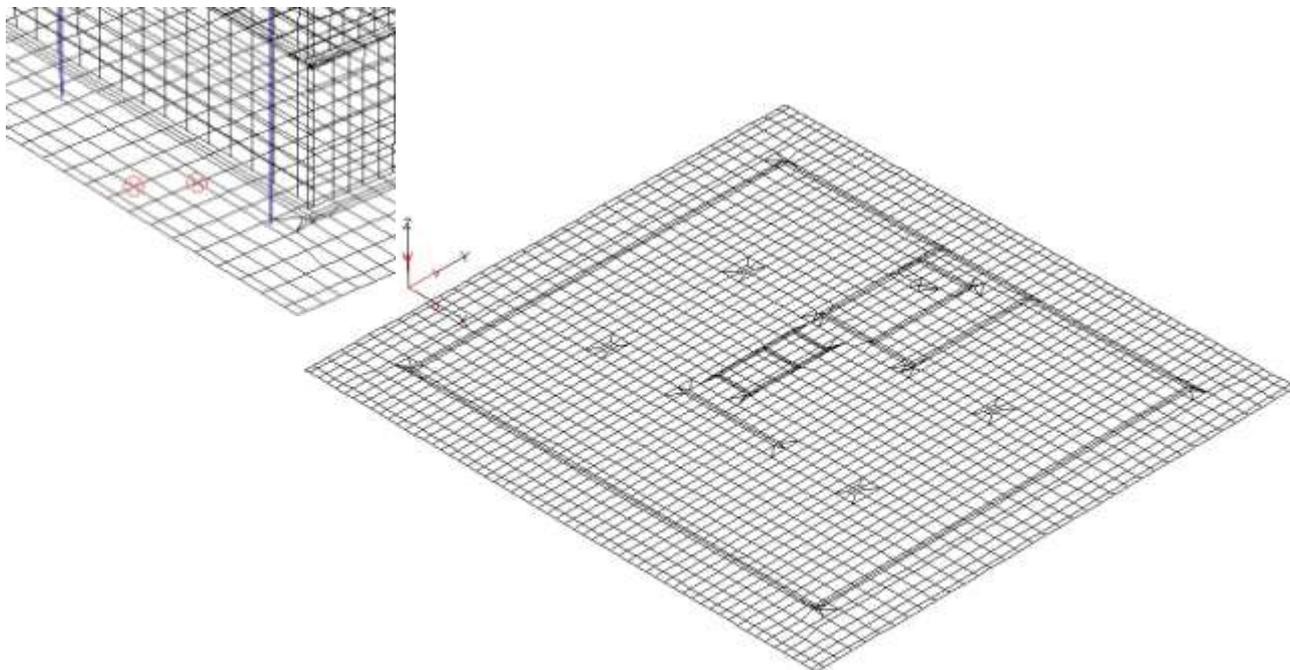
5.5 Правка конечно-элементной сетки

5.5.1 Визуальный контроль результатов генерации сетки

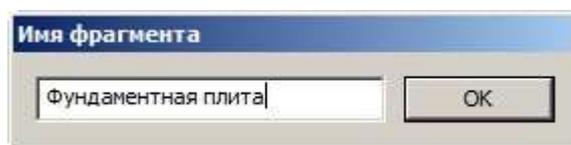
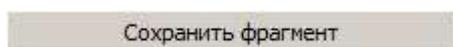
Визуальный контроль результатов генерации конечно-элементной сетки осуществляется при активной команде **Сетка/Контур**. Данная команда отключит (или включит снова) изображение конечно-элементной сетки, оставив только контуры конструкции.

Наличие дополнительных линий на «проволочной» модели здания показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке (например, отсутствие связи между элементами, наложение элементов друг на друга, неплатные 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.

1. Проверьте правильность генерации на фундаментной плите. Для того чтобы скрыть остальные элементы здания необходимо выбрать для отображения на экране фрагмент модели - фундаментную плиту. Вызовите команду **Фрагмент > Плоскость: > Установка**.
2. Далее последовательно укажите три точки в плоскости фундаментной плиты, не лежащие на одной прямой для того, чтобы программа выбрала необходимую плоскость для отображения.



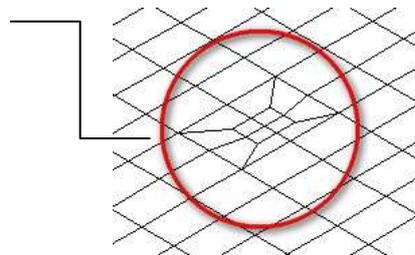
3. Для более быстрого последующего отображения данного фрагмента сохраните его в **Список доступных фрагментов**, щелкнув по кнопке **Сохранить фрагмент** в появившемся диалоге **Список доступных фрагментов**.
4. Введите имя фрагмента Фундаментная плита. Нажмите **ОК**.



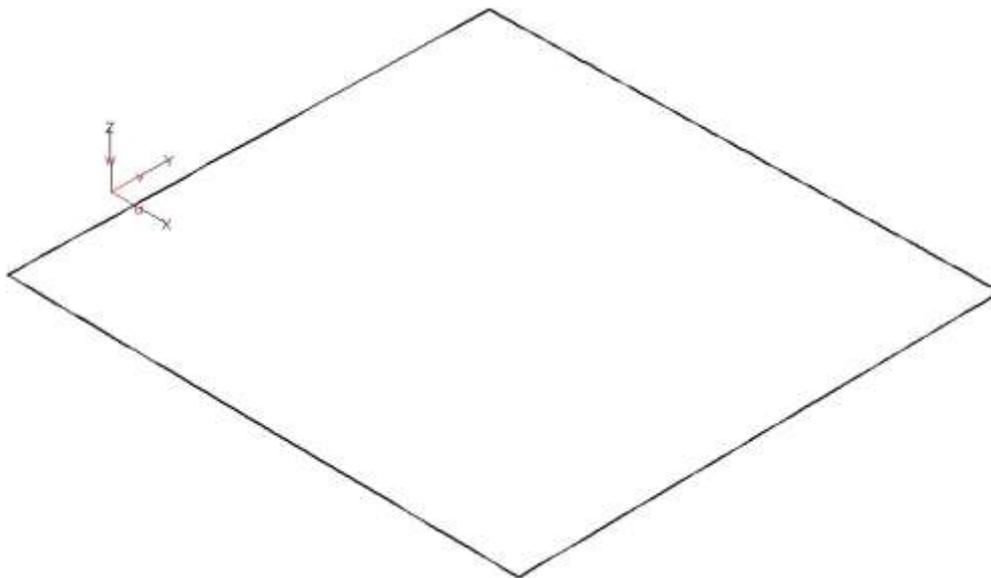
5. Для активации сохраненного фрагмента кликните в диалоге **Список доступных фрагментов** на имя необходимого фрагмента.
6. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на кнопку **Назад**.
7. При установке колон и фиктивных свай, Вы устанавливали параметр **Сгущение сетки**. В параметрах генерации сетки **Способ учета работы колонны и пластины** был установлен параметр **«как указано в позициях колон»** п.5.4. Проверьте, имеются ли сгущения сетки на фундаментной плите в местах установки фиктивных свай.



На изображении видно, что в области фиктивной сваи имеется сгущение конечно-элементной сетки.



8. Вызовите команду **Сетка/Контур**, кликнув на соответствующую кнопку на панели команд.



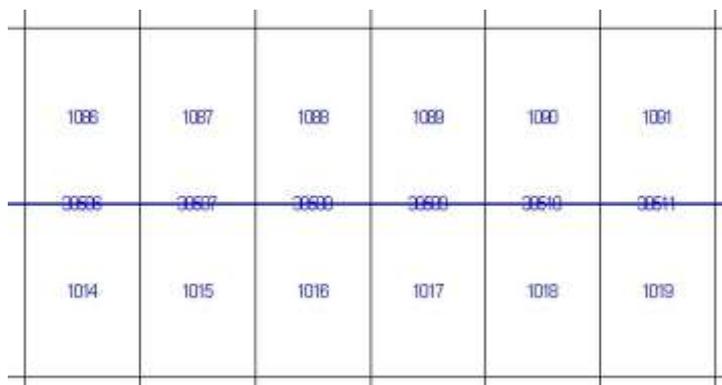
9. Наличие дополнительных линий на «проволочной» модели плиты показывает на присутствие дефектов в конечно-элементной сетке. В данном случае «проволочная» модель плиты имеет корректный вид.
10. **Фрагмент > Плоскость: > Установить**. Кликните по переключателю **Все** для отображения всей модели здания. Установите как фрагмент перекрытие подвального этажа.
11. Установите плоскость, задав три точки принадлежащие перекрытию, и сохраните фрагмент под именем **Перекрытие подвала**.
12. На перекрытии нет сгущения конечно-элементной сетки, так как в параметрах колон данного этажа Вы сняли флажок с данной опции п.4.3.3.
13. Проверьте «проволочную» модель на наличие дефектов.



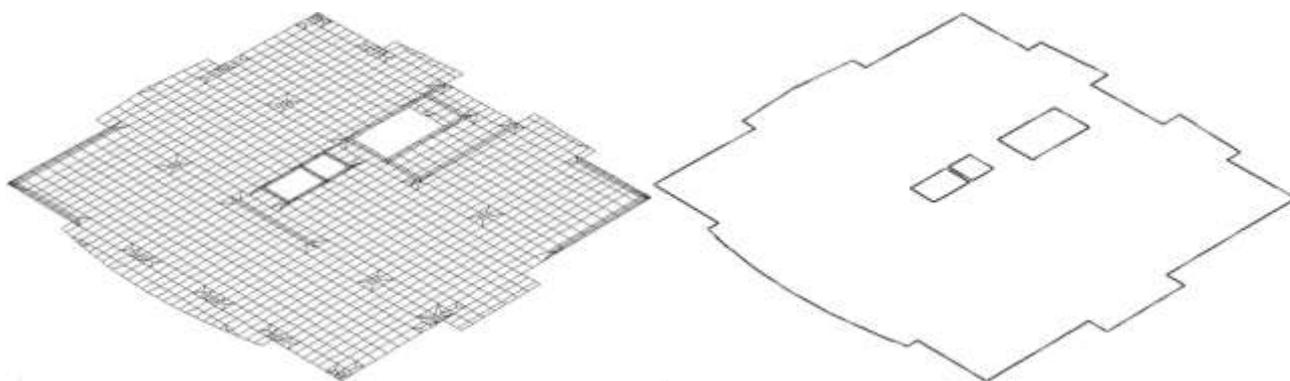
14. Отобразите сетку, нажав на кнопку **Сетка/Контур**. Установите вид сверху, кликнув на кнопку **XY-проекция**.



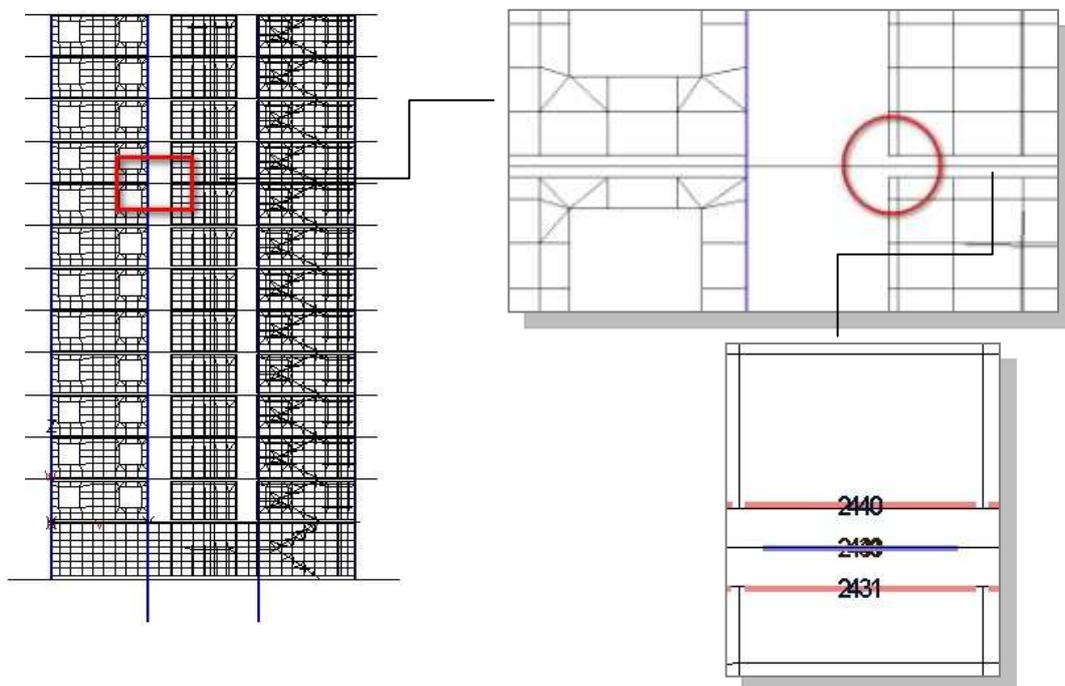
15. Необходимо проверить правильность генерации конечно-элементной сетки в местах опирания плиты перекрытия на подбалки. Убедиться в правильности генерации можно, отобразив номера элементов. Кликните на соответствующую кнопку на панели инструментов.



16. Если номера располагаются посередине элементов и размеры элементов подбалки равны размерам элементов перекрытия, то конечно-элементная сетка сгенерировалась корректно.
17. Проверьте наличие сгущение сетки в местах установки колонн, отсутствие дефектов генерации сетки на любом этаже и кровле здания.



18. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.



19. 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 (строительный элемент) > Удаление элементов стен. п.5.4.



20. Вызовите команду **Несогласованные сетки**, кликнув на соответствующую кнопку на панели инструментов. Появившиеся номера – это порядковые номера групп элементов, в которых есть связь.

21. Проверьте корректность генерации несогласованных сеток по всему зданию.



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

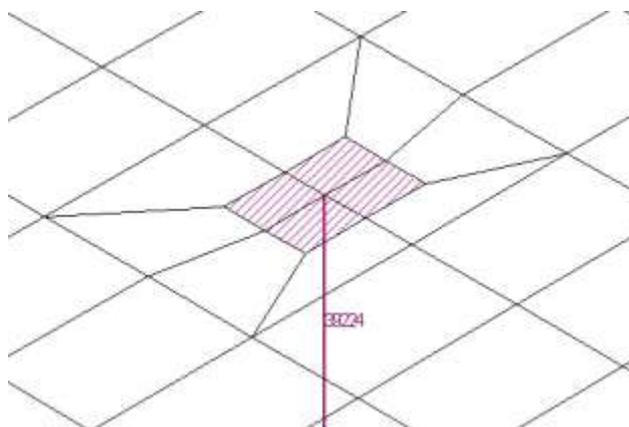
23. **Фрагмент > Сечение: > Установка.** Автоматически активировалась опция выделения **Вох**. Выделите только последний этаж здания.

24. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на кнопку **Назад**.

25. Установите вид 3D.



26. Вызовите команду **CLPL (совместная работа плиты и колонны)**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.



27. Заштрихованная область и номер связи на колоннах говорит о наличии связи **CLPL**.

28. В местах сопряжения колонн и перекрытия подвального этажа связи **CLPL** отсутствуют, так как в свойствах колон не стоит параметр **Сгущение сетки**.

29. Проверьте правильность сгенерированных связей **CLPL**.

5.5.2 Проверка правильности расстановки эксцентриситетов

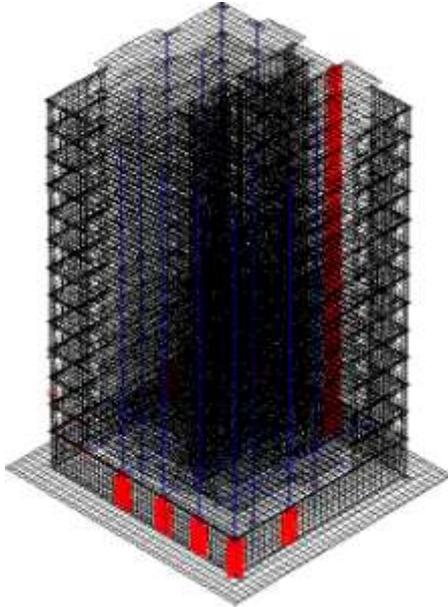
Несмотря на то, что при генерации конечно-элементной сетки мы включили в параметрах генерации опцию автоматической расстановки эксцентриситетов для стен, в результате генерации необходимо проверить правильность их расстановки.

Шаг за шагом

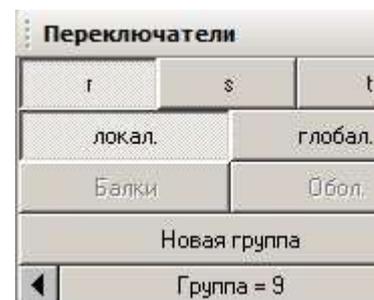
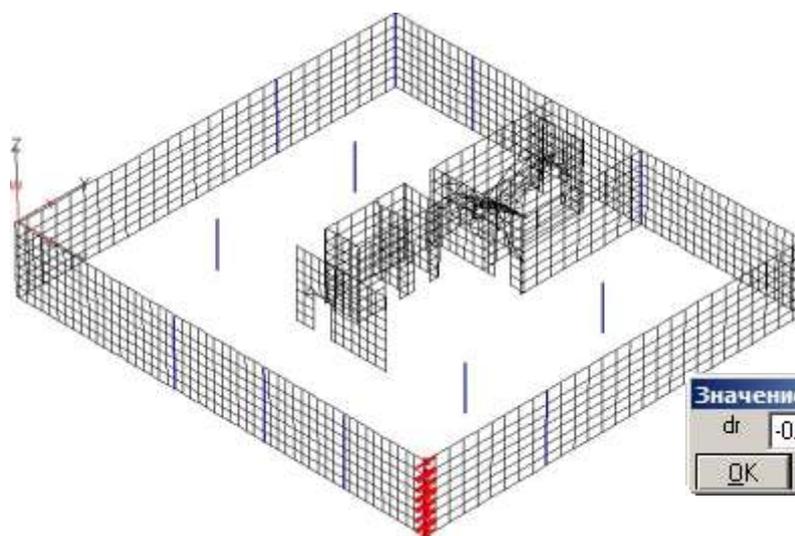


1. В правой панели инструментов в плавающем меню вызовите команду **Правка > Эксцентриситеты** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов и в появившемся меню кликните по надписи **Эксцентриситеты**.

2. В окне **Переключатели** проследите, чтобы все переключатели были «включены».
3. Номер группы укажите равным 0, что соответствует выбору всех имеющихся в проекте групп эксцентриситетов. Для этого нажмите на кнопку **Группа** и в появившемся окне задайте значение 0. В рабочем окне включится отображение всех введенных эксцентриситетов.



4. Проверьте правильность расстановки эксцентриситетов, последовательно переключая группы нажатием на кнопки, расположенные справа и слева от переключателя **Группа**. Значения эксцентриситетов при этом будут отображаться в **Информационном окне**, а соответствующая группа выделяться в рабочем окне.
5. При наличии ошибок выйдите в режим редактирования эксцентриситетов, кликнув по соответствующей надписи в плавающем меню.
6. В окне **Переключатели** 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 **Информационном окне** и в появившемся диалоговом окне измените значение эксцентриситета.



9. Выйдите из режима редактирования эксцентриситетов дважды кликнув по надписи **Назад** в плавающем меню или по иконке **Выход на верхний уровень меню** в верхней панели инструментов.

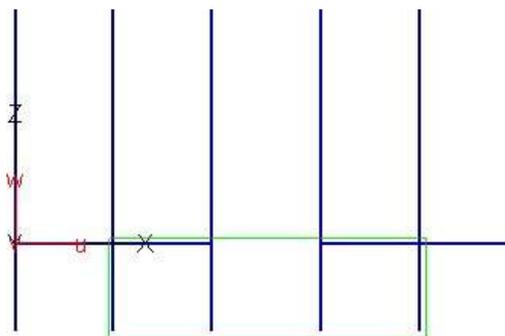
5.5.3 Изменение свойств колонн

В результате генерации конечно-элементной сетки элементы колонн (в отличие от элементов стен) были доведены до элементов плит. Это производится потому, что колонны являются более ответственными элементами каркаса здания, а максимальные изгибающие моменты в них, при отсутствии распределенной поперечной нагрузки, распределяются по линейному закону и достигают максимальных значений в крайних сечениях. Таким образом при определении максимальных усилий в сечениях колонн будут браться значения несколько «в запас».

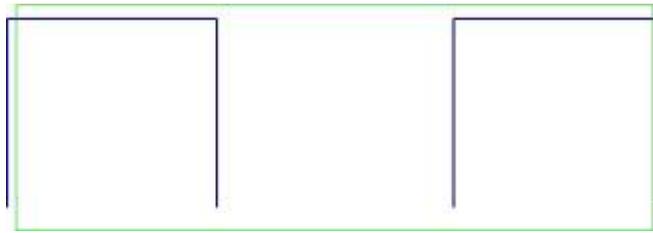
Но так как фундаментная плита имеет большую толщину, то данная расчетная схема может привести к значительному перерасходу при расчете средних колонн (для колонн, находящихся в теле стены это не актуально).

Шаг за шагом

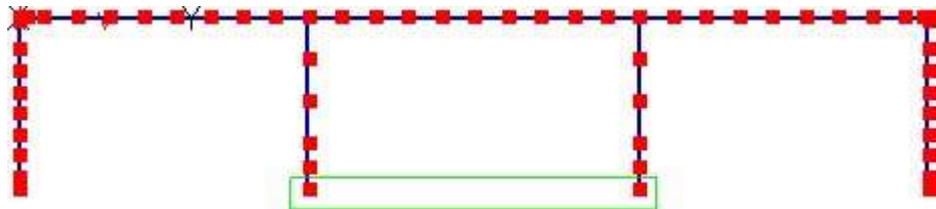
1. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > установить балки**. В рабочем окне отобразятся только стержневые элементы.
2. Установите для модели вид спереди, кликнув по иконке **XZ-проекция**.
3. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > установка** и при активной опции ввода **Box** выделите рамкой средние колонны подвального этажа.



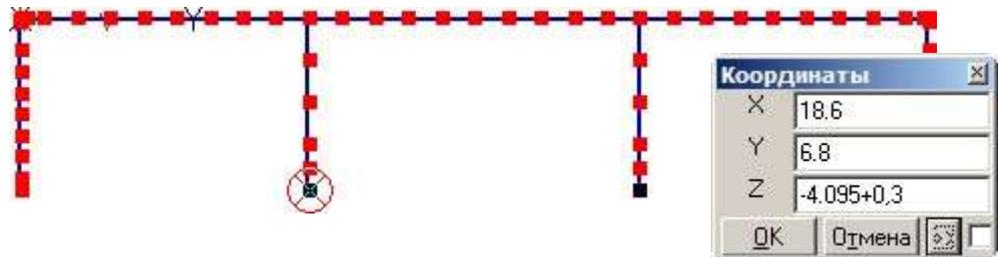
4. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > удаление** и при активных опциях ввода **Box** и **Krz** выделите рамкой элементы между средними колоннами подвального этажа.



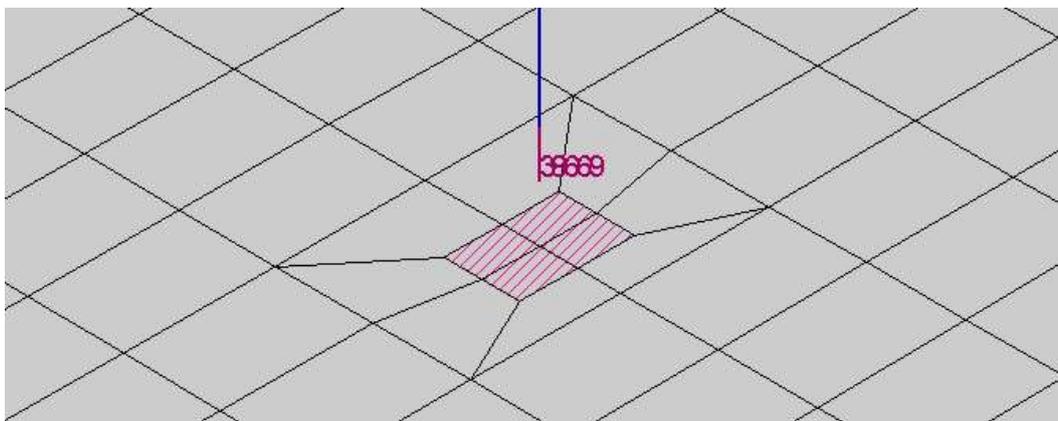
5. Установите для модели вид сбоку, кликнув по иконке **YZ-проекция**.
6. Кликните по иконке **Узлы** в верхней панели инструментов. В рабочем окне включится отображение узлов. 
7. В окне **Меню** вызовите команду **Правка > Геометрия > Элементы > перенос узла**.
8. В верхней панели инструментов включите опцию ввода **Box** и отключите **Krz**.
9. Выделите рамкой нижние узлы, принадлежащие средним колоннам, и для завершения процесса выделения кликните правой клавишей мыши в рабочем окне.



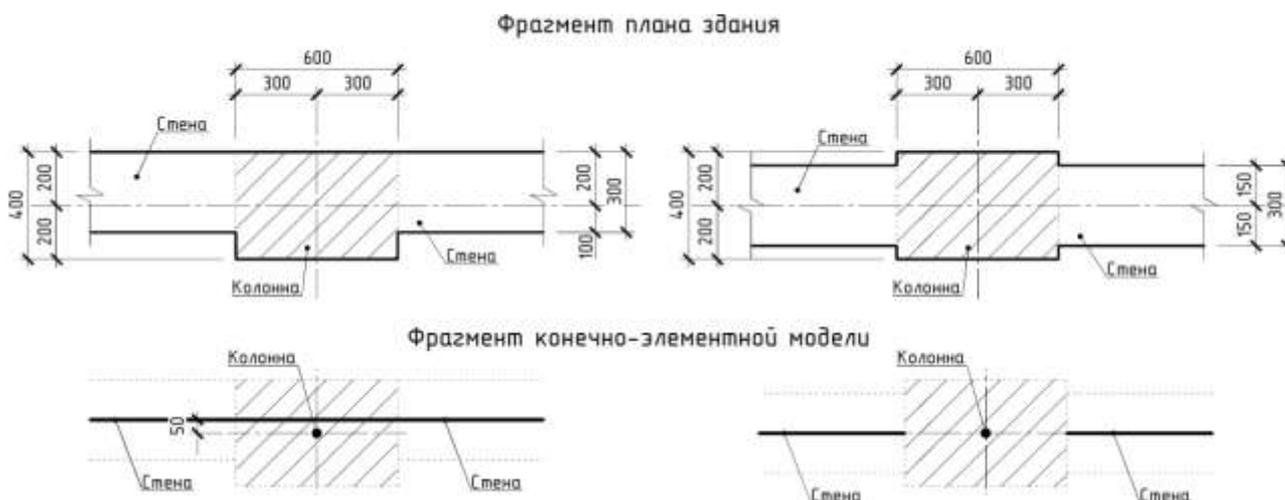
10. Укажите первую точку, кликнув по одному из выделенных узлов.
11. Кликните по иконке **Окно редактирования** в верхней панели инструментов и в появившемся окне формулой укажите смещение по координате z, равное половине толщины фундаментной плиты. Ввод подтвердите нажатием на кнопку **ОК**. 



12. Завершите выполнение команды, дважды кликнув правой клавишей мыши в окне **Меню**.
13. Несмотря на то, что теперь элементы колонн не доходят до элементов фундаментной плиты, связь между ними сохранилась. В этом можно убедиться, вызвав команду **CLPL (совместная работа плиты и колонны)** (см. п.5.5.1).



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.



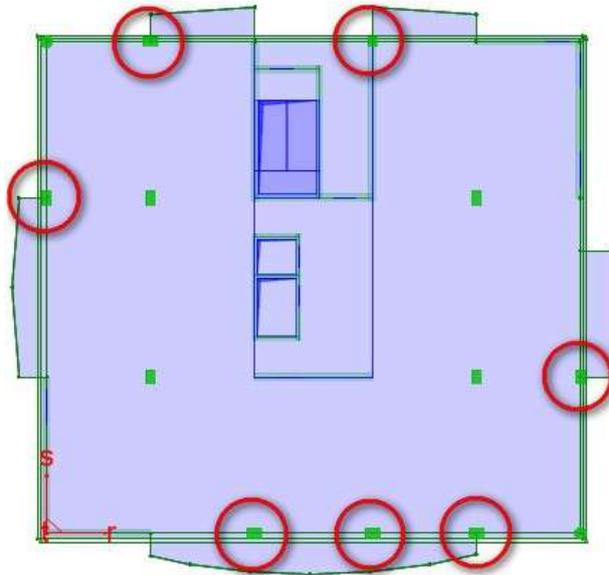
В первом случае при вводе позиций и дальнейшей генерации сетки взаимосвязь узлов колонны и стен отсутствует, так как нет общих узлов. Элементы стены генерируются по срединной плоскости стены, а элементы колонны генерируются по ее оси без взаимной связи.

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

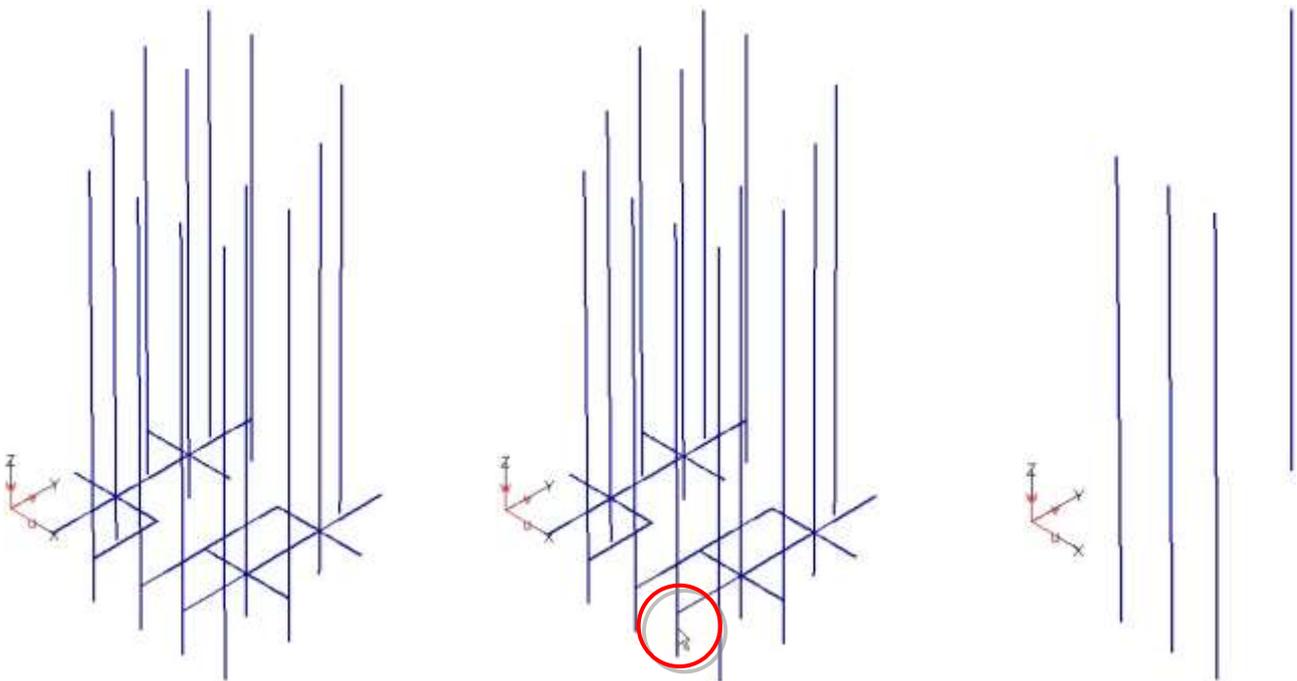
Во-первых, при вводе позиций колонны устанавливаются по оси стен. Далее задаются необходимые эксцентриситеты в свойствах специального типа материала - прямоугольный. Для других типов сечений можно использовать непосредственное задание эксцентриситета в модели.

Задайте эксцентриситеты для следующих колон.



14. Перейдите по меню **Фрагмент > Сечение:** > **Установить балки.**
15. Перейдите по меню **Фрагмент > Материал > Установка.**
16. Кликните по необходимой колонне для фильтрации их по материалу.

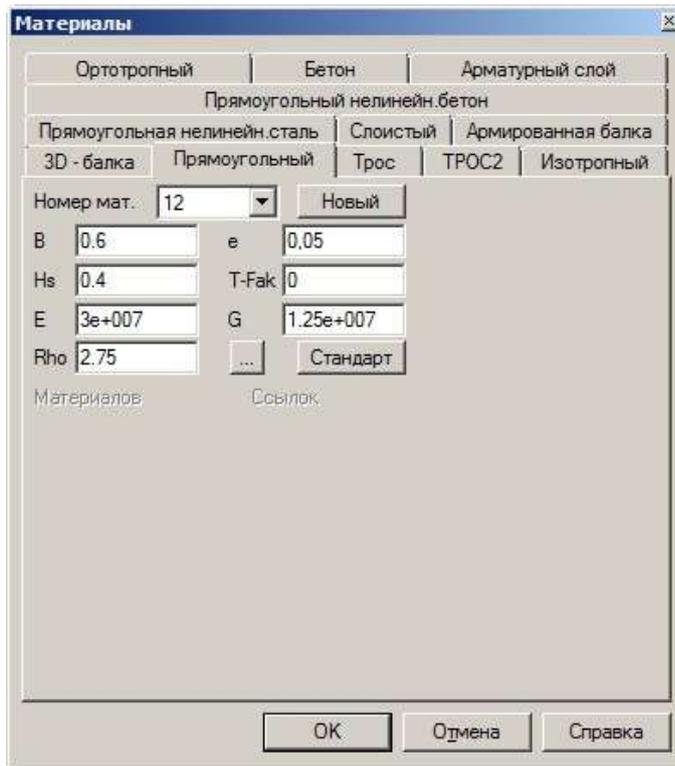
Шаг за шагом



17. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад.**
18. Отобразите локальные координаты элементов, нажав на соответствующую команду на панели команд.
19. Установите вид сверху, кликнув на кнопку **XY-проекция.**
20. Перейдите по вкладкам **Правка > Материал > Редактирование.**
21. В появившемся диалоге **Материалы** перейдите во вкладку **Прямоугольный.**



22. Кликните по кнопке **Новый**.
23. Установите необходимые значения в поля ввода. Значение эксцентриситета задается только вдоль оси **S**.

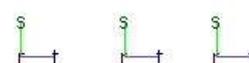
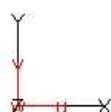
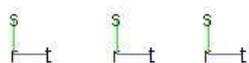
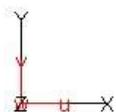
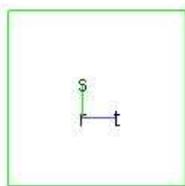


24. Подтвердите параметры, нажав **ОК**.
25. Перейдите по вкладкам **Правка > Материал > Установка**
26. В переключателях активируйте **Прямоугольный**.
27. Кликните по информационному окну и в появившемся диалоге введите номер ранее созданного материала.



28. Активируйте опцию ввода **Вох** и выделите элементы.
29. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.
30. Необходимо повернуть оси. Перейдите по вкладкам **Правка > Редактировать ЛСК стержни > r - поворот**.
31. В появившемся диалоге Значение задайте значения угла поворота, на который необходимо повернуть элемент. 180 градусов.

32. Выделите необходимые элементы.



33. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.

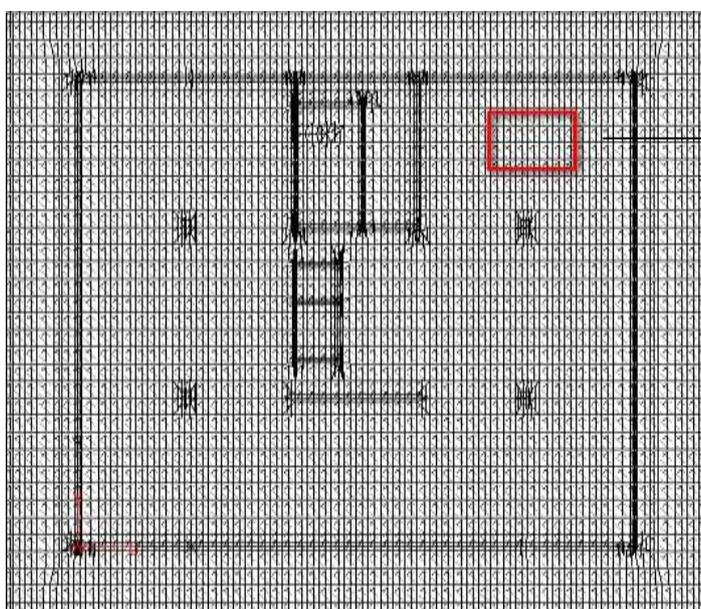
34. Аккуратно проделайте операции с остальными колоннами, в которых необходимо задать эксцентриситет.

5.5.4 Редактирование свойств основания за пределами фундаментной плиты

35. Сделайте видимым ранее созданный фрагмент Фундаментная плита (см. п.5.5.1).

Шаг за шагом

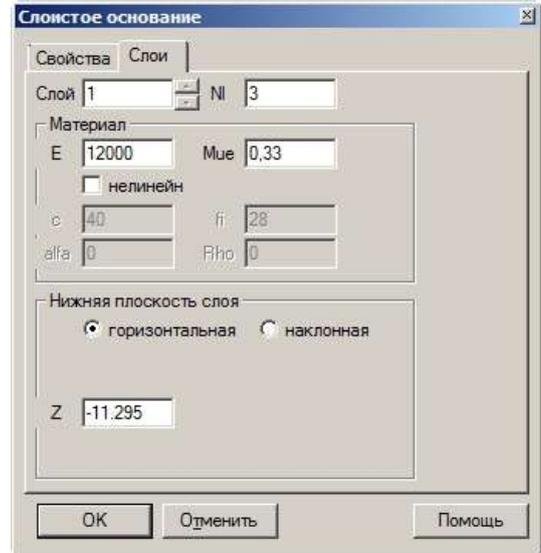
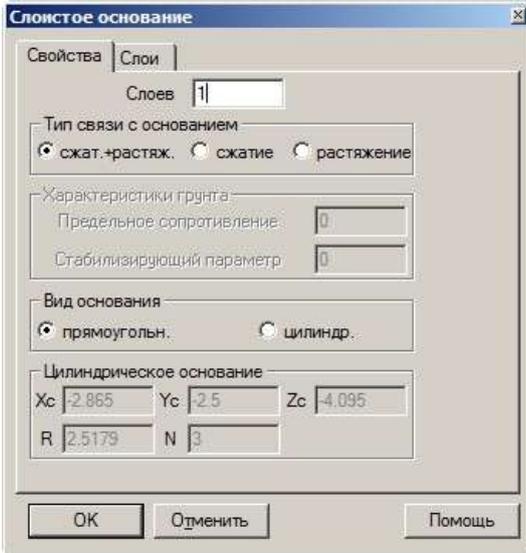
36. В плавающем меню вызовите команду **Правка > Слоистое основание** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов. В рабочем окне на элементах основания отобразится номер присвоенного слоистого основания.



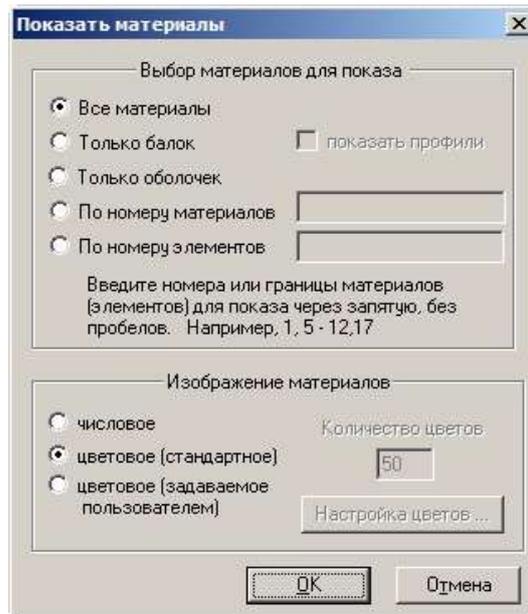
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1

37. Просмотреть свойства слоистого основания можно кликнув левой кнопкой мыши в Информационном окне.

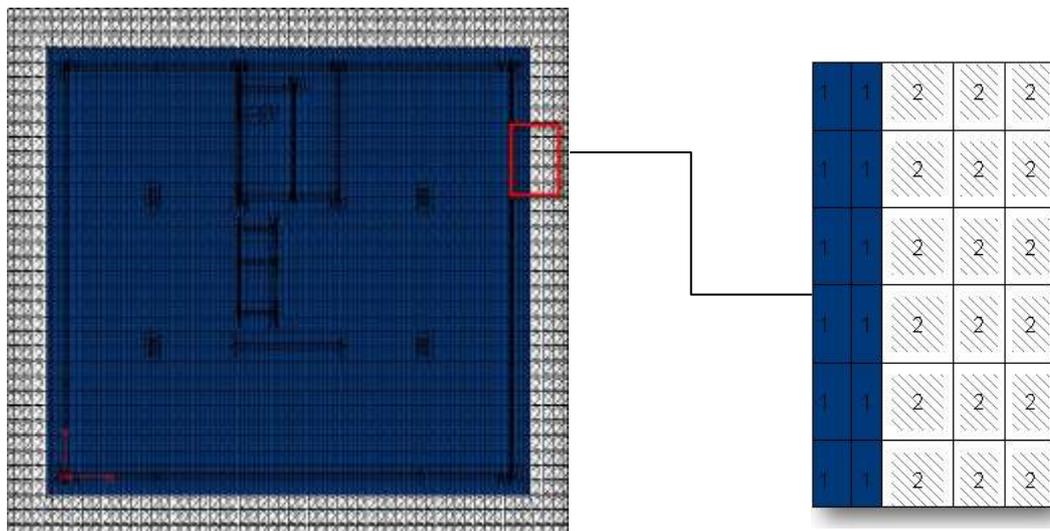
38. Поскольку по заданию под фундаментной плитой и за ее пределами основание имеет разные свойства, то необходимо создать новое основание с измененными характеристиками. Для этого в окне **Переключатели** нажмите на кнопку **Новое основание**.
39. В появившемся окне укажите свойства основания соответствующего той его части, которая находится за пределами фундаментной плиты.



40. Чтобы проще найти законтурные элементы основания включите цветное отображение материалов. Для этого в верхней панели инструментов кликните по иконке **Материалы** и в появившемся окне установите переключатели на все материалы и цветное отображение.



41. Последовательно выделите все элементы основания за контуром фундаментной плиты при активной функции **Box**.



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

Советы & рекомендации

5.5.5 Выполнение проверочного статического расчета

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

1. Нажмите на кнопку **Расчет** на панели команд для вызова диалога **Выбор типа расчета**.
2. Оставьте все параметры по умолчанию и нажмите **ОК**.
3. Начнется расчет. Параллельно во Viewer будет происходить формирование отчета, 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. В данном случае в модели присутствует элемент с нулевой площадью или длиной. Номер элемента 2825.

Шаг за шагом

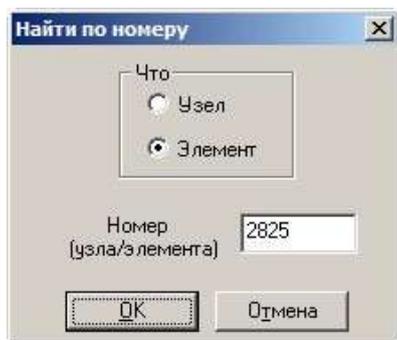


Данная ошибка появляется в связи с совпадением значения эксцентриситета (сопряжения колонны и стены) с размером конечного элемента. Для устранения ошибки нельзя изменять значение эксцентриситета, так как его изменение означает несоответствие расчетной схемы и проекта, что недопустимо при расчете зданий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

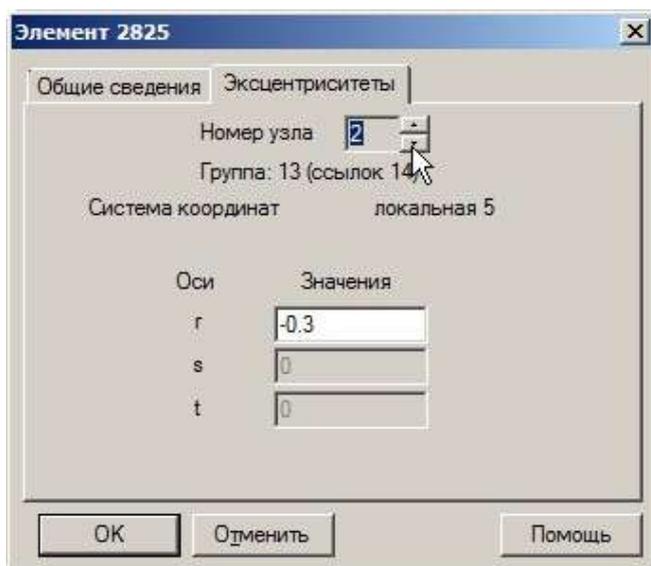
5.5.6 Редактирование конечно-элементной сетки

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.

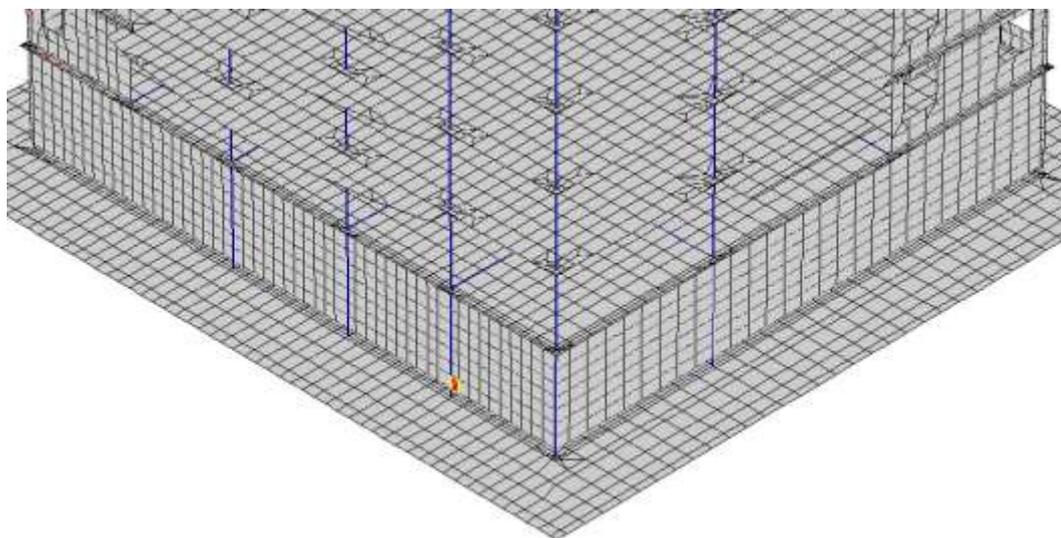
Шаг за шагом



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.

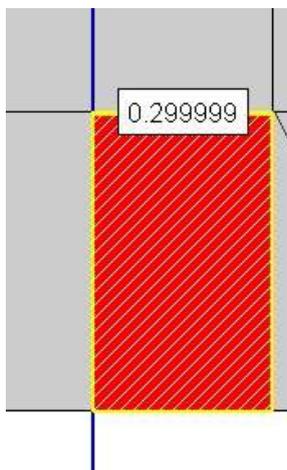


6. Нажмите на кнопку **OK**.
7. Посмотрите, где находится данный элемент в каркасе здания.

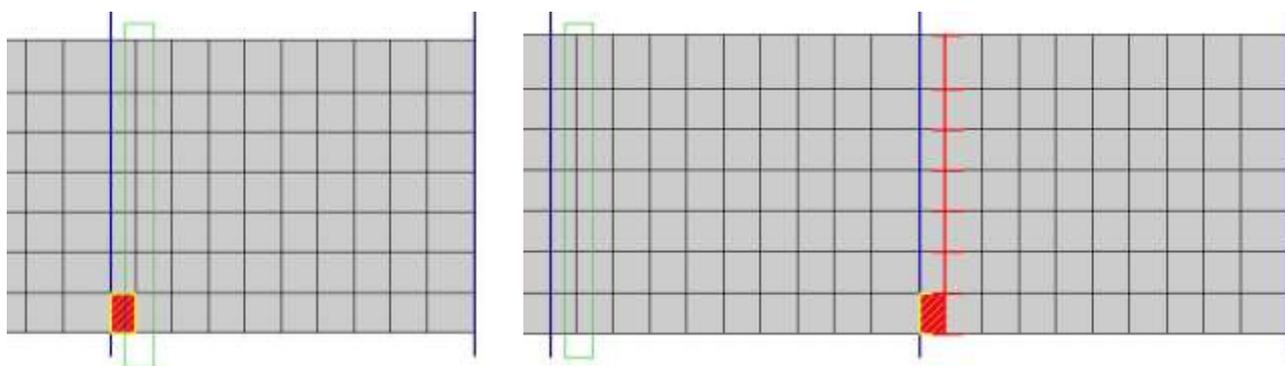


8. Сделайте видимой только плоскость стены, которой принадлежит данный элемент (см. п. 5.5.1).

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



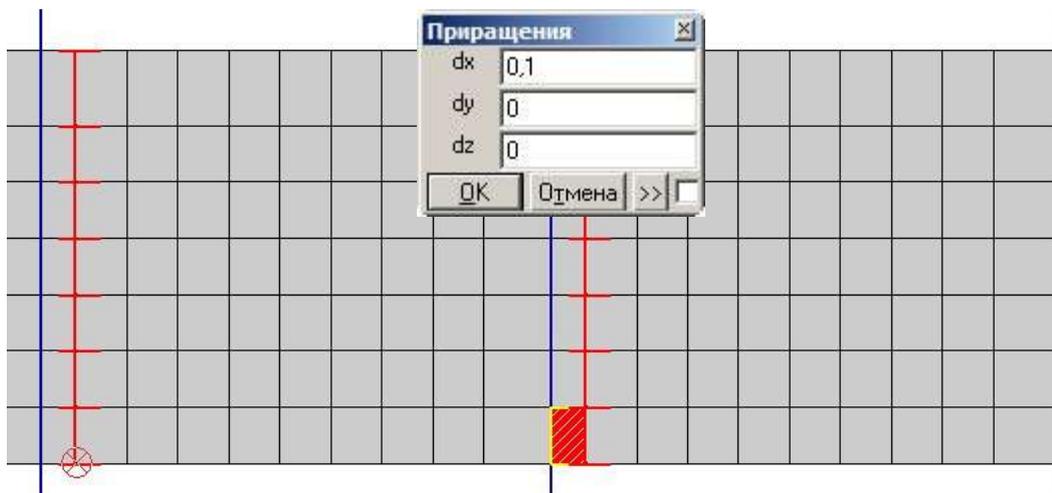
11. При измерении видно, что эксцентриситет полностью «съедает» элемент, в результате чего в процессе расчета появляется сообщение об ошибке.
12. Просмотрите нет ли еще элементов, примыкающих к колоннам, чьи размеры могут быть меньше эксцентриситетов. Измерьте эти элементы. Очевидно, что элементы, примыкающие к соседней колонне также могут оказаться с нулевой площадью, что подтверждается при измерении.
13. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню**.
14. В плавающем меню вызовите команду **Правка > Геометрия > Элементы > перенос узла**.
15. В верхней панели инструментов сделайте активной опцию ввода **Вох**.
16. Выделите рамкой узлы, которые необходимо переместить.



17. Для завершения выделения кликните правой клавишей мыши в рабочем окне.
18. Укажите начальную точку, кликнув по ней левой клавишей мыши.



19. В верхней панели инструментов кликните на иконке **Запрос смещения в декартовой системе координат**.
20. Кликните по начальной точке и в появившемся окне укажите значение смещения.



21. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.

5.5.7 Выполнение проверочного статического расчета

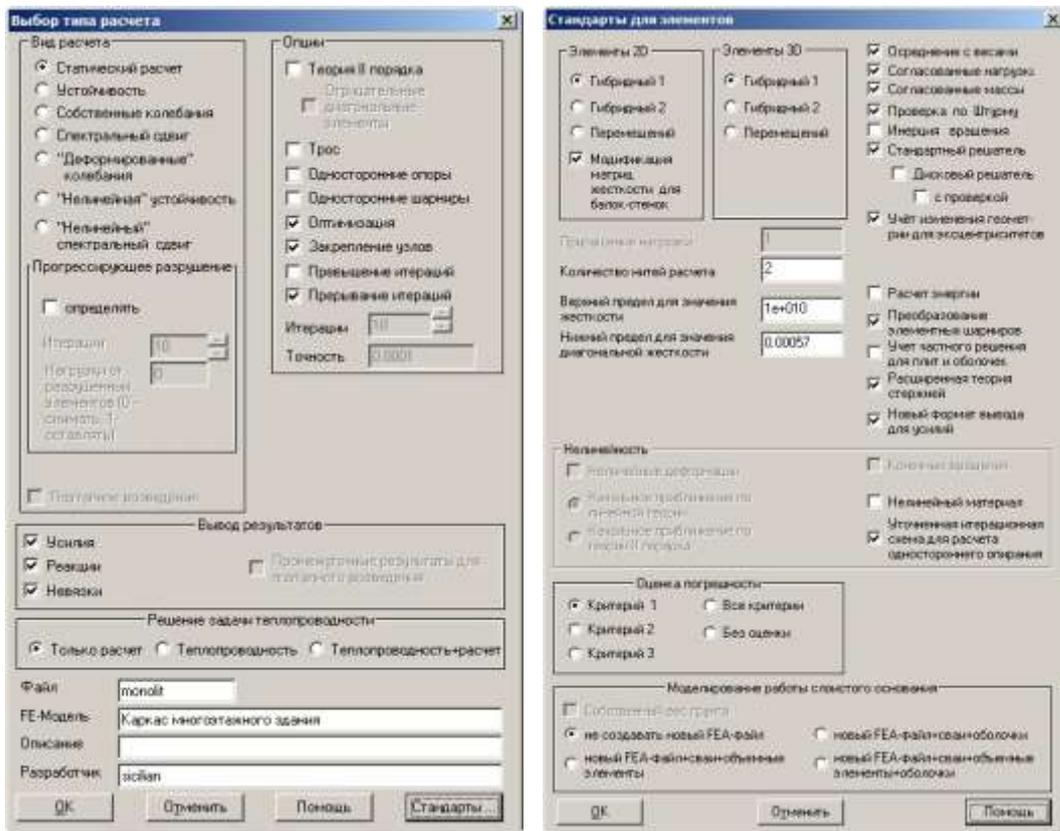
Для проверки корректности генерации конечно-элементной сетки вновь выполните проверочный статический расчет, следуя указаниям п.5.5.5.

5.6 Оценка погрешности

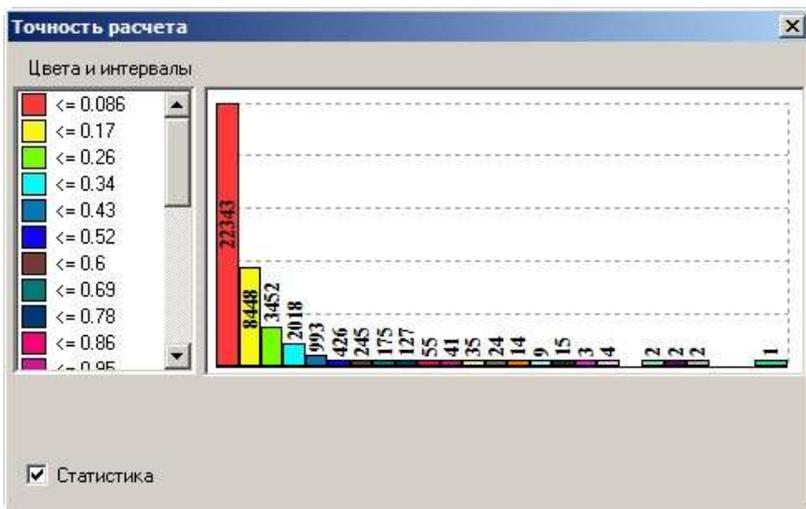
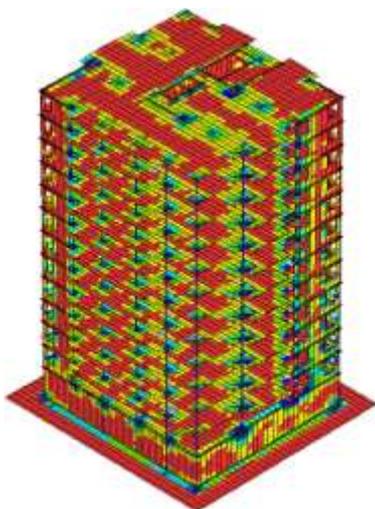
В ходе выполнения любого расчета по методу конечных элементов необходимо контролировать достаточно ли принятых размеров ячейки сетки и оценивать возникающие при расчете погрешности.

В Gen_3Dim оценку погрешностей можно выполнить в ходе статического расчета.

1. Вызовите команду меню **Расчет > Общий**.
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.

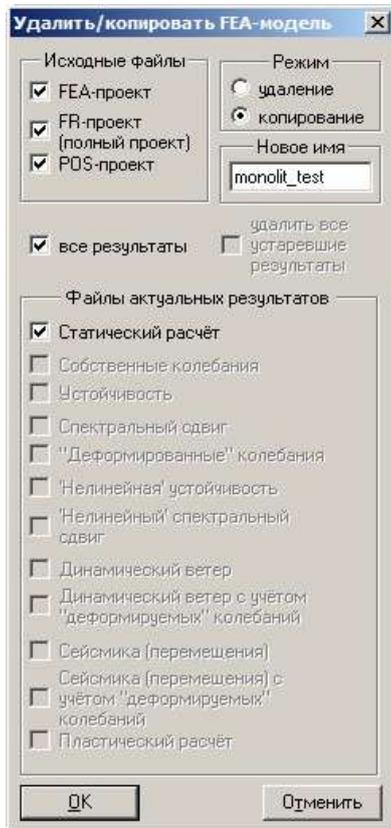


5. По окончании расчета откройте FEA-проект.
6. Вызовите команду **Результаты > Графика > Ошибки** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов. Err
7. В рабочем окне отобразится цветовая индикация погрешностей определенных по критерию 1. При этом элементы с наименьшей ошибкой будут 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**.

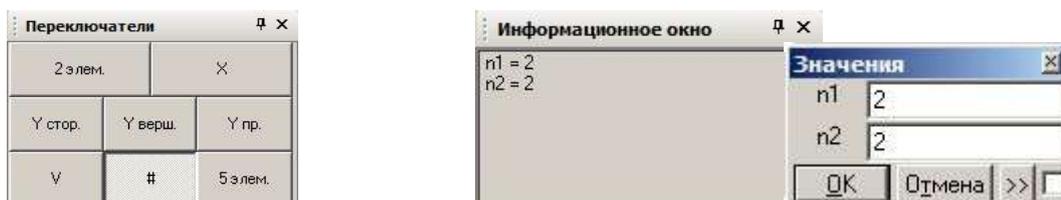


8. Обратите внимание, что в пролетах в элементах накапливается наименьшая ошибка, а над опорами наибольшая. В качестве примера попробуем сгустить сетку в плите в области примыкания колонны и сравнить полученные результаты.

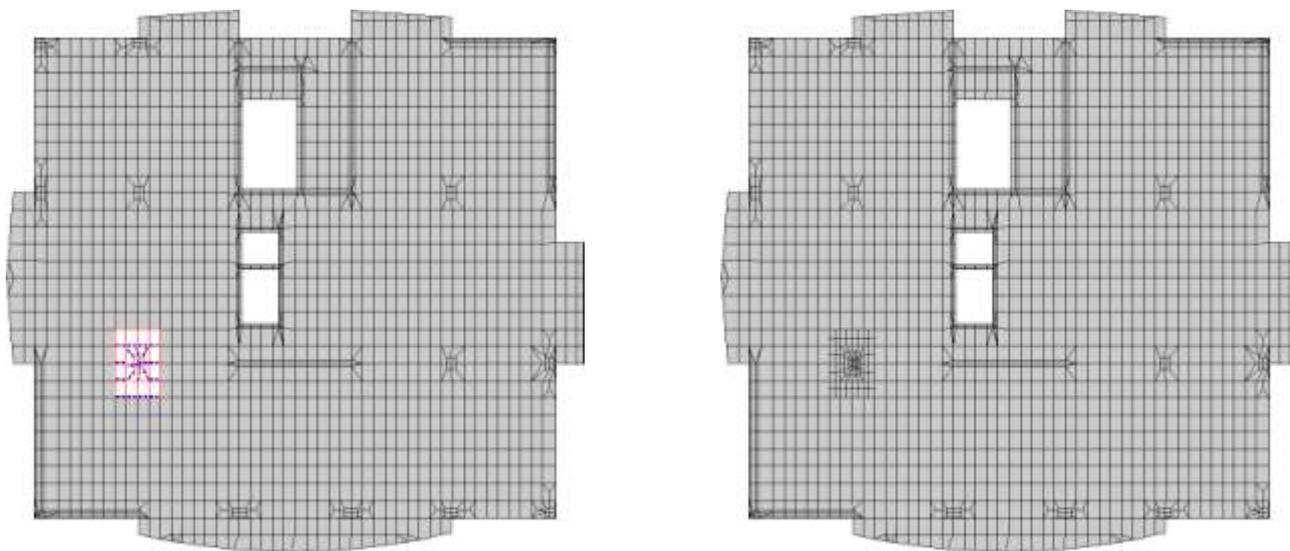
9. Поскольку в дальнейшем мы будем работать с созданным на данном этапе проектом, а не с отредактированным, то необходимо скопировать проект и сохранить его под другим именем. Для этого вызовите команду **Проекты > Удалить/копировать FEA-модель**.
10. В появившемся диалоговом окне задайте параметры копирования проекта. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.



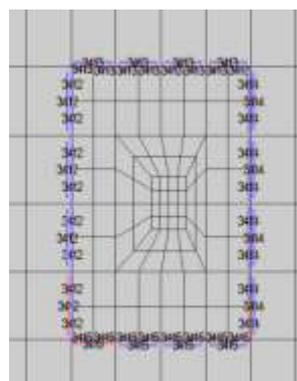
11. Перейдите в окно ProjektManager 2009 и загрузите скопированный проект monolit_test.fea.
12. Сделайте видимой только плоскость верхнего перекрытия (см. п.5.5.1).
13. Вызовите команду **Правка > Геометрия > Деление и объединение элементов > Деление 4-угольников > Произвольное**.
14. В окне **Переключатели** укажите тип деления #.
15. Кликните левой кнопкой мыши в области Информационного окна и в появившемся окне укажите, на какое число элементов по горизонтали и вертикали Вы хотите разбить элементы.



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 **Правка > Несогласованные сетки > Установка**.
18. В окне **Переключатели** установите тип ввода **Линия**.
19. В рабочем окне укажите положение начальной и конечной точки линии, по которой Вы хотите установить связь. Подтвердите выбор нажатием на кнопку **Задать** в окне **Переключатели**.



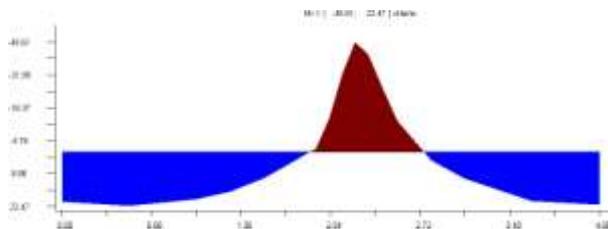
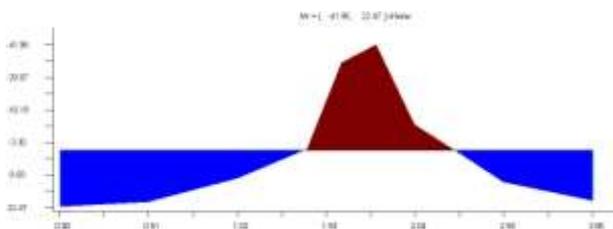
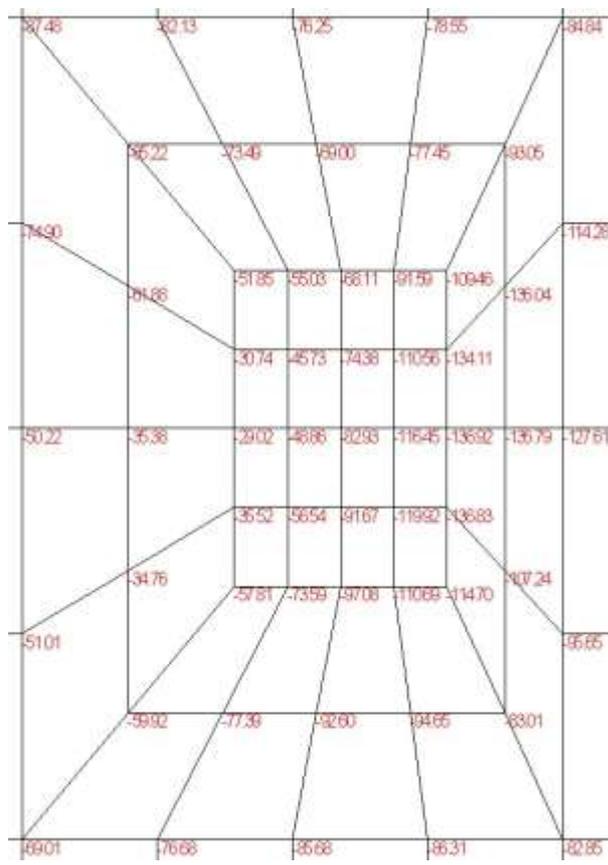
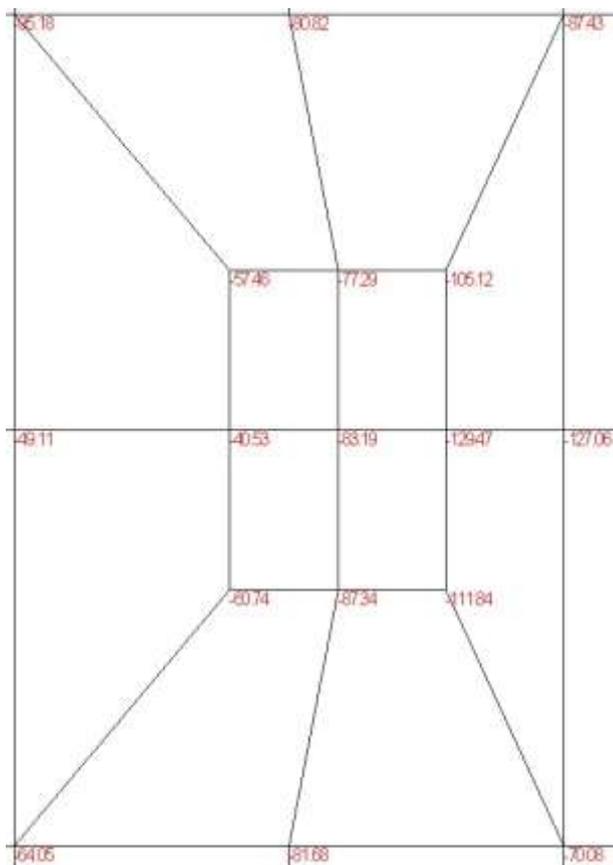
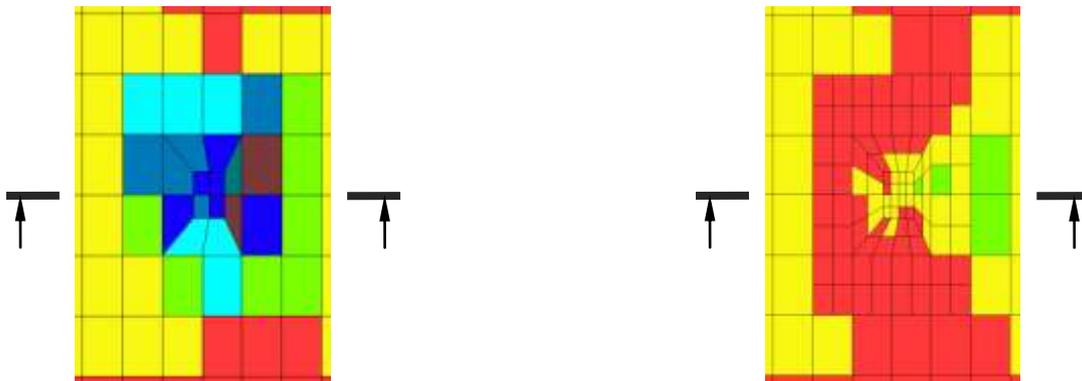
20. Завершите процесс задания связей двойным кликом правой клавишей мыши в области окна **Меню**.
21. Повторно запустите статический расчет с теми же параметрами, с которыми он выполнялся и до редактирования сетки.
22. По окончании расчета откройте FEA-проект.
23. Вызовите команду **Результаты > Графика > Ошибки** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
24. Сравните результаты расчета погрешностей по первому и второму варианту. Как видно при включении цветовой индикации точности расчета, погрешность при расчете данных элементов снизилась.





25. Включите отображение усилий в элементах. Для этого вызовите команду **Результаты > Графика > Усилия > Усилия в элементах** или кликните на соответствующую иконку в левой панели инструментов.

26. В окне **Переключатели** выберите отображаемые усилия **Sr**, тип отображения – числовой (**W**).



27. Для просмотра усилий в сечении в окне **Переключатели** включите тип отображения результатов **S**.

28. В верхней панели инструментов сделайте активной опцию **Сечение по линии**, кликнув по соответствующей иконке.
29. Нажмите клавишу Ctrl и кликните в рабочем окне правой клавишей мыши. В появившемся списке выберите **Сечение > Линия-отрезок**.
30. Укажите начальную и конечную точки отрезка по которому будет построено сечение.
31. 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.

5.7 Создание динамической модели

При расчете каркаса здания на действие динамических нагрузок (пульсацию ветра и сейсмические воздействия) в расчетную схему необходимо ввести ряд изменений.

Во-первых, необходимо изменить свойства материалов, изменив значение плотности. 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.

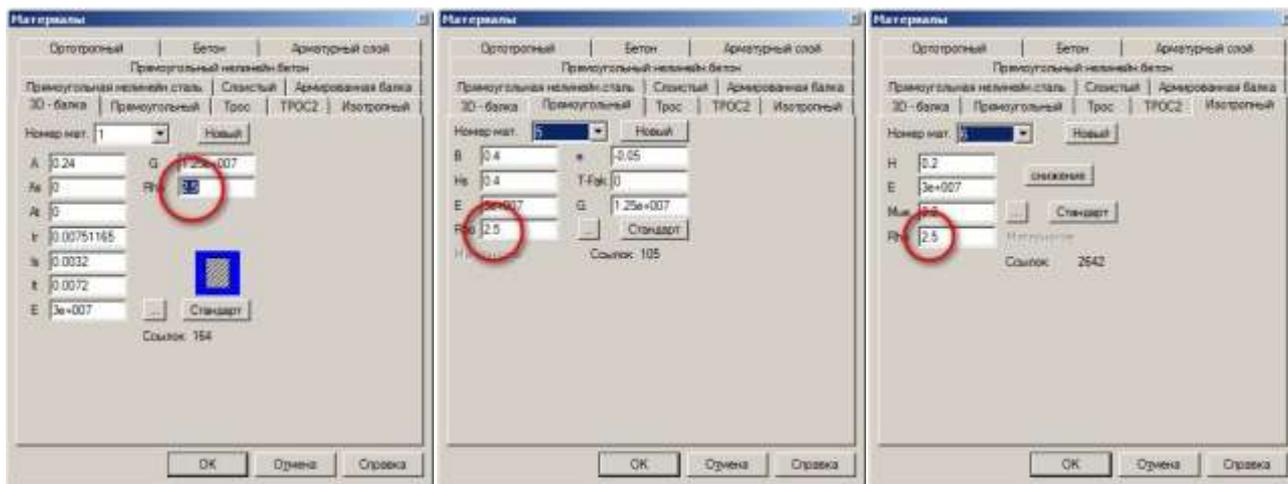
В-третьих, для учета инерционных масс, которыми обладают прочее нагрузки (полезная, постоянная от веса ограждающих конструкций и вес снегового покрова), необходимо создать комбинацию нагружений, введя корректирующие коэффициенты перехода от расчетной нагрузки к нормативной

массе вида: $k = \frac{1}{\gamma_f \cdot g}$ (γ_f - коэффициент надежности по нагрузке (таблица 1, СНиП 2.01.07-85*); $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения).

5.7.1 Редактирование свойств материала

1. Скопируйте проект п.5.6, задайте имя **Monolit_dynamika**.
2. Перейдите по вкладкам **Правка > Материал > Редактирование**.

Шаг за шагом



- Измените значение **Rho** с 2,75 на 2,5, переключая номера материалов во вкладках **3D – балка, Прямоугольный, Изотропный**. В общей сложности Вы должны изменить 9 материалов. Для фундаментной плиты значение **Rho** должно быть равным 0 для корректного вычисления факторов участия.
- Завершите изменения нажав **ОК**.

5.7.2 Изменение граничных условий

Шаг за шагом



- Установите активным Вами ранее сохраненный фрагмент **Фундаментная плита** п.5.5.1.
- Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.
- Перейдите по вкладкам **Правка > Кр.усл,КОPL,RIGI,RVKF... > Краевые условия > Узловые общ. Типа > Установка**. Либо кликните по соответствующей кнопке на панели инструментов.
- Кликните по **Информационному окну**.
- В появившемся диалоге **Жесткости** необходимо задать значения жесткости. Жесткому заземлению (заделке) соответствует значение ноль. Установите во всех полях ввода значение ноль.



- Завершите ввод, нажав **ОК**.
- Выделите весь фрагмент с помощью опции **Вох**.
- Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.

5.7.3 Создание комбинаций нагрузжений для расчета собственных колебаний

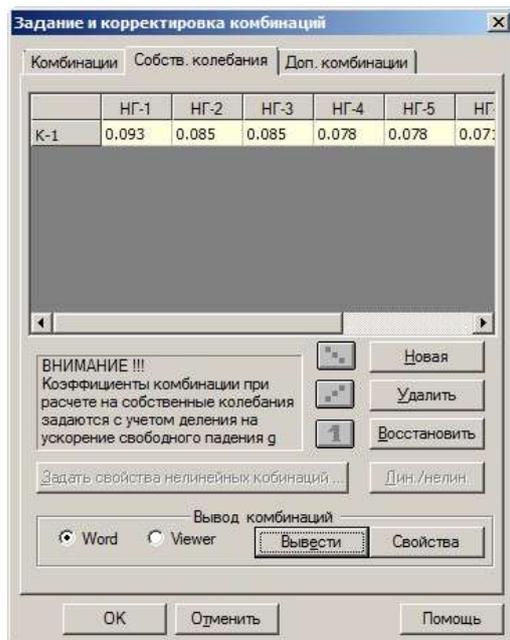
Расчет на собственные колебания должен выполняться для каждого расчетного случая. Ниже рассмотрен один расчетный случай (с учетом снеговой нагрузки). Коэффициенты для нагрузжений в комбинации приведены в таблице.

№ нагрузжения	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент	0.093	0.085	0.085	0.078	0.078	0.071	0	0

Шаг за шагом

- Вызовите команду **Расчет > Комбинации**.
- В появившемся окне перейдите во вкладку **Собственные колебания**.

3. Для задания новой комбинации нажмите на кнопку **Новая**.
4. В появившейся строке последовательно введите коэффициенты для всех нагружений.



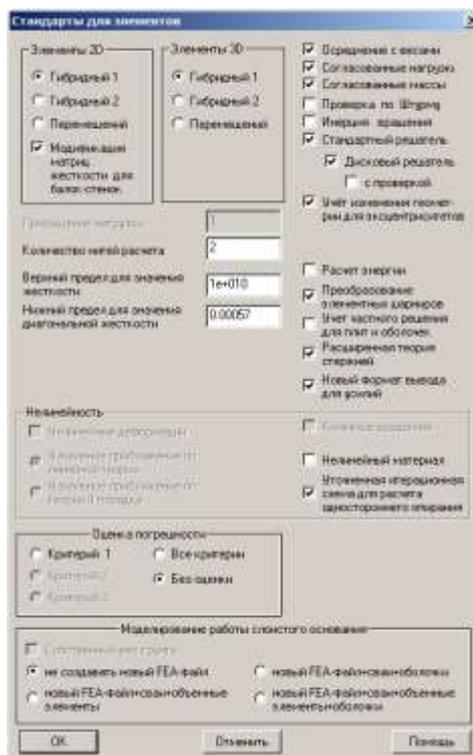
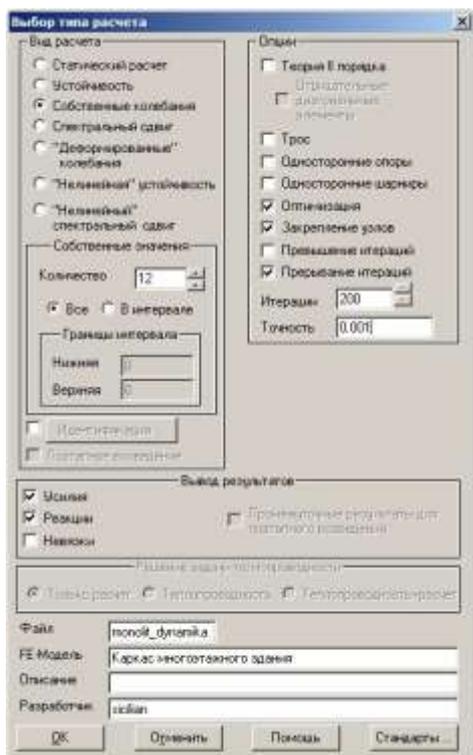
5. Завершите ввод нажатием на кнопку **ОК**.

5.8 Расчет форм собственных колебаний

6. Нажмите на кнопку **Расчет** на панели команд для вызова диалога **Выбор типа расчета**.
7. Укажите вид расчета **Собственные колебания**.
8. Количество собственных значений установите равным 12. Такое количество обусловлено тем, что согласно СНиП 2.01.07-85* необходимо учитывать минимум по три формы в каждом из направлений плюс крутильные формы.
9. Включите опцию **Закрепление узлов**. В процессе расчета может появиться сообщение о том, что система является подвижной (это связано со. Если при этом опция **Закрепление узлов** не была активна, то процесс расчета будет прерван, в противном случае он будет продолжен.
10. В поле **Точность** укажите значение 0,001. Такой точности вполне достаточно для решения данной задачи. При назначении более высокой точности увеличивается время выполнения расчета.
11. В поле **Элементы** задан тип используемых при расчете конечных элементов.
12. 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.

Шаг за шагом

13. Аналогична опции **Согласованные массы**. Если опция отключена, то создается только диагональная матрица масс. Активируйте данную опцию.



14. **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.

15. **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.

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

5.9 Анализ результатов расчета форм собственных колебаний

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

Для просмотра результатов сделайте следующие действия:

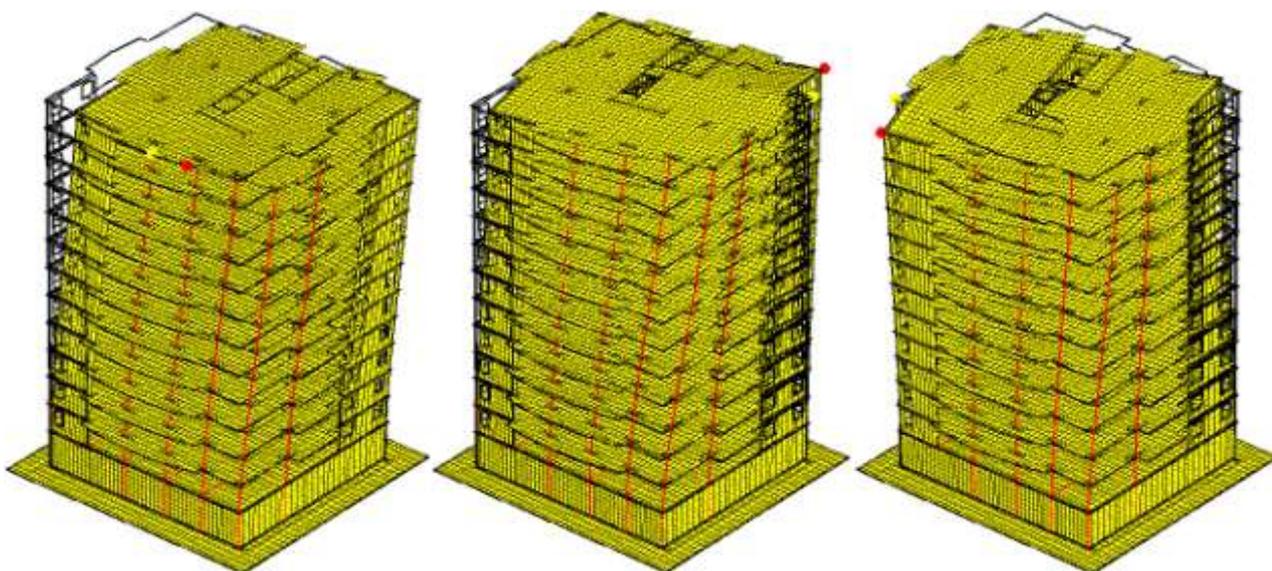
Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Результаты > Графика > Деформации**.

- В установите переключатели в режим просмотра деформированной схемы.



- Установите коэффициент отображения 200.
- Переключайте линейку **Nr.Формы** для просмотра других деформированных схем модели по соответствующей форме.
- Посмотрим первые три формы колебаний.



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

Советы & рекомендации

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

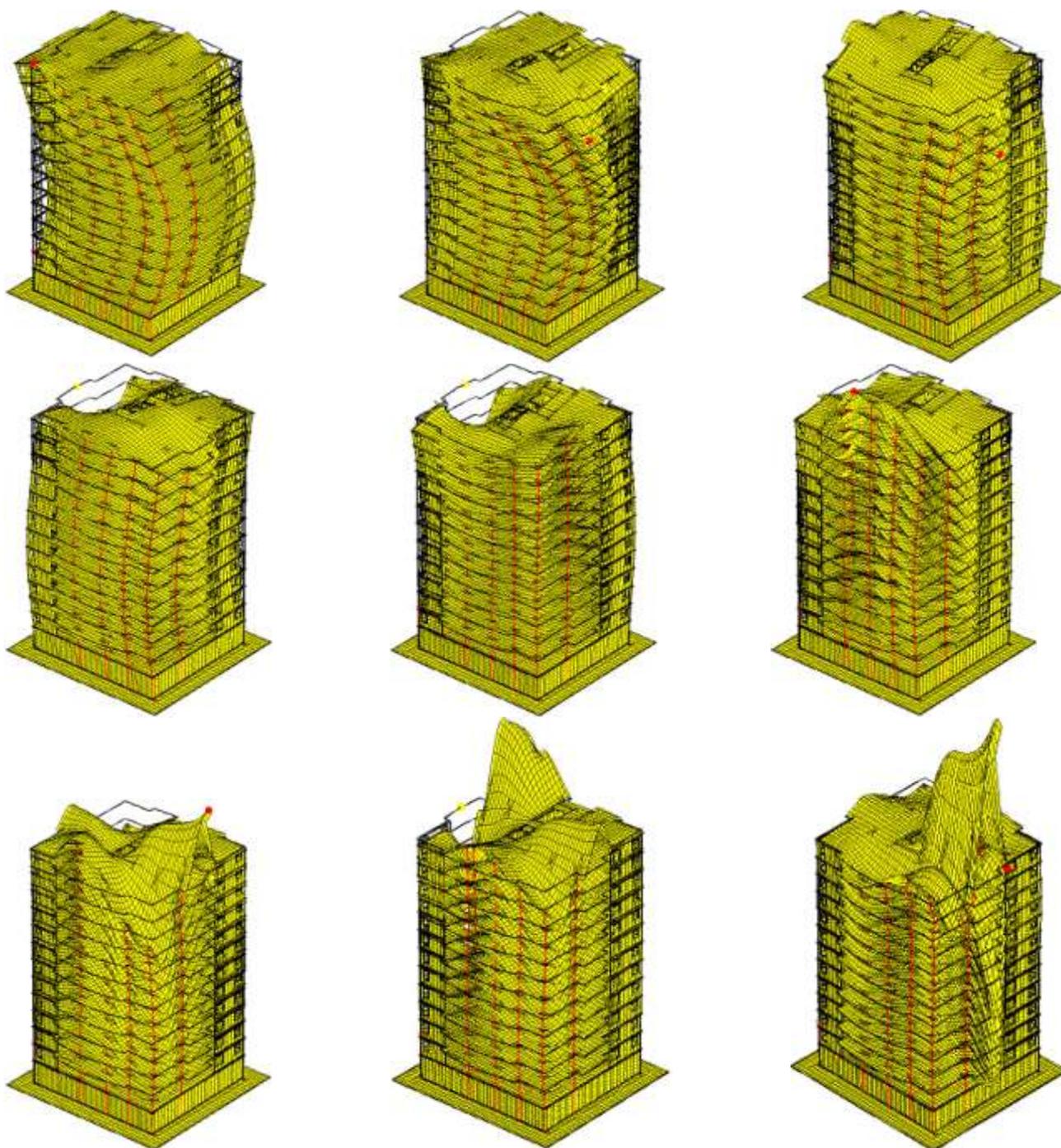
- ❑ В соответствии с ISO 48666: 1990/1:1994 для зданий близких в плане к прямоугольным действуют следующие рекомендации по соотношению периодов:

$$T_1/T_2=1,26; T_1/T_3=1,56-1,67,$$

а также соотношения собственных частот и высоты сооружения

$$f_1=46/H; f_2=58/H; f_3= (72-77)/H$$

Советы & рекомендации



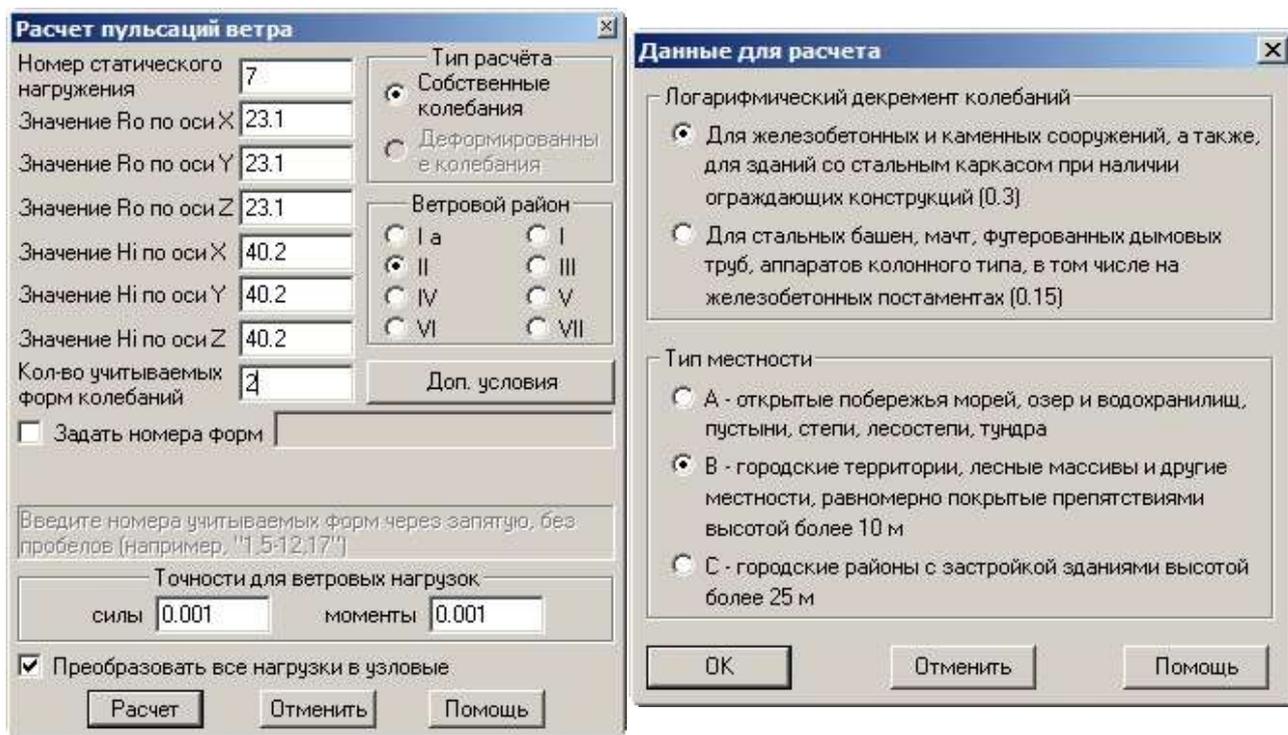
5.10 Расчет пульсационной составляющей ветровой нагрузки

Определение пульсационной составляющей производится согласно СНиП 2.01.07-85*.

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

Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Расчет > Конструктивный > Ветер (СНиП 3D)**.
2. В появившемся диалоге укажите необходимые параметры согласно задания.



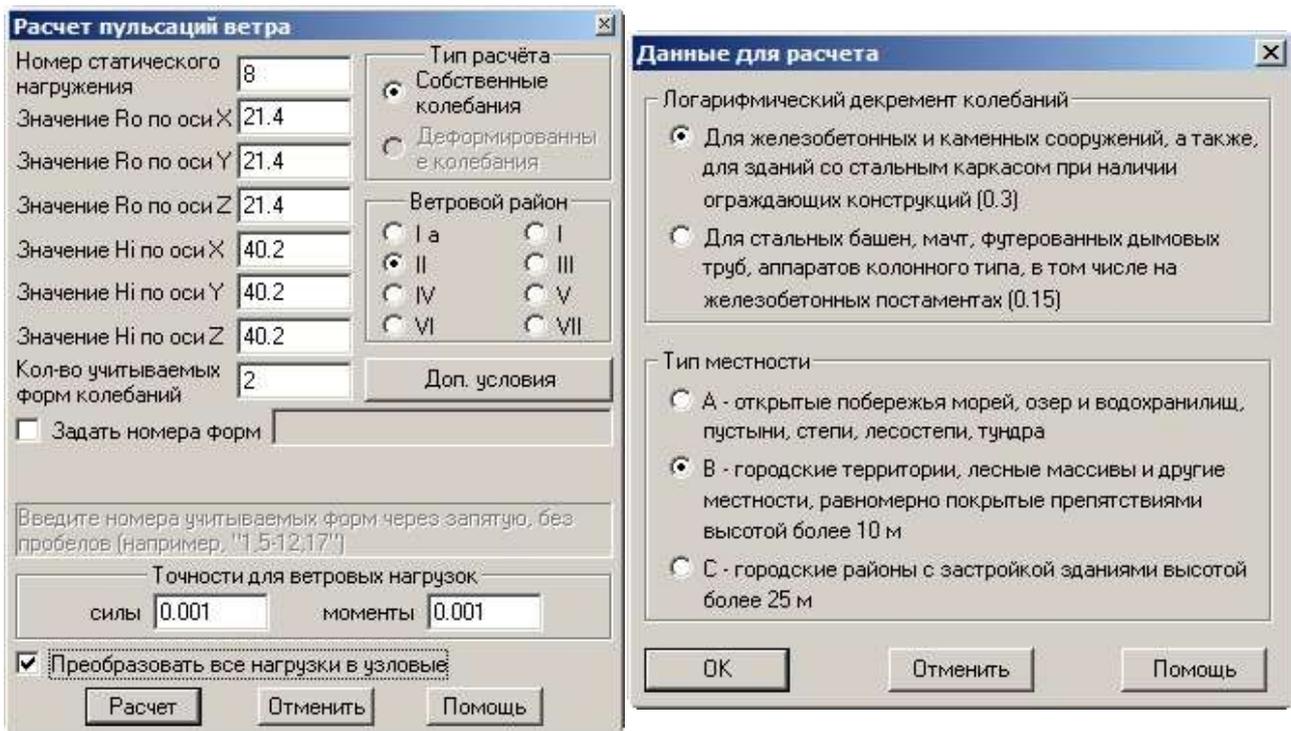
Советы & рекомендации

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

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, $51252 \text{ шт} \cdot 0,001 \text{ кН} = 51.252 \text{ кН}$. Получившееся значение не велико, если учесть что такая нагрузка распределяется по всей модели равномерно.
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**.
8. После окончания расчета вызовите команду **Правка > Нагрузки > Нагружения > Нагружения**.
9. Переключите номер нагружения. Заметьте, что теперь нагружений стало 10. Это связано с тем, что при расчете для каждой учитываемой формы колебаний формируется нагружение, в дальнейшем для определения полной пульсации они будут складываться по СНИП в момент формирования РСУ или комбинаций. То есть при расчете пульсационной состав-

ляющей для ветровой нагрузки по оси Y (нагружение 7) образуются нагружения 9 и 10.

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



11. Нажмите кнопку **Расчет**.

12. После окончания расчета вызовите команду **Правка > Нагрузки > Нагружения > Нагружения**.

13. Переключите номер нагружения. Заметьте, что теперь нагружений стало 12. То есть при расчете пульсационной составляющей для ветровой нагрузки по оси X (нагружение 8) образуются нагружения 11 и 12.

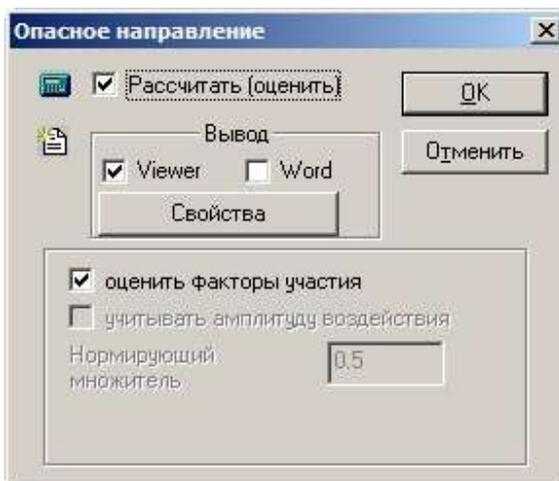
5.11 Определение сейсмических нагрузок

5.11.1 Определение сейсмических нагрузок от поступательных компонент сейсмического воздействия

Будем рассматривать три наиболее неблагоприятных направления поступательного сейсмического воздействия – два направления, соответствующих ориентации первых двух форм собственных колебаний каркаса, а также направление, при котором реализуется максимум динамической реакции конструкций здания при учете всех определенных собственных форм - наихудшее направление. Определим ориентацию этих направлений, а также выявим те формы, которые следует учитывать при расчете сейсмических нагрузок по этим направлениям воздействия.

Шаг за шагом

1. Вызовите команду **Расчет > Конструктивный > Сейсмика > Опасное направление > Поступательное**.
2. В появившемся диалоговом окне **Опасное направление** установите опцию **Рассчитать (оценить)** и **Оценить фактор участия**. Вывод результатов осуществите во **Viewer**.



3. Запустите расчет нажатием на кнопку **ОК**.
4. 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	O _X	O _Y	O _Z
1	Форма 1	0.996	0.091	-0.004
2	Форма 2	-0.186	0.982	0.019
3	Форма 3	-0.068	-0.998	-0.004
4	Форма 4	0.995	0.103	0.020
5	Форма 5	-0.256	0.605	-0.754
6	Форма 6	0.085	0.421	-0.903
7	Форма 7	0.052	-0.475	-0.879
8	Форма 8	-0.103	0.650	-0.753
9	Форма 9	-0.024	0.270	0.963
10	Форма 10	-0.050	0.117	0.992
11	Форма 11	-0.042	0.118	0.992
12	Форма 12	-0.613	0.303	0.730

Факторы участия:

Номер направления	Номер формы	Период [сек]	Фактор участия [%]
1	1	0.9920	68.58
	2	0.7530	0.36
	3	0.6720	0.72
	4	0.2520	14.59
	5	0.1930	0.30
	6	0.1840	0.18
	7	0.1780	0.00
	8	0.1720	0.02
	9	0.1600	0.00
	10	0.1390	0.01
	11	0.1360	0.00
	12	0.1310	0.06
			Сумма = 84.82
2	1	0.9920	0.63
	2	0.7530	39.40

Номер направления	Номер формы	Период [сек]	Фактор участия [%]	
	3	0.6720	26.99	
	4	0.2520	0.10	
	5	0.1930	2.98	
	6	0.1840	1.66	
	7	0.1780	6.32	
	8	0.1720	4.44	
	9	0.1600	0.35	
	10	0.1390	0.07	
	11	0.1360	0.03	
	12	0.1310	0.03	
				Сумма = 83.00
	bad_dir	1	0.9920	68.45
2		0.7530	0.10	
3		0.6720	1.17	
4		0.2520	14.58	
5		0.1930	0.21	
6		0.1840	0.24	
7		0.1780	0.00	
8		0.1720	0.00	
9		0.1600	0.00	
10		0.1390	0.01	
11		0.1360	0.00	
12		0.1310	0.05	
			Сумма = 84.81	

5. Запомните какие учитываемые формы соответствуют выбранным направлениям. Условно примем, что учитываем только те формы собственных колебаний, фактор участия которых больше 1%.
6. Вызовите команду **Расчет > Конструктивный > Сейсмика > Нагрузки (спектры ответов) > Поступательное воздействие**.
7. В появившемся диалоговом окне укажите количество спектров 1.
8. 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 (СНиП II-7-81*).
9. Укажите количество побуждений равное 1.
10. В поле **Амплитуда** записывается величина максимального расчетного ускорения, определяемого по формуле:

$$I_d = k_1 \cdot k_\psi \cdot A \cdot g$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения зданий и сооружений, принимаемый по табл. 3 СНиП II-7-81*;

k_ψ - коэффициент, принимаемый по табл. 6 или в соответствии с указаниями разд. 5 СНиП II-7-81*;

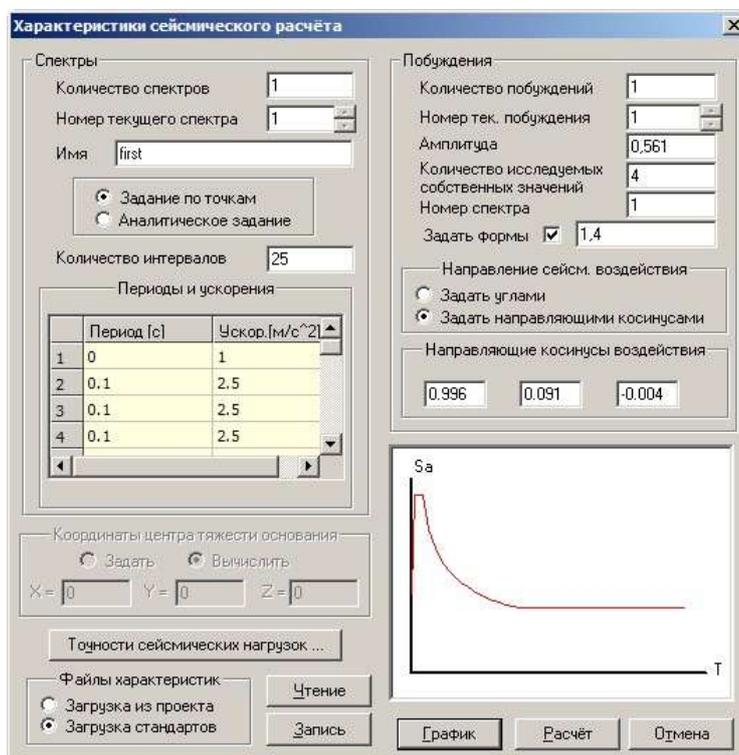
A - коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

В рассматриваемом примере максимальное расчетное ускорение равно:

$$I_d = 0.22 \cdot 1,3 \cdot 0.2 \cdot 9.81 = 0.561 \text{ м/с}^2$$

11. В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний для первого направления.
12. Установите опцию **Задать формы** и в ставшем активным поле укажите номера учитываемых форм собственных колебаний для первого направления.
13. В качестве способа указания направления сейсмического воздействия выберите **Задать направляющими косинусами** и выпишите направляющие косинусы из протокола расчета опасного направления для первого направления.
14. Указанные данные можно сохранить для использования в других расчетах (например, для другого направления), нажав кнопку **Запись**.



15. Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок нажатием на кнопку **Расчет**.
16. Повторите процедуру расчета сейсмических нагрузок для двух других неблагоприятных направлений поступательного сейсмического воздействия. Обратите внимание, что для направления bad_dir направление сейсмического воздействия задается углами, которые указаны в начале протокола расчета.

--НАИХУДШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ		
--для поступательного воздействия		
-- (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ)		
Количество	Угол	Угол
собств.форм	с осью OX	с плоскостью XOY
12	187.751	0.315

5.11.2 Определение сейсмических нагрузок от вращательных компонент 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 **Расчет > Конструктивный > 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 (СНиП II-7-81*).
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 табл. 3 СНиП II-7-81*;

k_ψ - коэффициент, принимаемый по табл. 6 или в соответствии с указаниями разд. 5 СНиП II-7-81*;

A - коэффициент, значения которого следует принимать равными 0,1; 0,2; 0,4 соответственно для расчетной сейсмичности 7, 8, 9 баллов;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения.

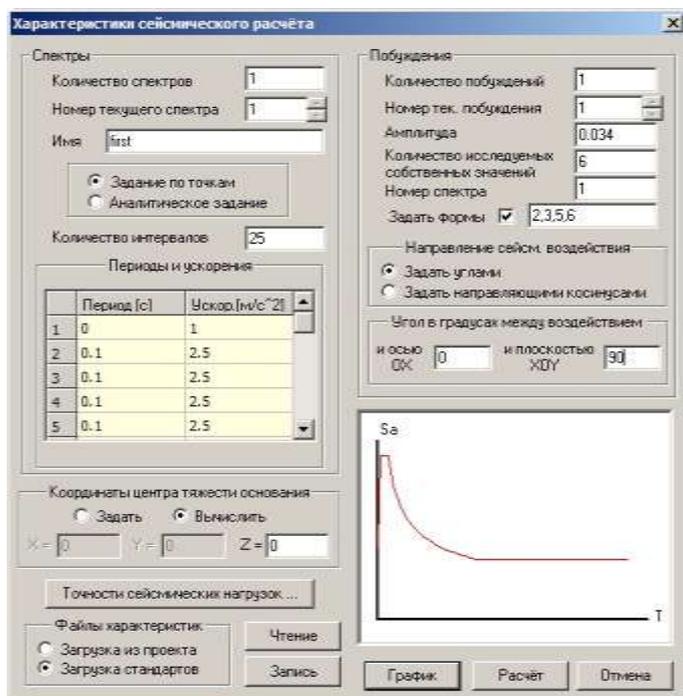
W - значение относительной интенсивности угловых ускорений ротации движения грунта в основании сооружения, зависит от спектра длин ротационных сейсмических волн, расстояния до эпицентра землетрясения R и категории грунта по сейсмическим свойствам. В зависимости от этих параметров значение W вычисляют по специальным алгоритмам. При отсутствии этих данных о прогнозируемом землетрясении значение W следует принимать $2 \cdot 10^{-2}$, $6 \cdot 10^{-2}$, $9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^{-1}$ для грунта I, II и III категорий соответственно по таблице 1 СНиП II-7-81*.

В рассматриваемом примере максимальное расчетное ускорение равно:

$$I_d = 0.22 \cdot 1,3 \cdot 0.2 \cdot 9.81 \cdot 0.06 = 0.034 \text{ рад/с}^2$$

6. В поле **Количество исследуемых собственных значений** укажите максимальный номер учитываемой формы собственных колебаний.

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



9. Запустите процесс вычисления сейсмических нагрузок нажатием на кнопку **Расчет**.

5.11.3 Копирование нагружений из динамической модели в статическую модель

1. Не выходя из проекта monolit_dynamika.fea, вызовите команду **Проекты > Загрузить** или кликните по соответствующей иконке в верхней панели инструментов.
2. В появившемся окне укажите путь к файлу monolit.fea и нажмите на кнопку **Открыть**.
3. В проекте monolit.fea вызовите команду **Правка > Нагрузки > Нагружения > Копировать**.
4. В появившемся окне выберите все нагрузки, нажав на соответствующую кнопку, и запустите процесс копирования нагрузок нажатием на кнопку **ОК**.

Шаг за шагом





5.12 Статический расчет

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

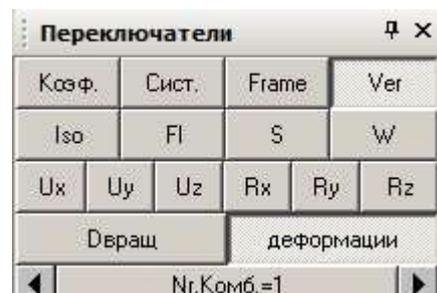
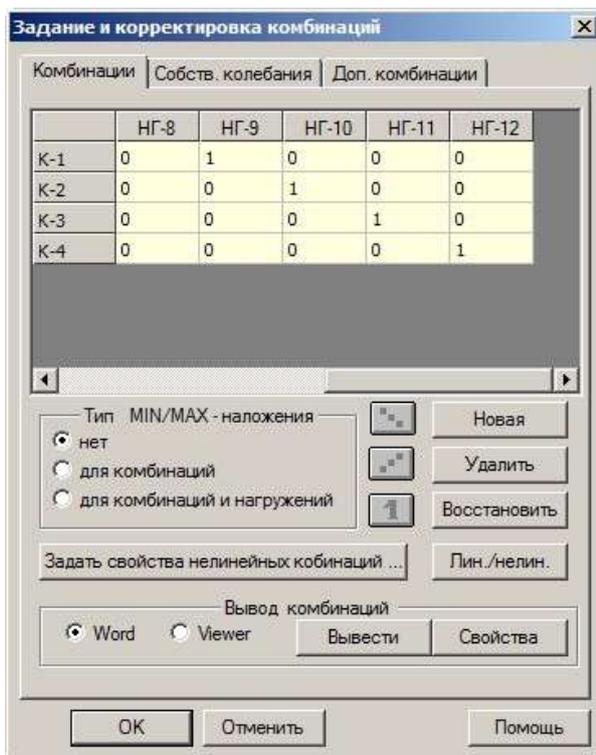
Проведите статический расчет согласно п.5.5.5.

5.13 Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки

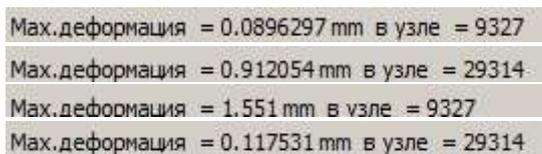
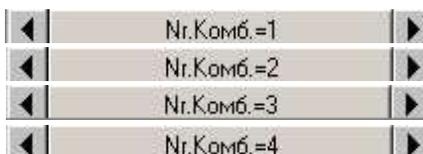
Контроль ускорений колебаний при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки требуется выполнить при проектировании высотных (более 75 м) зданий. Рассматриваемое здание не относится к классу высотных, однако покажем, как выполняется этот расчет.

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.



- Для завершения ввода данных нажмите **ОК**.
- Вызовите команду **Результаты > Графика > Деформации**.
- Установите переключатели в режим просмотра деформированной схемы.
- Выпишите значения максимального перемещения, соответствующего номеру комбинации.



- Определите фактические ускорения перекрытий здания при действии пульсационной составляющей ветровой нагрузки по следующим формулам:

$$y(t) = y_{ст} \pm y_{н.л.}(t) \approx y_{ст} \pm \sum_{i=1}^n A_i \cdot \sin \omega_i t + \varphi$$

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

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

- Значения угловых частот для первой и второй форм собственных колебаний:

$$\omega_1 = 6.333 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = 8.345 \text{ рад/с}$$

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

$$A_1^{9327} = 0.09 \text{ мм} = 0.00009 \text{ м}$$

$$A_2^{29314} = 0.9121 \text{ мм} = 0.00091 \text{ м}$$

11. Подставьте значения в формулу

$$\sum_{i=1}^n |A_i \cdot \omega_i^2| = 0.00009 \cdot 6.333^2 + 0.00091 \cdot 8.345^2 = 0.067 \text{ м/с}^2$$

$0.067 \cdot \frac{0.7}{1.4} = 0.0335 < 0.08$ - При проектировании высотных зданий необходимо обеспечивать комфортность пребывания в них жителей, посетителей, сотрудников и обслуживающего персонала при действии пульсаций ветровой нагрузки. **0.08 м/с²**- предельно-допустимое значение. МГСН 4.19-2005.

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

$$A_3^{9327} = 1.551 \text{ мм} = 0.0016 \text{ м}$$

$$A_4^{29314} = 0.1175 \text{ мм} = 0.00012 \text{ м}$$

13. Подставьте значения в формулу

$$\sum_{i=1}^n |A_i \cdot \omega_i^2| = 0.0016 \cdot 6.333^2 + 0.00012 \cdot 8.345^2 = 0.073 \text{ м/с}^2$$

$$0.073 \cdot \frac{0.7}{1.4} = 0.0365 < 0.08$$

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

5.14 Задание данных для РСУ

Согласно СП 31-114-2004 сейсмические нагрузки от поступательного и вращательного колебаний необходимо учитывать как отдельно, так и совместно совместно. В Gen_3dim существует два способа как можно учесть подобные комбинации:

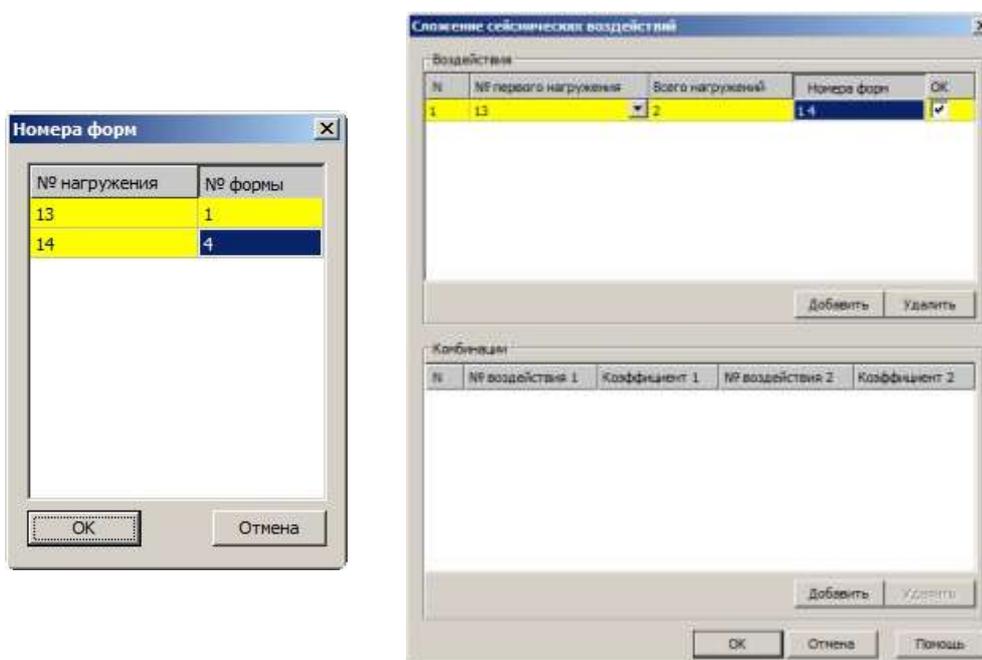
Во-первых, можно создать дополнительные нагружения автоматически при помощи команды **Сеймика поступательная + сеймика вращательная**, указав при этом какие нагружения необходимо сложить, либо вручную при помощи функций копирования и масштабирования нагружений. Этот способ неудобен тем, что при большом 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.

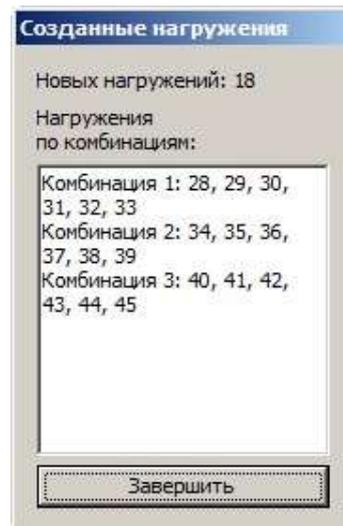
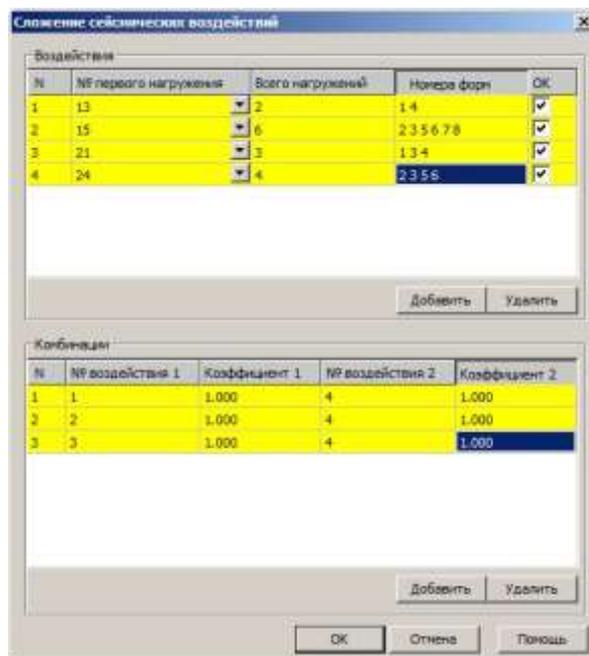
5.14.1 Формирование дополнительных нагружений

1. Вызовите команду **Правка > Нагрузки > Нагружения > Сейсмика поступательная + сейсмика 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 форм колебаний.

Шаг за шагом



5. Аналогичным образом добавьте 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.



- Аналогичным образом создайте необходимое количество комбинаций.
- При нажатии на кнопку **OK** будут созданы дополнительные нагружения, номера которых по комбинациям будут указаны в диалоговом окне. В результате мы получим 18 новых нагружений, и общее их число составит 45. Работать с таким количеством нагружений затруднительно, поэтому в данном случае нажмите на кнопку **Отмена** и следуйте указаниям следующего пункта.

5.14.2 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

- Вызовите команду **Расчет > Конструктивный > РСУ (балки) > РСУ (СНИП)**.
- В диалоге **Определение расчетных сочетаний усилий** кликните на кнопке **Ветровые и сейсмические нагружения**.
- В появившемся диалоге **Сейсмические и ветровые нагружения** перейдите во вкладку **Ветер (узловые нагрузки)**.
- Добавьте две строки нажав на кнопку **Добавить**.
- В первом столбце укажите номер статического нагружения. В данном примере ветровому статическому нагружению соответствует 7 и 8 нагружения.
- В столбце **N 1-ой формы** укажите порядковый номер нагружения, которому соответствует нагрузка, определенная для первой учитываемой формы собственных колебаний.

7. В столбце **Число форм** укажите количество учитываемых форм собственных колебаний для данного статического нагружения.
8. В столбце **Метод** выберите необходимый метод суммирования **СНиП**.

Сейсмические и ветровые нагружения

Сейсмика (перемещения) | Ветер (перемещения)
 Ветер (рекомендации) | Коэффициенты демпфирования
 Сейсмика (узловые нагрузки) | Ветер (узловые нагрузки)

Ветровые нагружения

N стат.нагр.	N 1-ой форм...	Число форм	Метод	Нкомб
7	9	2	СНиП	0
8	11	2	СНиП	0

Добавить | Удалить | Очистить

ПРИМЕЧАНИЯ.
 Метод суммирования: 1 - СНиП, 2 - СГС
 Нкомб: 0 - если нагружения были получены на основе расчета на собственные колебания или номер соответствующей комбинации для 'деформированных' колебаний

OK | Отмена | Применить | Справка

Сейсмические и ветровые нагружения

Сейсмика (перемещения) | Ветер (перемещения)
 Ветер (рекомендации) | Коэффициенты демпфирования
 Сейсмика (узловые нагрузки) | Ветер (узловые нагрузки)

Сейсмические нагружения

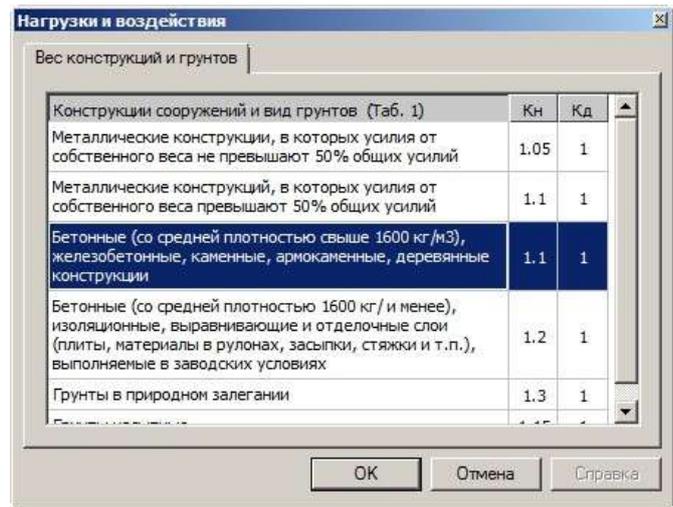
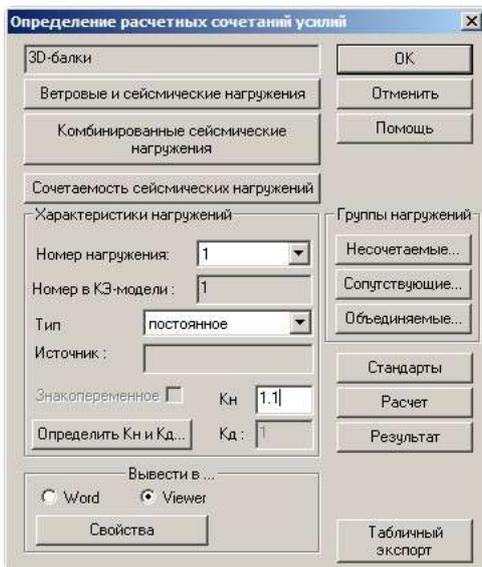
N 1-ой формы	Число форм	Метод	Нкомб
13	2	СНиП	0
15	6	СНиП	0
21	3	СНиП	0
24	4	СНиП	0

Добавить | Удалить | Очистить

ПРИМЕЧАНИЯ.
 Метод суммирования:
 1 - СНиП, 2 - СГС, 3 - сейсмика Узбекистана.
 Нкомб: 0 - если нагружения были получены на основе расчета на собственные колебания или номер соответствующей комбинации для 'деформированных' колебаний

OK | Отмена | Применить | Справка

9. Так как нагружения были получены на основе расчета на собственные колебания, то в столбце **Нкомб** укажите значение 0.
10. В диалоге **Сейсмические и ветровые нагружения** перейдите во вкладку **Сейсмика (узловые нагрузки)**.
11. Добавьте четыре строки нажав на кнопку **Добавить**.
12. В первом столбце **N 1-ой формы** укажите порядковый номер нагружения, которому соответствует нагрузка, определенная для первой учитываемой формы собственного колебания по первому поступательному направлению.
13. В столбце **Число форм** укажите количество учитываемых форм собственных колебаний для данного направления.
14. Выберите метод суммирования **СНиП**.
15. Так как нагружения были получены на основе расчета на собственные колебания то в столбце **Нкомб** укажите значение 0.
16. Завершите ввод, нажав **OK**.



17. В диалоге **Определение расчетных сочетаний** усилий задайте параметры для первых 6 нагружений, переключая номера нагружений, задайте **Тип** нагрузки и укажите коэффициенты **Кн** и **Кд**, нажав на кнопку **Определить Кн и Кд...** В появившемся диалоге выберите нужные значения коэффициентов для каждого нагружения соответственно.
18. Обратите внимание на то что в ветровых и сейсмических нагружениях параметры **Тип**, **Источник**, **Знакопеременное**, **Коэффициенты Кн** и **Кд** определены автоматически
19. Необходимые для ввода параметры сведены в нижеследующую таблицу. Сверьте правильность заданных параметров.

Советы & рекомендации

- ❑ 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.4.15.2. 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. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

Номер нагружения	Номер в КЭ модели	Тип нагружения	Источник	Знакопеременные	Кн	Кд
1	1	Пост.	-	-	1.1	1
2	2	Кратковр.	Прочее	-	1.2	0.35
3	3	Пост.	-	-	1.2	1
4	4	Кратковр.	Прочее	-	1.3	0.2
5	5	Кратковр.	Прочее	-	1.3	0
6	6	Кратковр.	Снеговое	-	1.43	0.5
7	7,9-10	Кратковр.	Ветровое	-	1.4	0
8	8,11-12	Кратковр.	Ветровое	-	1.4	0
9	13-14	Особое	Сейсм.	+	1	0

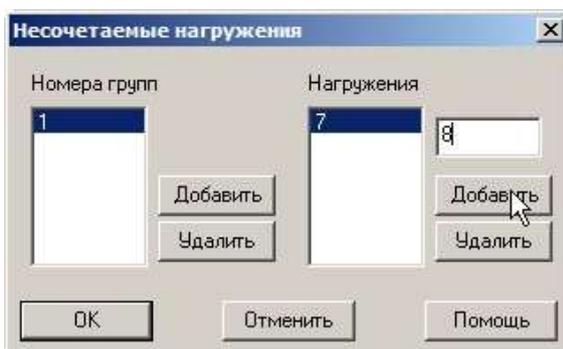
Номер нагружения	Номер в КЭ модели	Тип нагружения	Источник	Знакопеременные	Кн	Кд
10	15-20	Особое	Сейсм.	+	1	0
11	21-23	Особое	Сейсм.	+	1	0
12	24-27	Особое	Сейсм.	+	1	0
13	13-14, 24-27	Особое	Комб. сейсмика	+	1	0
14	15-20, 24-27	Особое	Комб. сейсмика	+	1	0
15	21-23, 24-27	Особое	Комб. сейсмика	+	1	0

5.14.3 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.

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.

Шаг за шагом



4. Задайте группы несочетаемых нагружений согласно нижеприведенной таблице.

Группа	Номера нагружений
1	7,8,9,10,11,12
2	5,6

- Поскольку, в соответствии со СНиП 2.01.07-85 «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).

Советы & рекомендации

5.15 Проверка законтурного основания

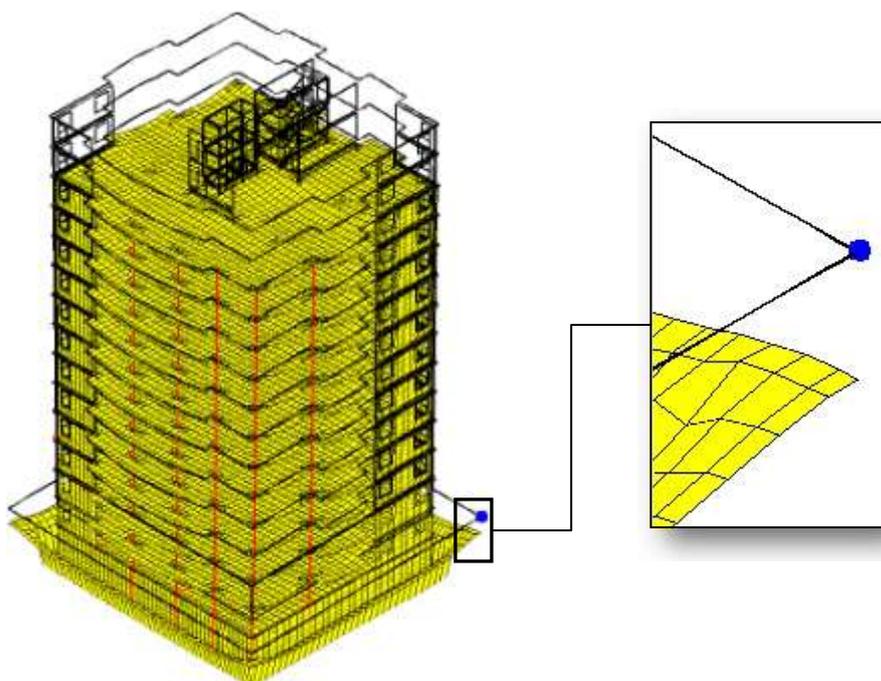
На этапе создания позиционной модели в MicroFe мы условно задали основание выступающим на 2 метра за контуры фундаментной плиты. После определения всех нагрузок необходимо проверить, достаточно ли в расчете учитывать данную площадь основания. Выполнив статический расчет, проверим перемещения по границам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

5.15.1 Анализ перемещений и редактирование основания

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



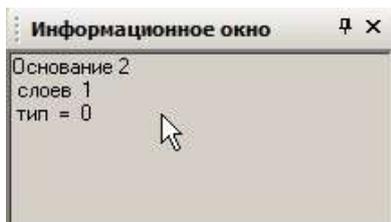
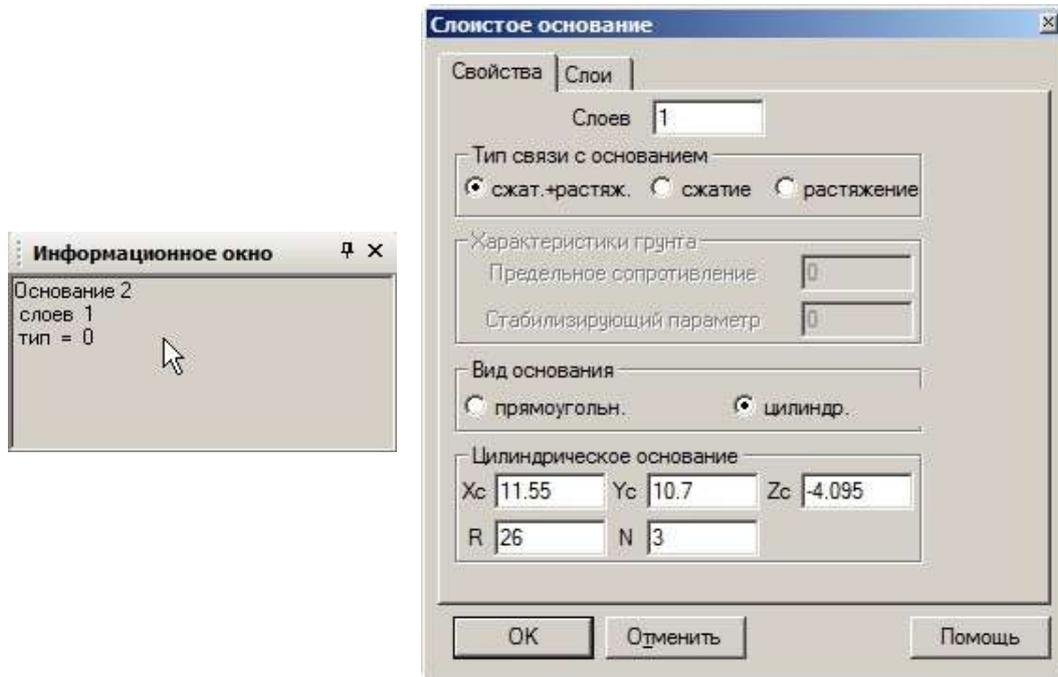
3. Посмотрите перемещения в углах основания.



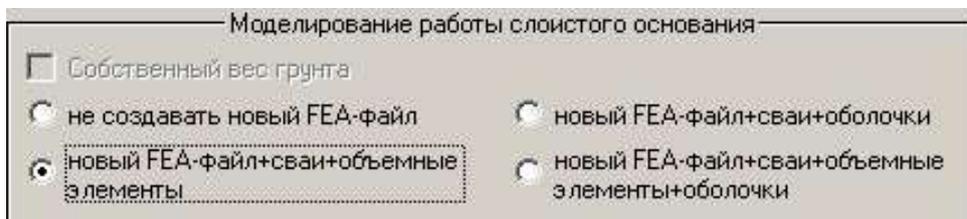
Max:Узел=2616, Uz=-17.4367 мм Min:Узел=2616, Uz=-17.4367 мм

4. Такие перемещения по краям основания свидетельствуют о необходимости учесть большую зону основания. Вызовите команду **Правка > Слоистое основание > Установка**.
5. В окне **Переключатели** выберите основание 2 и кликните левой клавишей мыши в области **Информационного окна**.

6. 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**.



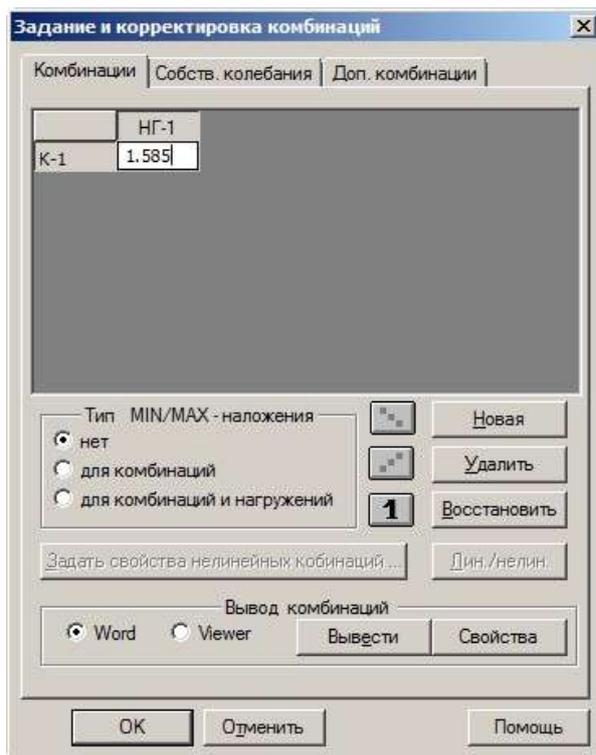
7. Вызовите команду **Расчет > Общий** и на предложение сохранить изменения в файле ответьте **Да**.
8. В параметрах расчета во вкладке **Стандарты** в разделе **Моделирование слоистого основания** выберите опцию **Новый FEA-файл + сваи + объемные элементы**. Включение этой опции позволяет сформировать 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, на основе которой фактически выполняется расчет.
11. Поскольку в данном файле можно посмотреть усилия и перемещения только от одного нагружения, то для оценки фактических перемещений от всех вертикальных нагружений в комбинации введем коэффициент равный отношению вертикальной реакции от всех вертикальных нагружений к вертикальной реакции от первого нагружения.

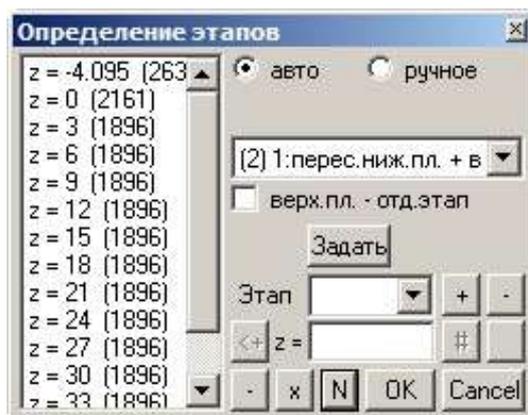
$$k = \frac{84081.69 + 7043.64 + 30939.50 + 9461.70 + 286.72 + 1482.83}{84081.69} = 1.585$$

Значения реакций берем из протокола статического расчета.



12. Включите отображение деформаций и посмотрите вертикальные перемещения в точках основания наиболее близких к углам фундаментной плиты.
13. В данном случае видно, что вертикальные перемещения по краям рассматриваемой области основания равны 0 и нет необходимости включать в расчет большую площадь основания.

- В появившемся диалоге задайте параметр 16. То есть произойдет исключение плоскостей с 16 конечными элементами.



- Заметьте, что количество плоскостей стало равным количеству плит перекрытий + фундаментная плита.
- Выберите автоматическое задание этапов возведения.
- Укажите схему условий включения элементов в этап **(2) 1:перес.ниж.пл. + в ниж.пл.,2:между.**

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.

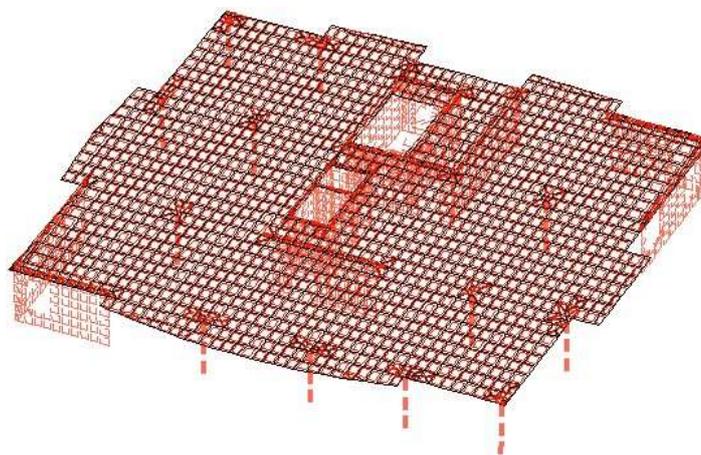
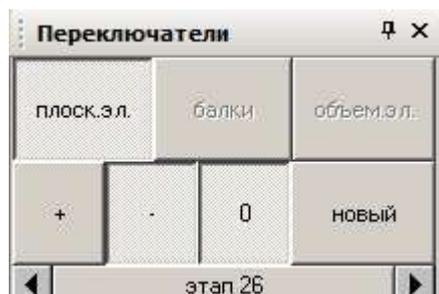
9. Для начала автоматического назначения этапов нажмите кнопку **Задать**. Подтвердите разбиение, нажав **ОК**.
10. Заметьте, что в последнем созданном этапе участвуют колонны, стены и плита покрытия.

5.16.1 Ручное редактирование этапа возведения

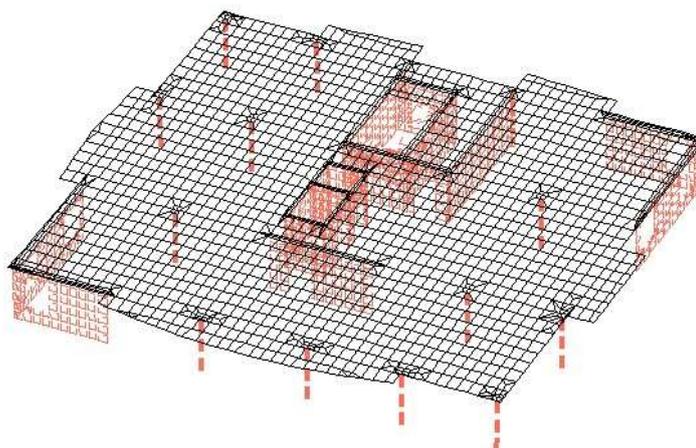
Автоматическое разбиение может не предусматривать все возможные варианты разбиения на этапы. При необходимости можно воспользоваться функцией ручного редактирования этапов.

1. Для удобства редактирования установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия п.5.5.1.
2. Вызовите команду **Правка > Поэтапное возведение > Редактирование**.
3. Переключите линейку номеров этапов на 26 этап. Станут активны элементы, входящие в этап возведения.

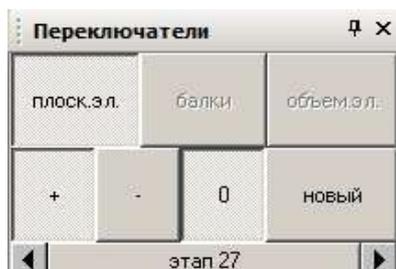
Шаг за шагом



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



6. Нажмите на кнопку Новый в меню переключателей для создание нового этапа. Будет автоматически присвоен порядковый номер этапа 27.
7. Установите переключатели в режим добавления элементов в этап возведения. Выделите всю плиту при помощи опции **Box**.



8. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.
9. Отключите отображение фрагмента **Фрагмент > Плоскость: > Установить**. Кликните по переключателю **Все** для отображения всей модели здания.
10. Вызовите команду **Правка > Поэтапное возведение**.
11. Просмотрите каждый этап возведения.
12. Выполните статический расчет, установив опцию **Поэтапное возведение**.

		Без учета этапности		С учетом этапности	
Мембранное напряжение S в стенах					
	max	min	4952 кН/м ²	-16792 кН/м ²	4346
Нормальная сила в колоннах					
	max	min	-3,88 кН	-367,00 кН	-32,02 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..

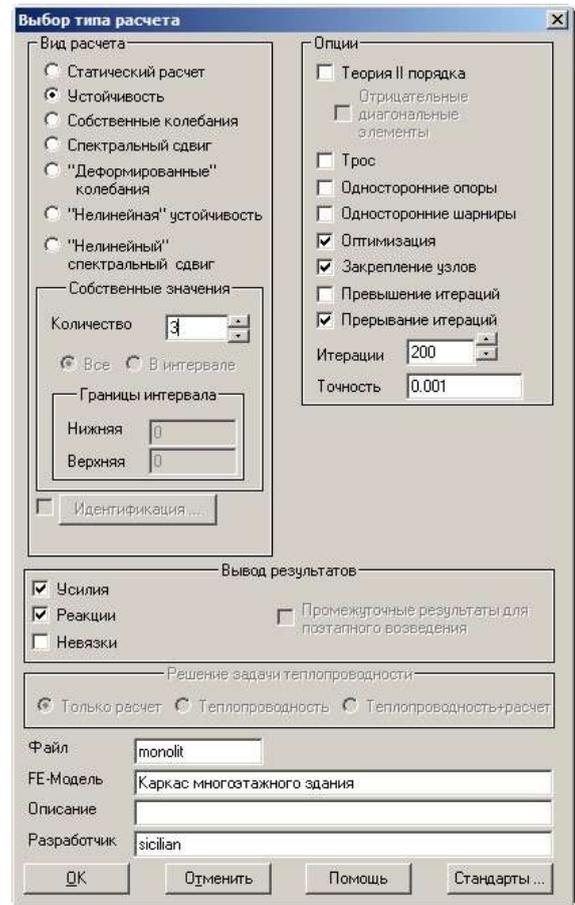
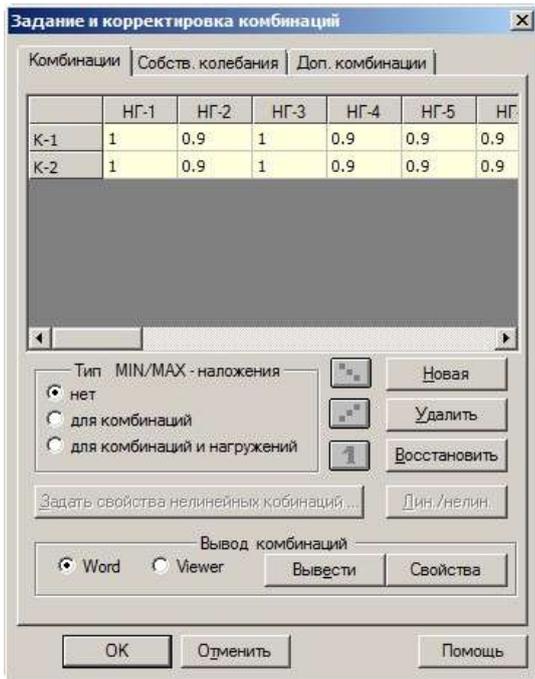
5.17 Расчет на устойчивость

1. Вызовите команду **Результаты > Комбинации** и создайте две комбинации для расчета на устойчивость со следующими коэффициентами, приведенными в таблице (см. п.

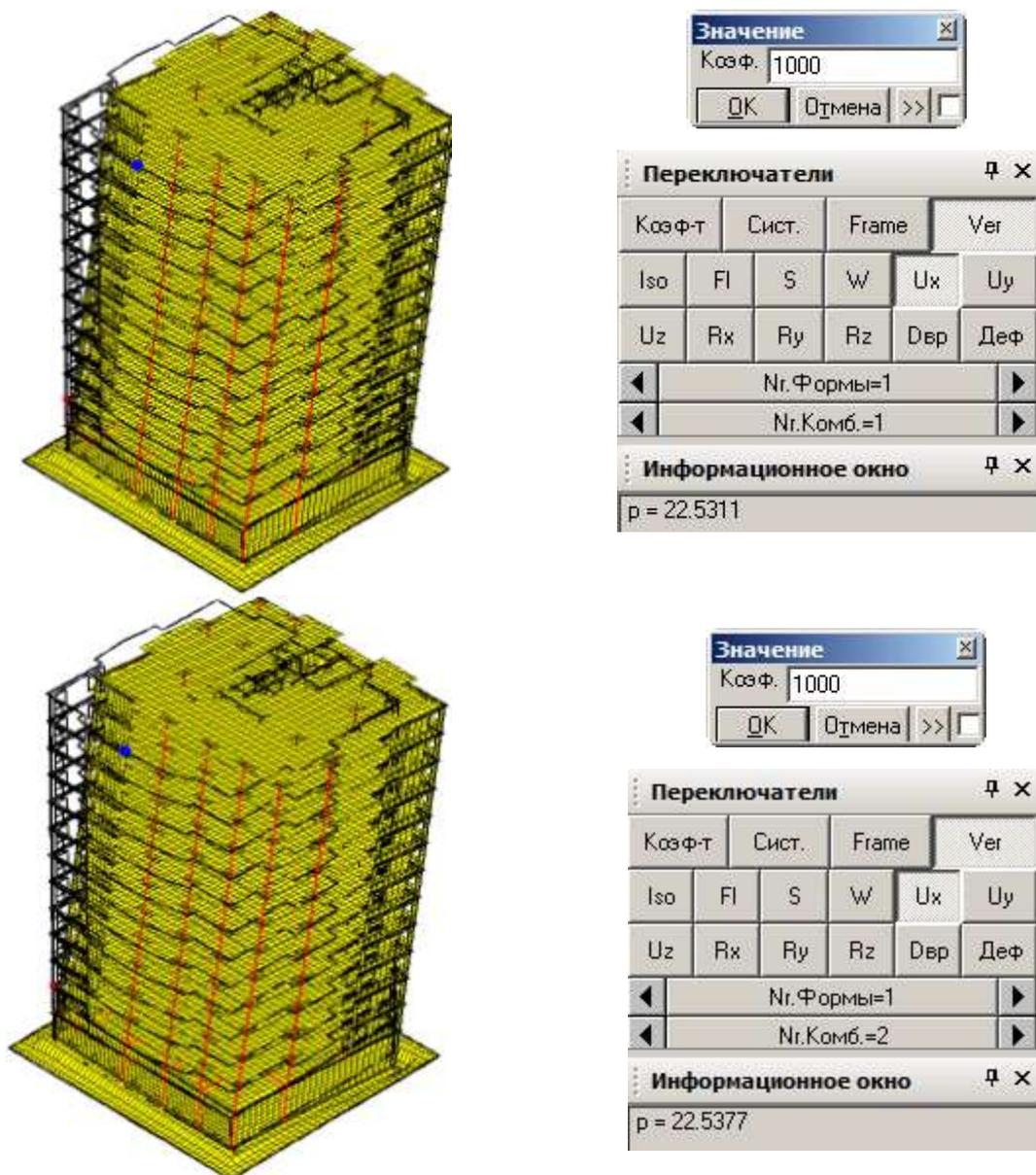
Шаг за шагом

№ 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
9-27	0	0

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



- Для просмотра результатов вызовите команду **Результаты > Графика > Деформации**.



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.

5.18 Просмотр результатов статического расчета

Просмотр результатов расчета ведется по заданным комбинациям нагрузок и/или min/max наложению (огibaющей) для комбинаций. Ниже в качестве примера приведены результаты для комбинации всех нагружений.

5.18.1 Просмотр усилий в плите

Шаг за шагом

1. Для удобства просмотра результатов в плите установите отображения фрагмента верхней плиты перекрытия п.5.5.1.
2. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**. Установите во всех ячейках строки первой комбинации значение 1 для вывода результатов от всех нагрузений.
3. Вызовите команду **Результаты > Графика > Усилия > Усилия в элементах**.
4. В панели переключателей меняйте их активацию для просмотра требуемого вам результата. Тип переключателей 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**.

Советы & рекомендации

- Данные обозначения справедливы для конечного элемента – оболочка.
- Переключатель **Система** включает и выключает изображение конечно-элементной сетки. Этот переключатель предоставляется только для плоских несущих конструкций.



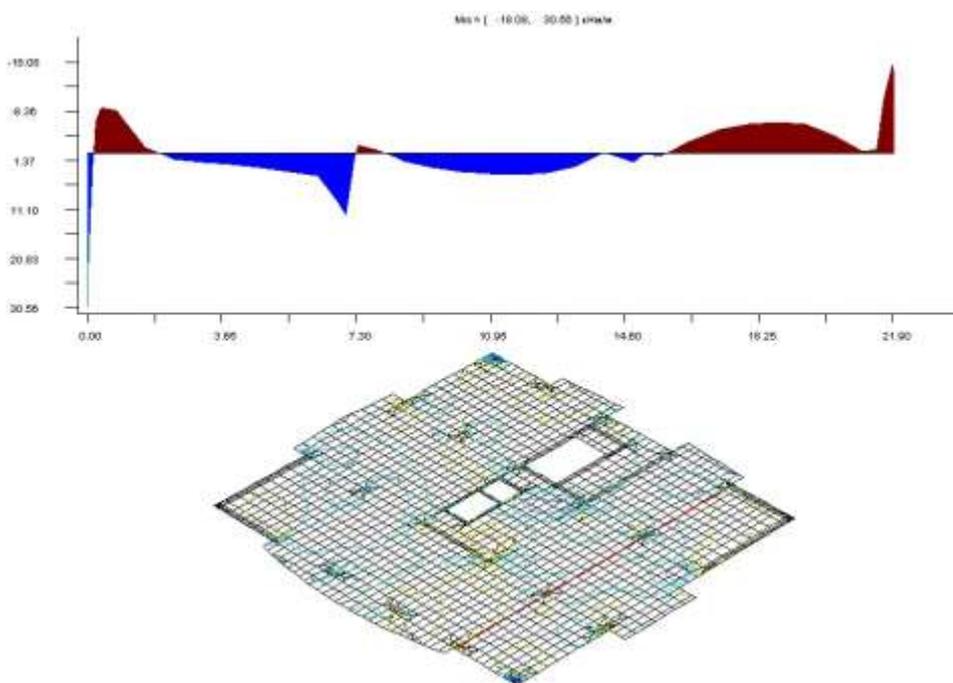
Iso – отображение напряжений в виде изолиний.

FI – отображение напряжений в виде изополей.

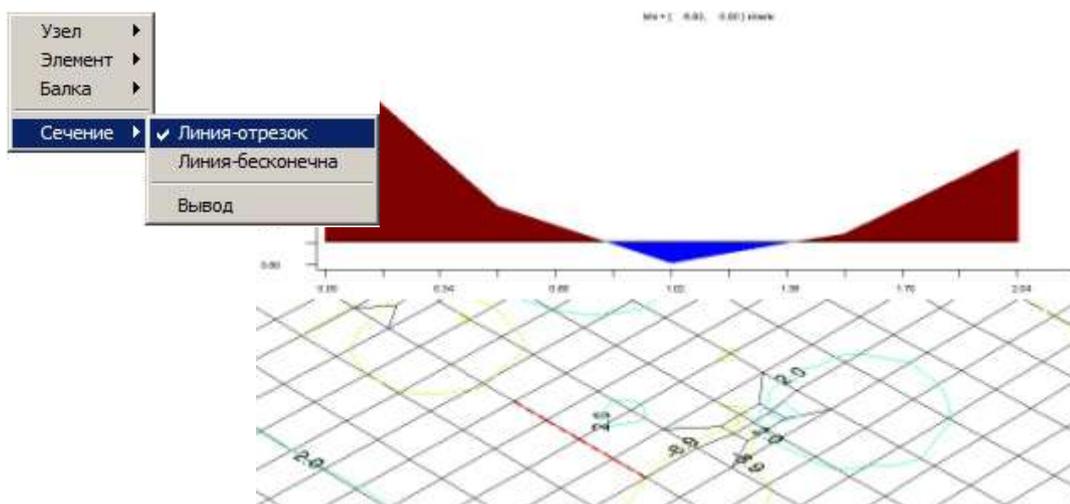
W – отображение напряжений в цифровом формате.

S – отображение эпюры напряжений по заданному сечению.

5. При активации команд **Iso** и **FI** появляется диалог с отображением шкалы. Кликнув по кнопкам **Шкалы** и **Дополнительно** вы можете установить требуемые Вам параметры отображения.
6. Для отображения эпюры напряжений кликните по кнопке **S**.
7. Рабочая область экрана условно поделится на две части. В верхней части отображается эпюра, в нижней части указывается сечение.
8. Для ввода сечения кликните по опции **Сечение по линии** и задайте две точки, через которые будет проведена секущая плоскость.



9. Возможен вывод отрезка для отображения по нему эпюры напряжений. Для этого зажмите **Ctrl** и кликните правой клавишей мыши на рабочей области экрана.
10. В выпадающем меню перейдите во вкладку **Сечение** и выберите опцию ввода **Линия – отрезок**. Укажите необходимый Вам отрезок.



5.18.2 Просмотр усилий в колоннах и подбалках

Шаг за шагом

1. Для удобства просмотра результатов в стержневых элементах установите отображение стержневых элементов вызвав команду **Фрагмент > Сечение > Установить балки** п.5.5.3.
2. Перейдите по вкладкам **Фрагмент > Материал > Удаление**.
3. Кликните по элементу подбалки для фильтрации их по материалу.
4. Для просмотра результатов статического расчета вызовите команду **Результаты > Графика > Усилия > Усилия в балках**.
5. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.
6. В панели переключателей меняйте их активацию для просмотра требуемого вам результата. Тип переключателей в окне выбора зависит от типа элементов, вида **MIN/MAX** наложения, количества комбинаций.



N – продольная сила.

Qs – поперечная сила в направлении оси s.

Qt – 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.
 - Переключатель **Козф.** позволяет задать масштаб отображения эпюры. Переключатель **Шкала** позволяет отображать усилия в виде заливки элемента цветом.
7. Для отображения одной колонны вызвав команду **Фрагмент** и нажмите на кнопку **Все** в панели переключателей для отображения все модели.
 8. Вызвав команду **Фрагмент > Сечение > Установить балки** п.5.5.3.
 9. Перейдите по вкладкам **Фрагмент > Материал > Установка**. Кликните по необходимой колонне.
 10. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.
 11. В панели переключателей меняйте их активацию для просмотра требуемого вам результата.

5.19 Конструктивный расчет

Для выполнения конструктивных расчетов железобетонных конструкций в GEN_3DIM 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

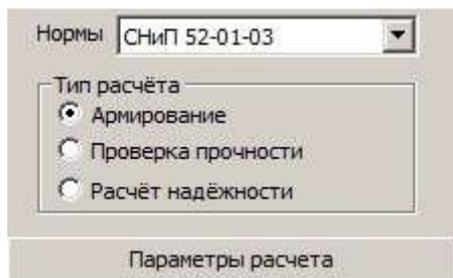
элементов, либо в виде фрагмента – для плоских элементов (плиты, стен, оболочек)). Данный подход является устаревшим, в настоящее время не развивается, и в данном примере рассматриваться не будет. Второй – через создание специальных групп конечных элементов – конструктивных элементов. Конструктивный 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 (PCУ) или по заданным комбинациям нагрузжений.

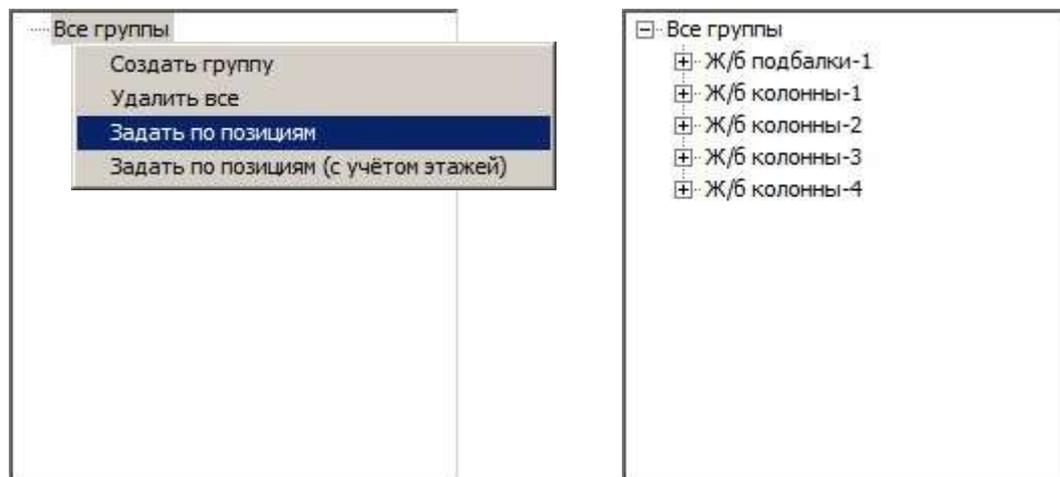
5.19.1 Задание конструктивных элементов для стержней

1. Включите отображение только стержневых элементов (см. п.5.5.3).
2. Вызовите команду меню **Армирование > Конструктивные элементы > Стержни > Задание групп** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
3. В появившемся окне **Конструктивные элементы** укажите нормы, согласно которым будет выполняться расчет, и тип расчета.

Шаг за шагом



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.



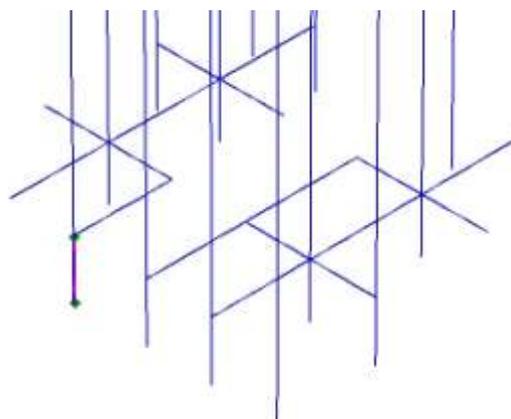
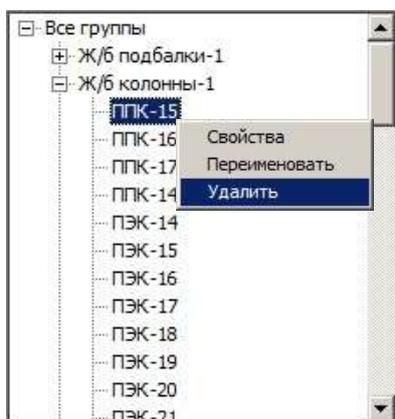
- Группа конструктивных элементов должна включать в себя конструктивные элементы с абсолютно одинаковыми расчетными характеристиками (например, для колонн это расчетная длина, тип и размеры поперечного

Советы & рекомендации

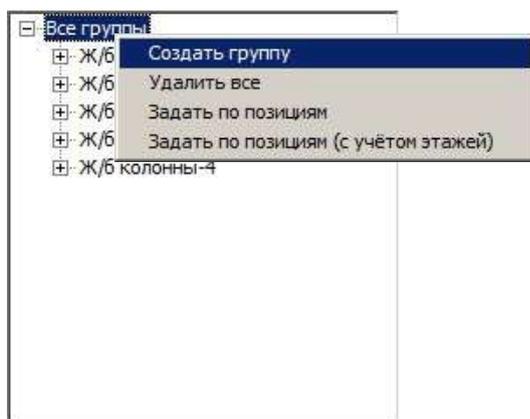
сечения, схема армирования и пр.). Если конструктивные элементы различаются хотя бы по одному параметру, то их необходимо отнести к разным группам.

- 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 выделятся конечные элементы, входящие в состав данного конструктивного элемента.
6. Просматривая элементы первой группы, найдите конструктивный элемент, соответствующий колонне подвального этажа. Кликните по его названию в дереве конструктивных элементов правой клавишей мыши и в появившемся списке выберите команду **Удалить**.

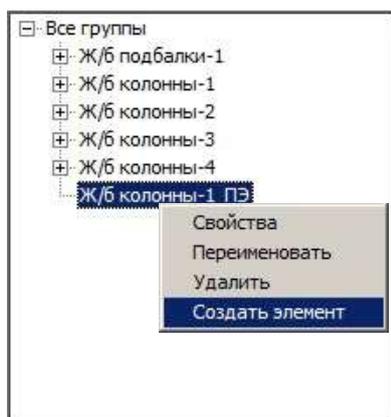


7. Аналогичным образом просмотрите все группы колонн и удалите из них конструктивные элементы колонн подвального этажа.
8. В поле отображения дерева конструктивных элементов кликните правой клавишей мыши по надписи **Все группы** и в появившемся списке выберите команду **Создать группу**.
9. В появившемся диалоговом окне задайте имя группы и тип элементов, входящих в группу.



10. В дереве конструктивных элементов отобразится вновь созданная группа. Чтобы добавить в нее конструктивные элементы кликните по ее

имени правой клавишей мыши, в появившемся списке выберите команду **Создать элемент** и в появившемся окне задайте имя элемента.



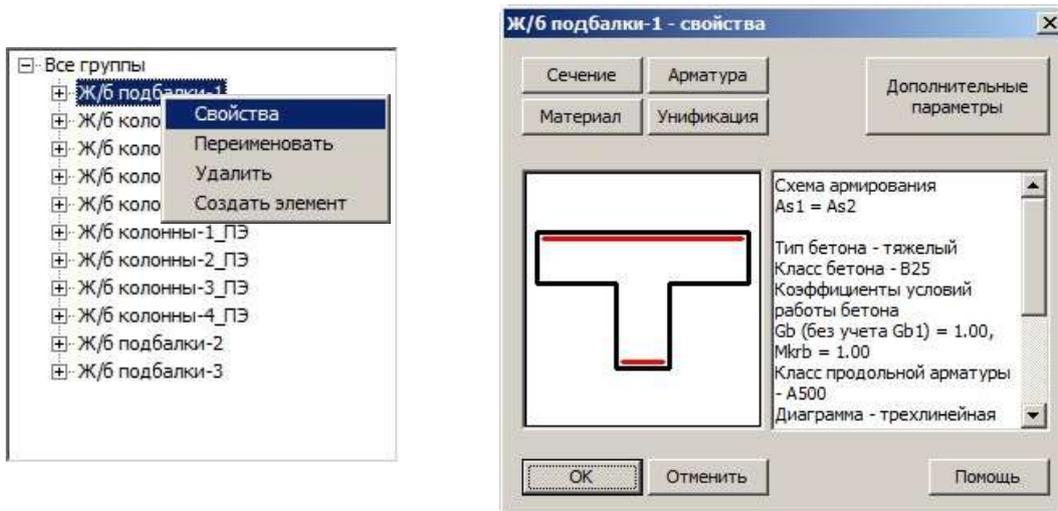
11. В окне **Задание элементов** укажите способ генерации элементов и установите опцию **Взять характеристики сечений из FE-модели**.
12. В рабочем окне выделите конечные элементы, которые необходимо отнести к одной колонне. Обратите внимание, что конечные элементы, входящие в состав других конструктивных элементов не могут быть выделены. Для того чтобы добавить конечные элементы в выделение или, наоборот, вычесть из выделения, используйте соответственно переключатели **+** и **-** в левом верхнем углу окна **Задание элементов**. Для завершения задания конструктивного элемента нажмите на кнопку **ОК**.
13. Аналогичным образом задайте остальные конструктивные элементы колонн и группы.
14. Поскольку согласно п. 6.2.12 СП 52-101-2003 значение b_f' в подбалках 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 4,5 м
Ж/б подбалки-2	Подбалки длиной 6,8 м
Ж/б подбалки-3	Подбалки длиной 7,8 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

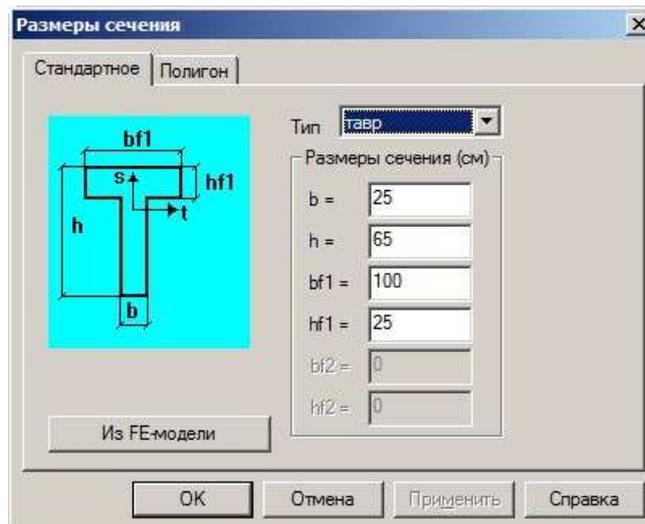
15. В поле отображения дерева конструктивных элементов кликните правой клавишей мыши по названию первой группы и в появившемся списке выберите команду **Свойства**.

16. 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.



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

18. 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.



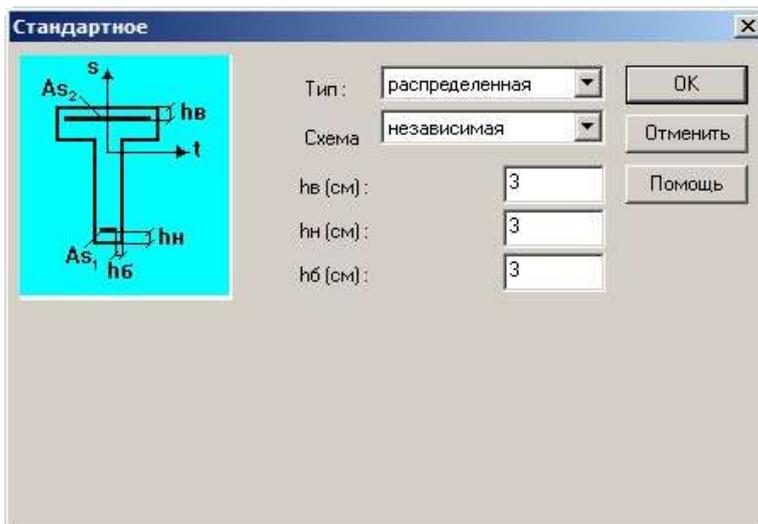
19. Обратите внимание, что в поле **bf1** необходимо изменить значение согласно рекомендациям СП 52-101-2003. Значения bf1 для различных групп подбалок приведены в таблице.

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

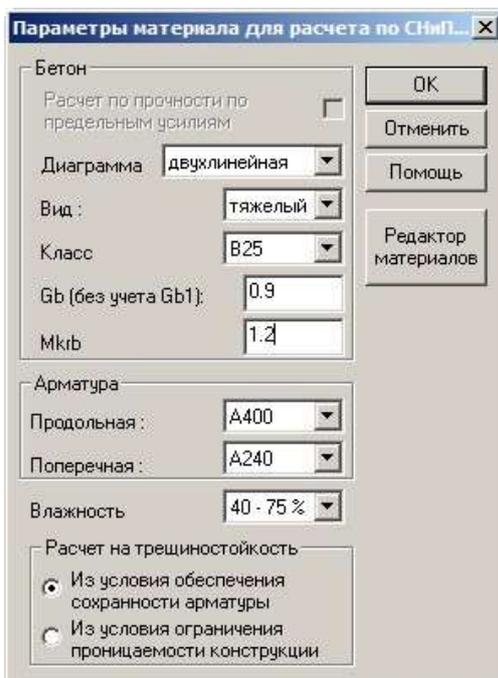
20. После задания всех значений нажмите на кнопку **OK**.

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

22. 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**.



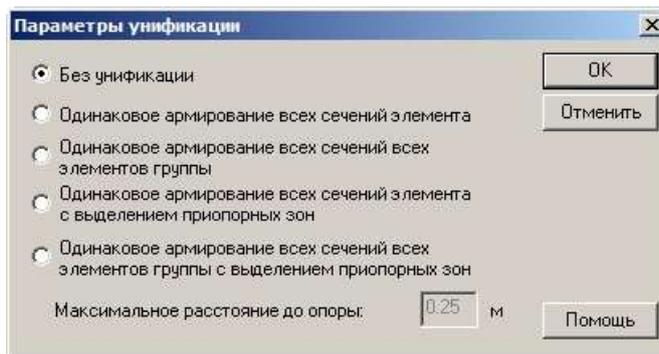
23. В окне **Ж/б подбалки-1 – свойства** нажмите на кнопку **Материал**.
24. В появившемся окне укажите свойства бетона и арматуры, необходимые для выполнения конструктивного расчета (данные указаны в задании), выберите тип расчета на трещиностойкость.



- ❑ **Mk1b** – значение коэффициента $m_{кр}$. (СНиП II-7-81* Таблица 7.)
- ❑ 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 (СП 52-101-2003 п.5.1.10.)

Советы & рекомендации

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

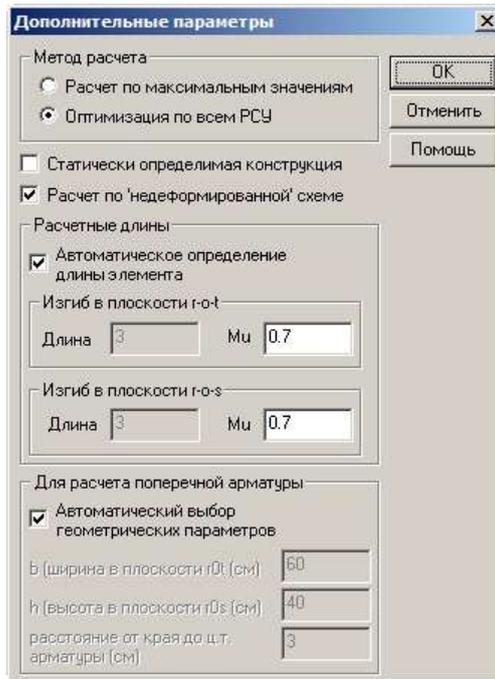


26. Нажав на кнопку **Дополнительные параметры**, Вы можете задать метод расчета и параметры для поперечной арматуры.

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

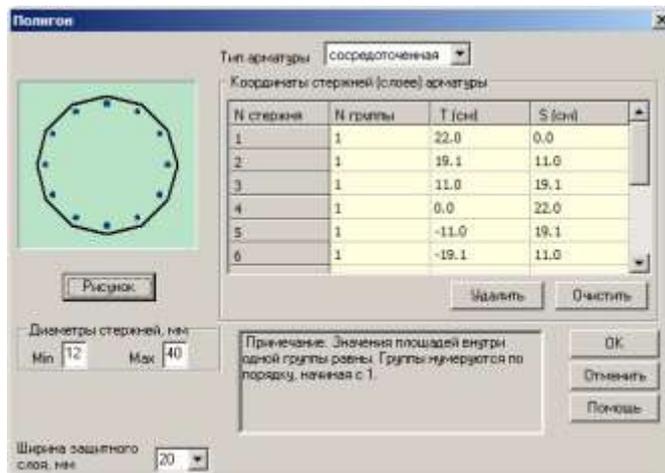
Оптимизация по всем РСУ означает, что программа последовательно станет проверять каждый конструктивный элемент, проверяя подобранную площадь арматуры, получив большую площадь, процесс проверки начнется заново. **Оптимизация по всем РСУ** – итерационный метод. Более продолжительный и более точный метод,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

27. Выберите метод расчета **Оптимизация по всем РСУ**.
28. Установите опцию **Автоматический выбор геометрических параметров** для расчета поперечной арматуры.
29. 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** .



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

31. 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.



Координаты расположения арматурных стержней приведены в таблице.

№ группы	T, см	S, см
1	22	0
1	19.1	11
1	11	19.1
1	0	22
1	-11	19.1
1	-19.1	11
1	-22	0
1	-19.1	-11
1	-11	-19.1
1	0	-22
1	11	-19.1

№ группы	T, см	S, см
1	19.1	-11

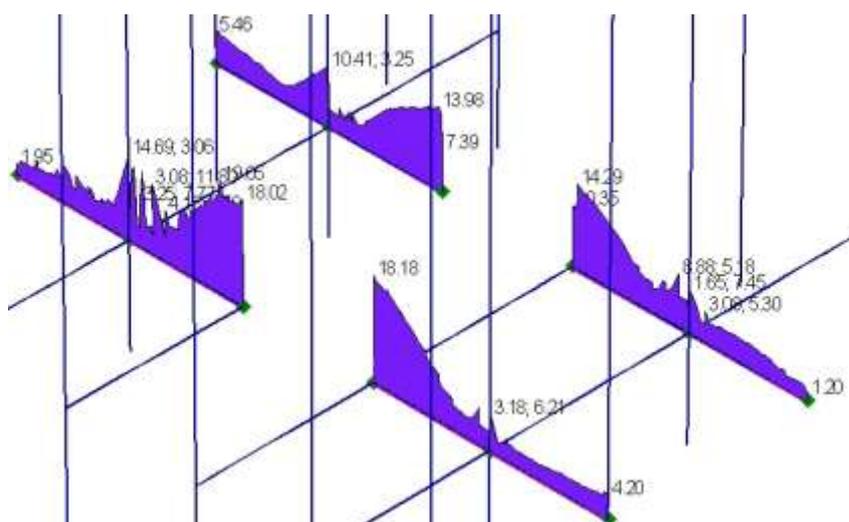
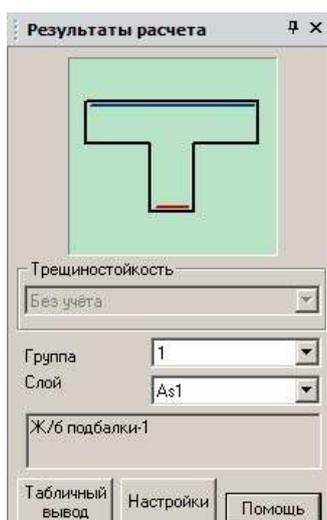
32. После задания всех параметров для конструктивного расчета для запуска расчета армирования нажмите кнопку **Расчет**. Во время выполнения расчета будет выдаваться протокол с результатами в табличном виде.

5.19.2 Просмотр результатов конструктивного расчета стержней

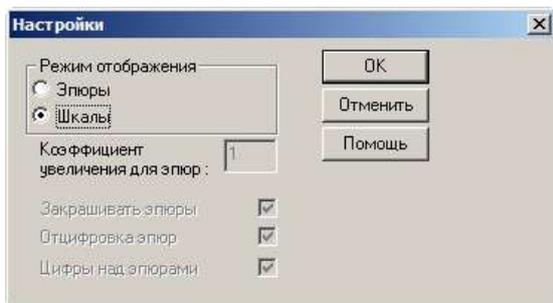
Шаг за шагом



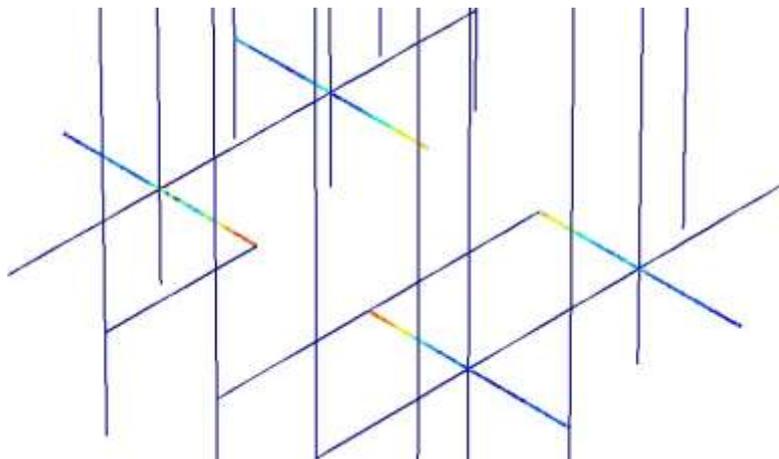
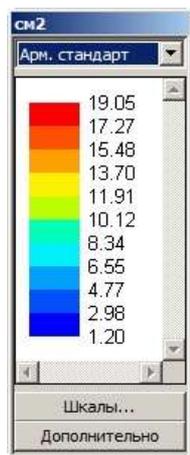
1. Вызовите команду **Армирование > Конструктивные элементы > Стержни > Армирование** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
2. В появившемся окне выберите группу конструктивных элементов и слой арматуры, для которых хотите просмотреть информацию. В рабочем окне отобразится армирование стержней в виде эпюр.



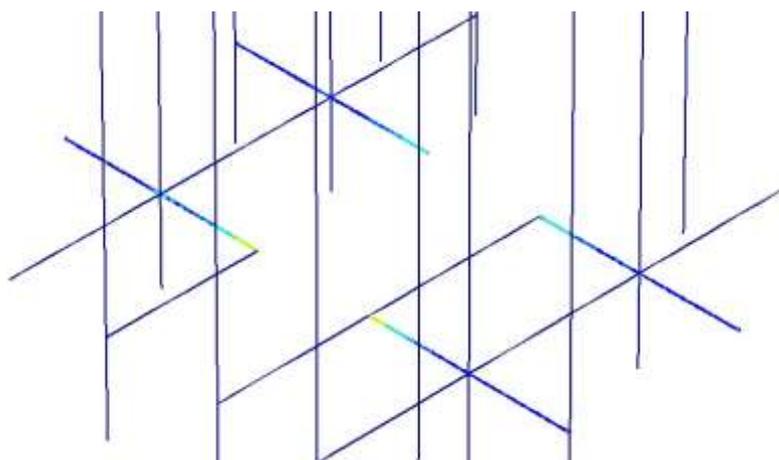
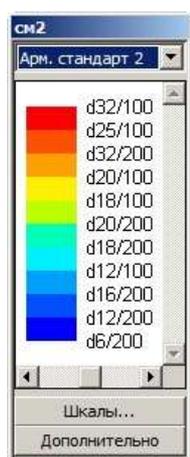
3. Для изменения параметров отображения армирования нажмите на кнопку **Настройки** в окне **Результаты расчета**.
4. В окне **Настройки** выберите режим отображения **Шкалы** и нажмите на кнопку **ОК**.



В рабочем окне армирование стержней отобразится в виде заливки.



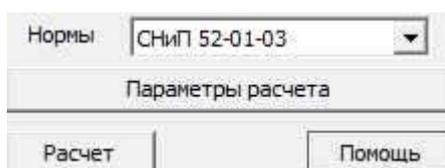
5. В окне отображения шкалы можно выбрать способ оцифровки шкалы: в виде площади сечения арматуры или в виде диаметр/шаг арматуры.



5.19.3 Задание конструктивных элементов для оболочек

1. Включите отображение всей модели (см. п.5.5.3).
2. Вызовите команду меню **Армирование > Конструктивные элементы > Плиты, стены, оболочки > Задание групп** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
3. В появившемся окне **Конструктивные элементы** укажите нормы, согласно которым будет выполняться конструктивный расчет, и тип расчета.

Шаг за шагом



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.

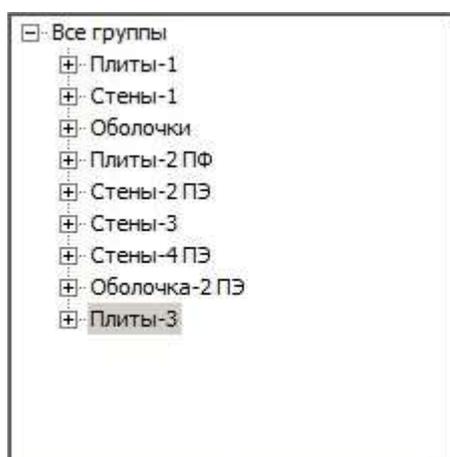
5. Поскольку стены подвального этажа имеют отличную от стен типовых этажей расчетную длину, то для них необходимо создать отдельные группы.
6. Следуя указаниям, описанным в п.5.19.1, удалите из созданных групп элементы с отличными от остальных элементов группы расчетными характеристиками. Создайте новые группы конструктивных элементов. В отдельные группы необходимо фундаментную плиту, стены подвального этажа, стены лифтовых шахт и межэтажные площадки лестничных клеток.

Советы & рекомендации

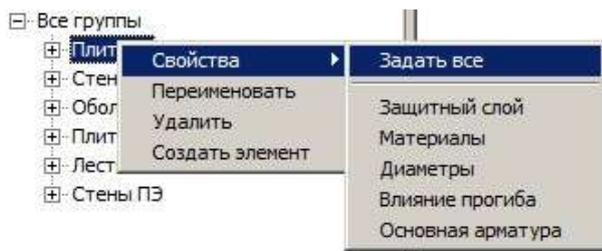
- Для удобства перемещения конструктивных элементов из одной группы в другую сначала удалите один конструктивный элемент из группы, а затем создайте в другой группе новый конструктивный элемент и в рабочем окне рамкой выделите область модели, где находится данный конструктивный элемент. Поскольку все остальные конечные элементы входят в состав других конструктивных элементов, то выделяются только необходимые Вам элементы.

Состав групп конструктивных элементов приведен в таблице.

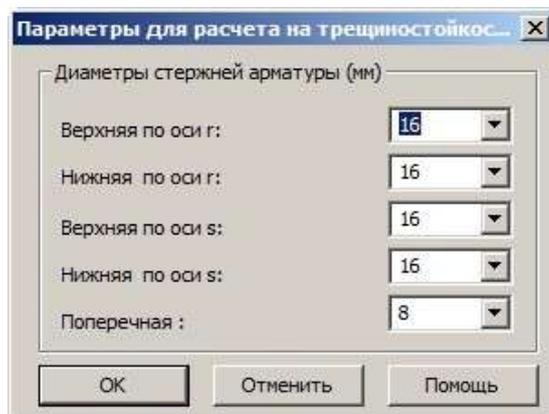
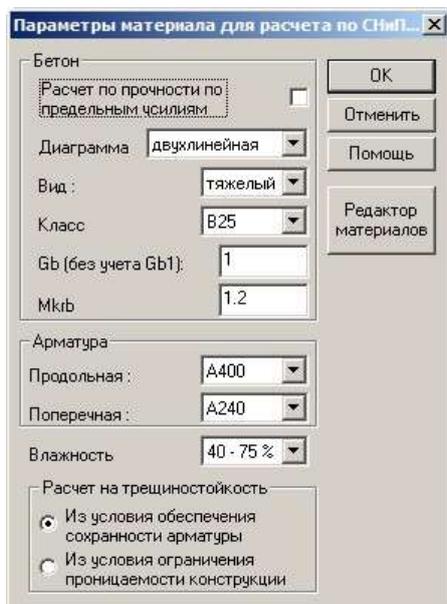
Группа конструктивных элементов	Состав группы
Плиты-1	Плиты перекрытий
Плиты-2 ПФ	Фундаментная плита
Плиты-3	Межэтажные площадки лестничных клеток
Стены-1	Стены типовых этажей толщиной 300 мм
Стены-2 ПЭ	Стены лифтовых шахт на подвальном этаже толщиной 200 мм
Стены-3	Стены лифтовых шахт на типовых этажах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



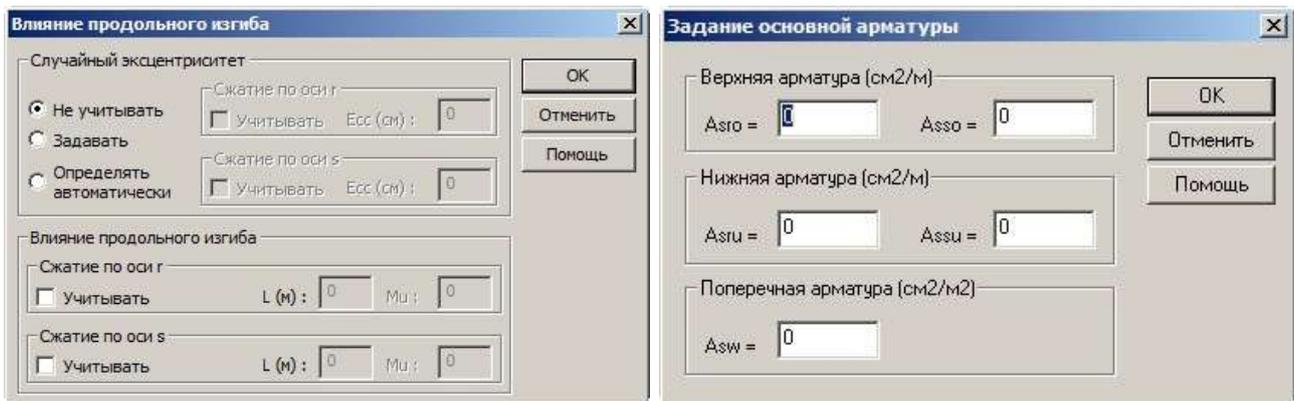
7. Задайте расчетные характеристики для каждой группы конструктивных элементов. Для этого кликните правой клавишей мыши по названию группы и перейдите по вкладкам выпадающего меню **Свойства > Задать все**. Укажите толщины защитного слоя арматуры



8. Вызовите диалог **Параметры материала для расчета по СНиП**, 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 **OK**.
13. Для выполнения расчета нажмите кнопку **Расчет**.



5.19.4 Просмотр результатов конструктивного расчета оболочек

Шаг за шагом

1. Установите видимость только верхней плиты перекрытия (см. п.5.5.1).
2. Вызовите команду **Армирование > Конструктивные элементы > Плиты, стены, оболочки > Результаты**.
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 кнопки в верхней планке окна Переключатели.

Обозначения армирования:

Asro – верхняя арматура в направлении оси r ;

Asso - верхняя арматура в направлении оси s ;

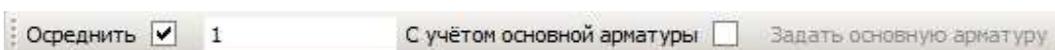
Asru - нижняя арматура в направлении оси r ;

Assu - нижняя арматура в направлении оси s ;

Assw – поперечная арматура.



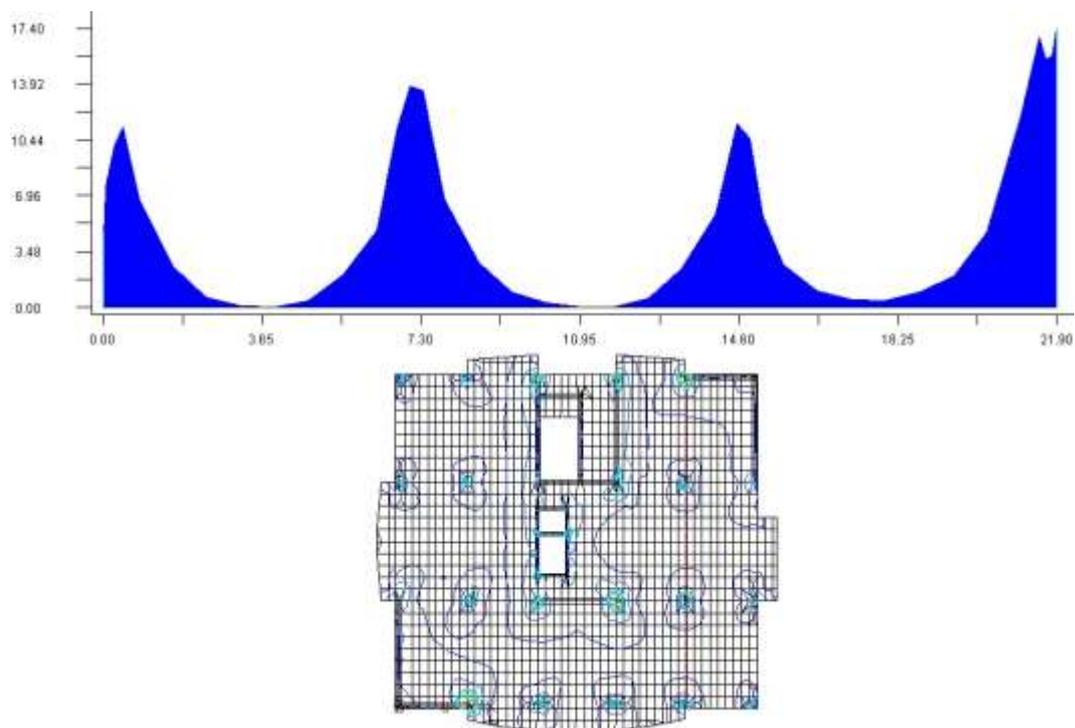
5. Установите вид сверху, кликнув на кнопку **XY-проекция**.
6. Включите режим отображения армирования в виде изополей, нажав на кнопку **FI** в окне **Переключатели**.
7. В верхней панели инструментов установите опцию **Осреднить** и задайте ширину полосы осреднения равной 1 м.



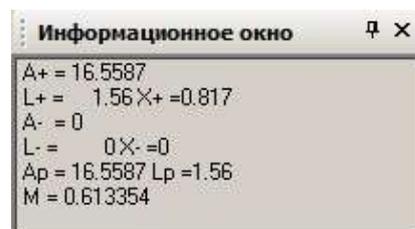
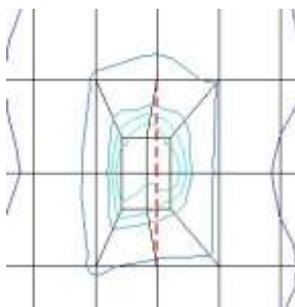
8. Обратите внимание, что схема распределения арматуры несколько изменилась. Благодаря распределительной способности железобетона для упрощения работы с пиковыми значениями арматуры можно использовать функцию осреднения, которая позволяет использовать получить в узлах значение арматуры, осредненное по полосе. Ширина полосы определяется пользователем.

9. Выберите режим отображения результатов по сечению, кликнув по кнопке **S** в окне **Переключатели**.
10. При активной опции **Сечение по линии** в рабочем окне укажите две точки, расположенные на оси колонн, через которые хотите провести сечение.

2



11. Зажмите клавишу Ctrl и кликните правой клавишей мыши в рабочем окне. В появившемся списке выберите команду **Сечение > Линия-отрезок**.
12. Укажите две точки, расположенные на оси колонн и расположенные рядом с одной из колонн.
13. Установите переключатель на отображение верхнего армирования в направлении перпендикулярном направлению сечения.



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;

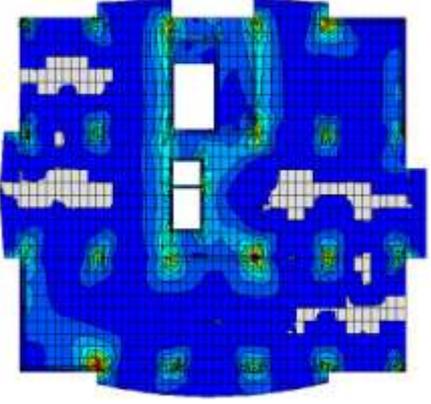
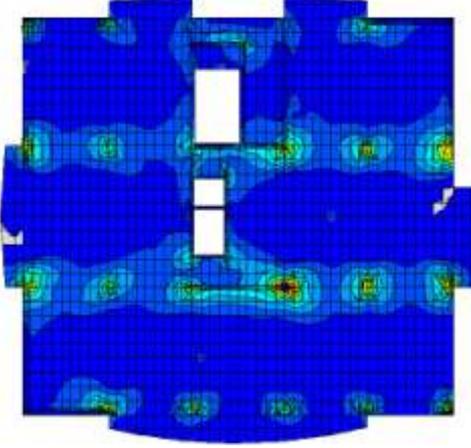
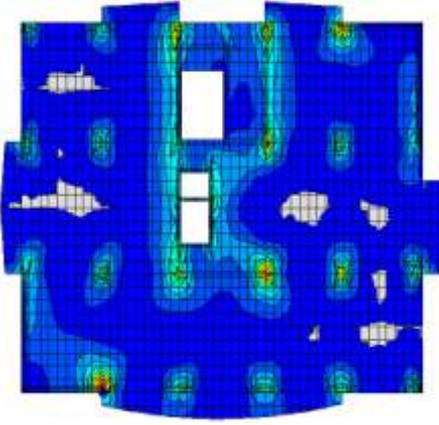
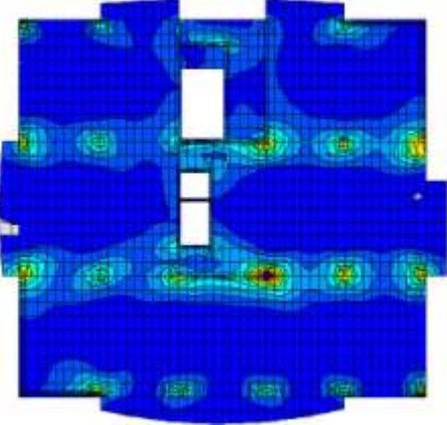
Ap – площадь полной эпюры;

Lp – длина полной эпюры;

M – момент эпюры.

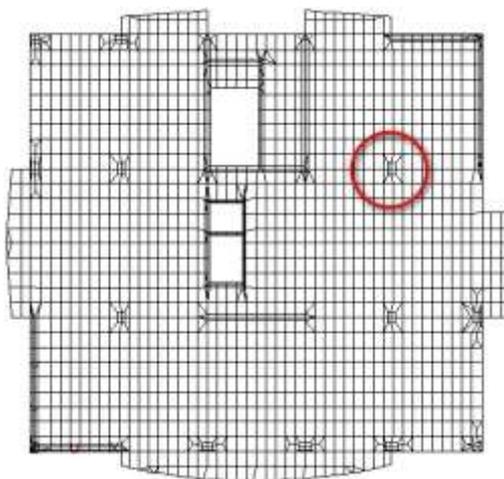
Функция подсчета площадей эпюр позволяет определить суммарную площадь сечения арматуры на данном участке плиты.

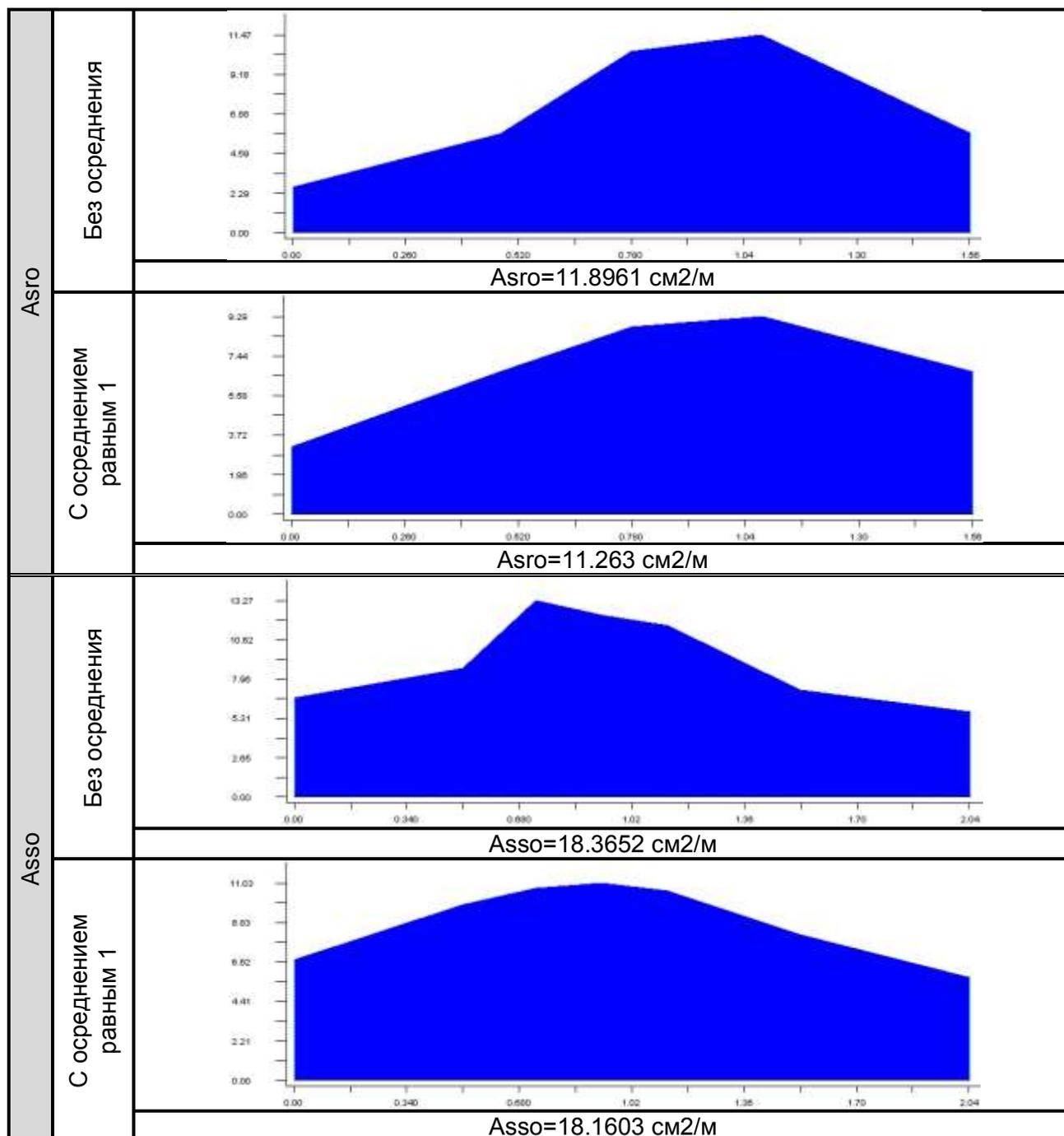
Результаты сравнения армирования плиты перекрытия с учетом осреднения и без него приведены в таблице.

	Asro	Asso
Без учета осреднения		
С учетом осреднения		

Распределение арматуры

Рассмотрим более подробно арматуру в указанной области





5.20 Расчет прогибов плиты перекрытия с учетом трещинообразования в бетоне

Расчет прогибов выполняем при действии нормативной постоянной и длительной нагрузки с использованием нормативных характеристик материалов по СП 52-101-2003, соответствующих длительному нагружению.

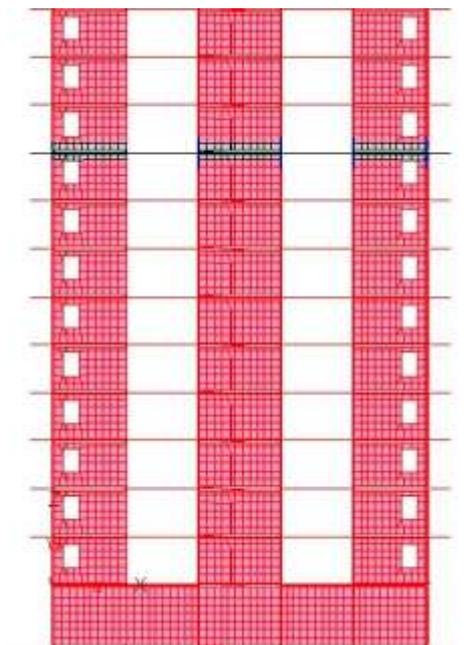
5.20.1 Копирование перекрытия в отдельный FEA-проект

1. Установите для модели вид спереди, кликнув по иконке **XZ-проекция** в верхней панели инструментов.

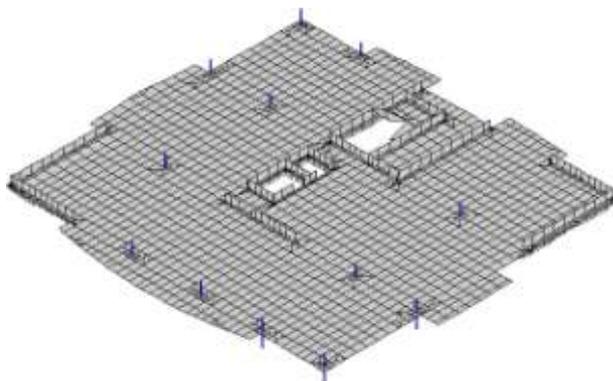
Шаг за шагом



2. Вызовите команду **Фрагмент > Сечение > Установка**. При активных опциях **Box** и **Krz** 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.



3. Сохраните фрагмент для дальнейшего анализа, нажав на кнопку **Сохранить фрагмент** в окне **Список доступных фрагментов**.
4. Выйдите из режима создания фрагментов, кликнув правой клавишей в области окна **Меню**.
5. Перейдите в полный проект. Для этого вызовите команду **Сервис > Полный** или кликните по соответствующей иконке в верхней панели инструментов. 
6. В окне полного проекта вызовите команду **Сервис > Вставка** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов. 
7. В рабочем окне отобразится фрагмент каркаса монолитного здания, который был выделен в частичном проекте. Для сохранения данного фрагмента как отдельного FEA-проекта вызовите команду **Слияние > Макрометод** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов. 
8. В окне **Переключатели** нажмите на кнопку **Старт**.
9. В появившемся окне укажите размещение и название создаваемого FEA-проекта.
10. При нажатии на кнопку **Сохранить** будет загружен только что созданный Вами FEA-проект.

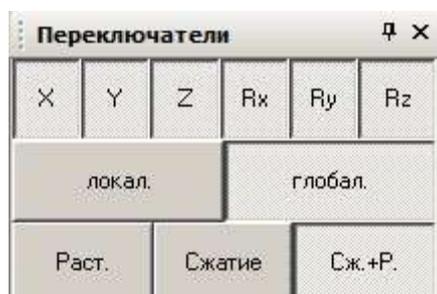


5.20.2 Задание краевых условий

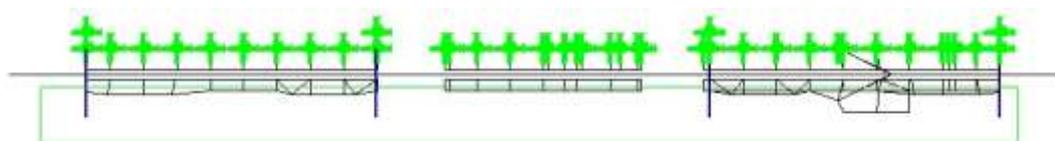
Шаг за шагом



1. Установите вид сбоку **YZ-проекция**, кликнув на соответствующую команду на панели команд.
2. Перейдите по вкладкам **Правка > Кр.усл,КОPL,RIGI,RBKF... > Краевые условия > Узловые общ. Типа > Установка**. Либо кликните по соответствующей команде на панели задач.
3. Установите переключатели так, чтобы были активны все усилия по всем направлениям.



4. Кликните по информационному окну и задайте значение жесткости в появившемся диалоге. 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 элементы, не принадлежащие плите. То есть необходимо закрепить элементы колонн и стен.
6. При помощи опции **BOX** и **KRZ** выделите необходимые элементы.
7. Для завершения команды кликните правой клавишей мыши на поле **Меню** или нажмите на команду **Назад**.



5.20.3 Передача перемещений

С целью отражения реальной работы перекрытия в составе каркаса здания в введенные связи необходимо добавить перемещения, полученные в соот-

ветствующих узлах, при расчете всего каркаса.

8. Вызовите команду **Правка > Нагрузки > Осадки > Осадки в опорах > Опор общего вида > Копировать** или кликните по соответствующей иконке правой клавишей мыши и в появившемся списке выберите **Осадки в опорах > Опор общего вида > Копировать**.
9. При активной опции **Вох** в рабочем окне рамкой выделите все введенные связи.
10. По окончании выделения появится окно **Копирование нагрузок в проект**. Выберите для копирования все нагружения и по всем направлениям.

Шаг за шагом



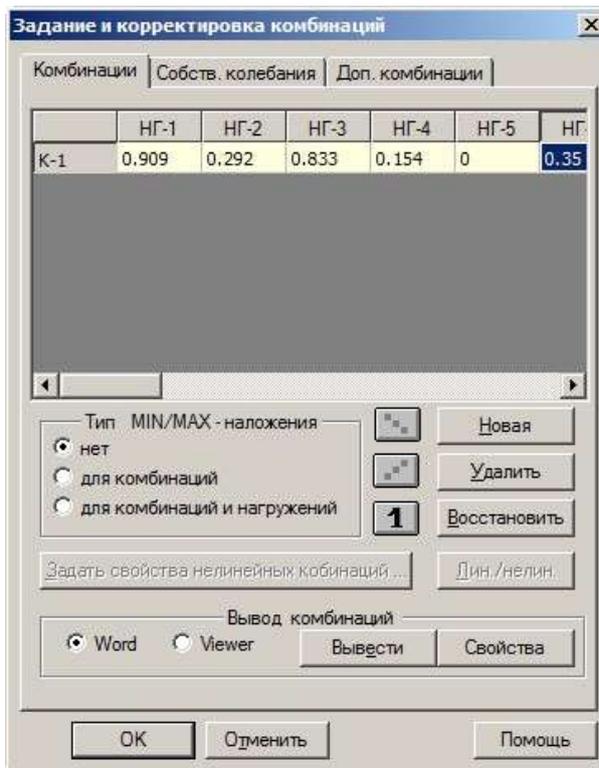
11. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.

5.20.4 Создание комбинации нагружений

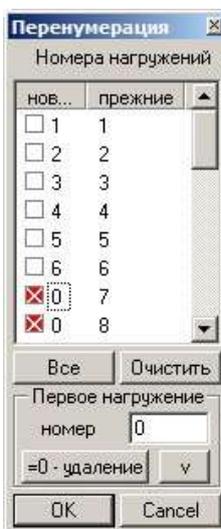
1. Вызовите команду **Результаты > Комбинации**.
2. Удалите ненужные комбинации при помощи кнопки **Удалить**.
3. Поскольку прогибы плиты согласно п.2 таблицы 19 СНиП 2.01.07-85* должны определяться от действия постоянных и временных длительных нагрузок, в таблице **Комбинации** задайте комбинацию, состоящую из вертикальных нагрузок на перекрытие с коэффициентами, равными K_d/K_n , а коэффициенты для остальных, в том числе ветровых и сейсмических нагружений, задайте равным 0. Здесь K_d – коэффициент длительности. K_n – коэффициент надежности по нагрузке.

Шаг за шагом

	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 **Правка > Нагрузки > Нагружения > 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, подождите около секунды и кликните повторно (стандартный прием в Microsoft Windows для переименования файла). Номер нагружения станет редактируемым. Впишите новый номер нагружения, не равный нулю. Таким образом сохраните все необходимые нагружения.



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

5.20.5 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.

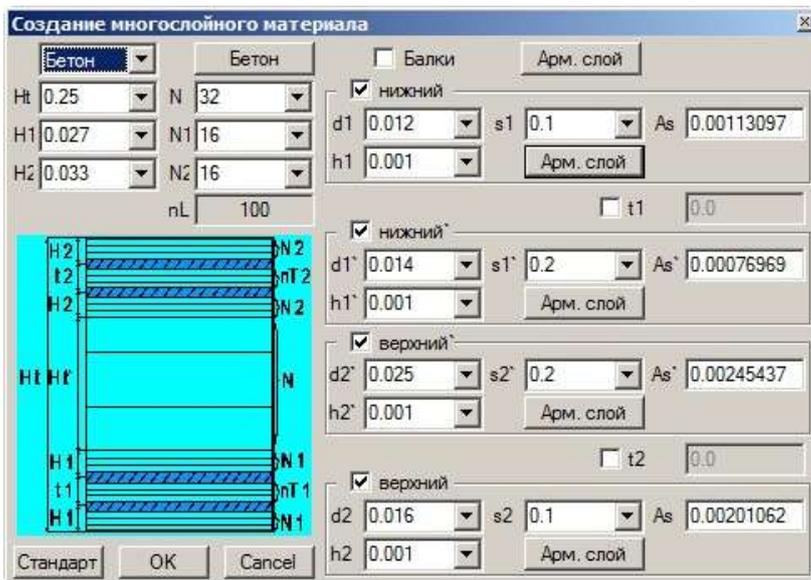
Прежде чем начать задание слоистых материалов необходимо определиться с армированием плиты перекрытия. Нелинейный расчет прогибов плиты с учетом трещинообразования должен выполняться на основе данных по действительному армированию, принятому в результате конструирования.

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		r	s	r	s
Верхняя арматура	диаметр, мм	25	16	12	12
	шаг, мм	200	100	100	100
Нижняя арматура	диаметр, мм	12	14	12	14
	шаг, мм	100	200	150	175

Шаг за шагом

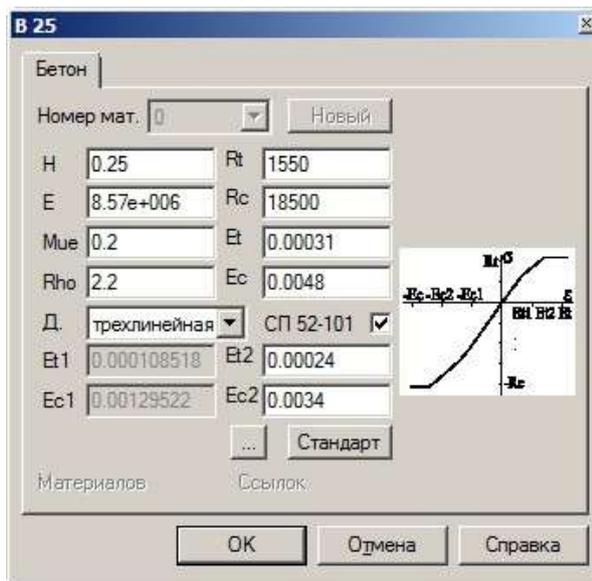
1. Установите для модели вид сверху, кликнув по иконке **XY-проекция** в верхней панели инструментов.
2. Вызовите команду **Фрагмент > Материал > Установка**. Кликните по плите перекрытия.
3. Завершите выделение фрагмента, кликнув правой клавишей мыши в области окна **Меню**.
4. Вызовите команду **Правка > Материал > Редактирование** или кликните правой клавишей мыши по соответствующей иконке и в появившемся списке выберите **Редактирование**. 
5. В появившемся диалоговом окне **Материалы** перейдите на вкладку **Слоистый** и создайте новый материал, нажав на кнопку **Новый**.
6. Для перехода в диалог **Создание многослойного материала** нажмите на кнопку **Расчет**.
7. 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.

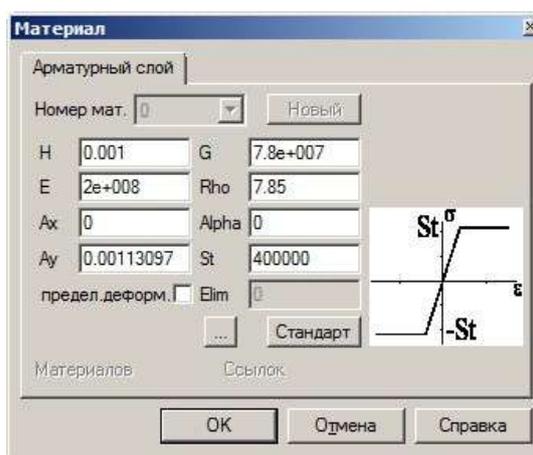
8. Для задания характеристик бетона нажмите на кнопку **Бетон**.



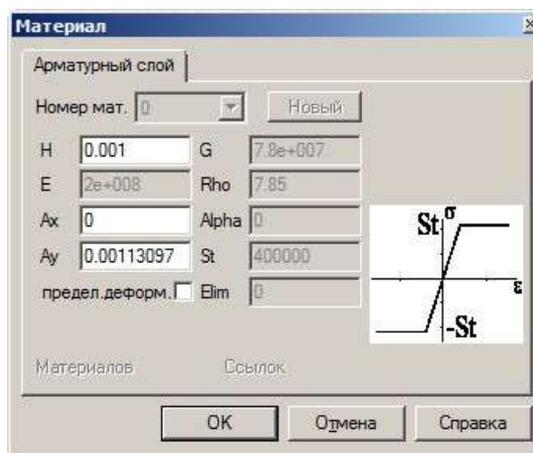
9. В появившемся окне укажите толщину перекрытия $H=0,25$ м; модуль упругости $E=8,57e+006$ кН/м² (см. п.5.1.13 СП 52-101-2003); коэффициент Пуассона $Mue=0,2$ (п.5.1.15 СП 52-101-2003); плотность бетона $Rh0=2,2$ т/м³; нормативное сопротивление бетона растяжению $Rt=1550$ кН/м² (таблица 5.1 СП 52-101-2003); нормативное сопротивление сжатию $Rc=18500$ кН/м² (таблица 5.1 СП 52-101-2003); предельная деформация растяжения $Et=0,00031$ (таблица 5.6 СП 52-101-2003); предельная деформация сжатия $Es=0,0048$ (таблица 5.6 СП 52-101-2003); $Et2=0,00024$ (таблица 5.6 СП 52-101-2003); $Es2=0,0034$ (таблица 5.6 СП

52-101-2003). Тип диаграммы укажите как **трехлинейная**. Установите опцию **СП 52-101**.

10. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.
11. 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.
12. В появившемся окне укажите толщину арматурного слоя **H=0,001 м**; модуль упругости **E=2e+008 кН/м²** (п.5.2.10 СП 52-101-2003); модуль сдвига **G=7,8e+007 кН/м²** (таблица 63 СНиП II-23-81*); плотность стали **Rh0=7,85 т/м³** (таблица 63 СНиП II-23-81*); предел текучести **St=400000 кН/м²** (таблица 5.7 СП 52-101-2003).



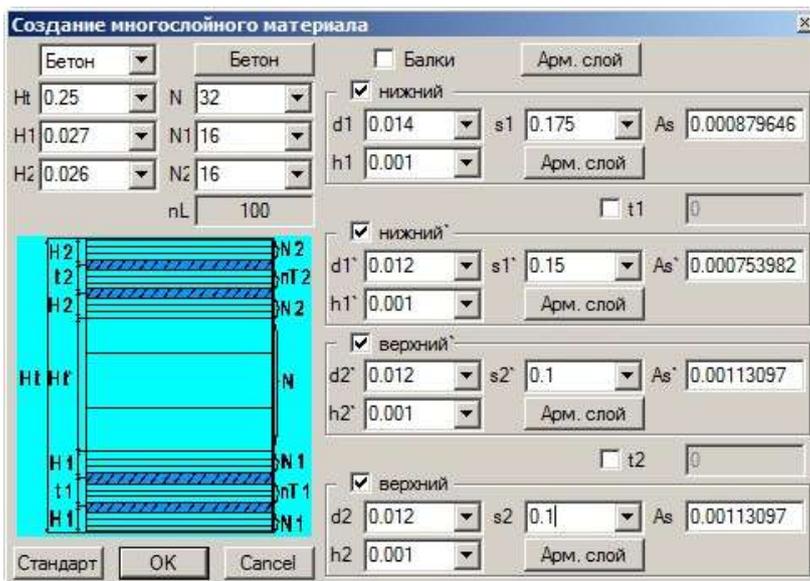
13. Ввод данных подтвердите нажатием на кнопку **ОК**.
14. Нажмите на вторую сверху кнопку **Арматурный слой**. Обратите внимание, что ненулевая площадь арматуры задана только в направлении оси Y. Убедитесь, что арматура задана в нужном направлении.



15. Аналогично проверьте правильность задания направления арматуры для остальных арматурных слоев.
16. Для завершения задания нового материала в окне **Создание многослойного материала** нажмите на кнопку **ОК**.

Советы & рекомендации

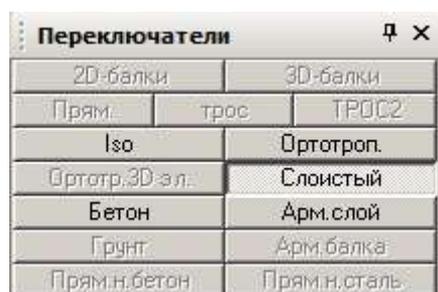
17. В окне **Материалы** в поле **Слой** будут отображены автоматически созданные слои.
 - Для редактирования свойств слоя дважды кликните левой клавишей мыши по интересующему Вас слою.
 - При редактировании свойств одного слоя, слои, имеющие такой же номер материала, также будут автоматически изменены.
18. Для создания слоистого материала, соответствующего материалу в пролетных зонах в окне **Материалы** нажмите на кнопку **Копия**.
19. Нажмите на кнопку **Расчет** и отредактируйте свойства многослойного материала в соответствии с принятым армированием. Обязательно проверьте характеристики бетонных и арматурных слоев.



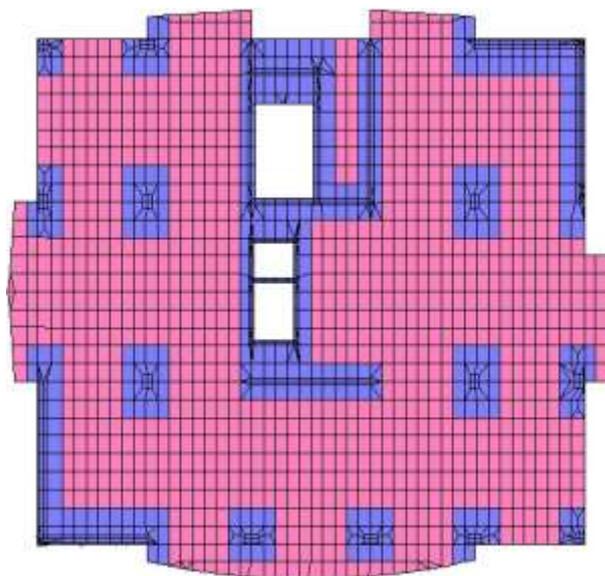
20. Для завершения задания нового материала нажмите на кнопку **ОК**.



21. Вызовите команду **Правка > Материал > Установка** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
22. В окне **Переключатели** выберите тип материала **Слоистый**.



23. Кликните левой кнопкой мыши в области **Информационного окна** и в появившемся диалоге укажите номер материала, соответствующего слоистому материалу в надпорных зонах.
24. При активной опции **Box** рамкой выделите элементы, относящиеся к надпорным зонам.

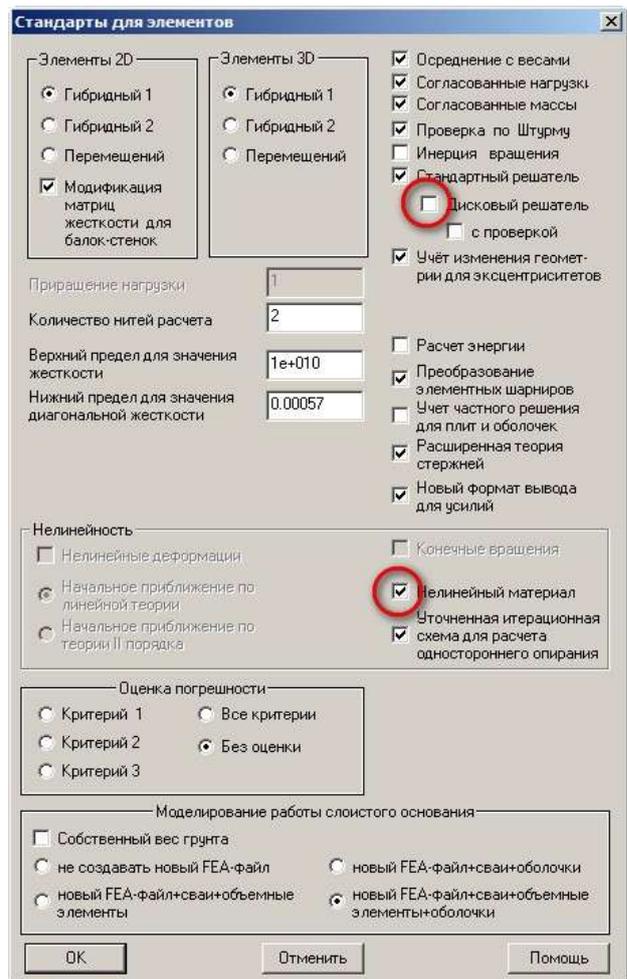


25. По окончании выделения дважды кликните правой клавишей мыши в области окна **Меню**.
26. Вызовите команду **Фрагмент > Материал > Установка**. Кликните по плите перекрытия в пролетной зоне.
27. Вызовите команду **Правка > Материал > Установка**.
28. В окне **Переключатели** выберите тип материала **Слоистый**.
29. Кликните левой кнопкой мыши в области **Информационного окна** и в появившемся диалоге укажите номер материала, соответствующего слоистому материалу в пролетных зонах.
30. При активной опции **Вох** рамкой выделите все элементы.
31. Для завершения задания материалов дважды кликните правой клавишей мыши в области окна **Меню**.

5.20.6 Выполнение нелинейного расчета и анализ результатов

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

Шаг за
шагом

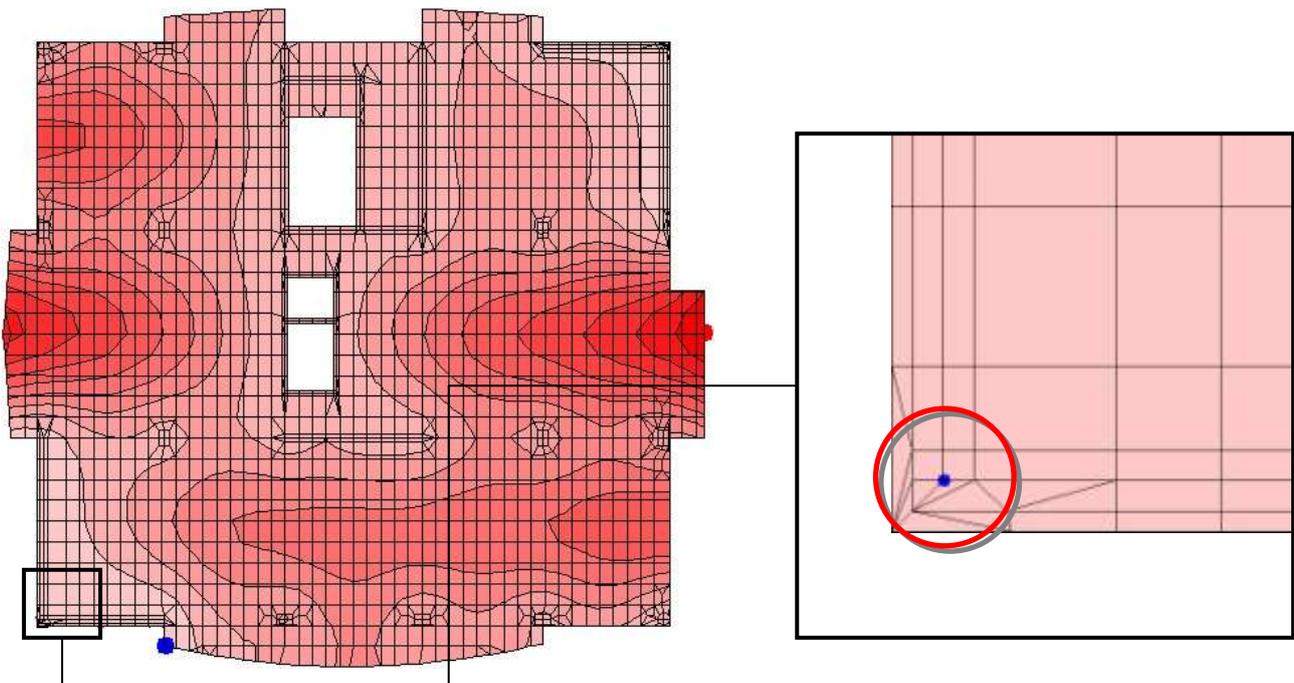


2. На вопрос сохранить ли изменения в проекте ответьте утвердительно.
3. В диалоге **Выбор типа расчета** во вкладке **Стандарты** снимите галочку с опции **Дисковый решатель**.
4. Установите галочку на опции **Нелинейный материал**.
5. В диалоге **Выбор типа расчета** установите галочку на опции **Превышение итераций**.
6. Укажите число итераций равным 20.
7. По окончании расчета загрузится FEA-проект.
8. Вызовите команду **Результаты > Графика > Деформации** или кликните по соответствующей иконке в левой панели инструментов.
9. В окне **Переключатели** включите режим отображения деформаций в виде изополей, а также установите переключатель на показ перемещений по оси z.

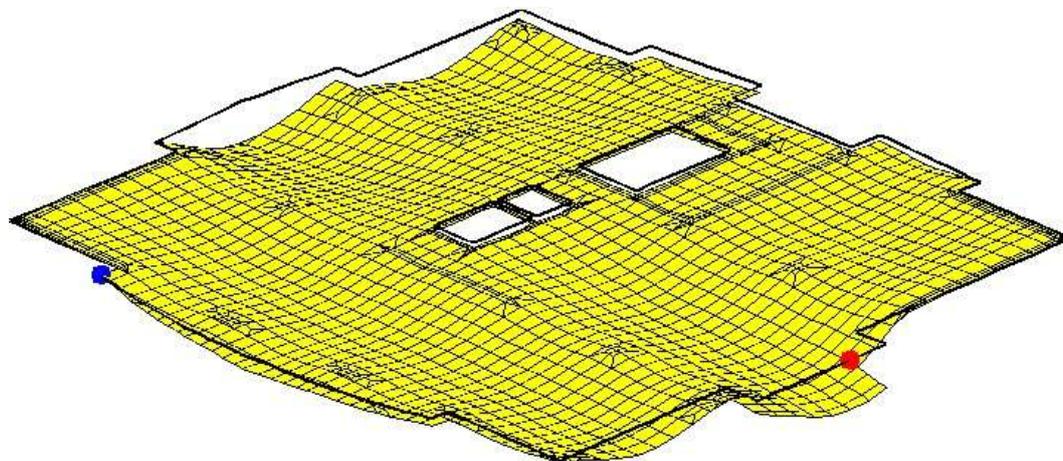
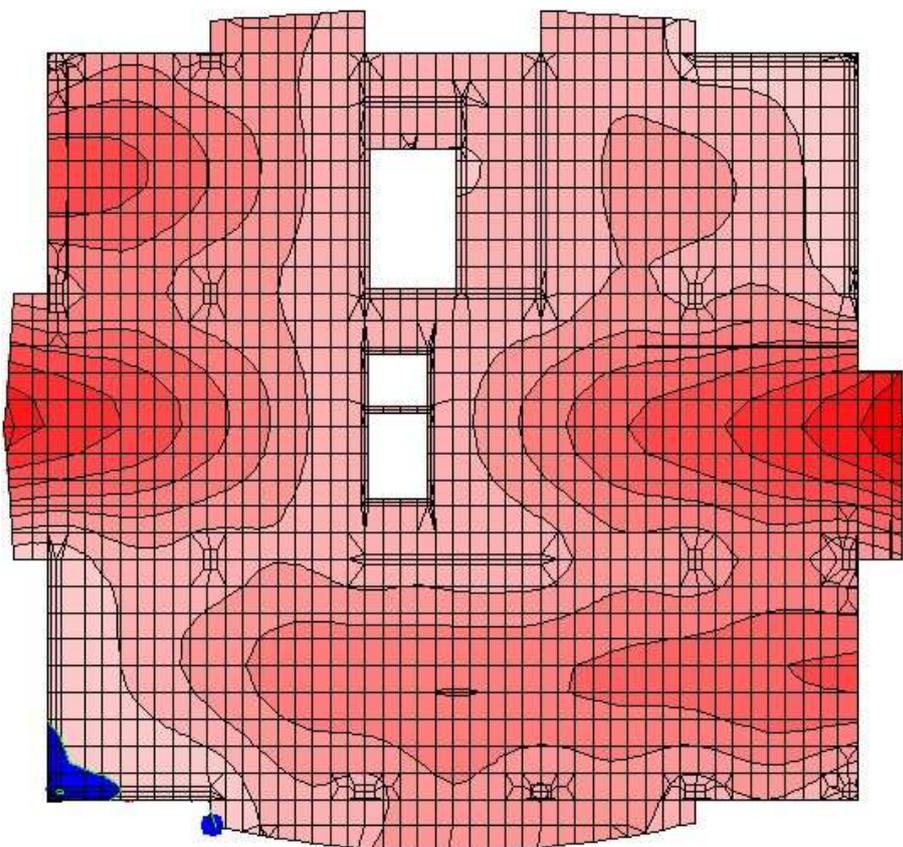




10. Сделайте активной опцию **Показ относительных перемещений**, кликнув по соответствующей иконке в верхней панели инструментов. оп
11. Кликните по иконке **Задать узел** для показа относительных перемещений в верхней панели инструментов. иконка
12. В рабочем окне укажите узел, расположенный на пересечении 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 17,1 мм и не превысил предельно допустимое значение, равное 36,3 мм (п.2 таблицы 19 СНиП 2.01.07-85*).



Max: Узел=64, Uz=0.184532 мм Min: Узел=155, Uz=-17.0624 мм

Советы & рекомендации

- Если выполнить линейный статический расчет этой же модели без учета образования трещин, т.е. отключив опцию **Нелинейный материал** в окне **Стандарты** в параметрах общего расчета, максимальный прогиб плиты составит 14,6 мм и будет недооценен в 1,171 раза.

6 Библиографический список

1. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). - М. : ЦНИИПромзданий, 2005 г. стр. 214.
2. МГСН 4.19-2005 "Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий комплексов в городе Москве". - М. : Москомархитектура, 2005 г. стр. 126.
3. СНиП 2.01.07-85* "Нагрузки и воздействия". - М. : ГУП ЦПП, 2003 г. стр. 44.
4. СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения". - М. : ГУП ЦПП, 2003 г. стр. 54.
5. СНиП II-7-81* "Строительство в сейсмических районах". - М. : ЦПП, 2002 г. стр. 44.
6. СП 31-114-2004 "Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах". - М. : ЦПП, 2005 г. стр. 41.
7. СП 52-101-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры". - М. : ЦПП, 2004 г. стр. 54.
8. В.Н. Симбиркин С.О. Курнавина Статический и динамический расчет железобетонных монолитных каркасов зданий с помощью программного комплекса STARK ES - М. 2007г.