**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Д.Е. Страхов

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПЛИТНЫМ ФУНДАМЕНТОМ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ САПФИР И ЛИРА-САПР

Учебно-методическое пособие

Казань
2018

УДК 624.9:624.04
ББК 38.4:38.5
С83
Страхов Д.Е.
С83 Конструирование и расчет пространственного железобетонного каркаса многоэтажного монолитного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР: Учебно-методическое пособие / Д.Е. Страхов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архтект.-строит. ун-та, 2018. – 99 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В учебно-методическом пособии даны требования и рекомендации к выполению расчетной работы по дисциплине «Строительная механика». Приведен обучающий пример с применением программного комплекса САПФИР и ЛИРА-САПР (общедоступная некоммерческая версия) для расчета модели каркаса монолитного железобетонного здания с плитным фундаментом, позволяющий студентам освоить интерфейс программы, особенности компьютерного моделирования и анализа результатов расчетов. Представлен пример оформления пояснительной записки.

Учебно-методическое пособие рекомендовано для студентов архитектурных и строительных специальностей, направлений подготовки 07.03.01, 08.03.01, 08.04.01, 08.05.01, 09.03.02 при выполнении расчетных работ, курсовых и дипломных проектов.

Рецензенты:
Кандидат технических наук, заведующий кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования
Д.М. Кордончик
Директор ООО «АРТТЕХПРОЕКТ»
А.И. Мачульский

УДК 624.9:624.04
ББК 38.4:38.5

© Казанский государственный архитектурно строительный университет, 2018

© Страхов Д.Е., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 5
ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ 14
ПРИМЕР 16
Этап 1. Создание новой задачи 19
Этап 2. Корректировка свойств этажа 23
Этап 3. Создание координационных осей 24
Этап 4. Создание колонн 26
Этап 5. Создание несущих стен 31
Этап 6. Установка дверных проемов 33
Этап 7. Создание ненесущих стен (ограждающие конструкции) 35
Этап 8. Установка оконных проемов 37
Этап 9. Создание фундаментной плиты 38
Этап 10. Создание плиты перекрытия 39
Этап 11. Копирование этажей 40
Этап 12. Создание загружений 41
Этап 13. Задание коэффициэнтов постели 44
Этап 14. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ 44
Этап 15. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР 50
Этап 16. Открытие расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР 52
Этап 17. Задание параметров материалов элементам схемы 54
Этап 18. Напряженно-деформированное состояние, анализ результатов расчета 61
Этап 19. Анализ результатов расчета и конструирования колонн 63
Этап 20. Анализ результатов расчета и конструирования плит перекрытий 68
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 79
Приложение 1 Определение нагрузок на здание 80
Приложение 2 Определение коэффициентов постели плитного фундамента 83
Приложение 3 Пример оформления пояснительной записки 84

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшнее время метод конечных элементов является самым распространенным инструментом, лежащим в основе значительного большинства современных программных комплексов, таких как ЛИРА-САПР, MicroFe (микрофе), STARK ES (старк), SCAD и т.д.

Выбор в качестве «решателя» программного комплекса ПК ЛИРА-САПР с встроенным сопроцессором САПФИР-КОНСТРУКЦИИ обусловлено общедоступной некоммерческой версией данного продукта, размещенного на официальном сайте производителя данного программного обеспечения. А также тем, что данный продукт имеет тесную связь с архитектурными программами ArchiCAD, REVIT, Allplan и самостоятельный мощный инструментарий формообразования и построения различных аналитических моделей. Следует отметить, что разработка и дальнейшее совершенствование ПК ЛИРА-САПР ведется с учетом его интеграции в технологическую линию BIM-технологий (принципиально новый подход в архитектурно-строительном проектировании, заключающийся в создании компьютерной модели здания, несущей в себе все сведения о будущем объекте – Building Information Model).

В современном строительстве более шестидесяти процентов по объему возводимых конструкций составляют здания и сооружения из монолитного железобетона. Расчет таких сооружений в настоящее время производится с помощью программных средств, позволяющих в автоматизированном режиме выполнять большое количество сложных вычислений, включая расчеты напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций с учетом различных видов нагружений, последовательности возведения конструкции, особенностей взаимодействия ее отдельных элементов и т.д. В основе большинства расчетных программ заложен метод конечных элементов (МКЭ), позволяющий перейти от простых упрощенных моделей к более сложным, наиболее полно учесть геометрию конструкции, параметры материалов, грунтового основания, условия загружения, тем самым получая результаты, достаточно точно согласующиеся с работой конструкции в реальных условиях. Кроме того, применение программных комплексов позволяет в значительной мере сократить время проведения расчетов.

В пособии даны требования и рекомендации к выполению расчетной работы по дисциплине «Строительная механика», приведен обучающий пример формирования расчетной модели монолитного каркасного здания с плитным фундаментом в структуре программ САПФИР и ЛИРА-САПР, позволяющий освоить интерфейс программы, а также изучить механизмы создания компьютерных моделей сооружений и особенности анализа результатов расчета. Приведены справочные данные по сбору нагрузок на здание, представлен пример оформления пояснительной записки.

Пособие может быть использовано также студентами строительных специальностей при выполнении дипломных и курсовых проектов.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Дано 9-этажное здание с плитным фундаментом, выполненное из монолитного железобетона. Здание имеет каркасную конструктивную систему. В качестве несущих элементов выступают колонны, стены лестничных клеток и безригельные (обеспечивающие «гладкие» потолки) плиты перекрытия и покрытия. Несущие элементы выполнены из бетона класса В30 с применением арматуры класса А400. Плиты перекрытий имеют отверстия в местах устройства лестничных клеток.

В качестве основания плитного фундамента служит суглинок (ИГЭ-1).

На здание действуют постоянные и временные нагрузки. Постоянные нагрузки включают в себя:

– собственный вес монолитных конструкций (определяются автоматически в зависимости от геометрических параметров, объемного веса материала и коэффициента надежности);

– вес кровли на покрытие (q1);

– вес полов и перегородок на перекрытие и фундамент (q2, q3);

– вес наружного стенового ограждения, парапета (определяется автоматически в ПК САПФИР в зависимости от запроектированных проемов, объемного веса материалов и коэффициента надежности) (Q, Q/2).

Временные нагрузки включают в себя:

– снеговую нагрузку на покрытие (v1) в соответствии с районом строительства;

– временную нагрузку на перекрытие (v2);

– временную нагрузку на фундамент (v3).

Параметры здания, характеристики несущего слоя грунта и значения действующих нагрузок отображены в табл. 1. Выбор исходных данных осуществляется на основании шифра. В качестве шифра принимаются три последние цифры номера зачетной книжки. Например, шифру 123 соответствуют: *№ плана* – 4; a = 3,6 м; b = 5,4 м; c = 6,6 м; d = 5,2 м и. т.д.

Справочные данные:

– объемный вес железобетона – 2500кг/м^3;

– материал ограждающих конструкций – кирпич керамический, объемный вес 1800 кг/м^3;

– оконные проемы – 1.5х2.0 м.

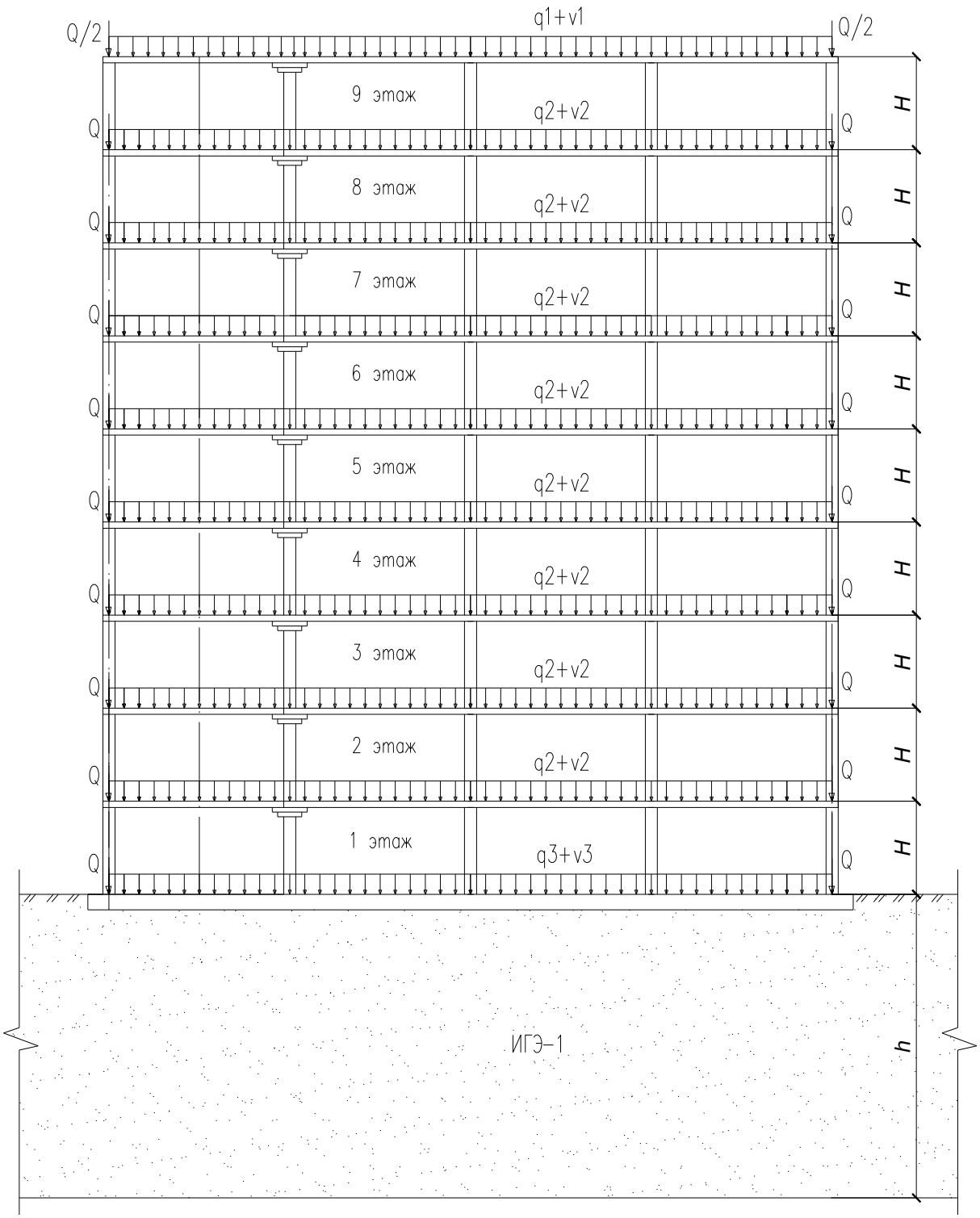


Рис. 1. Схематичный поперечный разрез здания

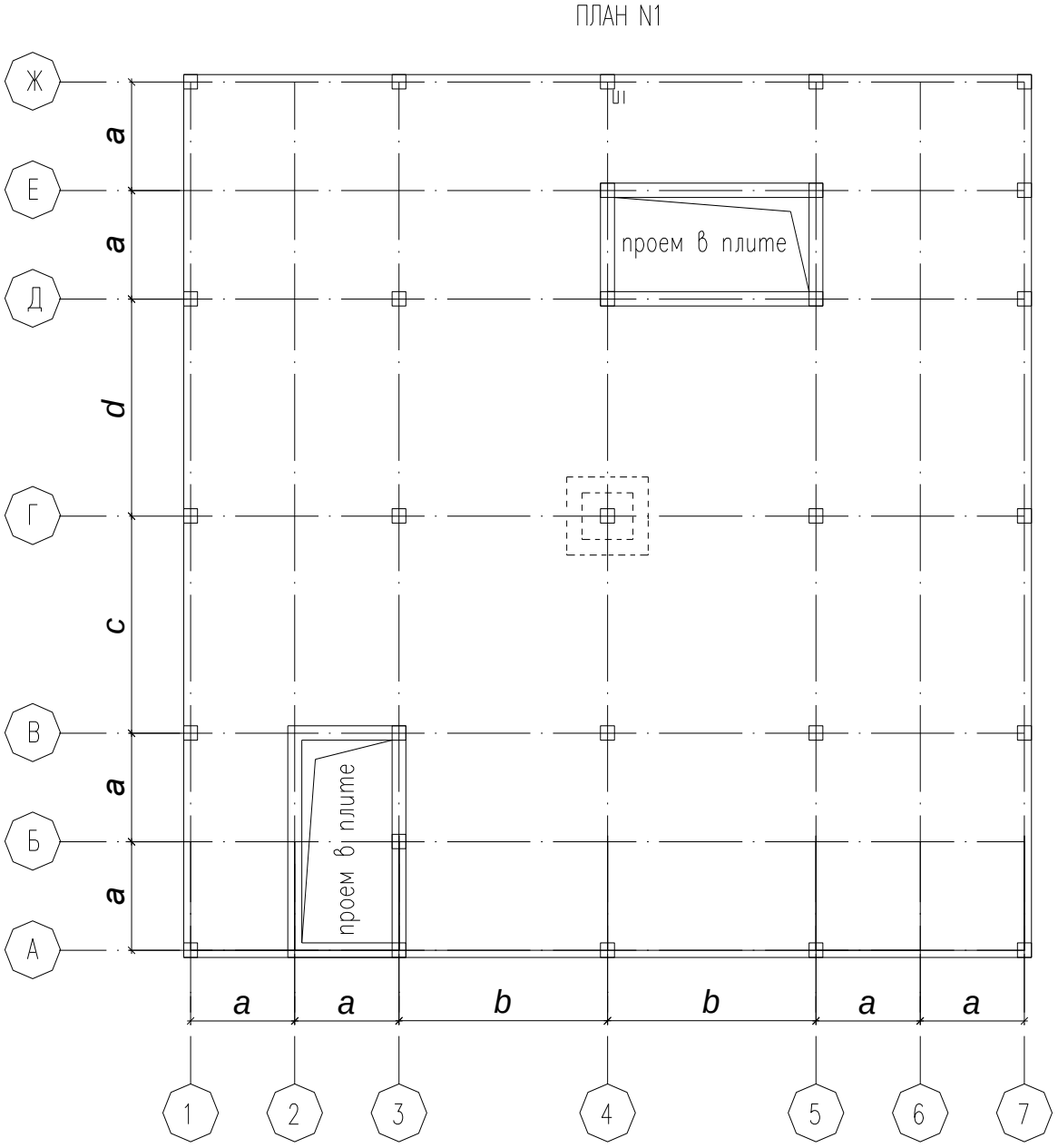
Таблица 1

Исходные данные

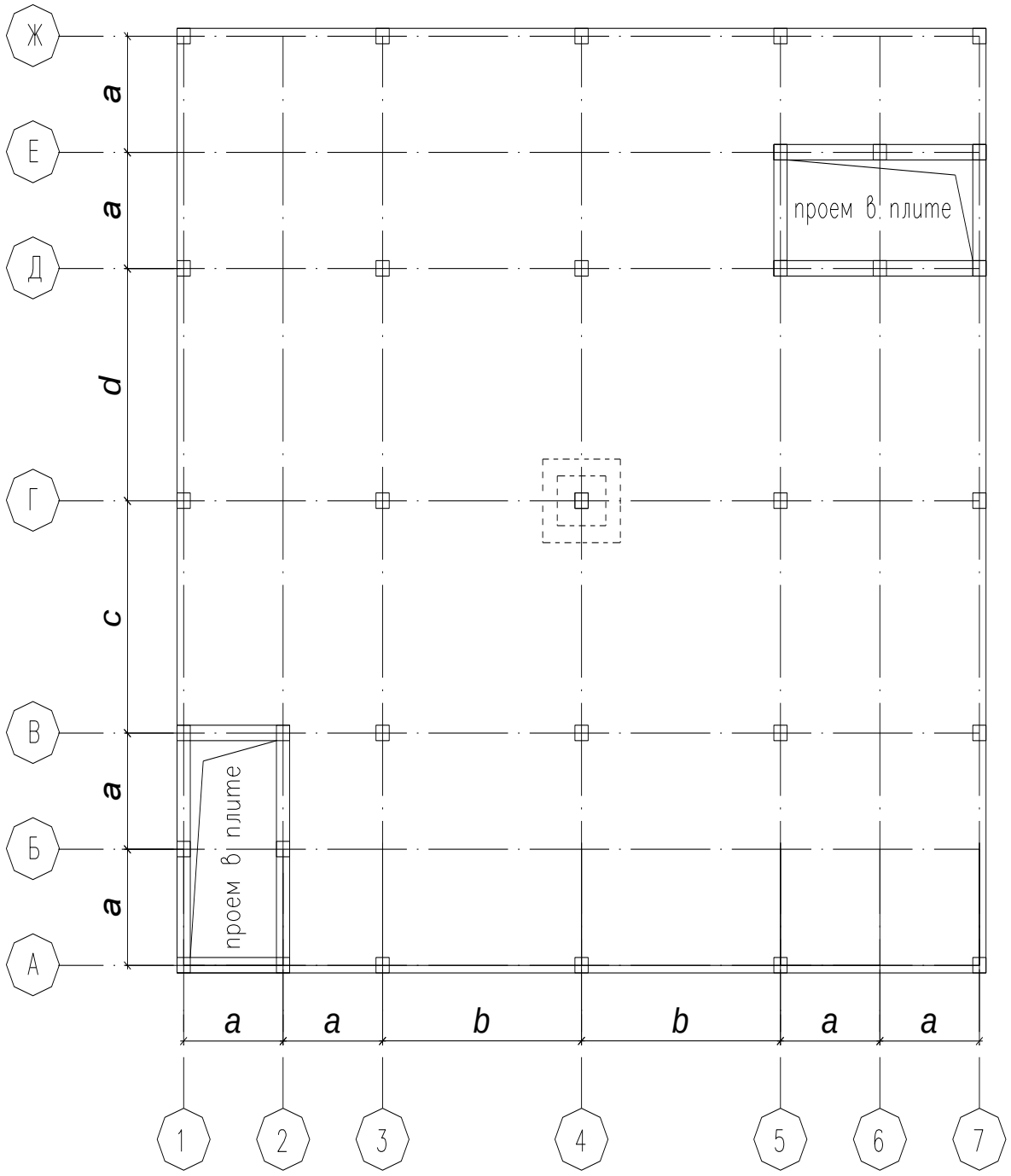
Цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметры здания										
№ плана (3 цифра шифра)	1	2	3	4	5	6	7	3	4	5
a, м (2 цифра шифра)	3	3,3	3,6	3,9	3	3,3	3,6	3,9	3	3,3
b, м (3 цифра шифра)	6	6,6	5,7	5,4	5,1	6,9	7,2	6	6,6	5,1
c, м (1 цифра шифра)	6	6,6	6,9	6,3	6,6	7,2	6	6,6	6,3	6,9
d, м (2 цифра шифра)	6	4,8	5,2	6,6	6	5,7	7,2	6	6,6	6,9
высота этажа *H*, м (3 цифра шифра)	3,0	3,3	3,6	3,9	3,9	4,2	4,5	3,0	3,3	3,6
толщина плит перекрытия, покрытия, мм (2)	200	250	220	200	220	250	200	220	250	200
толщина фундаментной плиты, мм (1)	500	600	700	550	650	700	600	550	500	650
сечение колонн, м (3)	0,4x0,4	0,5x0,5	0,6x0,6	0,4x0,4	0,5x0,5	0,6x0,6	0,4x0,4	0,5x0,5	0,6x0,6	0,4x0,4
толщина монолитных стен (2)	200	250	300	200	250	300	200	250	300	200
Нагрузки										
Постоянные нагрузки:										
– от веса кровли q1, кН/м^2 (2)	3,65	2,99	3,12	3,00	3,98	4,00	2,50	3,5	3,89	2,78
– от веса полов и перегородок q2, кН/м^2 (3)	2,39	2,10	3,00	2,90	1,50	1,00	2,56	3,12	2,70	1,98
– от веса полов на фундамент q3, кН/м^2 (1)	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	1,00	3,00
Временные нагрузки:										
– на покрытие (снег) v1, кН/м^2 (3)	0,8	1,2	1,8	2,4	3,2	4,0	3,2	2,4	1,8	4,8
– на перекрытие v2, кН/м^2 (1)	1,95	2,4	3,6	4,2	1,95	2,4	3,6	4,2	1,95	2,4
– на фундамент v3, кН/м^2 (2)	2,4	3,6	4,2	4,8	2,4	3,6	4,2	4,8	4,2	3,6
Характеристики грунтов										
ИГЭ-1: песок средней крупности										
Коэффициент постели С1, кН/м^3	3000	3800	4000	3980	4300	3500	4200	3200	4100	3600

Примечание: Глубина заложения фундамента принимается равной толщине фундаментной плиты. Вылет консолей фундамента принимается равным его толщине.

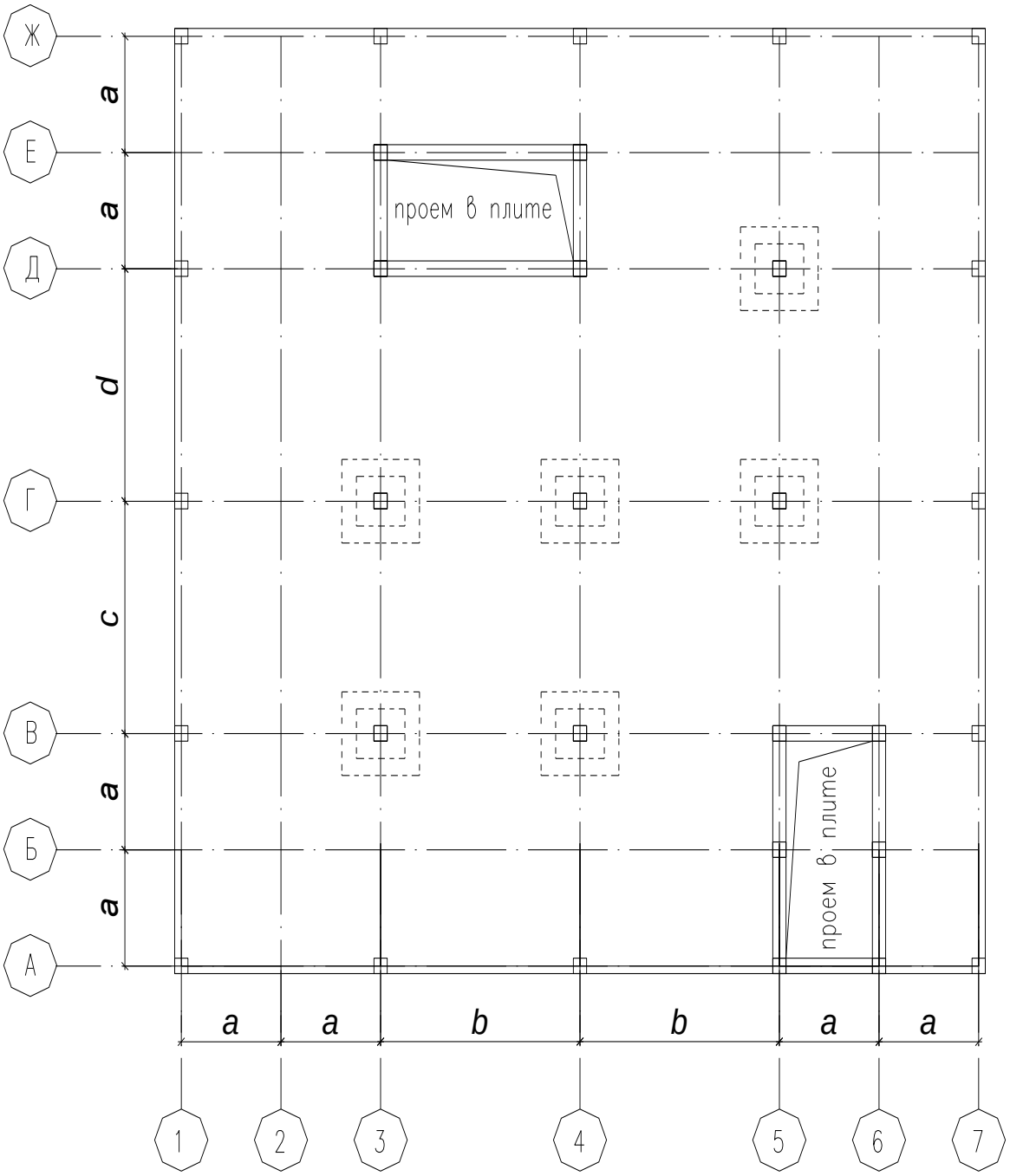
Схемы планов здания



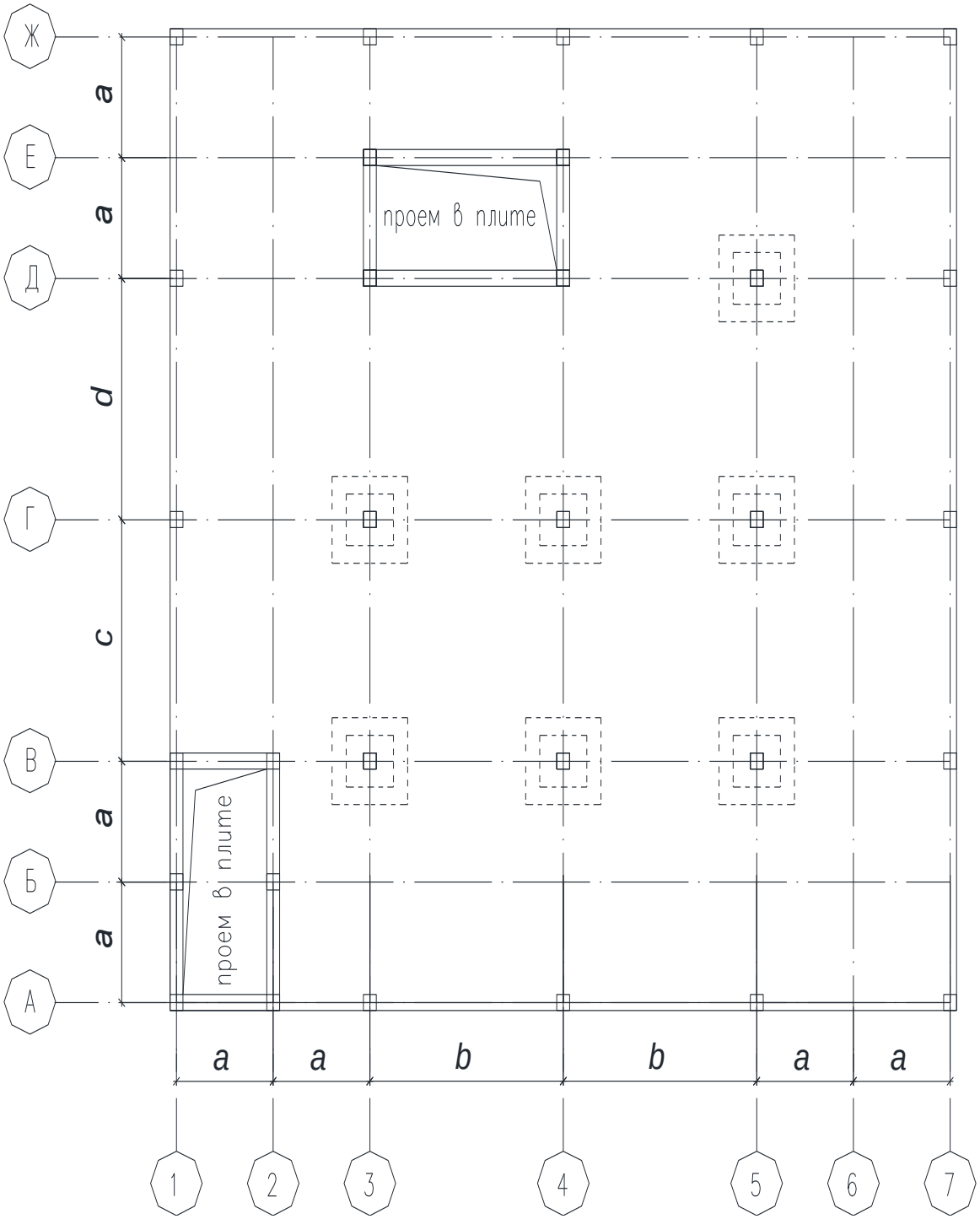
ПЛАН N2



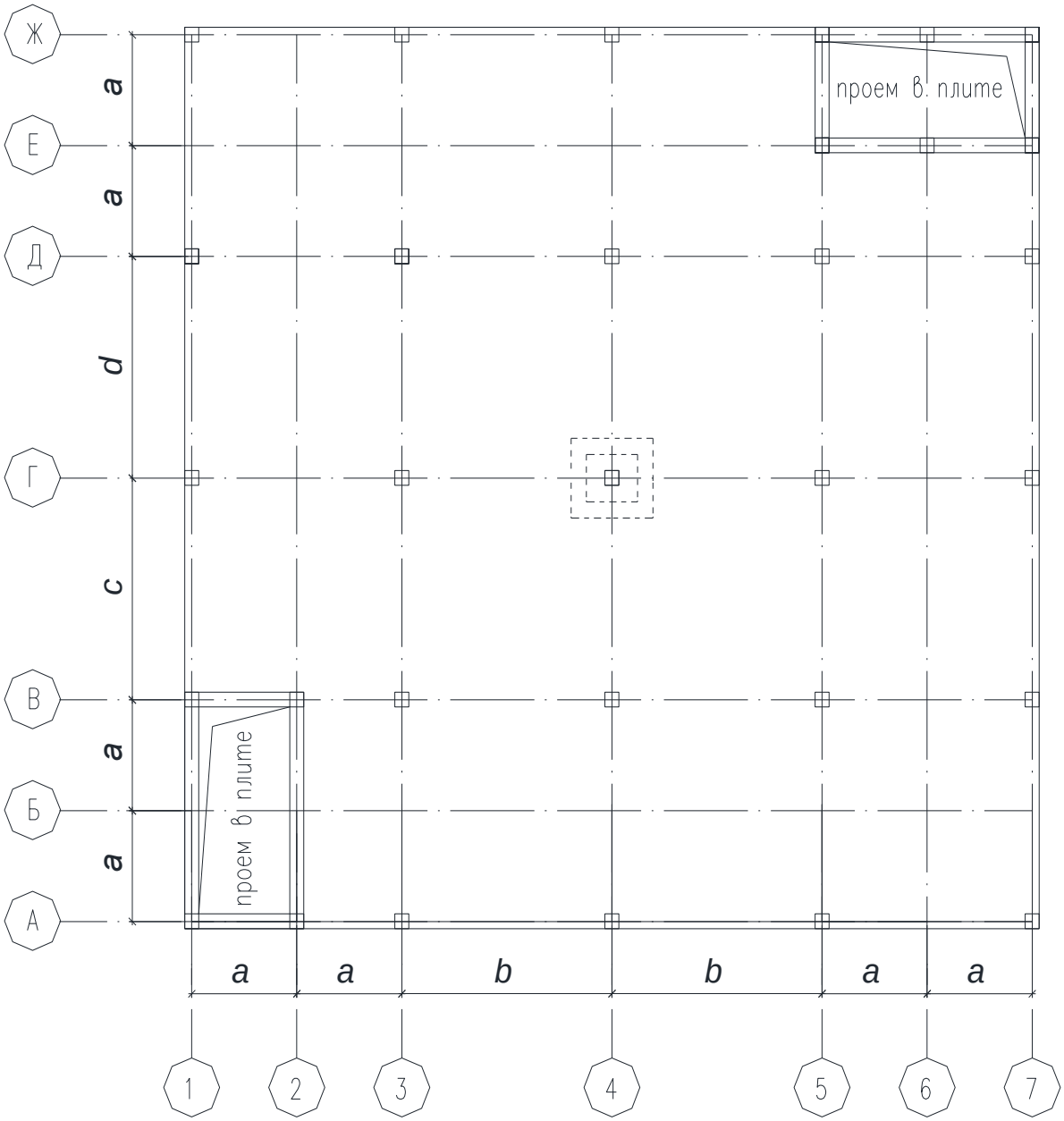
ПЛАН N3



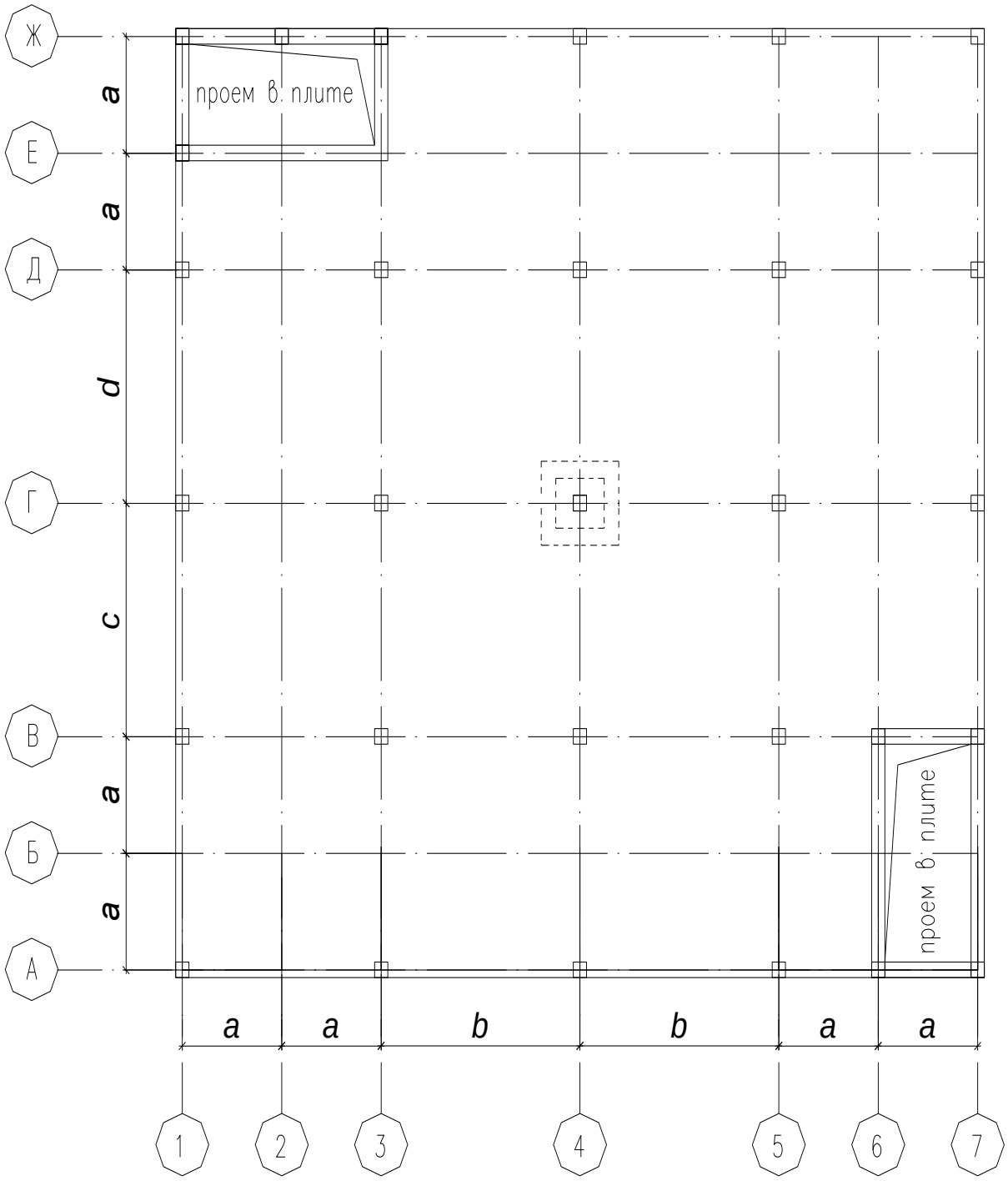
ПЛАН N4

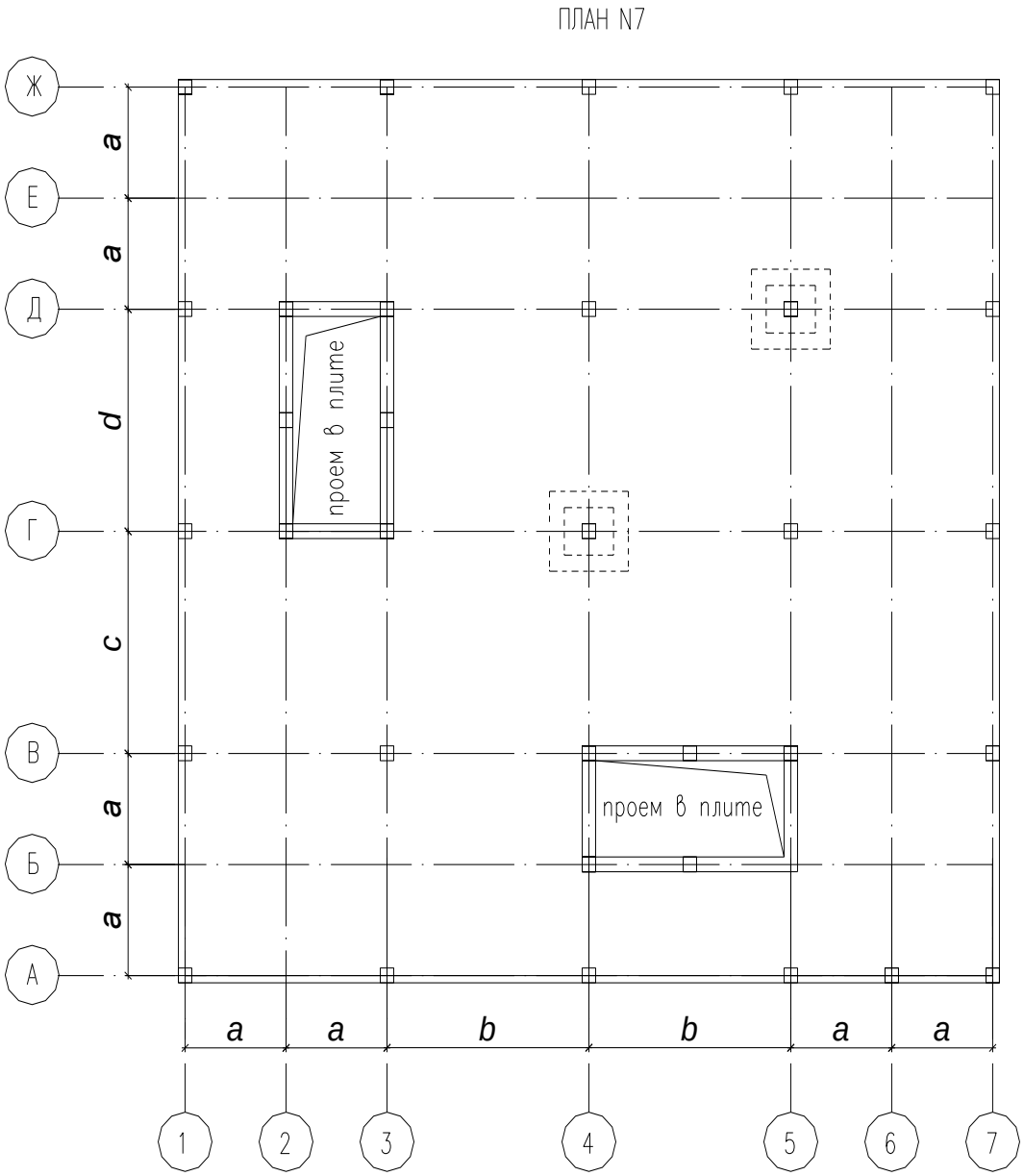


ПЛАН N5



ПЛАН N6





ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

При выполнении расчетной работы требуется создать пространственную расчетную модель каркаса в структуре программы САПФИР. Задать параметры жесткости несущих железобетонных элементов, опорные закрепления (связи), нагрузки. При формировании нагружений необходимо создать 4 загружения. В первом загружении задать собственный вес монолитных конструкций; во втором – нагрузки от веса кровли, полов, перегородок, наружного стенового ограждения, парапетов (q1, q2, q2, Q); в третьем – временные нагрузки на перекрытие, фудамент (v2, v3); в четвертом – снеговую нагрузку на покрытие (v1).

Произвести генерацию таблицы расчетных сочетаний усилий (РСУ). Для учета работы грунтового основания учесть коэффициенты постели для плитного фундамента (методика определения коэффициентов постели показана в приложении 2). В структуре программы произвести расчет, и получить напряженно-деформированное состояние (НДС) несущих элементов каркаса и, дополнительно, требуемое армирование фундаментной плиты. Для отображения результатов расчета сформировать расчетные комбинации нагрузок (РСН). По окончании работы с использованием программы Word произвести формирование пояснительной записки, включающей в себя:

– содержание;

– исходные данные;

– описание компьютерной расчетной модели здания;

– результаты расчета;

– список используемой литературы.

Исходные данные должны содержать план и разрез здания, описание его конструктивного решения, действующие нагрузки и параметры грунтового основания.

Описание расчетной модели здания должно включать: вид пространственной модели, созданной в программе САПФИР; описание типов используемых конечных элементов; информацию о заданных загружениях.

Результаты расчета должны отражать:

– деформированное состояние каркаса;

– эпюры внутренних усилий в колоннах;

– вертикальные перемещения и мозаики изгибающих моментов в плите покрытия или перекрытия;

– вертикальные перемещения и мозаики изгибающих моментов в плите фундамента;

– требуемое и принятое арамирование верхней и нижней зоны плиты фундамента.

Оформление пояснительной записки следует выполнять на листах формата А4. Отображение изображений допускается производить как в цветном, так и в черно-белом варианте. Страницы должны быть пронумерованы.

Вместе с пояснительной запиской студентом преподвателю сдается на проверку в электронном виде рабочий файл решаемой задачи. Файл должен иметь расширение *.spf (формируется в структуре программы САПФИР) и **.lir* (формируется в структуре программы ЛИРА-САПР). Имена файлов должны отражать фамилию, номер группы и шифр студента. Например: Иванов_3АП304_123.spf, Иванов_3АП304_123.lir.

ПРИМЕР

Исходные данные

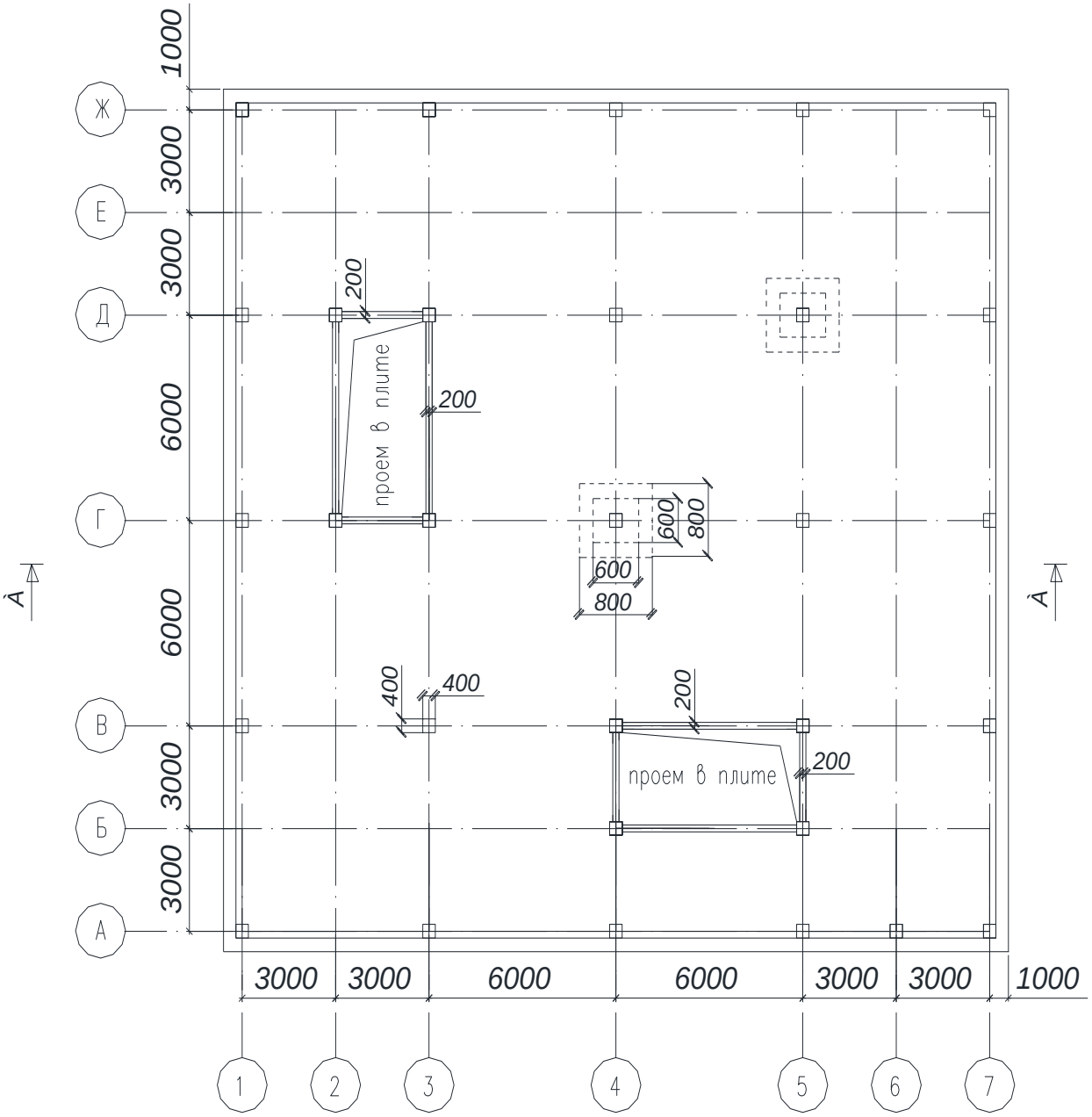


Рис. 2. План здания

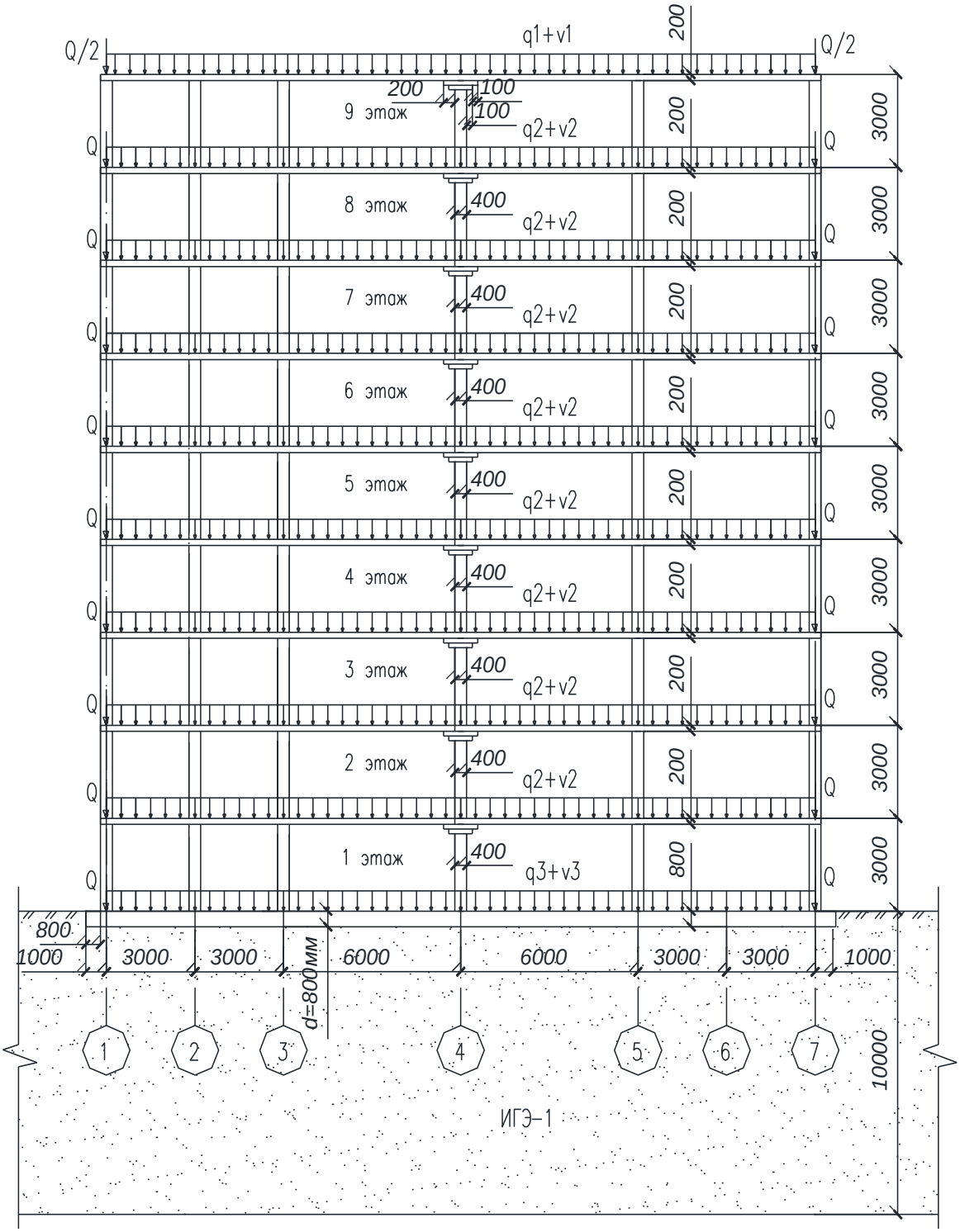


Рис. 3. Расчетная схема здания (разрез А-А)

Конструктивное решение здания

Здание имеет каркасную конструктивную систему. Выполнено из монолитного железобетона. В качестве несущих элементов каркаса выступают колонны, стены ядра жесткости, безбалочные (плоские) плиты перекрытия и покрытия. Фундамент плитный сплошного сечения.

В качестве основания плитного фундамента служит суглинок (ИГЭ-1) с расчетными характеристиками:

- мощность h = 10 м;
- модуль деформации E = 12000 кПа;
- удельный вес γ = 20, кН/м^3;
- коэффициент Пуассона μ = 0,35;
- коэффициент постели C1 = 3000 кН/м^3 .

Примечание. Коэффициент постели C1, отражает податливые свойства грунта. Пример вычисления коэффициента постели представлен в приложении 2 данной работы.

Параметры несущих элементов:

- колонны сечением 400×400 мм;
- стены ядра жесткости толщиной 200 мм;
- плиты перекрытия и покрытия толщиной 200 мм;
- плитный фундамент толщиной 800 мм;
- вылет консолей фундамента относительно осей крайних колонн 1000 мм;
- глубина заложения фундамента 800 мм.

Материалы:

- бетон класса B30;
- арматура класса A400.

Нагрузки

Постоянные нормативные нагрузки:

- от собственного веса монолитных конструкций (учитывается автоматически в структуре программы САПФИР);
- от веса кровли на покрытие q1 = 3,5 кПа;
- от веса полов и перегородок на перекрытие q2 = 2,0 кПа;
- от веса полов на фундамент q2 = 1,9 кПа;
- от веса стен ограждающих конструкций (учитывается автоматически в структуре программы САПФИР).

Временные нормативные нагрузки:

- от веса снега на покрытие v1 = 3,2 кПа;
- временная на перекрытие v2 = 1,95 кПа;
- временная на фундамент v3 = 4,8 кПа.

Примечание. Нормативные временные нагрузки принимаются на основании СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Расчет каркаса производится на основные сочетания нагрузок, в состав которых входят:

– *загружение 1* – собственный вес монолитных конструкций здания;

– *загружение 2* – вес кровли, полов, перегородок, наружного стенового ограждения (q1, q2, q3, Q);

– *загружение 3* – временная нагрузка на перекрытие, фундамент (v2, v3);

– *загружение 4* – снеговая нагрузка на покрытие (v1).

Начало работы

Для того чтобы открыть программу САПФИР необходимо выполнить следующую команду Windows:

Пуск → Программы → LIRA-SAPR → ЛИРА-САПР 2013 → САПФИР 2013

Примечания

1. Возможно в компьютерном классе установлена более поздняя версия программы, например, САПФИР 2014, 2015 и т.д. По согласованию с преподавателем может использоваться любая из версий.
2. Открытие программы также возможно с помощью ярлыка, установленного на рабочем столе.

Этап 1. Создание новой задачи

➢ Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** (верхний левый угол экрана) и выберите пункт **Новый** *Создать новый проект*.

➢ На владке **Проект** нажмите – **Свойства проекта**.

➢ В появившемся окне отметьте СП 63.13330.2012, далее внизу нажать кнопку применить, после чего станет активна кнопка **Текущий норматив**, нажатием на которую необходимо установить в качестве текущего норматива СП 63.13330.2012 (рис. 4).

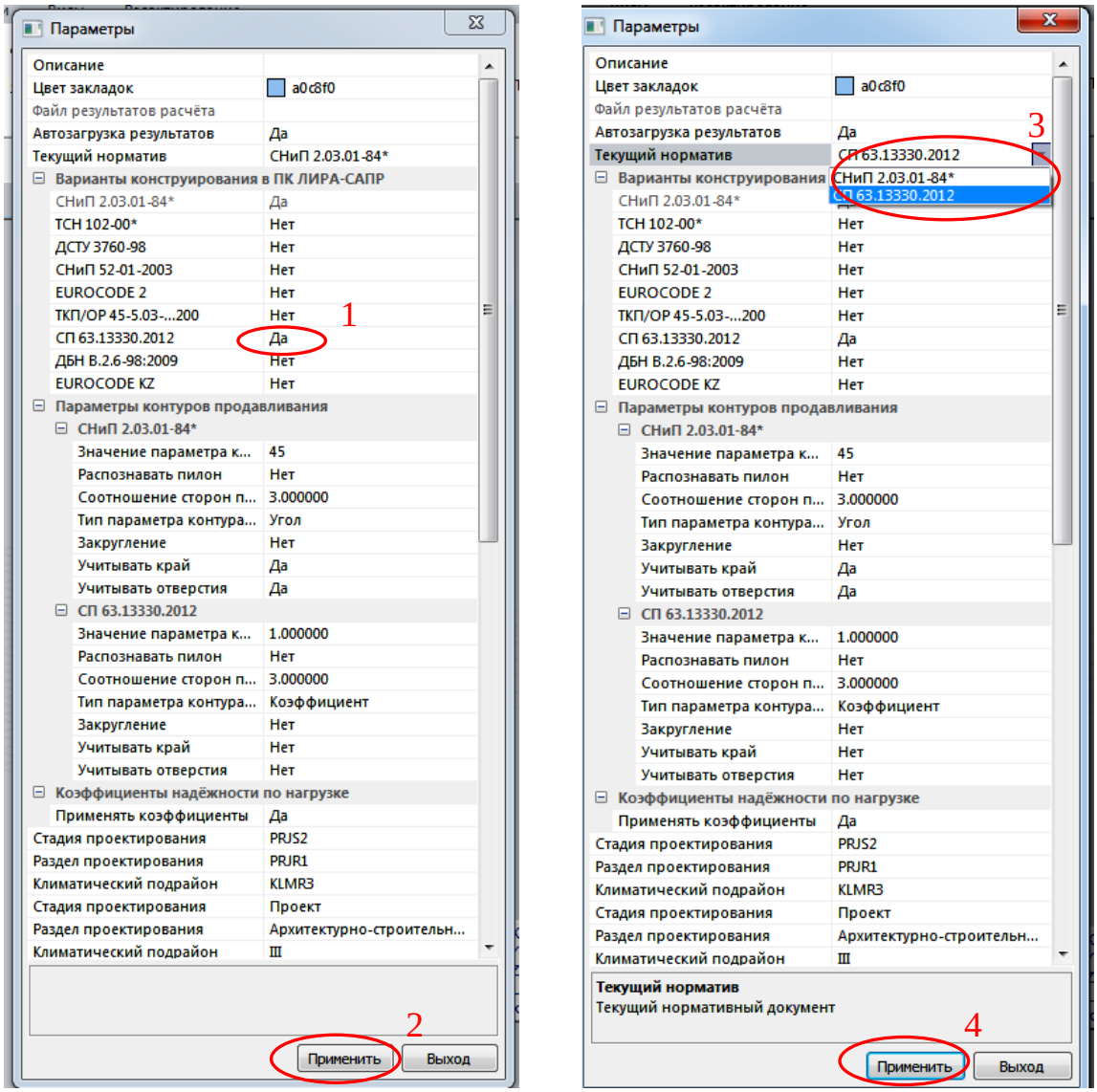


Рис. 4. Диалоговое окно **Параметры**

- Нажмите **Применить**.
- В строке **Вариант конструирования** отметьте для СНиП 3.03.01-84* – **нет** (рис. 5).

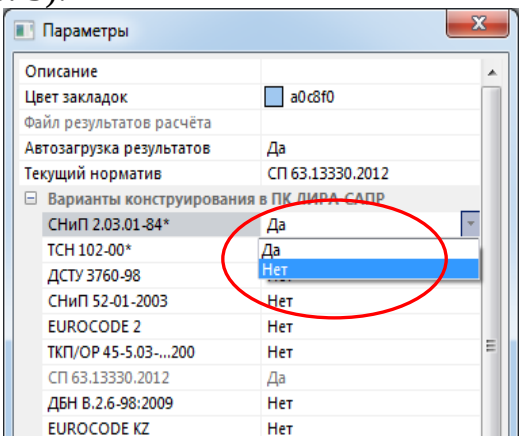


Рис. 5. Диалоговое окно **Параметры**

- Нажмите **Применить**.
- Остальные параметры оставьте по умолчанию.

Настройка визуализации рабочего пространства

- Нажмите **Настройки визуализации** (рис. 6).

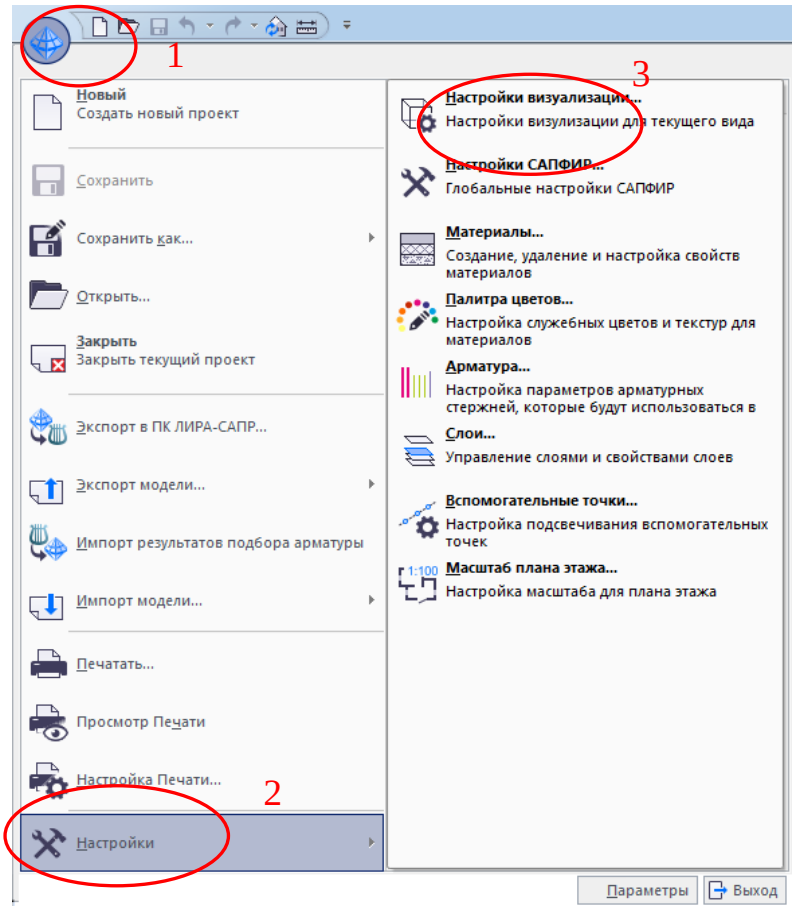


Рис. 6. Диалоговое окно **Настройки**

- В открывшемся окне (рис. 7) задайте следующие характеристики:
  - флажок метрической сетки – **Только в 1-ом квадрате**;
  - количество ячеек – **40**.

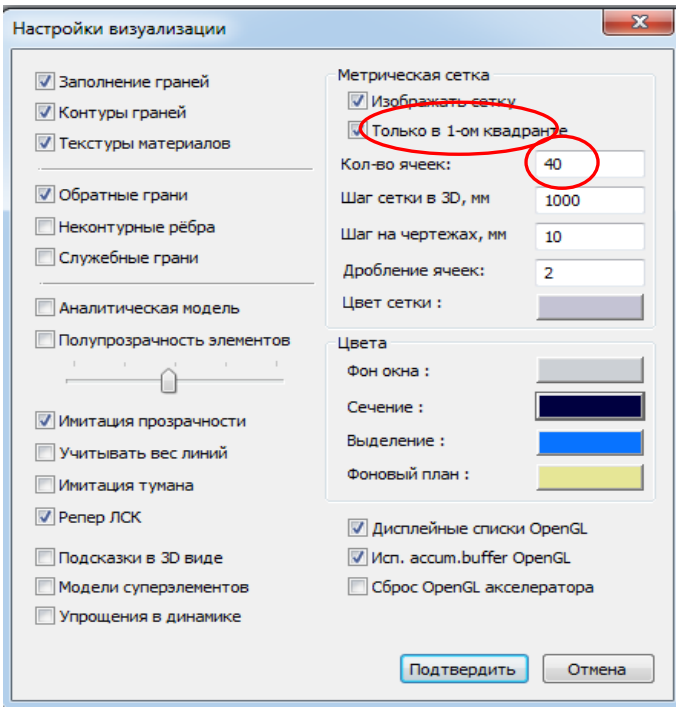


Рис. 7. Диалоговое окно **Настройки визуализации**

➢ Нажмите **Подтвердить**.

<u>Сохранение сделанных изменений</u>

➢ В меню приложений (рис. 8) выберите – **Сохранить как**.

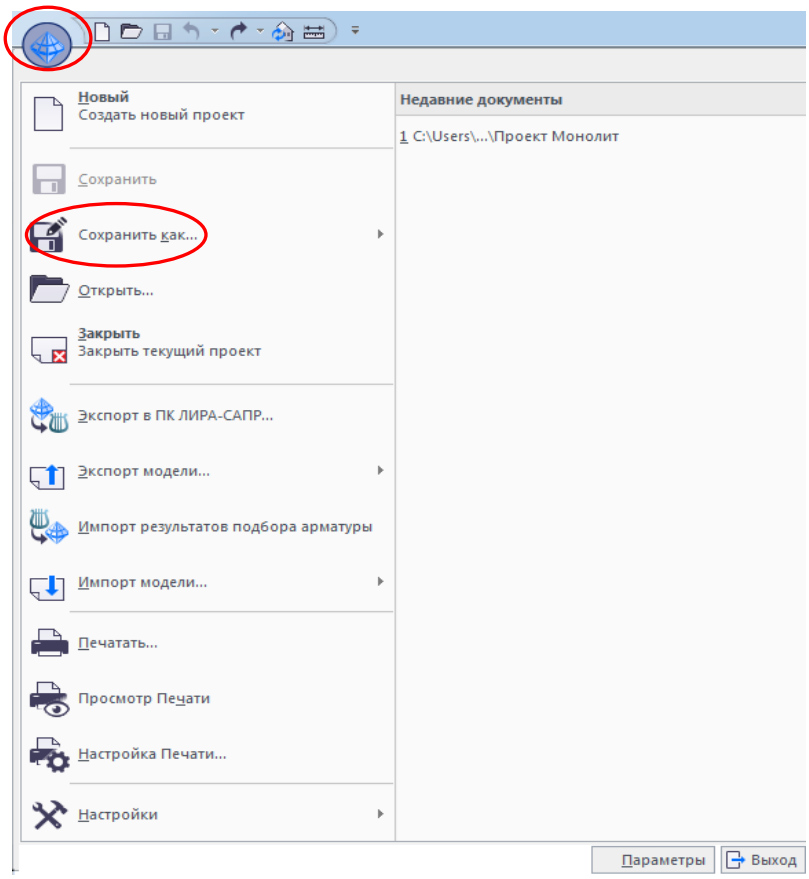


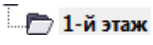
Рис. 8. Диалоговое окно **Сохранение**

➢ Задайте имя создаваемого проекта – **Иванов_3АП304_123** (при выполнении расчетной работы указывается фамилия, номер группы и три последние цифры зачетной книжки (шифр).

➢ Укажите папку, в которой будет сохранен проект.

➢ После щелкните по кнопке – **Сохранить.**

Этап 2. Корректировка свойств этажа

➢ В окне (рис. 9) **Структура**, нажмите на 

.

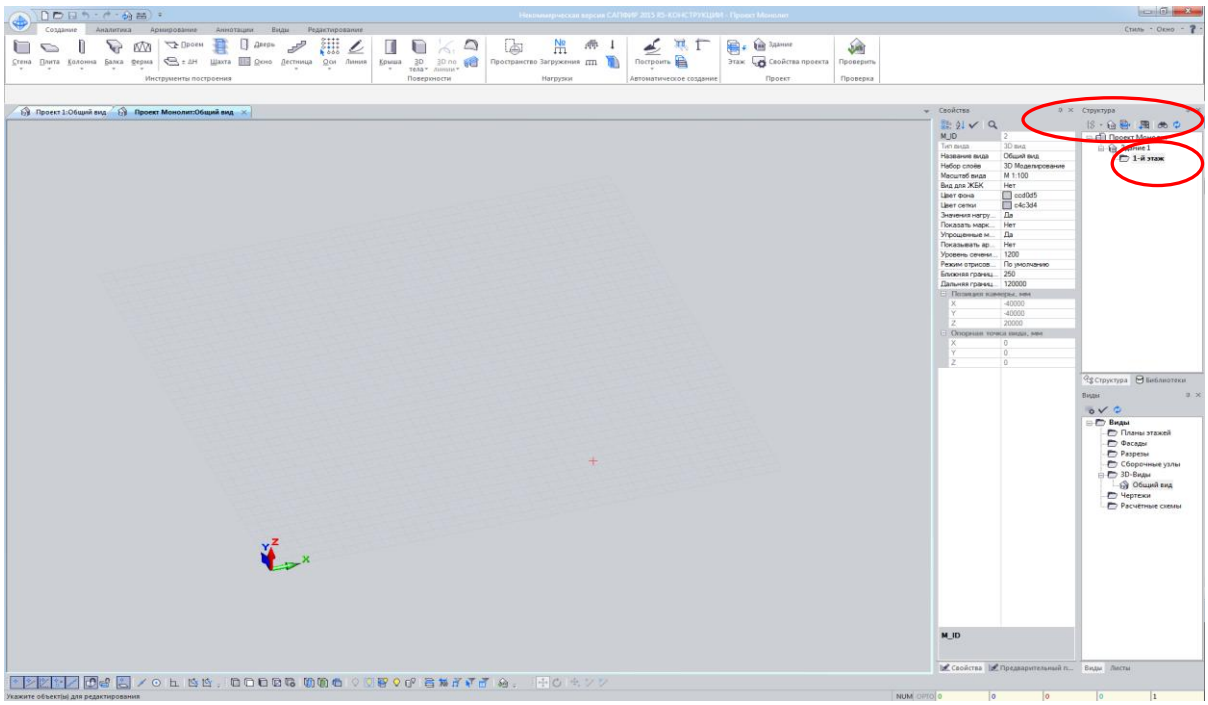


Рис. 9. Диалоговое окно **Настройка этажа**

➢ Задайте высоту этажа 3000 мм (в соответствии со своим заданием), рис. 10.

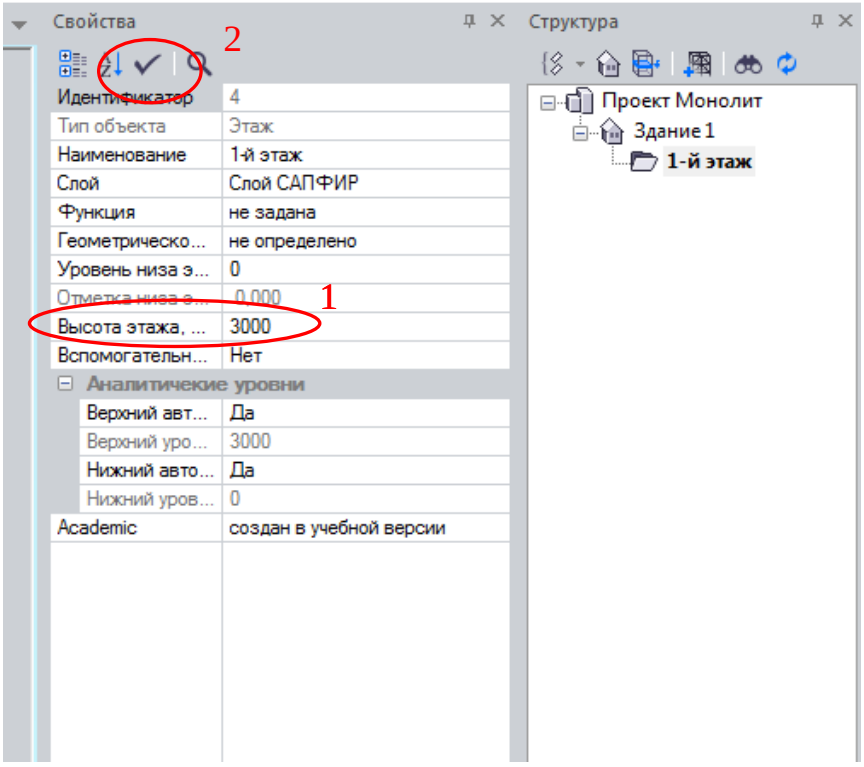


Рис. 10. Диалоговое окно **Свойства**

- Остальные параметры остаются по умолчанию.
- Нажмите на **Применить** вкладки **Свойства** (или Enter на клавиатуре).

Этап 3. Создание координационных осей

- Во вкладке **Создание**, панели **Инструменты построения** нажмите на вкладку **Оси** , и на вкладку **Параметры** (рис. 11) откроется диалоговое окно **Координационные оси** (рис. 12).
- В этом окне задаем:

– тип сетки – **Прямоугольная сетка осей**;

– продление осей – **D**=3000 мм;

– добавить интервал вертикальных линий сетки (значения задаются в мм, редактируются щелчком курсора на введеном значении). Задаем значения интервалов 3000, 3000, 6000, 6000, 3000, 3000 мм;

– добавить интервал горизонтальных линий сетки (значения задаются в мм, редактируются щелчком курсора на введеном значении). Задаем значения интервалов 3000, 3000, 6000, 6000, 3000, 3000 мм;

– нажмите на **ОК**.

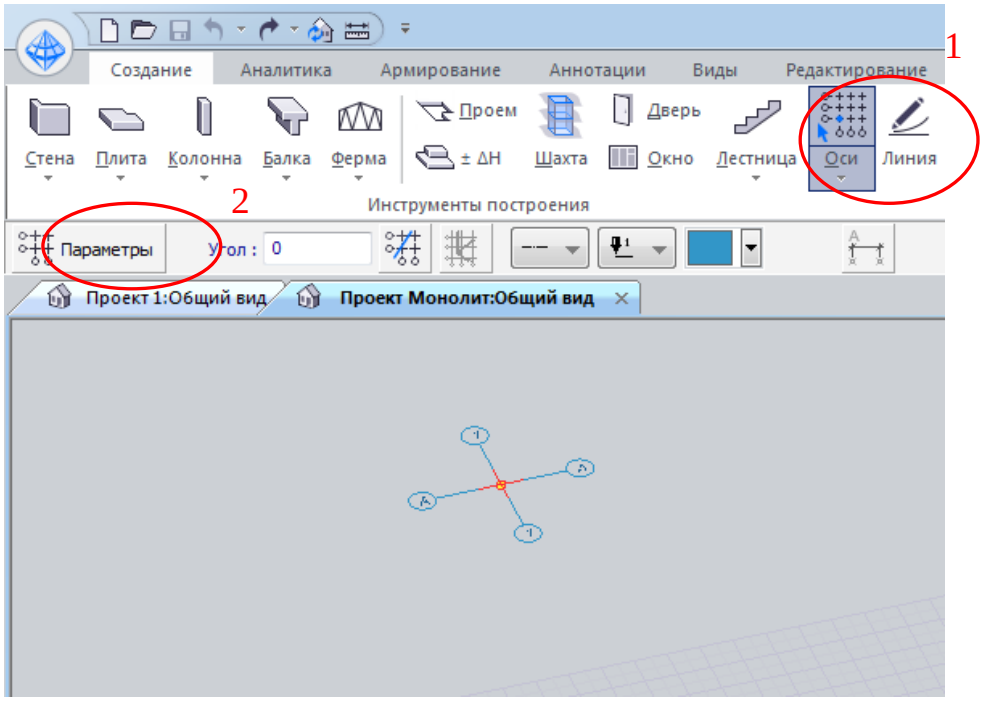


Рис. 11. Диалоговое окно **Оси**

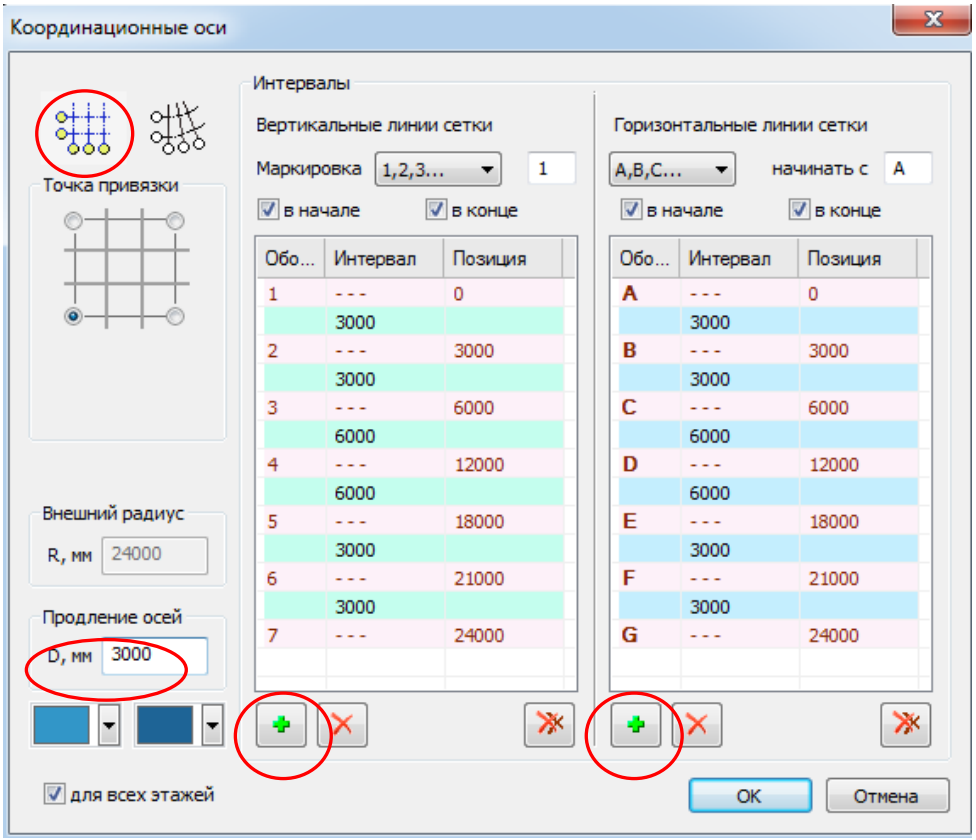


Рис. 12. Диалоговое окно **Координационные оси**

➢ Выделите сетку координационных осей курсором (сетка окрасится в принятый для сетки цвет).

➢ Нажмите на кнопку – **Обозначить размеры** .

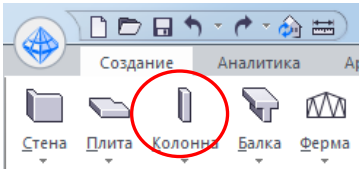
➢ Размеры автоматически проставятся на сетке координационных осей.

➢ Нажмите **Esc** для снятия выделения с осей.

➢ При необходимости, для корректировки размерной линии выделить ее курсором, активируется вкладка **Редактирование**, с активной кнопкой **Перенести**.

Этап 4. Создание колонн

➢ На вкладке **Создание** нажмите на кнопку **Колонна.**



➢ В диалоговом окне свойств отразятся свойства колонны (рис. 13).

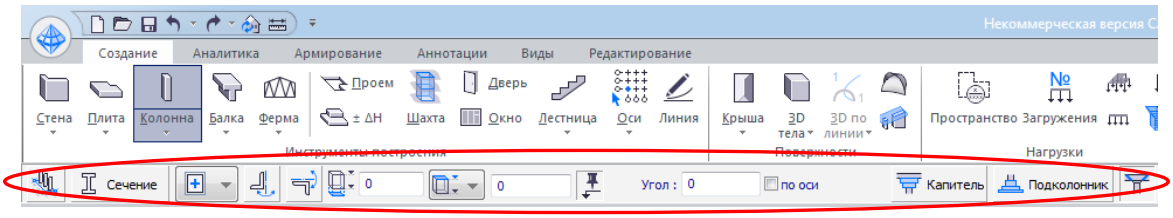


Рис. 13. Диалоговое окно **Свойства колонн**

➢ В диалоговом окне **Свойства построения колонн** (рис. 14) напротив строки **Материал** выберите из списка **Бетон Б30** (рис. 15).

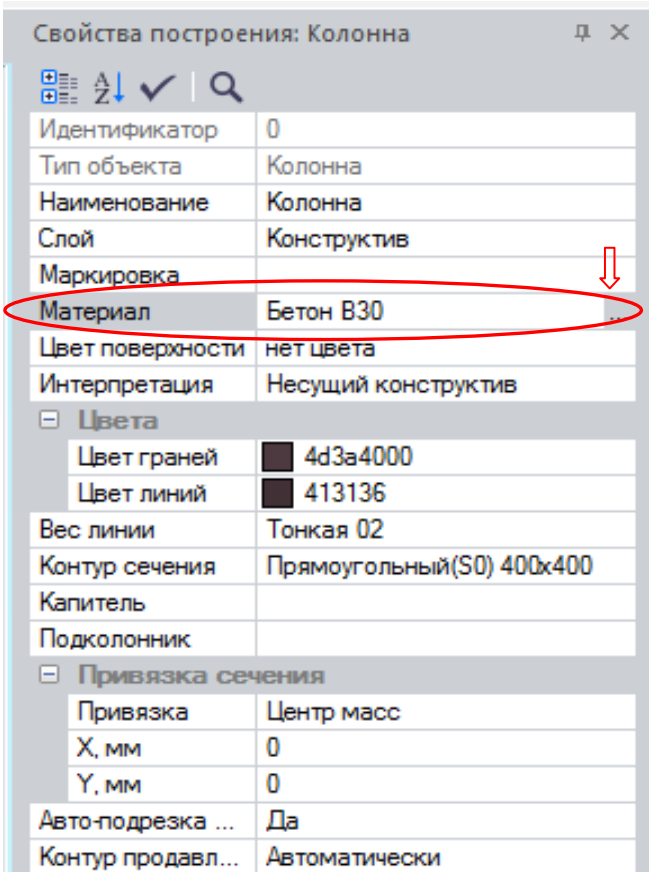


Рис. 14. Диалоговое окно **Свойства построения колонн**

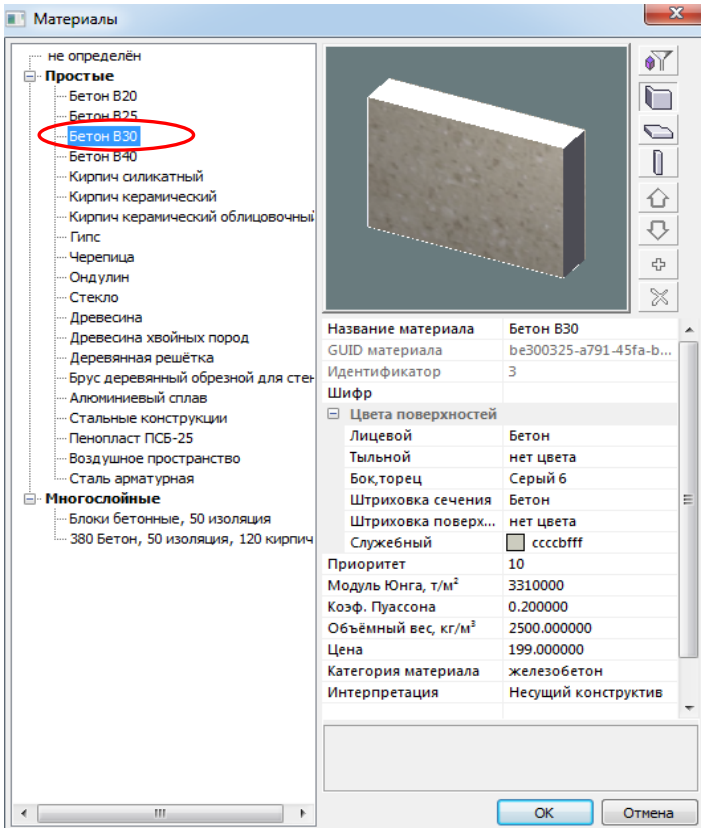


Рис. 15. Диалоговое окно **Материалы**

➢ Для подтверждения выбора нажмите **ОК**.

➢ Нажмите кнопку **Сечение** диалогового окна **Инструменты построения колонн** (рис. 16).

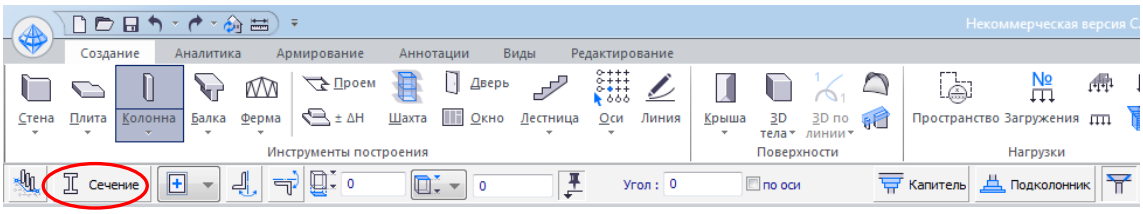


Рис. 16. Диалоговое окно **Инструменты построения колонн**

➢ В диалоговом окне **Параметры сечения** выберите **Прямоугольник** с размерами сечения **400**x**400** мм (рис. 17).

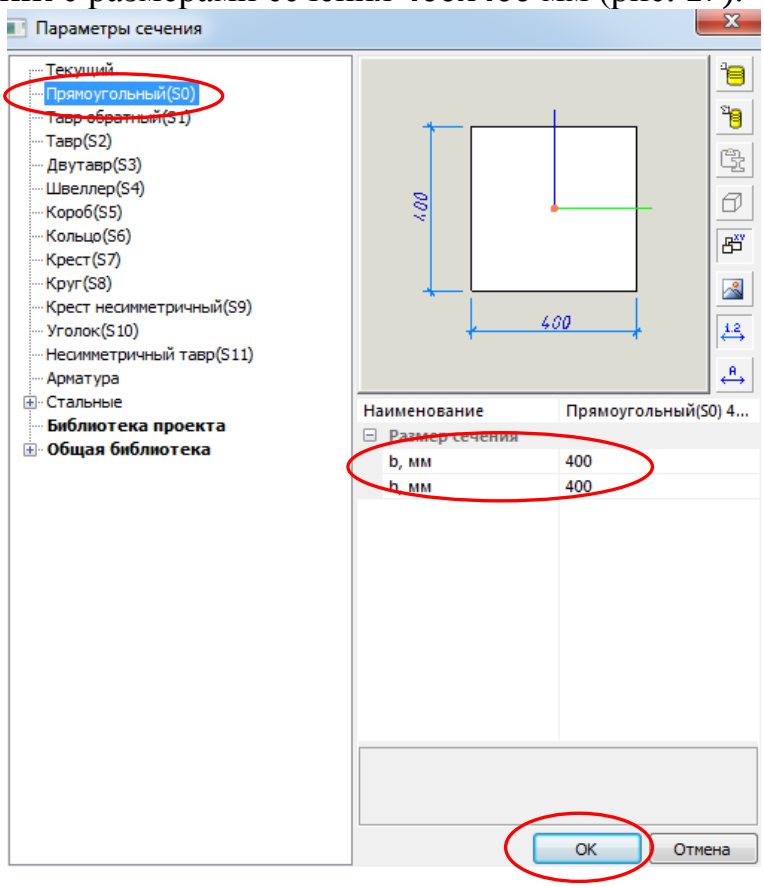


Рис. 17. Диалоговое окно **Параметры сечения**

➢ Нажмите кнопку **ОК**.

➢ Расположите колонны согласно рис. 2, установкой колонн (без капителей) на осях координат (рис. 18).

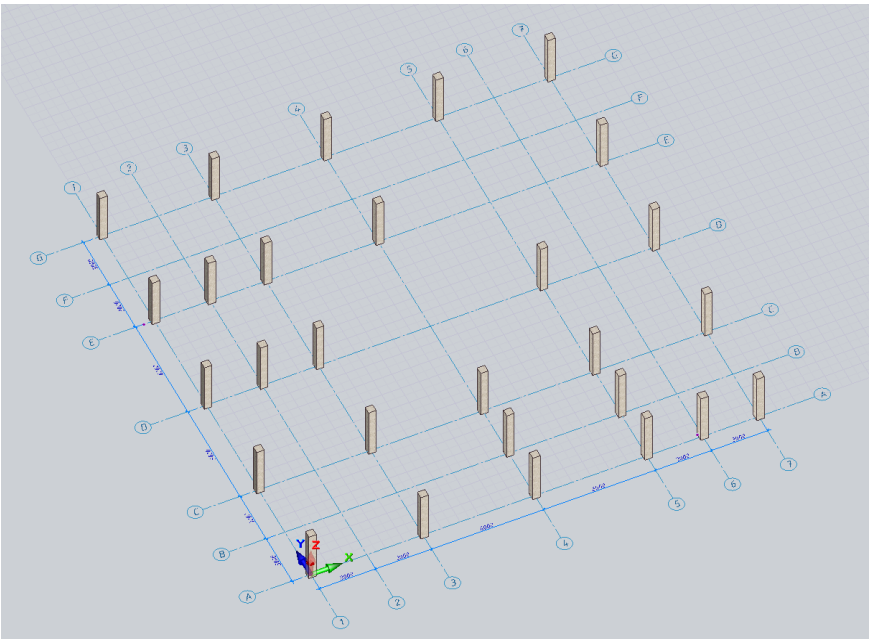


Рис. 18. Расположение колонн (без капителей)

➢ Для установки колонн с капителями нажмите на кнопку **Капитель** (рис. 19).

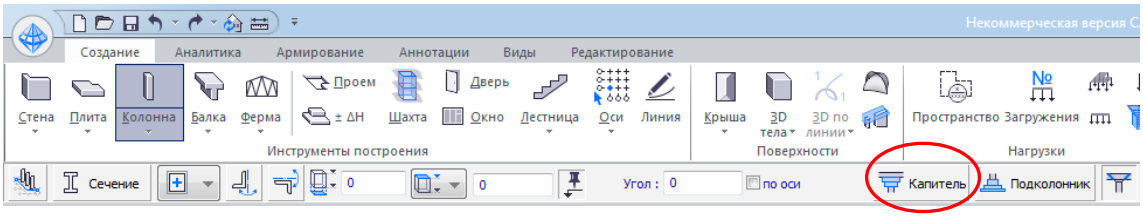


Рис. 19. Диалоговое окно **Свойства колонн**

➢ В открывшемся окне нажмите на кнопку **Добавить ступень**, для создания первой ступени капители **100**x**100** мм введите соответствующие значения, аналогично вводятся значения для второй ступени капители (рис. 20). Редактирование размеров производится щелчком курсора на задаваемом размере.

➢ Установите флажок **Аналитическая модель** для визуализации капители в аналитике.

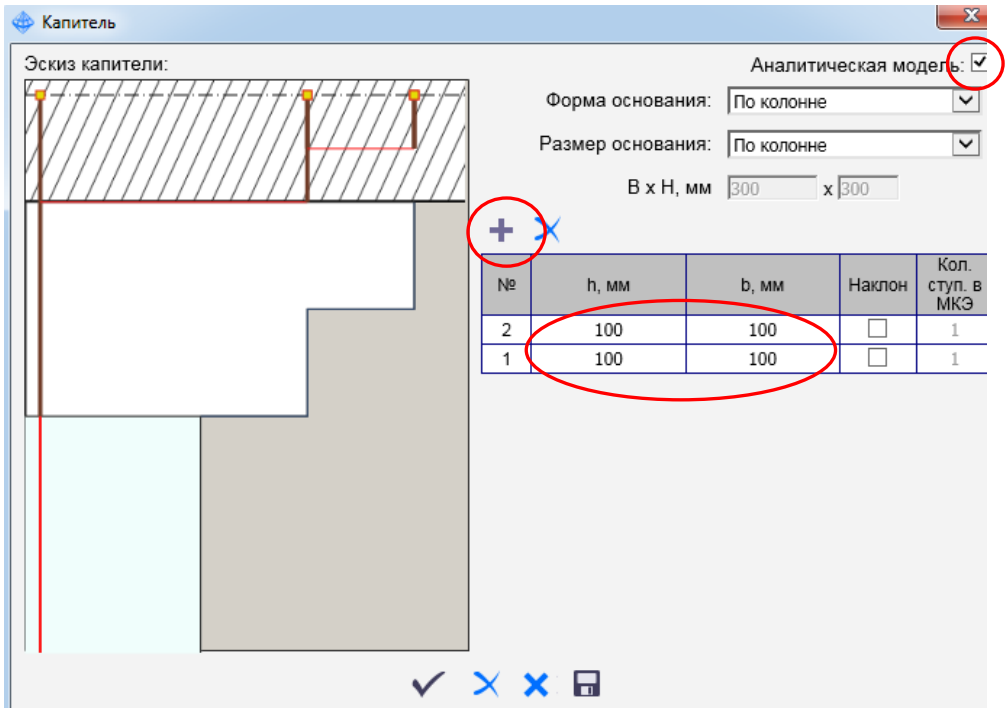


Рис. 20. Диалоговое окно **Капитель**

- Нажмите ✓ для подтверждения принятых изменений.
- Расположите колонны согласно рис. 2, установкой колонн с капителями на осях координат (рис. 21).

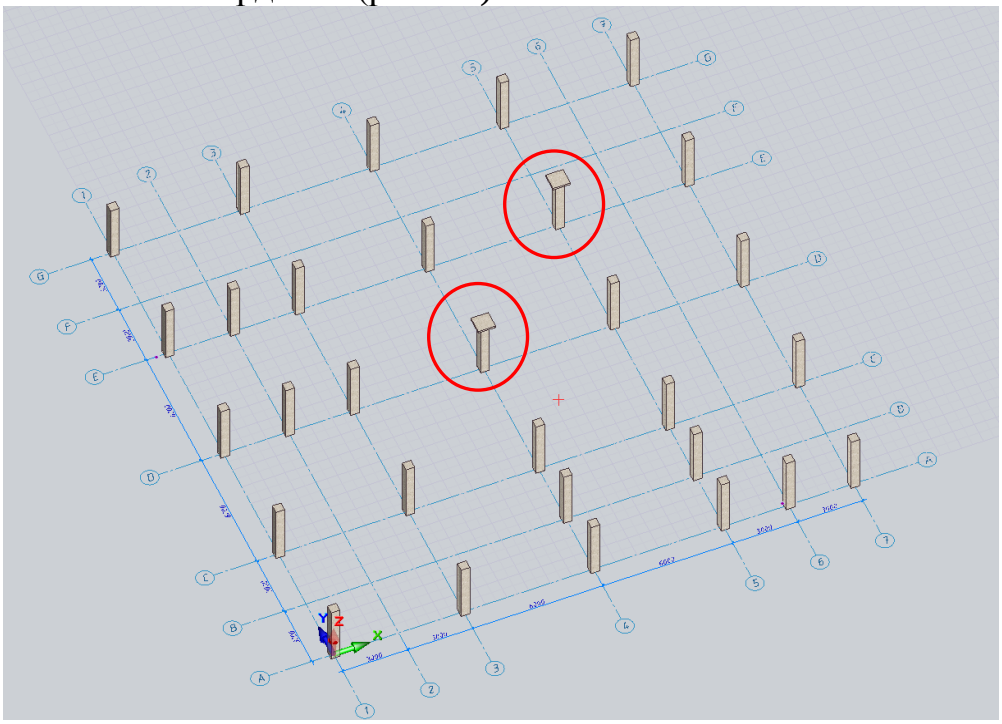
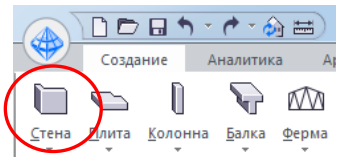


Рис. 21. Расположение колонн с капителями

Этап 5. Создание несущих стен

➢ На вкладке **Создание** нажмите на кнопку **Стена.**



➢ В диалоговом окне свойств отразятся Инструменты построения стен (рис. 22).

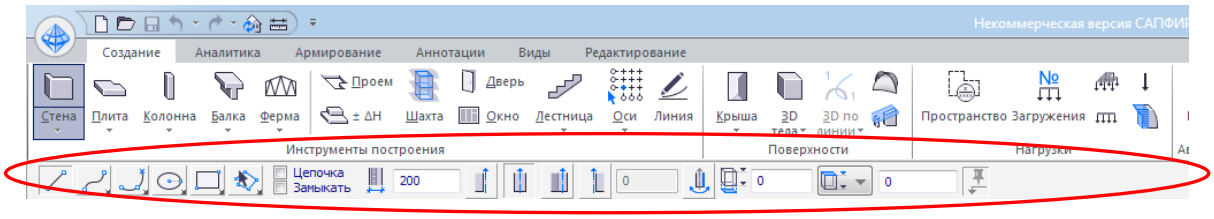


Рис. 22. Диалоговое окно **Инструменты построения: Стена**

➢ В диалоговом окне **Свойства построения колонн** (рис. 23) напротив строки **Материал,** выберите из списка **Бетон Б30** (рис. 24).

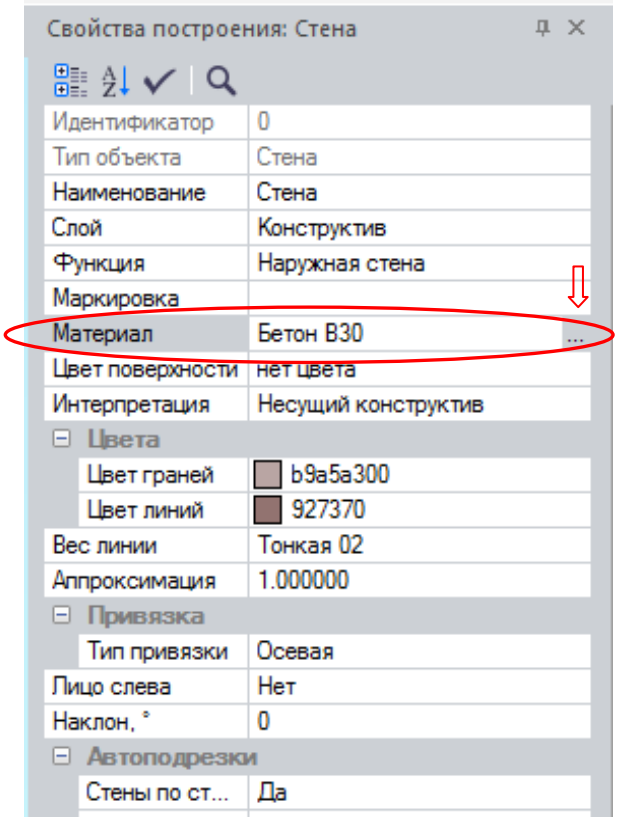


Рис. 23. Диалоговое окно **Свойства построения: Стена**

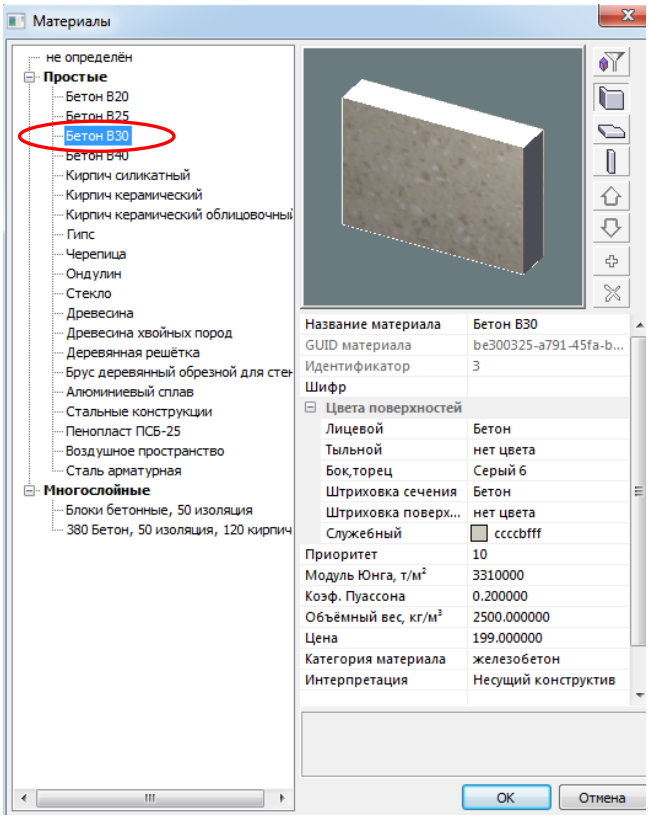


Рис. 24. Диалоговое окно **Материалы**

- Для подтверждения выбора нажмите **ОК**.
- В диалоговом окне **Инструменты построения** стена последовательно выберите способ построения **Отрезок** (рис. 25), активируйте **Цепочка** и **Замыкать**, установите толщину **200** мм, привязку **Ось посередине стены, уровень основания** – 0 мм**, верхняя отметка** – 0 мм от верха этажа.

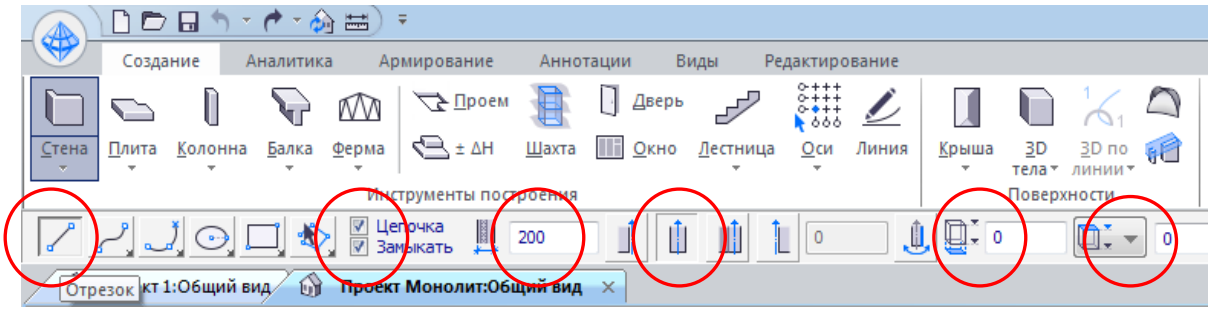


Рис. 25. Диалоговое окно **Инструменты построения стен**

- Выполните построение ядер жесткости согласно рис. 2, установкой стен на осях координат (рис. 26).

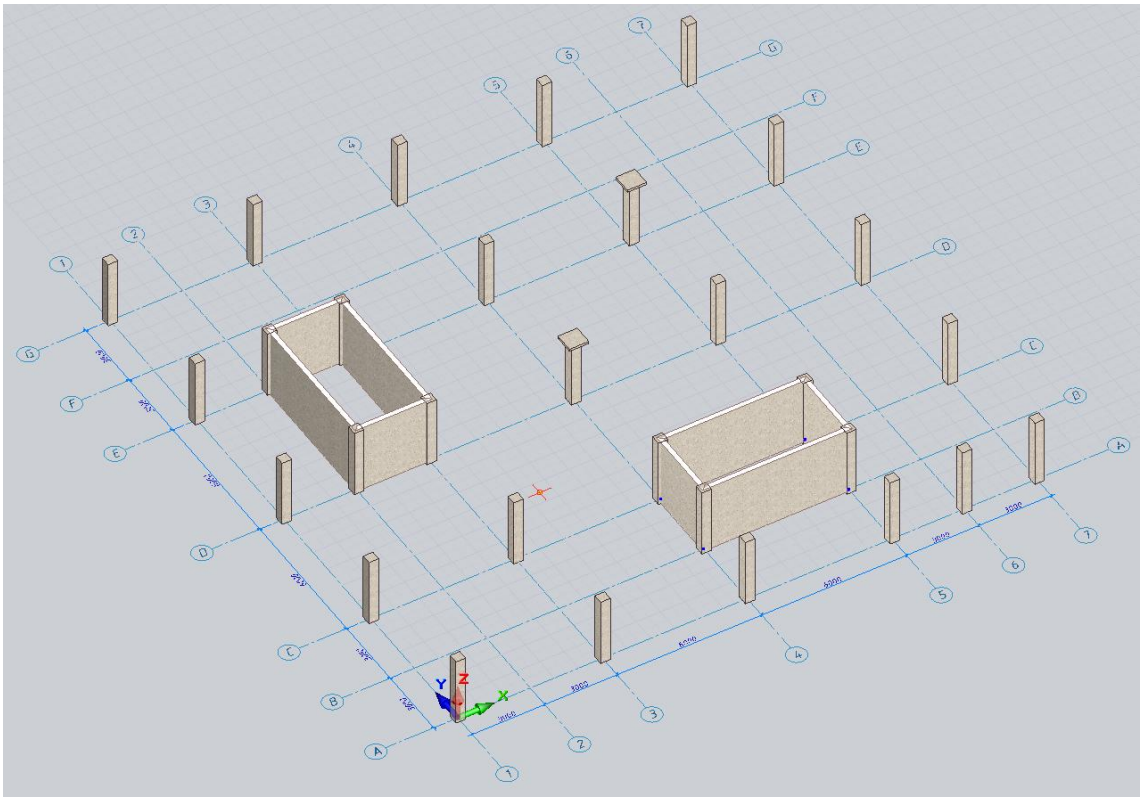


Рис. 26. Расположение ядер жесткости здания

Этап 6. Установка дверных проемов

➢ Нажмите копку **Дверь** панели **Инструменты построения** вкладки **Создание.** В строке свойств инструментов построения нажмите на **Параметры** дверей. В открывшемся окне выберите **Прямоугольный проем,** измените значения размеров дверного проема на **900**x**2100** мм (рис. 27).

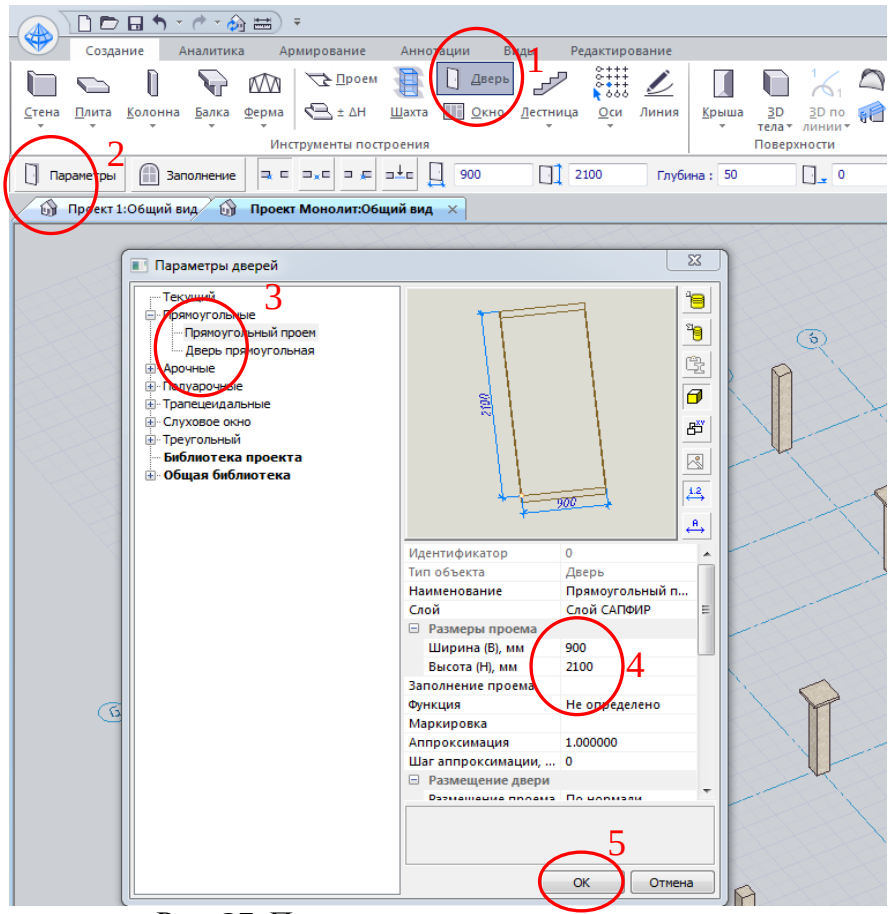


Рис. 27. Порядок задания дверного проема

- Нажмите кнопку **ОК,** подтверждая сделанные изменения.
- Установка двери производится наведением курсора мыши на стену, в которой предполагается разместить проем. Фиксация проема производится одинарным щелчком левой клавиши мыши (рис. 28).

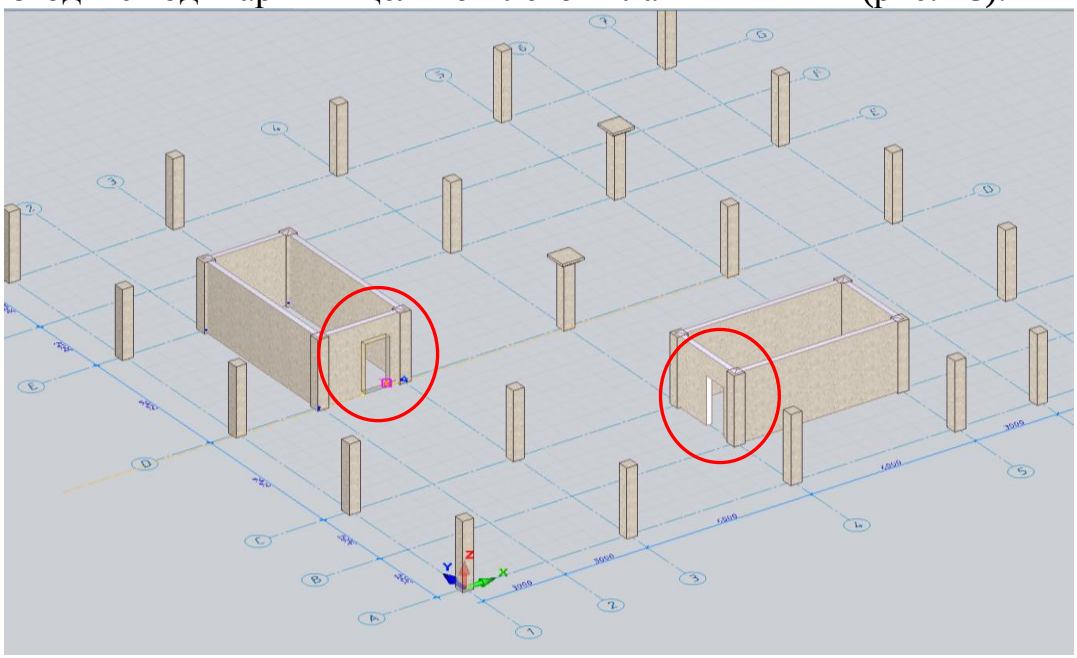


Рис. 28. Установленные дверные проемы

Этап 7. Создание ненесущих стен (ограждающие конструкции)

➢ Нажмите на **Перегородка** в списке **Стена** в панели **Инструменты построения** вкладки **Создание,** рис. 28.

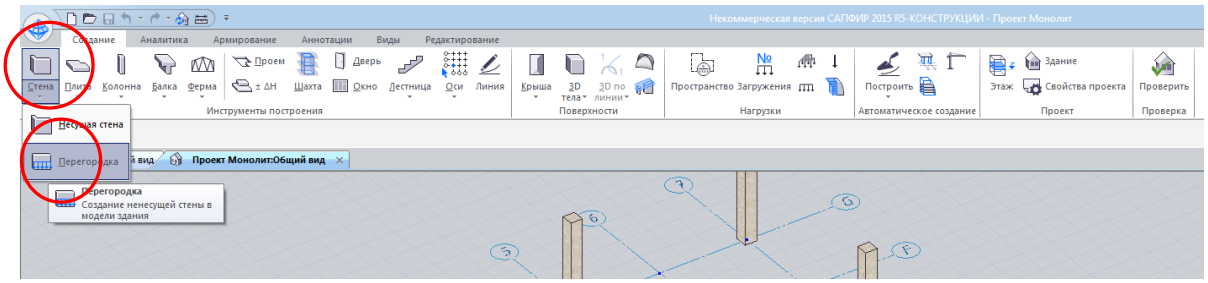


Рис. 29. Задание не несущих стен

➢ В окне **Свойства построения: Перегородка** задайте:

– в окне **Материалы** отметьте **Кирпич силекатный**;

– интерпретация: **Нагрузка;**

– нажмите **Применить** (рис. 29).

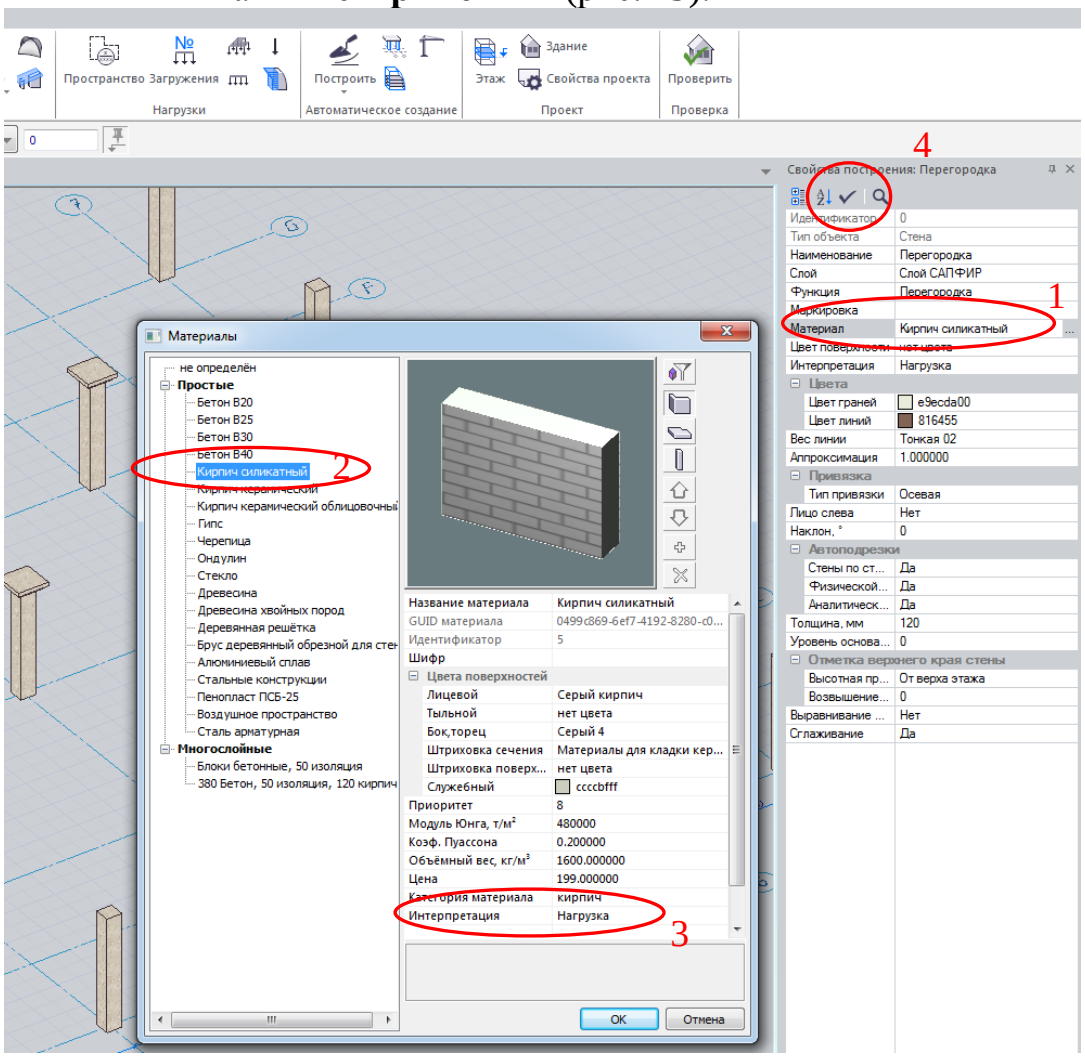


Рис. 30. Создание не несущих стен

➢ В свойствах инструментов **Стена** задайте:

- способ построения **– отрезок;**
- снимите галочки **Цепочка** и **Замыкат;**
- установите толщину **250** мм;
- привязка – **слева от оси**;
- смещение – **50** мм;
- уровень основания **– 0;**
- верхняя отметка **– 0** от верха этажа (рис. 31).

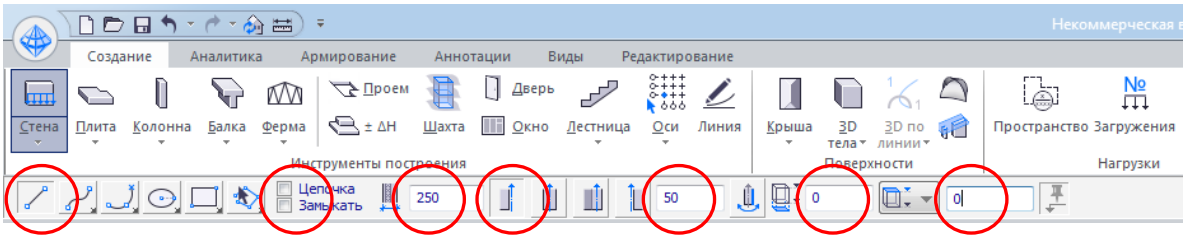


Рис. 31. Свойства инструментов Стена

➢ Выполните построение наружних не несущих ограждающих стен (рис. 32), щелкая курсором на гранях пересечений с несущими элементами (стены, колонны).

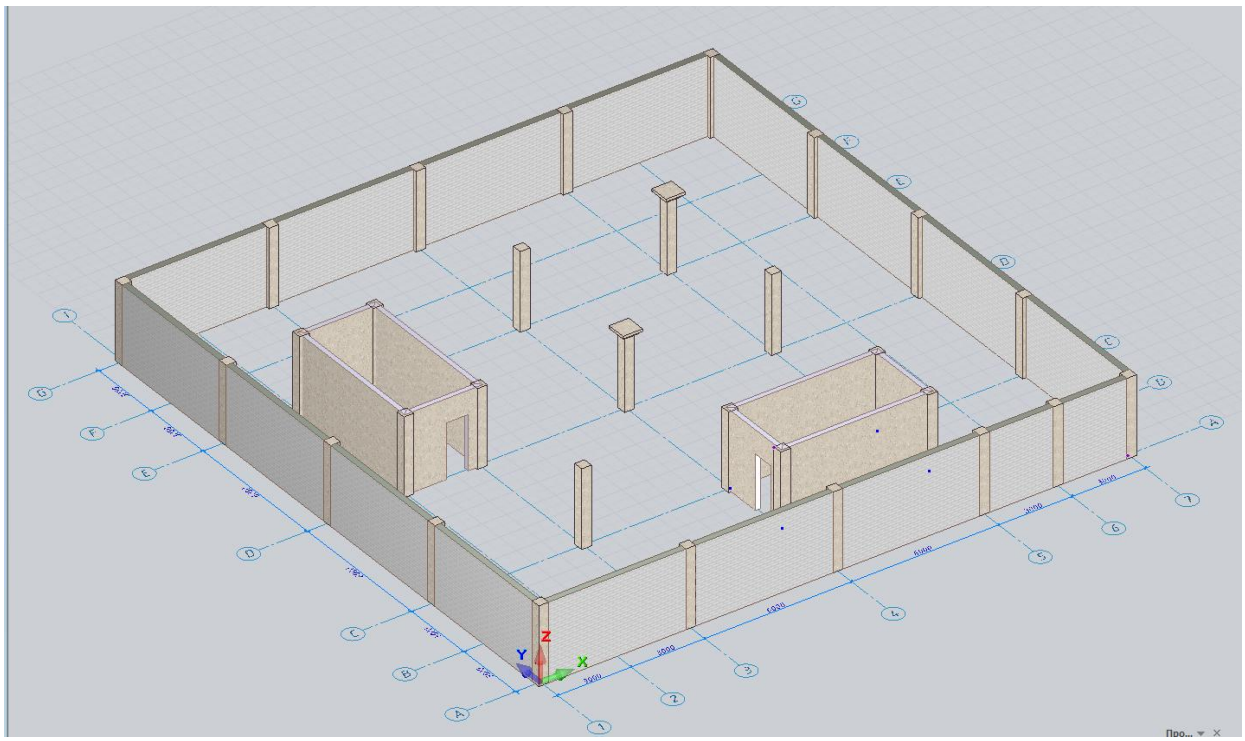


Рис. 32. Вид созданных не несущих стен

Этап 8. Установка оконных проемов

➢ Выполните щелчок по кнопке – **Окно** (вкладка **Создание**, панели **Инструменты построения**).

➢ Нажмите **Параметры.**

➢ В окне **Параметры окон** задайте геометрию окон: ширина (В) – **1200** мм; высота (Н) – **1500** мм.

➢ Нажмите **ОК** (рис. 33).

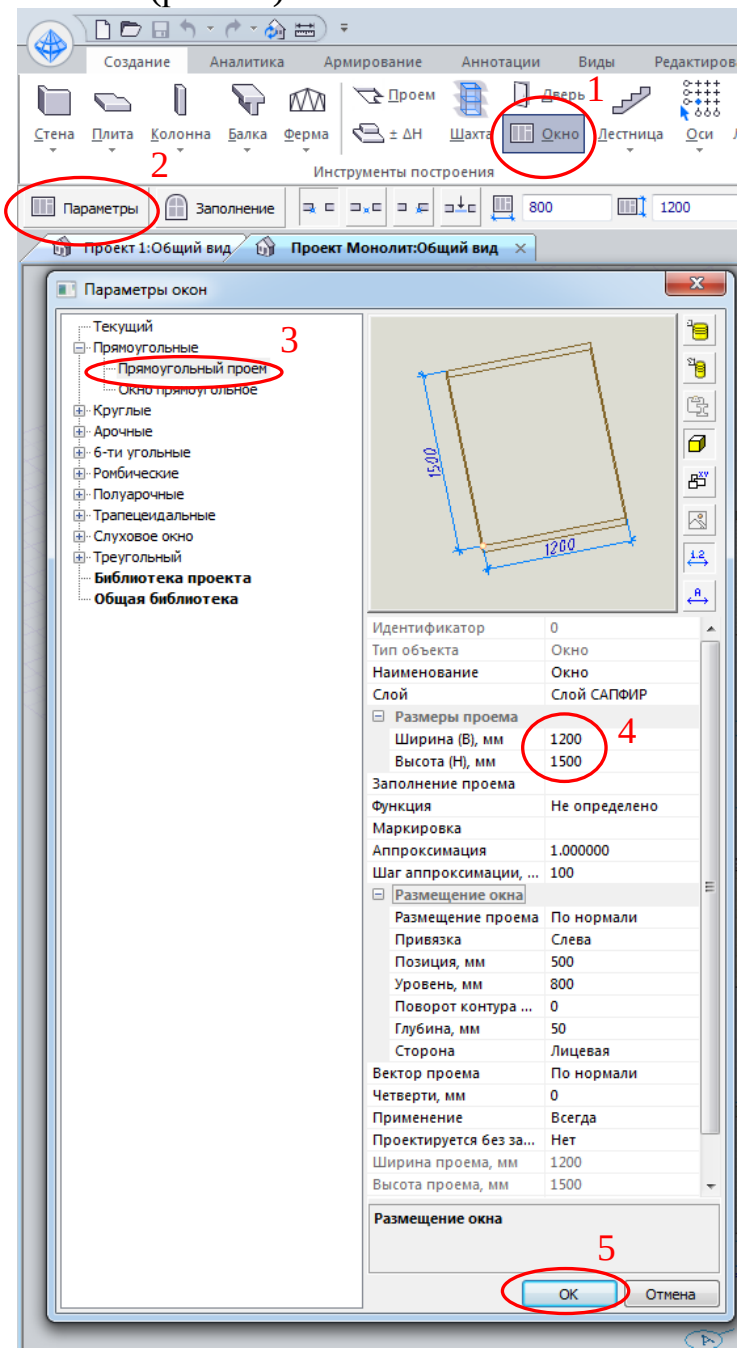


Рис. 33. Установка оконных проемов

➢ Установите оконные проемы в не несущих стенах, согласно выбранному архитектурному облику здания.

Этап 9. Создание фундаментной плиты

➢ Щелкните на кнопку **Фундаментная плита** (вкладка **Создание**, панели **Инструменты построения**).

➢ Нажмите **Прямоугольник.**

➢ Задайте толщину плиты **800** мм.

➢ Задайте нагрузку от веса полов на фундамент (q2 =1,9 кПа=**0,194**т/м^2).

➢ Задайте временную нагрузку на фундамент (v3 =4,8 кПа=**0,489** т/м^2) см. рис. 34.

➢ В диалоговом окне **Свойства построения: Плита** задайте: **материал** – Бетон В30.

➢ После этого щелкните по кнопке – **Применить.**

➢ Выполните построение фундаментной плиты, привязывая курсор к наружным граничным точкам несущих колонн.

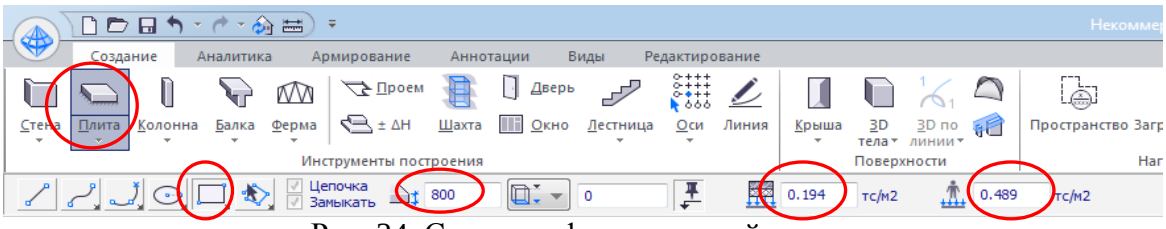


Рис. 34. Создание фундаментной плиты

➢ Для создания вылета консолей фундамента относительно осей крайних колонн выделите курсором фундаментную плиту. На вкладке **Редактирование** нажмите **Эквидистанта** и задайте отступ – **800** мм (так как вылет консолей фундамента относительно **осей** крайних колонн должен быть - 1000 мм, вычитаем половину толщины колонны).

➢ Нажмите **Выполнить** (рис. 35).

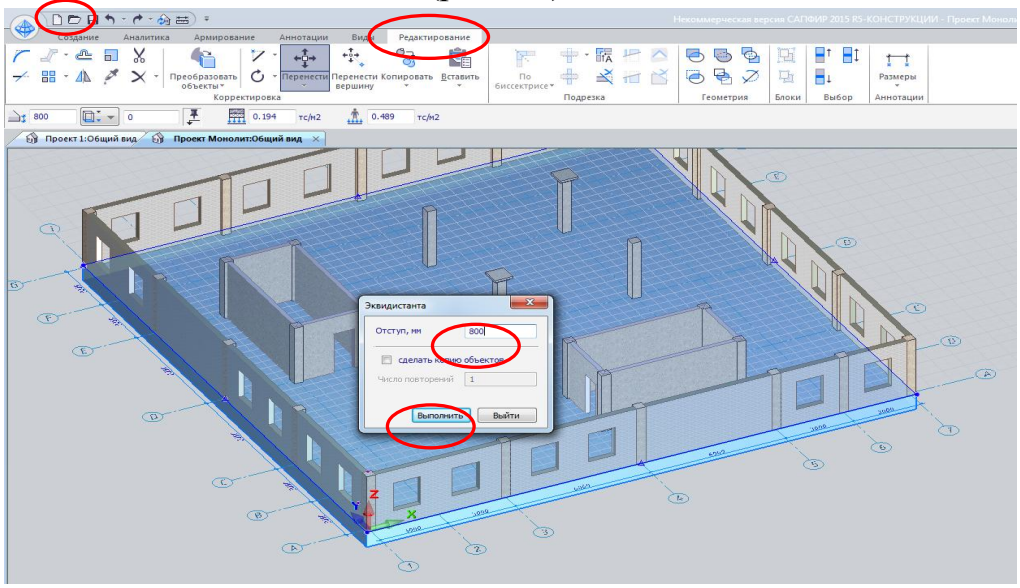


Рис. 35. Создания вылета консолей фундамента

Этап 10. Создание плиты перекрытия

- Щелкните на кнопку **Плита** (вкладка **Создание**, панели **Инструменты построения**).
- Нажмите **Прямоугольник.**
- Задайте толщину плиты **200** мм.
- Отметьте привязку плиты – **от верха этажа**.
- Задайте постоянную нагрузку от веса полов и перегородок на перекрытие (q2 =2,0 кПа=**0,204** т/м^2).
- Задайте временную нагрузку на перекрытие (v2 =1,95 кПа=**0,198** т/м^2), рис. 36.
- В диалоговом окне **Свойства построения: Плита** задайте: **материал** – Бетон В30.
- После этого щелкните по кнопке – **Применить**.
- Выполните построение плиты перекрытия, привязывая курсор к наружным граничным точкам несущих колонн.

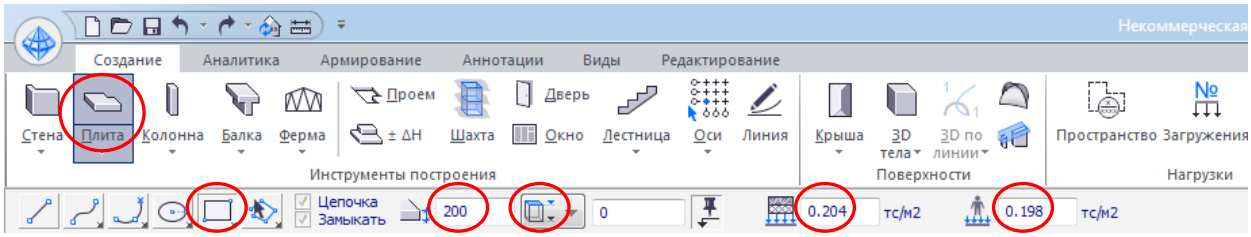


Рис. 36. Создание плиты перекрытия

- Для создания проемов в плите перекрытия отобразите модель в проекции на горизонтальную плоскость XOY, щелкнув по кнопке – **Вид сверху** на панели инструментов **Проекции.**
- Выделите плиту перекрытия.
- Нажмите на кнопку **Каркас**.
- Перейдите на вкладку **Создание** (панель **Инструменты построения**) и щелкните по кнопке **Проем.**
- В строке свойств инструмента **Проем** выберите способ построения – **Прямоугольник.**
- Задайте прямоугольное отверстие для лестничных клеток в ядрах жесткости, вводя последовательно пару точек вершин прямоугольника по диагонали слева вверху вниз направо.
- Нажмите на кнопку **Текстуры** (рис. 37).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.

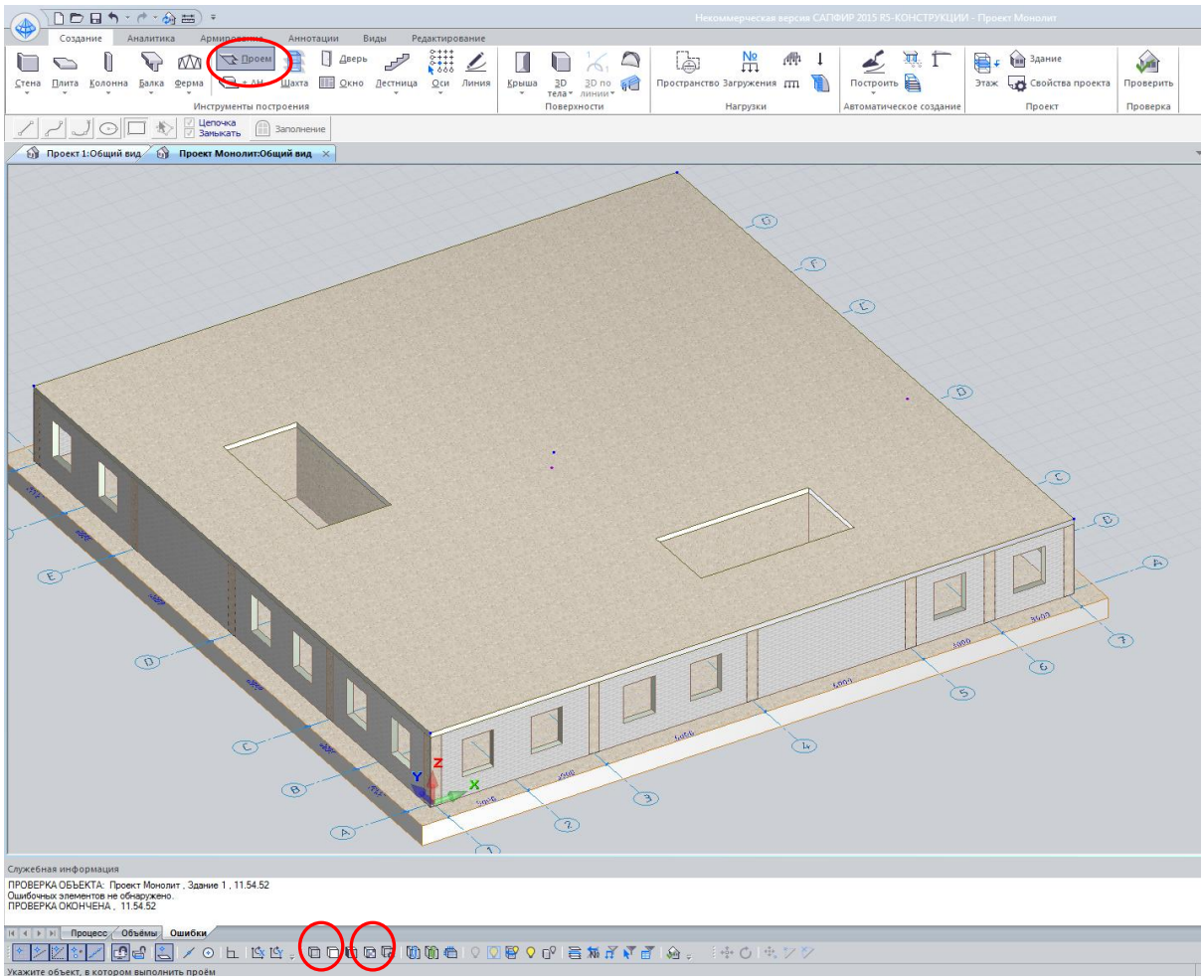


Рис. 37. Создание проемов в плитах перекрытия

Этап 11. Копирование этажей

- Вызовите диалоговое окно **Создать новый этаж** (рис. 38) щелчком по кнопке – Этаж (панель **Проект** вкладки **Создание**).
- В открывшемся диалоговом окне введите следующие данные:
  количество – **8;**
  высота этажа – **3000** мм.
- Поставьте галочку **Копировать элементы**.
- После этого щелкните по кнопке **Ок**.

Вид здания представлен на рис. 39.

Для удаления проемов в плите покрытия (верхняя плита) выделите курсором проемы, нажмите **Delete** на клавиатуре.

Этап 12. Создание загружений

- Измените нагрузку плиты покрытия:
  - постоянные от веса кровли на покрытие (q1 =3,5 кПа=**0,356**т/м^2);
  - временные нагрузки установите **0**т/м^2.
- После этого щелкните по кнопке **Enter** на клавиатуре.

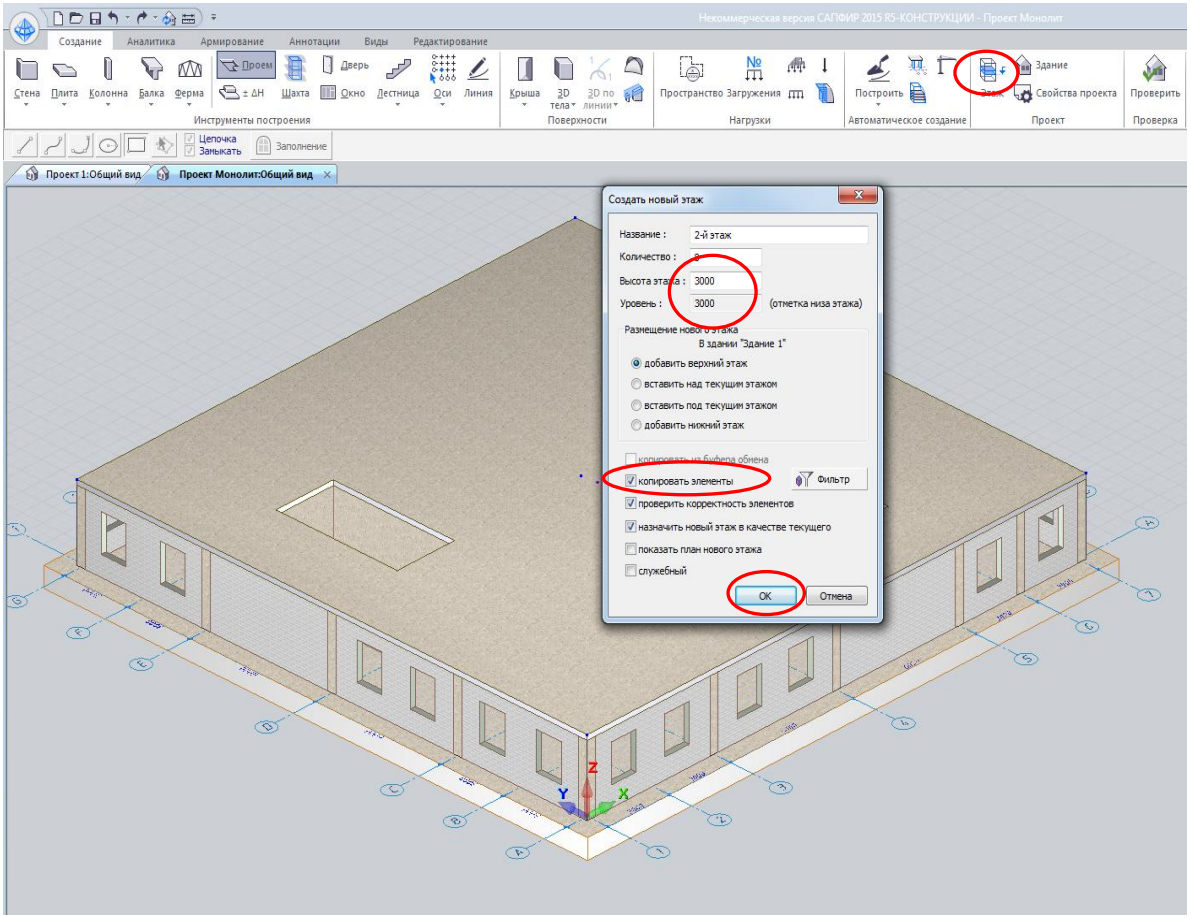


Рис. 38. Создание нового этажа

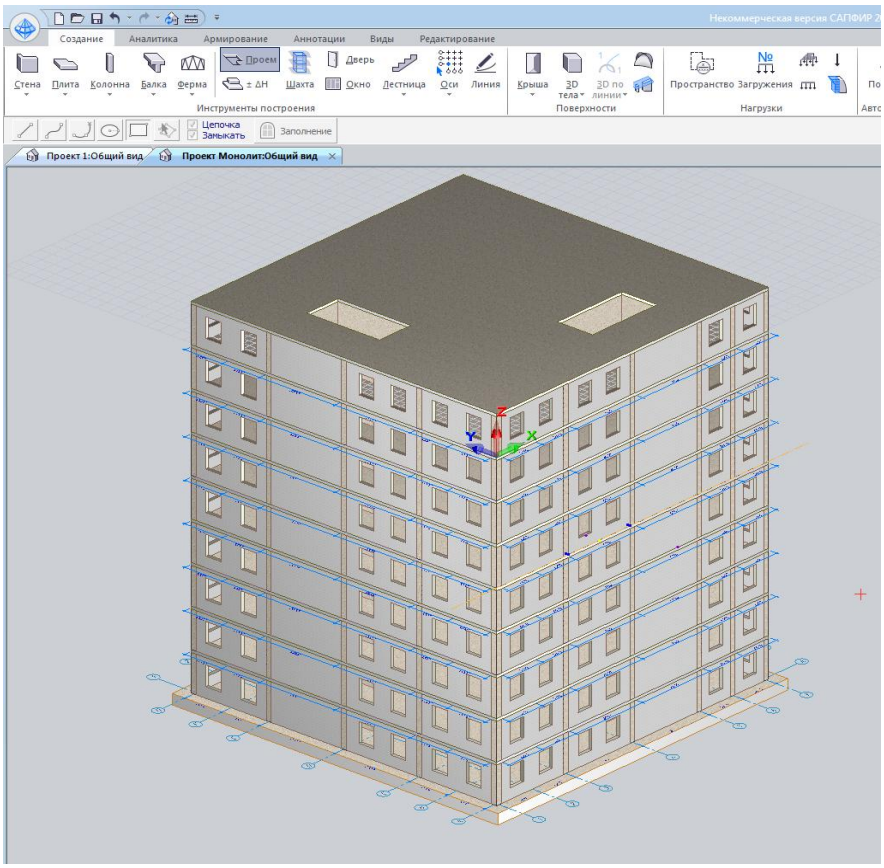


Рис. 39. Вид здания после проведения копирования текущего этажа

➢ Для создания снеговой нагрузки на покрытие щелкните по кнопке – **Штамп нагрузки** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание**).

➢ В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:

способ построения – Прямоугольник;

вызовите диалоговое окно **Редактор загружений** щелчком по кнопке;

в открывшемся диалоговом окне щелкните по строке **Загружение прочее**;

щелкните еще раз в название загружения **Загружение прочее** и переименуйте его в **Снег**;

щелчком в колонке **Коэфф. надежности** по строке **Снег** введите значение коэффициента надежности для снеговой нагрузки 1.4 и долю длительности 0.7 (рис. 40);

щелкните по кнопке **ОК**.

➢ Задайте нагрузку и в начале и в конце: временные от веса снега на покрытие (v1 =3,2 кПа=**0,326**т/м^2).

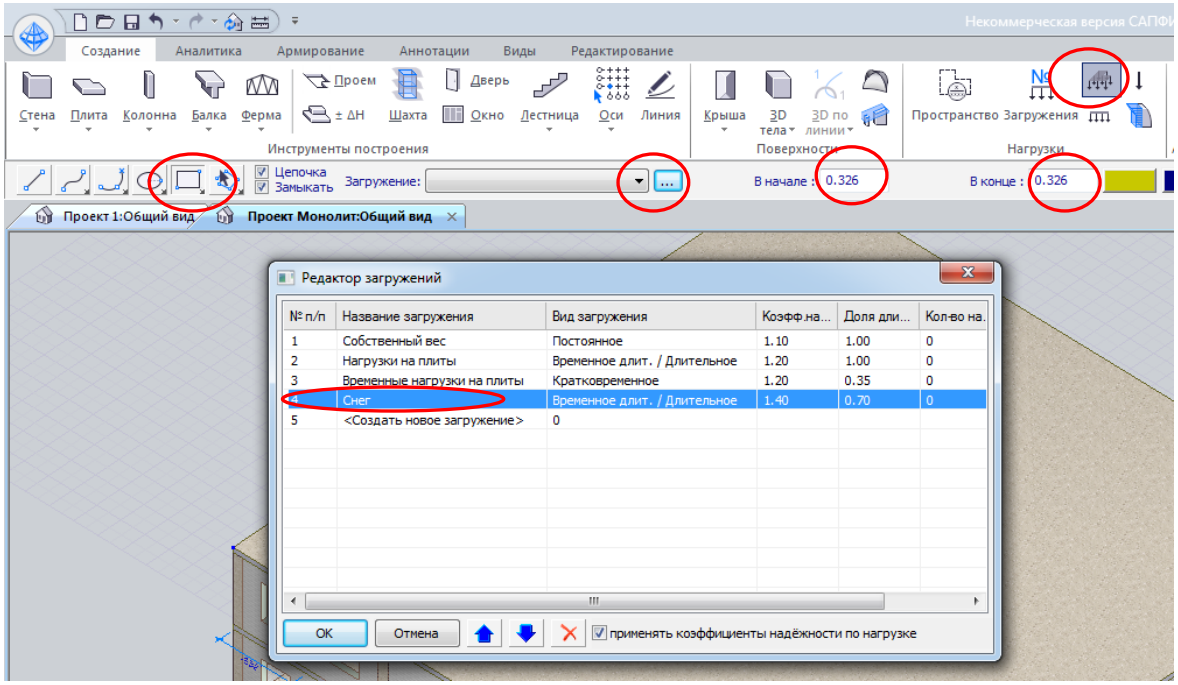


Рис. 40. Создание нагружения от снеговой нагрузки

- Для задания нагрузки снимите галочку с «0» ЛСК.
- Отметьте крайнюю тчку плиты покрытия и ей противоположную точку на плите (рис. 41).

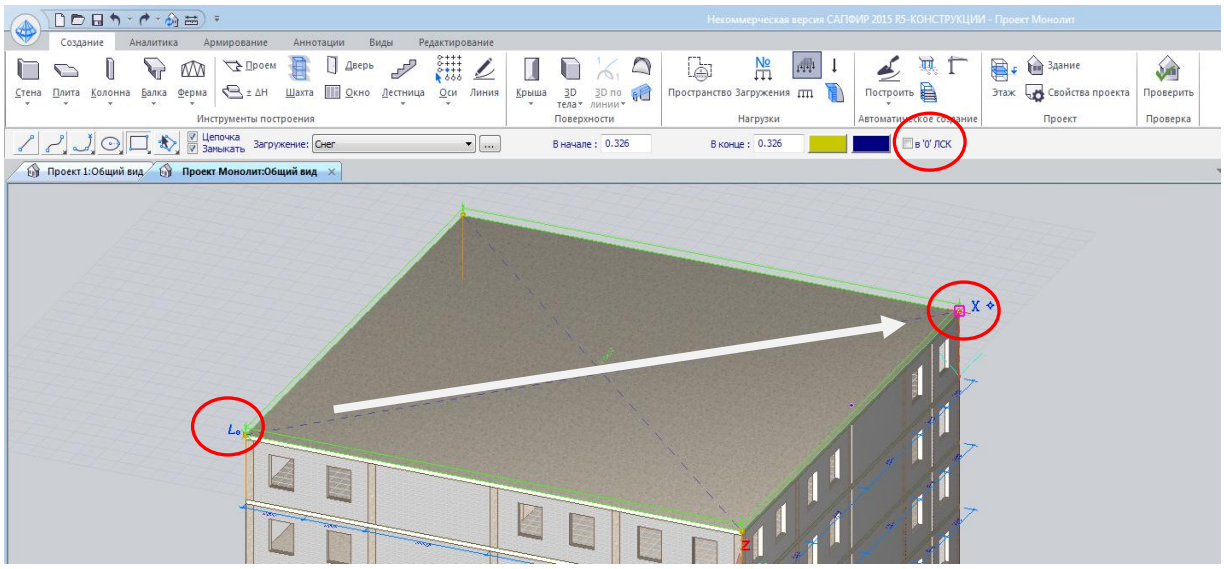


Рис. 41. Задание нагрузки на плиту покрытия

Этап 13. Задание коэффициентов постели

- Два раза щелкните на папке **1 этаж**, панели **Структура.**
- Выделите фундаментную плиту и во вкладке **Граничные условия** панели **Свойства** введите значение коэф. жесткости упругого основания на сжатие С1 = 3000 кН/м^3=305,8тс/м^3.
- После этого щелкните по кнопке **Enter** на клавиатуре.

(Коэффициент постели С1, отражающий податливые свойства грунтового основания плитного фундамента, вычисляется студентом самостоятельно на основании модели Винклера. Пример его вычисления представлен в приложении 2 данного пособия.)

Этап 14. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

- Вызовите диалоговое окно **Расчетная модель** щелчком по кнопке на вкладке **Аналитика**.
- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке **ОК** (рис. 42).

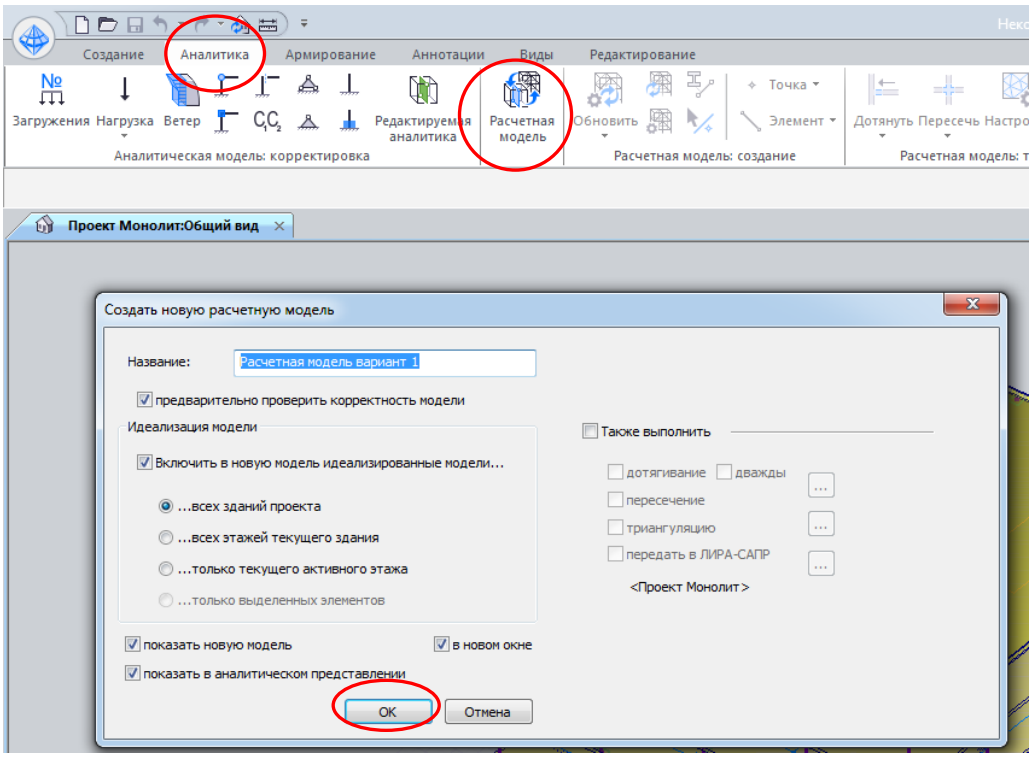


Рис. 42. Создание новой расчетной схемы

- Вызовите диалоговое окно **Параметры** (рис. 43) щелчком по кнопке – **Свойства расчетной модели** (панель **Расчетная модель**: Создание на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте **Удалять ушки – да**.

- **R поиска** мм – **50**; **Rm** мм – **100**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

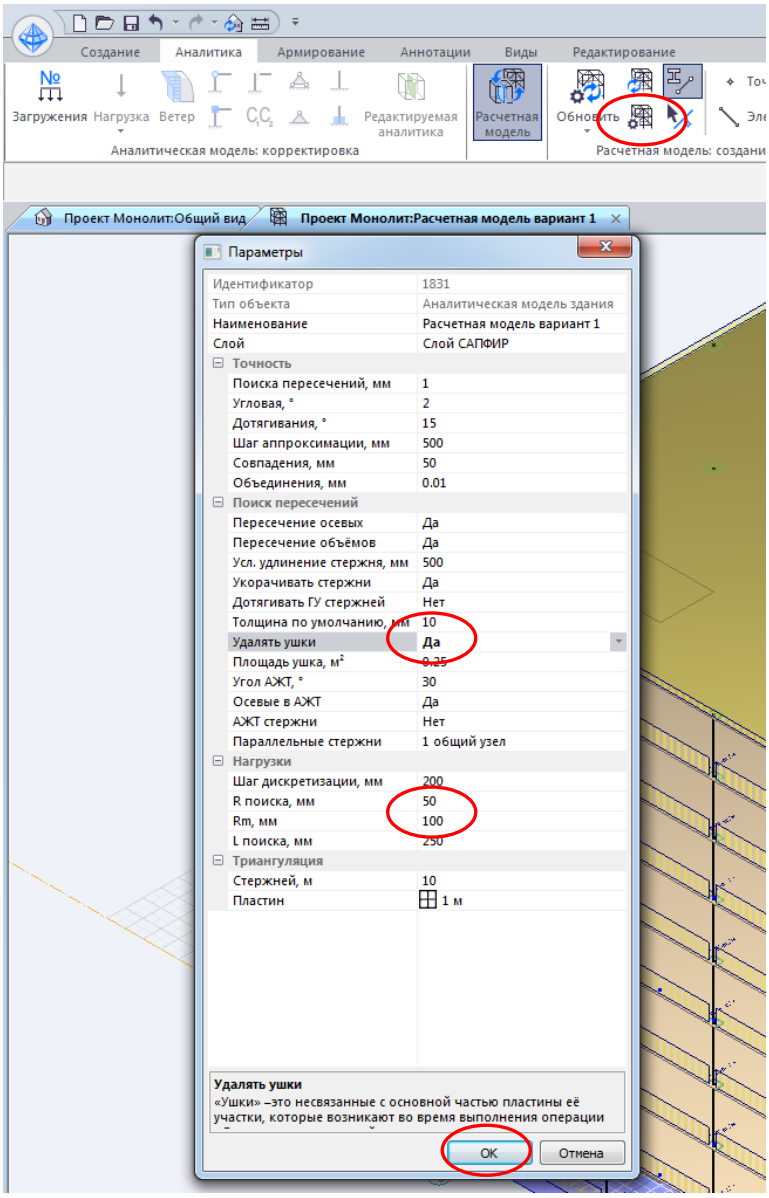


Рис. 43. Корректировка свойств расчетной схемы

- Для корректности дальнейшего поиска пересечений и устранения мелких архитектурных неточностей щелкните по кнопке – **Дотянуть дважды** в раскрывающемся списке **Дотянуть** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке **Да** (рис. 44).

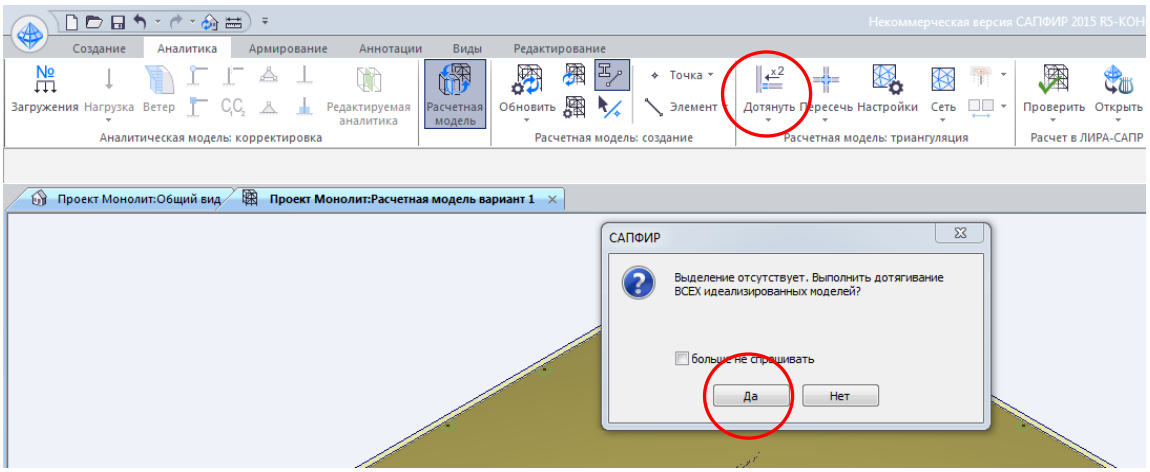


Рис. 44. Идеализация модели

➢ **Щелкните по кнопке** – Найти пересечения в раскрывающемся списке **Пересечь** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).

➢ В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке **Да** (рис. 45).

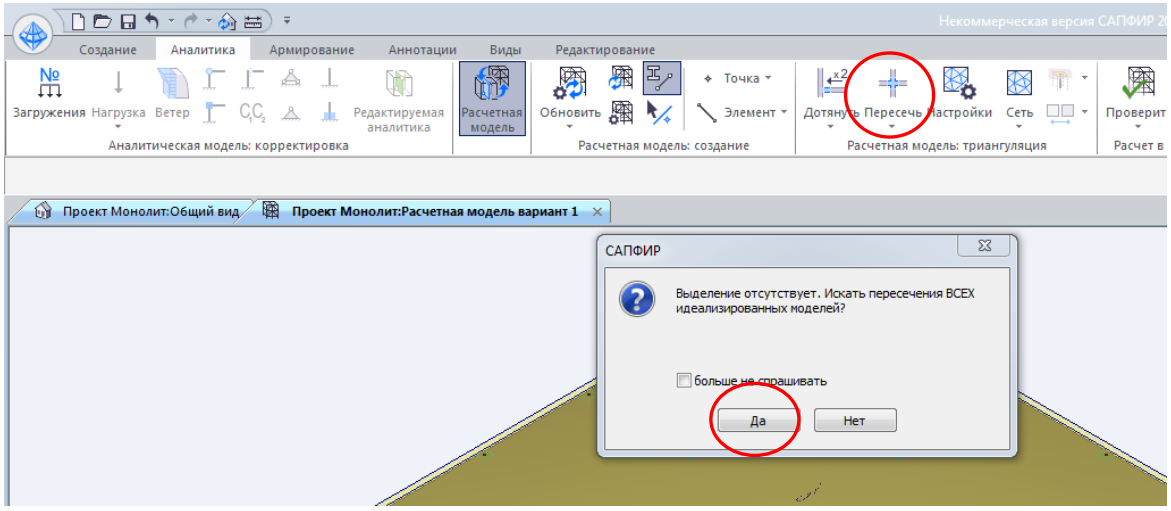


Рис. 45. Создание пересечения идеализированных моделей

➢ Расчетная модель с выполненными пересечениями, рис. 46.

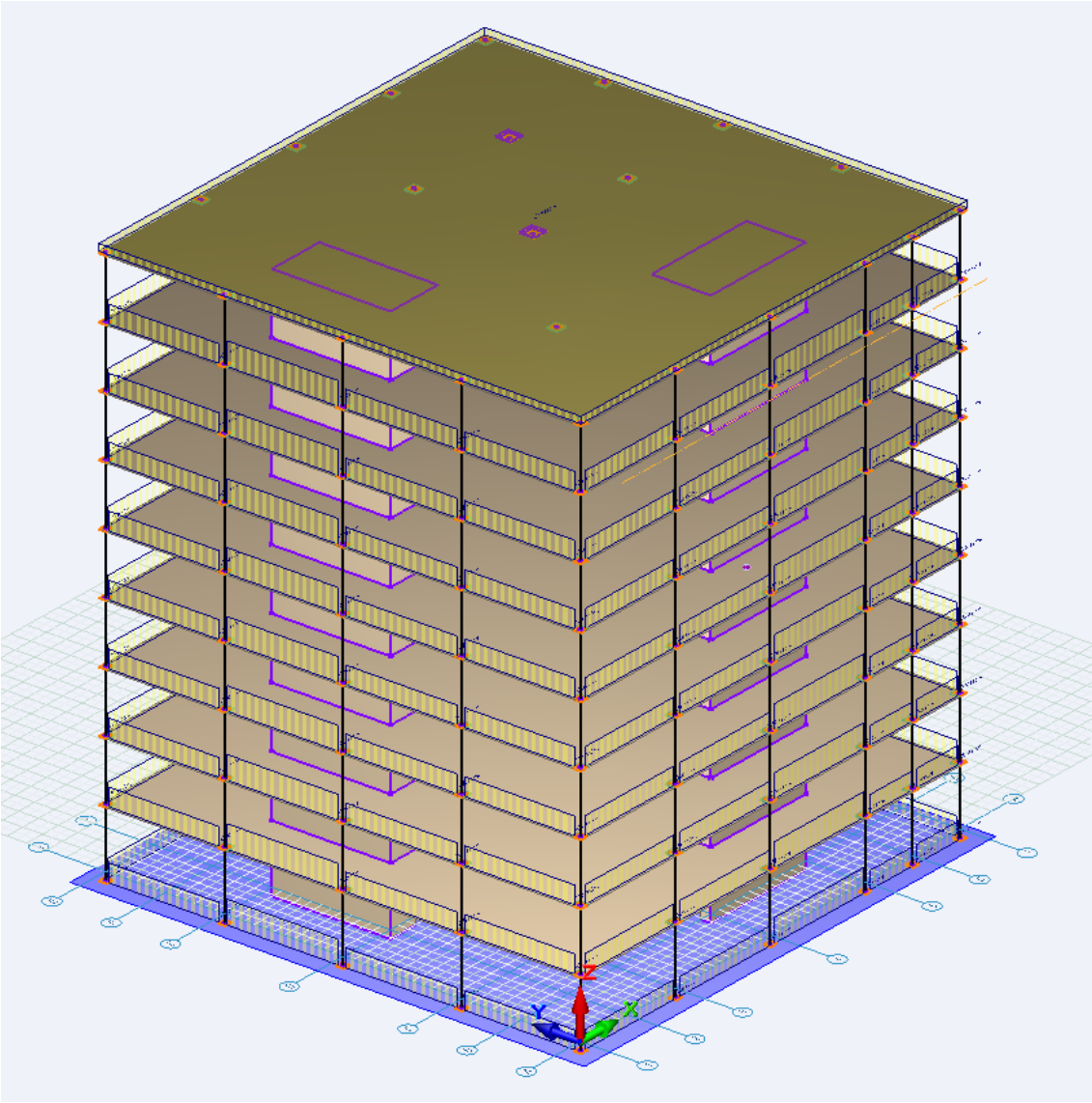


Рис. 46. Расчетная модель с выполненными пересечениями

- Вызовите диалоговое окно **Настройки триангуляции** щелчком по кнопке – **Настройки** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующее:
  - **триангуляция пластин** – адаптивная четырехугольная;
  - **шаг, м** – 0.4.
- После этого щелкните по кнопке **Назначить** (рис. 47).

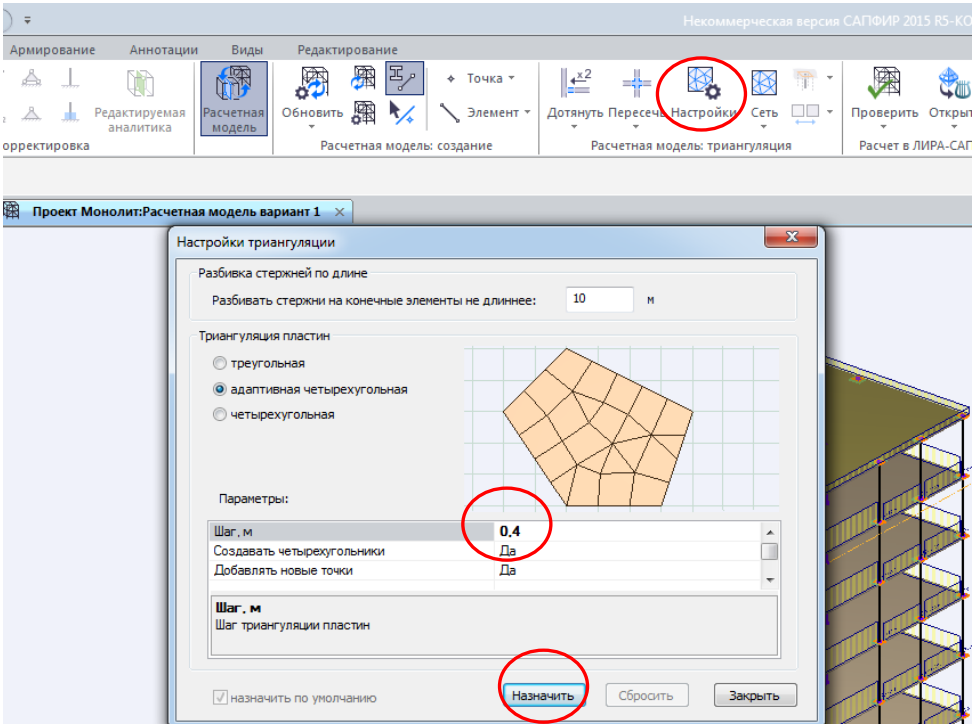


Рис. 47. Настройки триангуляции расчетной модели

➢ Для разбивки на КЭ щелкните по кнопке – **Создать триангуляционную сеть** в раскрывающемся списке **Сеть** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**), рис. 48.

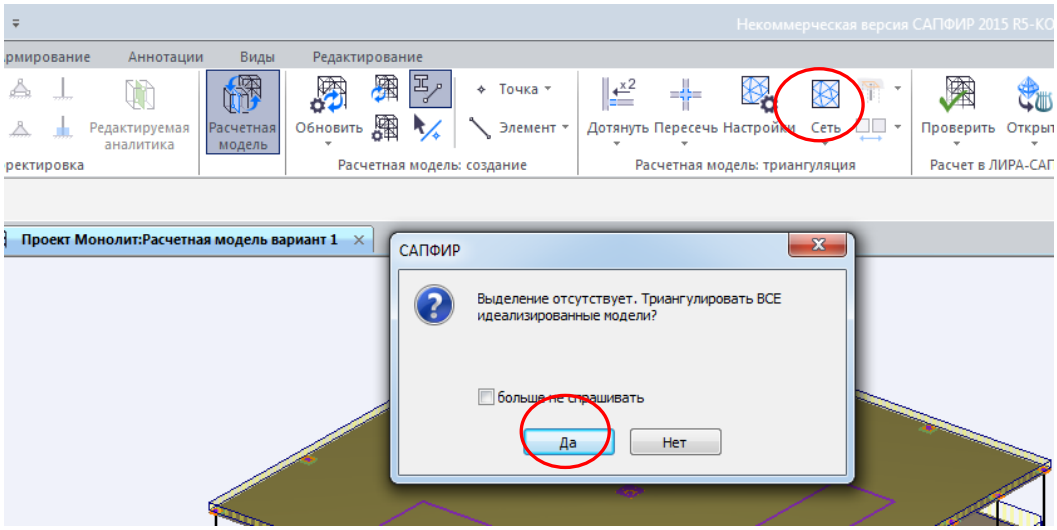


Рис. 48. Создание триангуляционной сети расчетной модели

Редактирование Загружений

➢ Вызовите диалоговое окно **Редактор загружений** щелчком по кнопке.

➢ Для каждого загружения вводим соответствующие: **Вид загружения**, **Коэффициент надежности** и **Долю длительности** (рис. 49).

➢ Нажимаем кнопку **«ОК».**

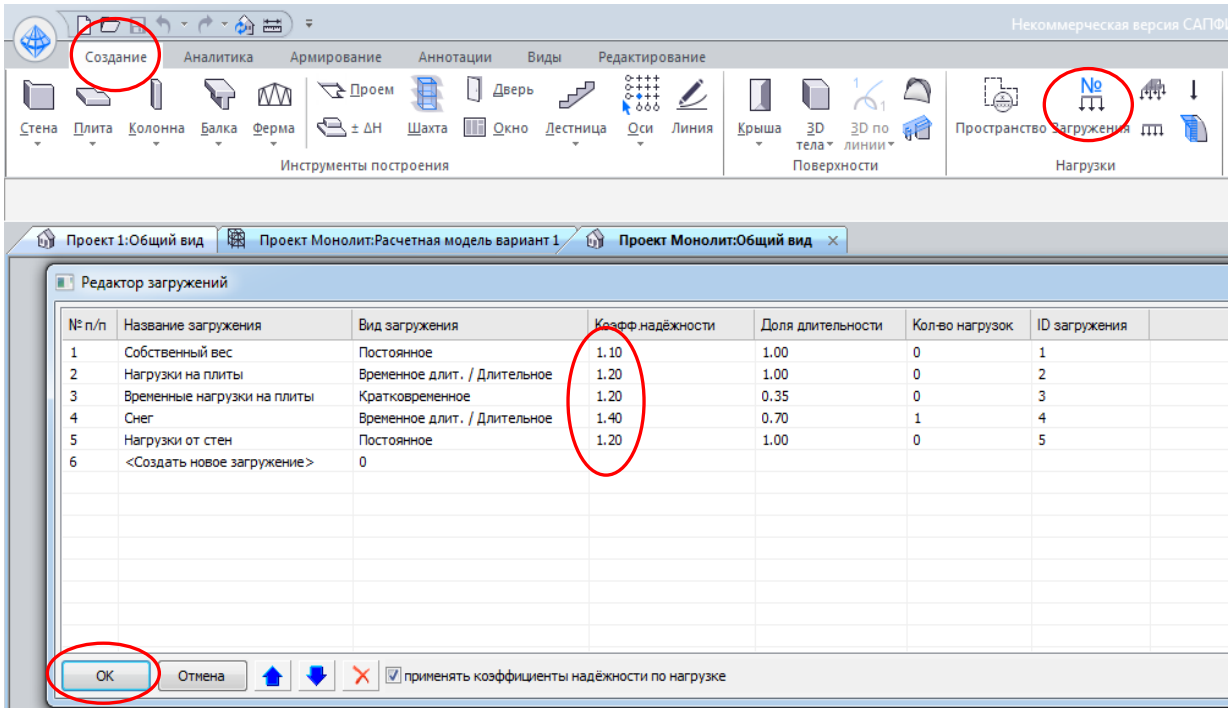


Рис. 49. Редактор загружений

Коэффициент надежности по нагрузке и ее **Долю длительности** следует определять по Строительным Нормам и Правилам на нагрузки и воздействия. В соответствии с актуализированным (действующим на данный период времени) **Сводом Правил (СП) 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия:**

Коэффициент надежности для веса несущих железобетонных конструкций γf = 1,1.

Для равномерно распределенных нагрузок:

– **для конструкции полов (постоянная нагрузка) γf = 1,3;**

–

для временных нагрузок:

– при полном нормативном значении менее 2,0 кПа γf = **1,3**;

– при полном нормативном значении более 2,0 кПа γf = **1,2.**

Коэффициенты надежности для снеговой нагрузки следует принимать равным γf = **1,4**.

Доля длительности для постоянных нагрузок **1**.

Этап 15. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР

➢ Во вкладке **Аналитика**, на панели Расчет в **ЛИРА-САПР** нажмите на кнопку **Проверить**. После выполнения проверки в САПФИР окне **Служебная информация на вкладке Ошибки** появятся сообщения, в конце которых может появиться фраза:

«Снег. Для части нагрузки не найдены элементы, к которым она приложена. Потеряно 0.21% (0.584 тс). Для 1 нагрузок или моментов не удалось найти элементы, к которым они, или их части, приложены (потеряно 0.584 тс)».

Коррекция потерянных нагрузок

➢ Выполняем двойной щелчок по строке служебной информации: «**Для *n* нагрузок или моментов не удалось найти конечные элементы, к которым они, или их части, приложены»** выделяя элементы, к которым относится эта информация.

➢ Вызовите диалоговое окно **Параметры** щелчком по кнопке – **Свойства расчетной модели** (панель **Расчетная модель: создание** на вкладке **Аналитика**), рис. 50.

➢ В открывшемся диалоговом окне задайте **R поиска – 150 мм**.

➢ **Rm – 150 мм.**

➢ Триангуляция **пластин – 0.3 м**.

➢ После этого щелкните по кнопке **ОК**.

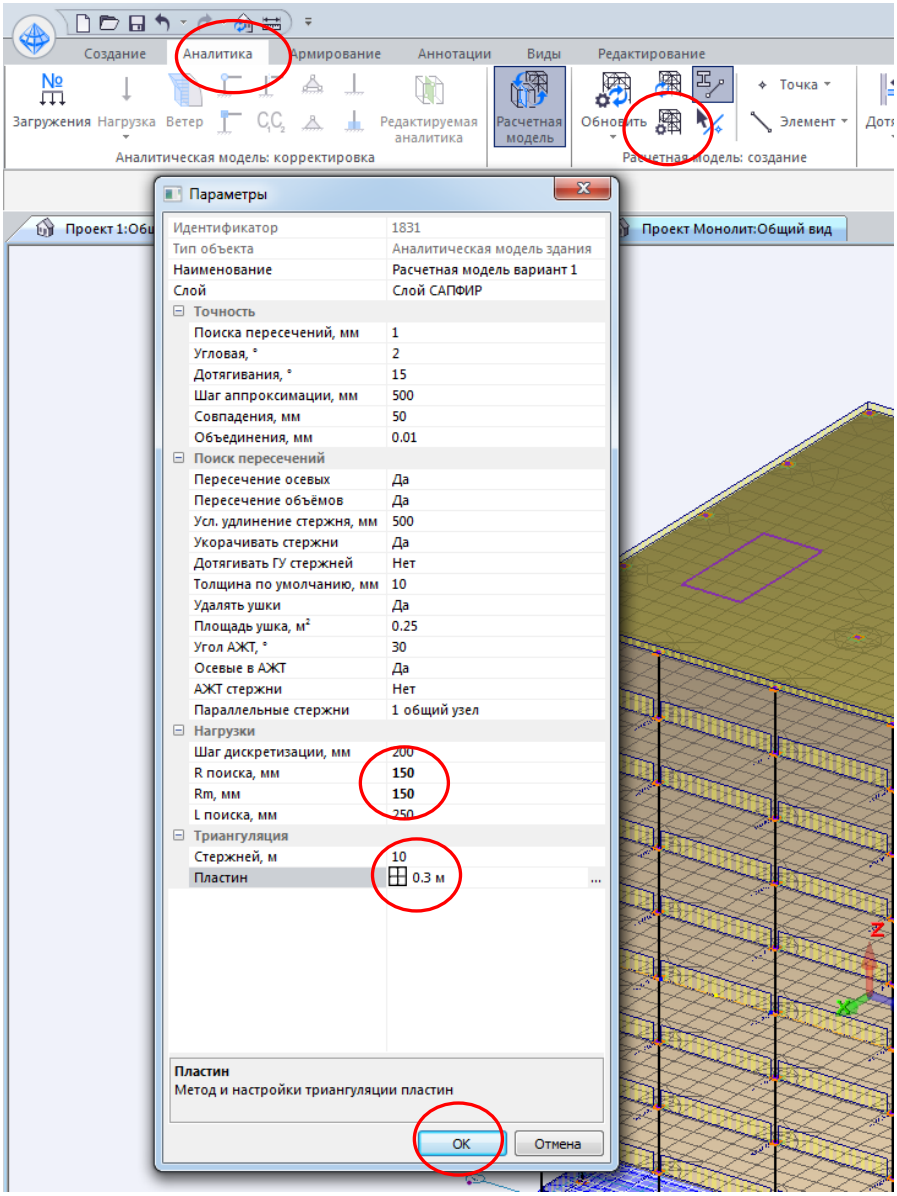


Рис. 50. Свойство расчетной модели

Щелкните правой кнопкой мыши по тексту ошибок служебной информации и в открывшемся окне нажмите кнопку **Очистить.**

➢ Нажмите кнопку **Обновить расчетную модель** панель **Расчетная модель создание** во вкладке **Аналитика.**

➢ Снова щелкните по кнопке – **Создать триангуляционную сеть** в раскрывающемся списке **Сеть** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).

➢ Во вкладке **Аналитика**, на панели Расчет в **ЛИРА-САПР,** нажмите на кнопку **Проверить.**

*После выполнения проверки в САПФИР в окне **Служебная информация на вкладке Ошибки** не появится никаких сообщений, т.е. ошибки устранены.*

Создание промежуточного файла для экспорта в ЛИРА-САПР

➢ Чтобы сохранить файл САПФИР для ЛИРА-САПР щелкните по кнопке – **Сохранить** в раскрывающемся списке **Открыть** (панель **Расчет в ЛИРА-САПР** на вкладке **Аналитика**). В открывшемся диалоге можно задать имя для файла в формате (*.S2L) и выбрать папку для сохранения.

Этап 16. Открытие расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР

Запустите ЛИРА-САПР.

➢ Закройте появившийся диалог **Описание схемы**.

➢ Зайдите в меню Приложения. В данном диалоге следует кликнуть левой клавишей мыши по строке Импорт файлов S2L (рис. 51). В открывшемся диалоге следует указать путь к сохраненному файлу S2L.

После открытия файла следует настроить визуализацию расчетной схемы. Для этого:

➢ на панели **Выбора** (находится у нижней границы окна программы) следует вызвать окно **Флаги рисования**;

➢ в данном окне перейдите во вкладку **Общие**, снимите «галочку» **Визуализация нагрузок** и нажмите снизу Перерисовать. Установите галочку **Применять автоматически**. Расчетная схема должна выглядеть так как показано на рис. 52.

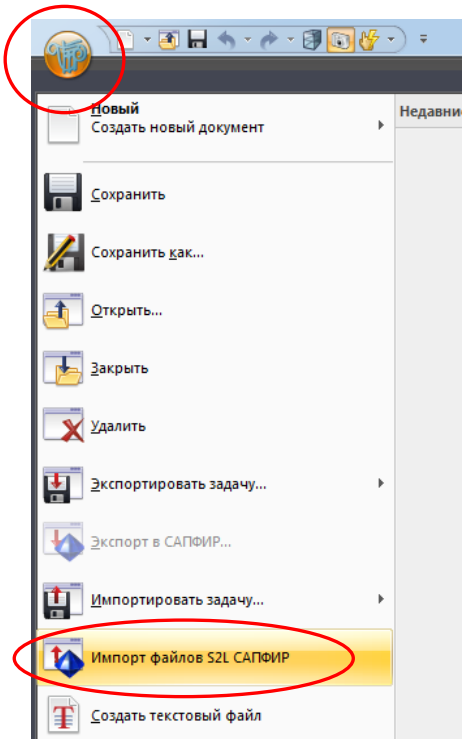


Рис. 51. Меню приложения

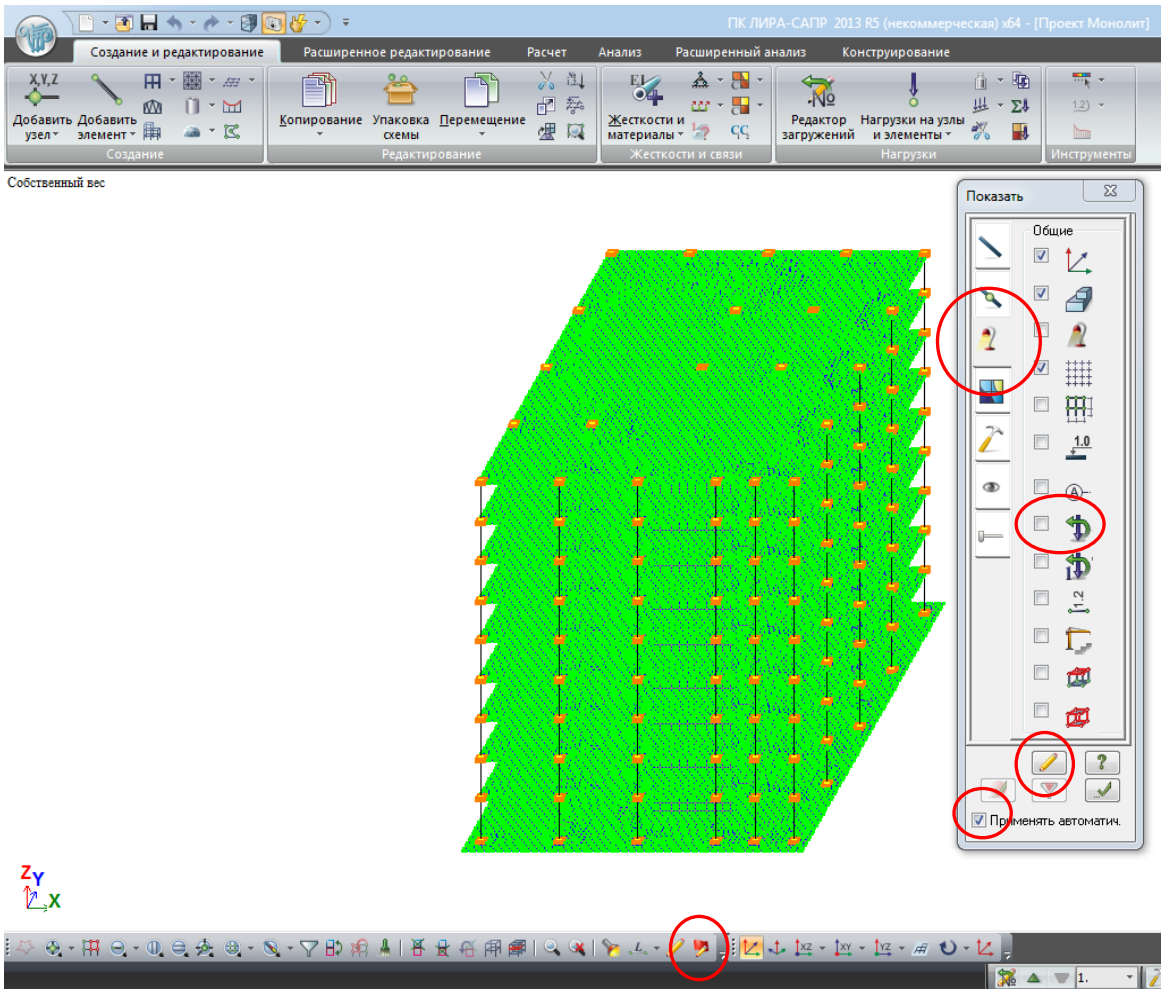


Рис. 52. Расчетная схема здания

Создание таблицы расчетных сочетаний нагрузок:

Для просмотра результатов расчета от комбинаций нагрузок, а также подбора арматуры следует создать расчетные сочетания нагрузок **РСН**.

➢ На панели **Доп. расчеты** во вкладке **Расчет** следует кликнуть по кнопке РСН.

➢ В левом верхнем углу измените нормы с СНиП 2.01.07-85* на СП 20.13330.2011.

➢ Откорректируйте столбцы **Вид**, **Коэффициент надежности** и **Доля длительности,** как это показано на рис. 53.

➢ В левом нижнем углу окна нужно нажать кнопку **Добавить**. Генерируются варианты 1-го основного сочетания нагрузок для расчета по первой группе предельных состояний.

➢ Нажмите кнопку **Сохранить** и закройте окно.

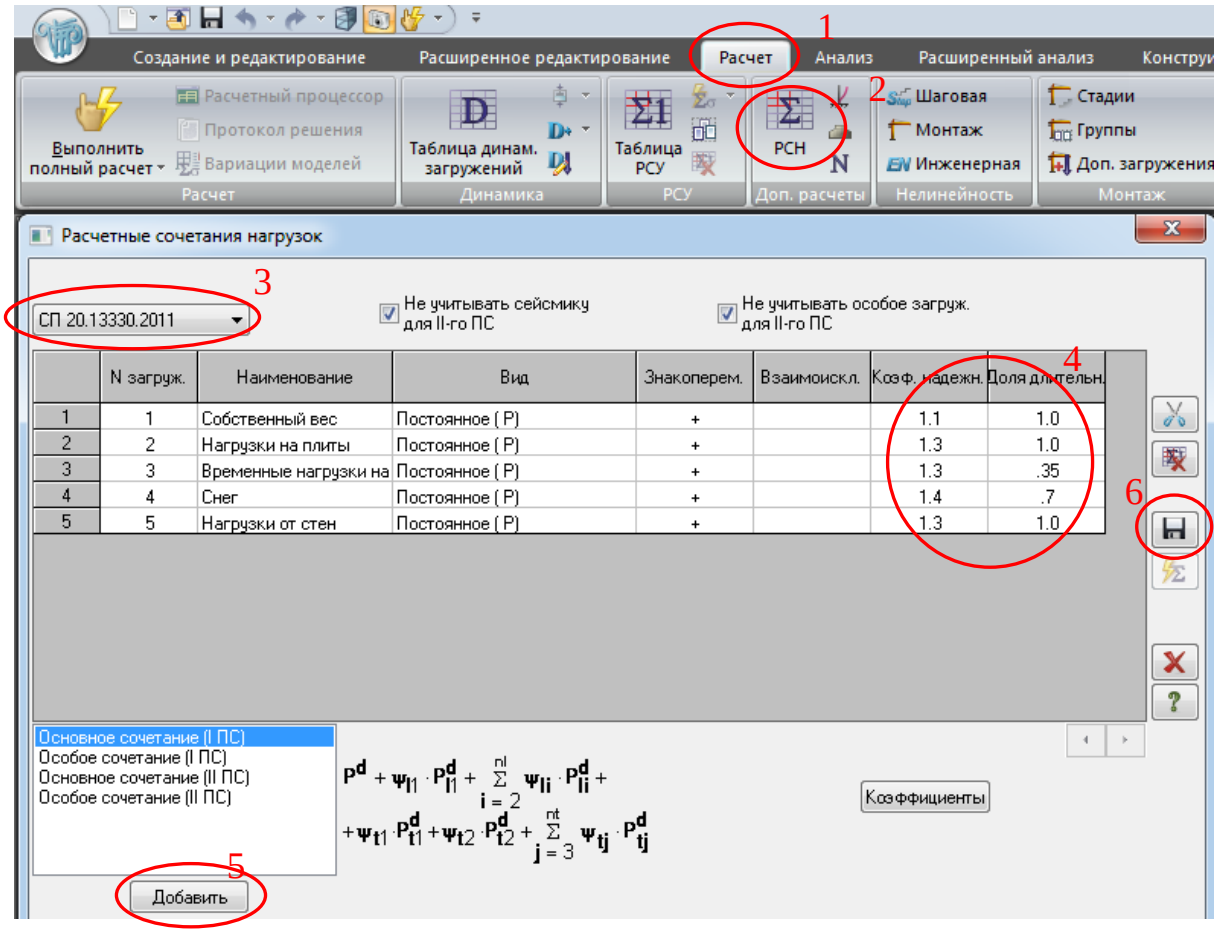


Рис. 53. Расчетные сочетания нагрузок

Этап 17. Задание параметров материалов элементам схемы

Начинать задавать данные для конструктивного расчета следует с создания вариантов конструирования схемы.

Количество вариантов конструирования и нормы для конструктивного расчета импортируются из программы САПФИР. При необходимости пользователь может внести свои корректировки.

➢ Щелчком по кнопке **Варианты** на панели **Конструирование** вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования.** В данном окне следует проконтролировать данные, импортированные из САПФИР, и при необходимости внести поправки.

➢ В окне **Расчет сечений по** следует задать расчет по **РСН**.

➢ В окне **Железобетонный расчет Нормы** следует выбрать **СП 63.13330.2012**.

➢ После корректировки нажмите **Применить** перед закрытием окна (рис. 54).

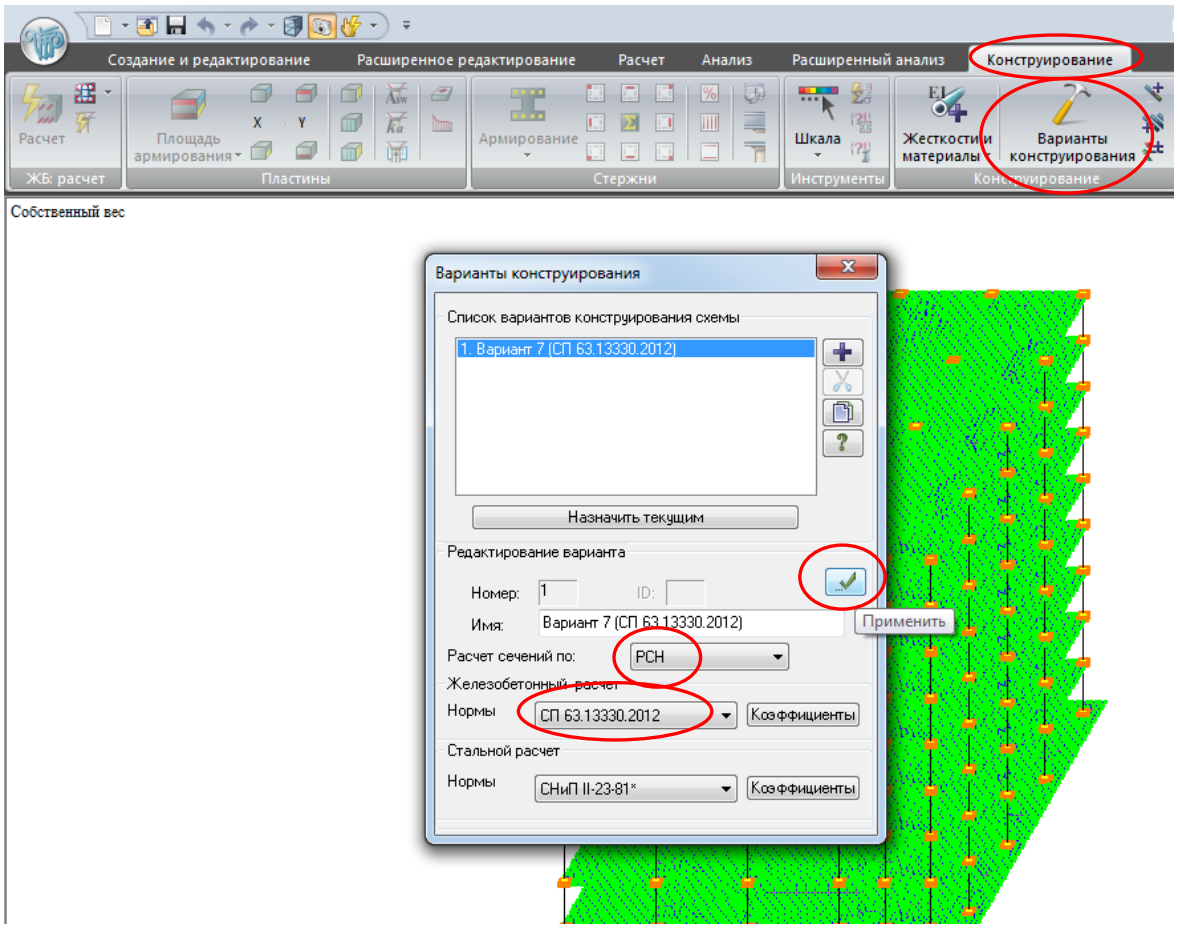


Рис. 54. Варианты конструирования

Далее необходимо просмотреть и скорректировать Материалы для расчета железобетонных конструкций.

➢ Вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) и щелкните по кнопке – **Ж/б** (рис. 55).

➢ После этого выделите строку **стержень Балка** и щелкните по кнопке **Изменить.**

➢ На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики**, в котором задайте следующие параметры для балок:

➢ снимите «галочку» **Выделять угловые арматурные стержни**.

Данный признак позволяет получить эффективное армирование при косом изгибе стержня.

Так как ригели монолитного перекрытия работают в одной плоскости, то это позволит получить распределенное армирование у верхней и нижней граней сечения;

➢ в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** в раскрывающемся списке выберите строку, соответствующую диаметру арматуры **25** мм.

Так как расчетная ширина раскрытия трещин зависит от диаметра арматурного стержня, то необходимо указать, стержнями какого диаметра, примерно, будет армироваться данный элемент.

- Все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

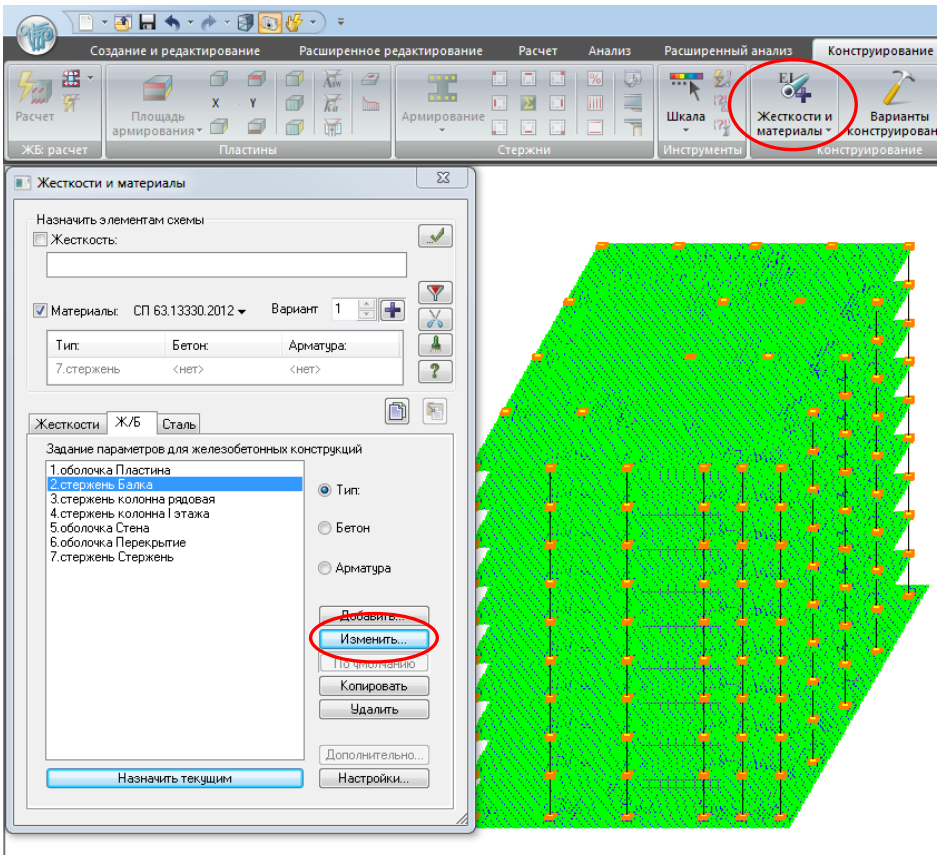


Рис. 55. Жесткости и материалы

- Выделите строку **стержень Колонна рядовая** и щелкните по кнопке **Изменить.**
- В поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** в раскрывающемся списке выберите строку, соответствующую диаметру арматуры **25** мм.
- В поле **Длина элемента, Расчетные длины** измените коэффициенты расчетной длины **LY = 0.7, LZ = 0.7**.

Коэффициенты расчетной длины принимаются в зависимости от условий сопряжения колонн с горизонтальными конструкциями и конструктивного исполнения каркаса в соответствии с СП 63.13330.2012. В расчетно-графической работе допускается расчетные длины принимать для рядовых колонн многоэтажных зданий, при числе пролетов не менее двух и жестких узлах сопряжений, равными – $\ell_0 = 0{,}7\ H$. *Для колонн первого этажа* $\ell_0 = H$.

➢ Все остальные параметры остаются заданными по умолчанию (рис. 56).

➢ После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

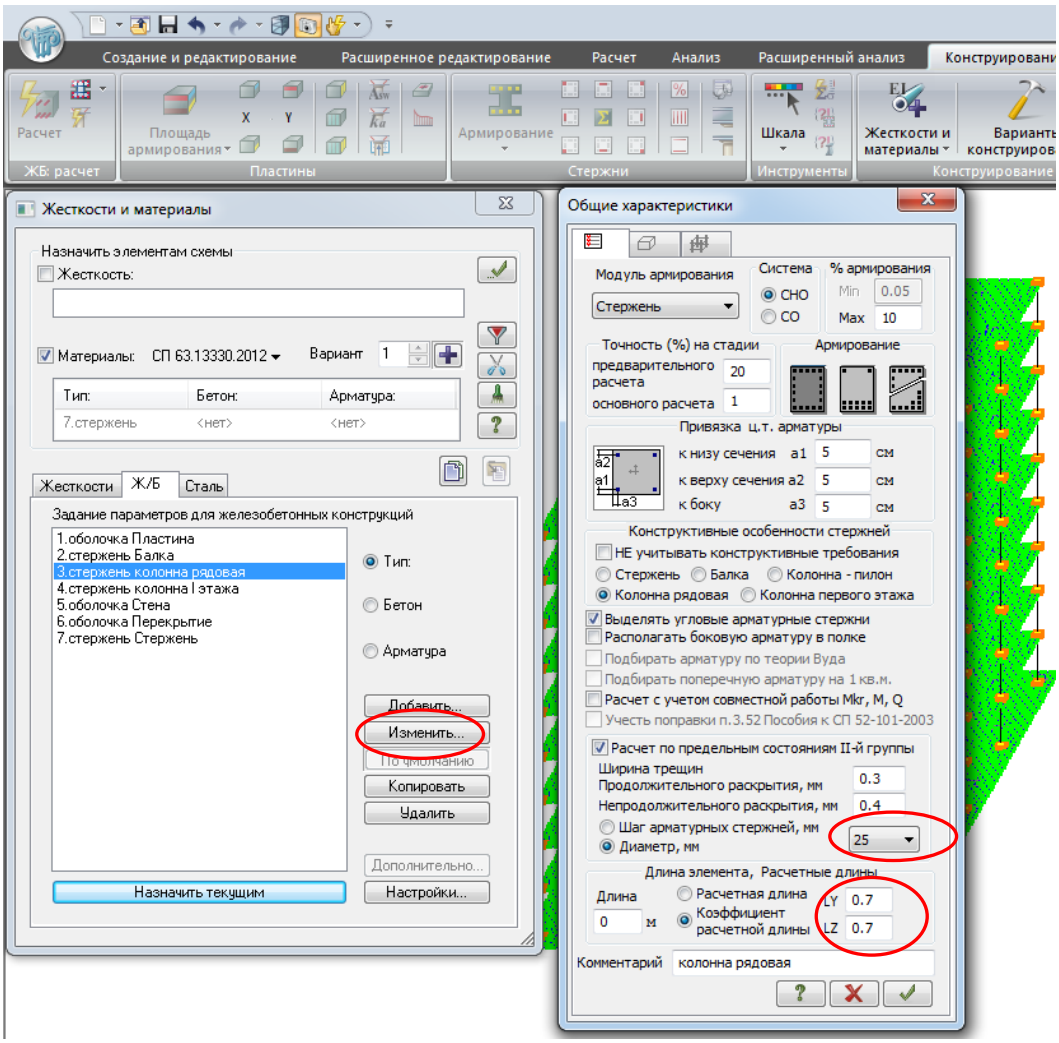


Рис. 56. Общие характеристики колон

➢ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радиокнопку **Бетон**.

➢ Выделите строку **Бетон В25** и щелкните по кнопке **Изменить.**

На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис. 57), в котором задайте коэффициент условий работы γ_{b3}=0,85. *Коэффициенты условий работы бетона* $\boldsymbol{\gamma_{bi}}$ *необходимо учитывать в соответствии с СП 63.13330.2012 п. 6.1.12. В ЛИРА-САПР вводится произведение коэффициентов условий работы, кроме коэффициента, учитывающего длительность действия нагрузки* γ_{b1}. *В данном примере учитывается коэффициент* γ_{b3} *= 0.85 – при высоте слоя бетонирования более 1.5 м.*

➢ Измените **класс бетона** на **В30**. В комментарии измените В25 на В30.

➢ После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

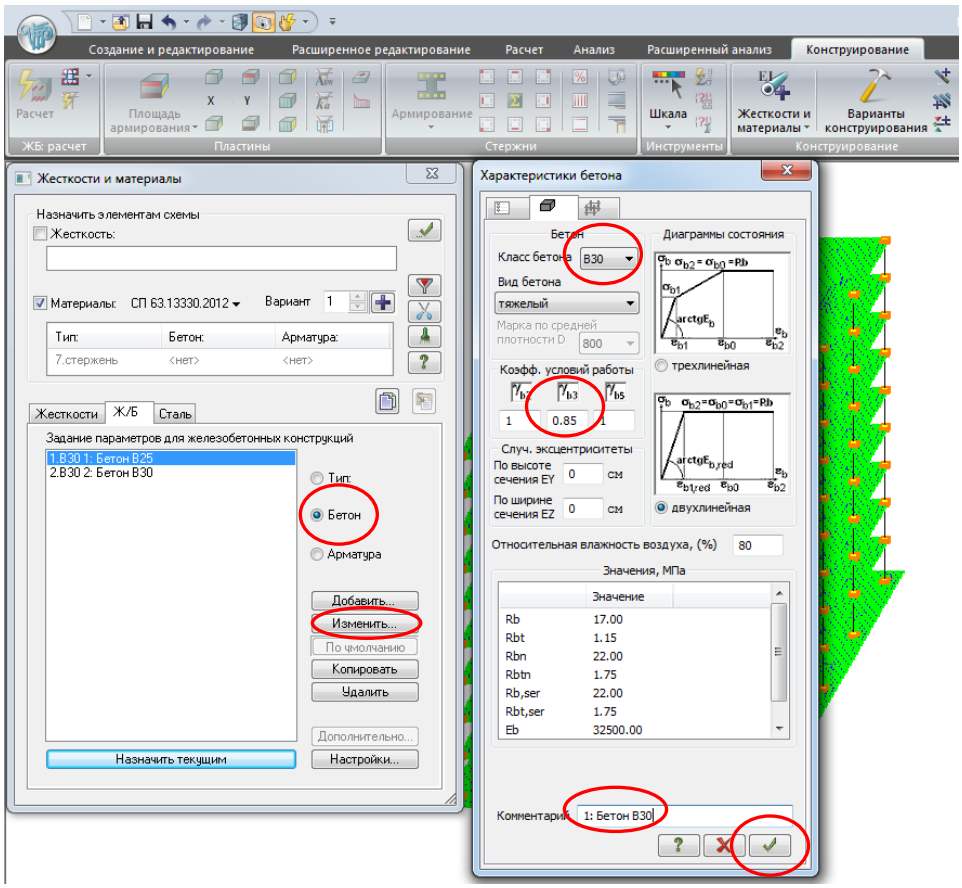


Рис. 57. Характеристики бетона

➢ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите кнопку **Арматура**.

➢ Щелкните по кнопке **Изменить**.

➢ На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис. 58), в котором в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите класс А240, а в строке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку, соответствующую диаметру арматуры **25** мм.

➢ После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Согласно п.5.1.2. СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» расчет железобетонных конструкций по предельным состояниям первой и второй групп производят по усилиям и перемещениям, вычисленным с учетом неупругих деформаций бетона и арматуры и возможного образования трещин. При отсутствии методов расчета, учитывающих неупругие свойства железобетона, статически неопределимые

железобетонные конструкции допускается рассчитывать в предположении упругой работы элементов. При этом влияние физической нелинейности рекомендуется учитывать на основе данных экспериментальных исследований, нелинейного моделирования, результатов расчета аналогичных объектов и экспертных оценок. На этом основании для учета длительного действия нагрузок, возможно принимать пониженные значения модулей упругости для различных элементов конструкции, согласно п. 6.2.7 СП 52-103-2007.

Железобетонные монолитные конструкции зданий, значения понижающих коэффициентов относительно начального модуля упругости бетона с учетом длительности действия нагрузки рекомендуется принимать: для вертикальных несущих элементов – ***0,6****, а для плит перекрытий (покрытий) при наличии трещин –* ***0,2****.*

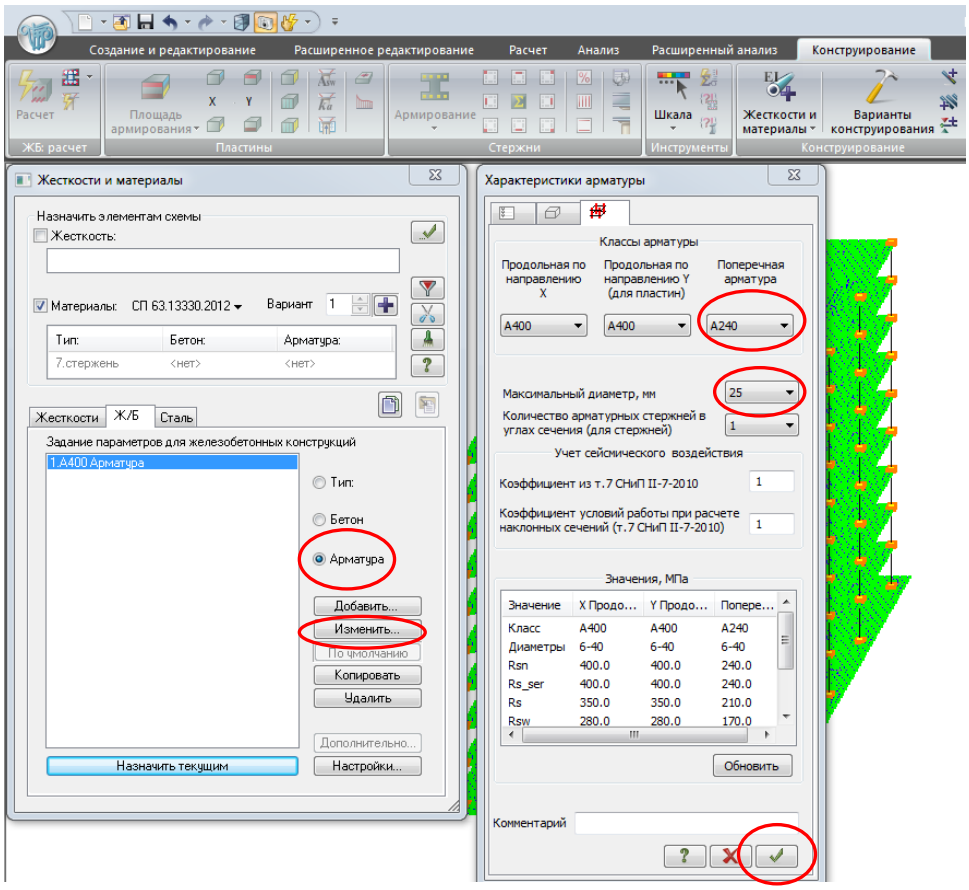


Рис. 58. Характеристики арматуры

Если ранее в программе САПФИР не были изменены начальные модули упругости бетона, то их корректировку необходимо выполнить в программе ЛИРА-САПР.

В диалоговом окне **Жесткости и материалы щелкните по кнопке Жесткости.**

➢ В раскрывшемся окне, в списке типов жесткости, выделите тип жесткости 1 **Брус 40 х 40**, а затем щелкните по кнопке **Изменить** .

➢ Откроется окно **Задание стандартного сечения**. В данном окне измените модуль упругости на **Е = 1986000** тс/м^2 (Е=3310000 тс/м^2 х 0.6=1986000 тс/м^2), а в строке **Комментарий** напишите **Колонна**.

➢ Нажмите галочку **Применить** (рис. 59).

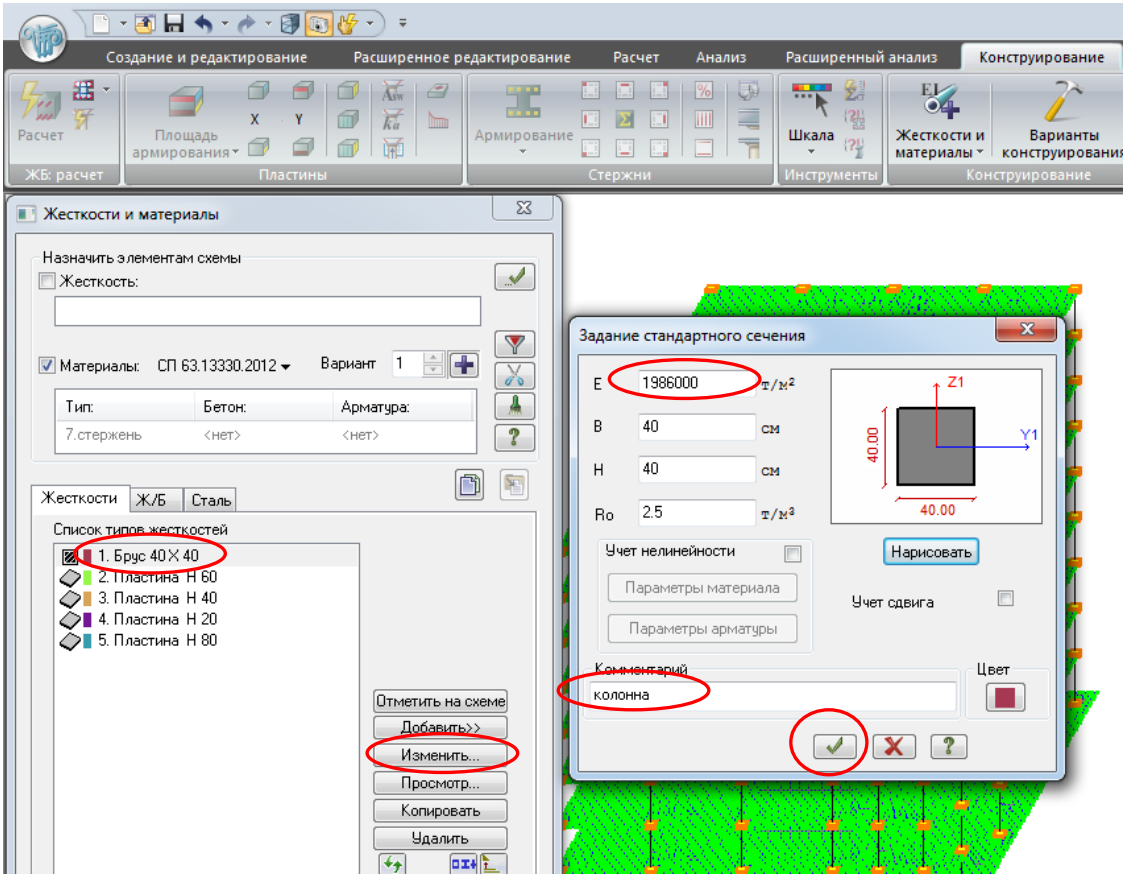


Рис. 59. Задание стандартного сечения

➢ Щелкните по кнопке **2 Пластина Н 60** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **Е = 1986000** т/м^2, а в строке **комментарий напишите** Капитель 1. Нажмите галочку **Применить**.

➢ Щелкните по кнопке **3 Пластина Н 40** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **Е = 1986000** т/м^2(Е=3310000 тс/м^2 х 0.6=1986000 тс/м^2), а в строке **комментарий напишите** Капитель 2. Нажмите галочку **Применить**.

➢ Щелкните по кнопке **4 Пластина Н 20** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **Е = 1986000** т/м^2, а в строке **комментарий написать Стена.** Нажмите галочку **Применить**.

➢ Щелкните по кнопке **Копировать,** добавиться кнопка 6 Пластина Н20.

➢ Щелкните по кнопке **5 Пластина Н 80** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **Е = 662000** т/м^2 (Е=3310000 тс/м^2 х 0.2 = 662000 тс/м^2), а в строке **комментарий написать Фундаментная плита.** Нажмите галочку **Применить**.

➢ Щелкните по кнопке **6 Пластина Н 20** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **Е = 662000** т/м^2, а в строке **комментарий Перекрытие.** Нажмите галочку **Применить**.

Закройте диалоговое окно Жесткости и материалы, щелчком по кнопке – **Закрыть**.

Этап 18. Напряженно-деформированное состояние, анализ результатов расчета

➢ Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет,** рис. 60).

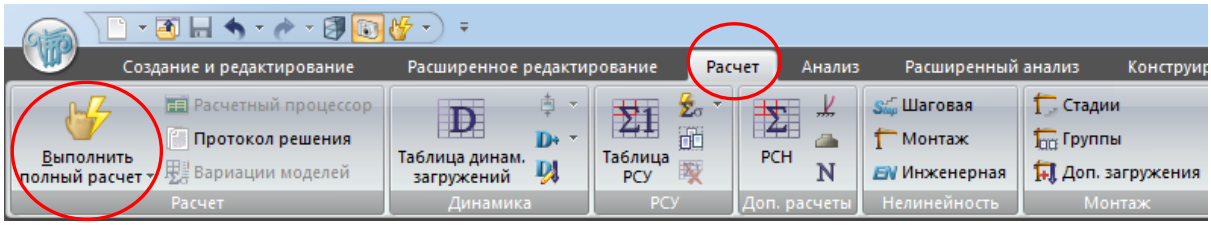


Рис. 60. Выполнение расчета

Просмотр и анализ результатов статического расчета осуществляется на вкладке **Анализ**.

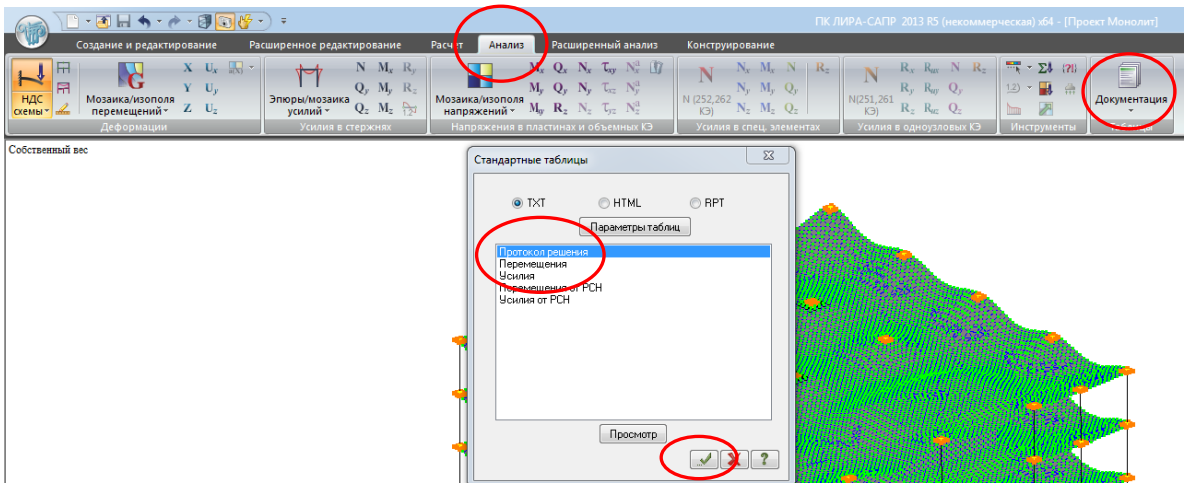


Рис. 61. Протокол решения

➢ Во вкладке **Анализ** выберите панель **Таблицы**, нажмите окно **Документация** (рис. 61) и в открывшейся вкладке **Стандартные таблицы**

просмотрите **Протокол решения**. Если задача решена правильно, в конце протокола должно быть указано, **Расчет успешно завершен**.

В режиме просмотра результатов расчета, по умолчанию отображается деформированная расчетная схема.

➢ Результаты расчета можно просматривать как по каждому загружению (нагрузке), так и по основному расчетному сочетанию нагрузок РСН (сумме всех нагрузок).

➢ Для просмотра результатов по каждому загружению необходимо в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна), в раскрывающемся списке **Сменить номер загружения** (РСН), выбрать строку, соответствующую номеру и виду нагрузки.

Номер соответствующего загружения можно также задать с помощью стрелок, расположенных слева от окошка **Сменить номер загружения** (рис. 62).

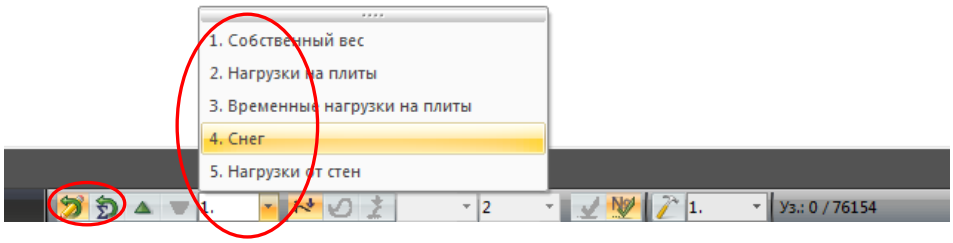


Рис. 62. Результаты по загружениям

При просмотре результатов расчета по основным расчетным сочетаниям нагрузок (РСН), необходимо щелкнуть пиктограмму **Перейти к анализу результатов расчета по РСН** (рис. 63).

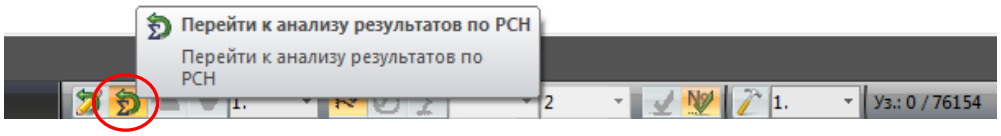


Рис. 63. Результаты расчета по РСН

➢ Вывод на экран изополей перемещений.

Для просмотра изополей перемещений необходимо выбрать соответствующее направление на панели **Деформации** в режиме **Изополя перемещений**.

➢ Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению Z, выберите команду – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя перемещений** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**), и после этого щелкните по кнопке **Z** – вертикальные перемещения. Изополя перемещений по **Z** (рис. 64).

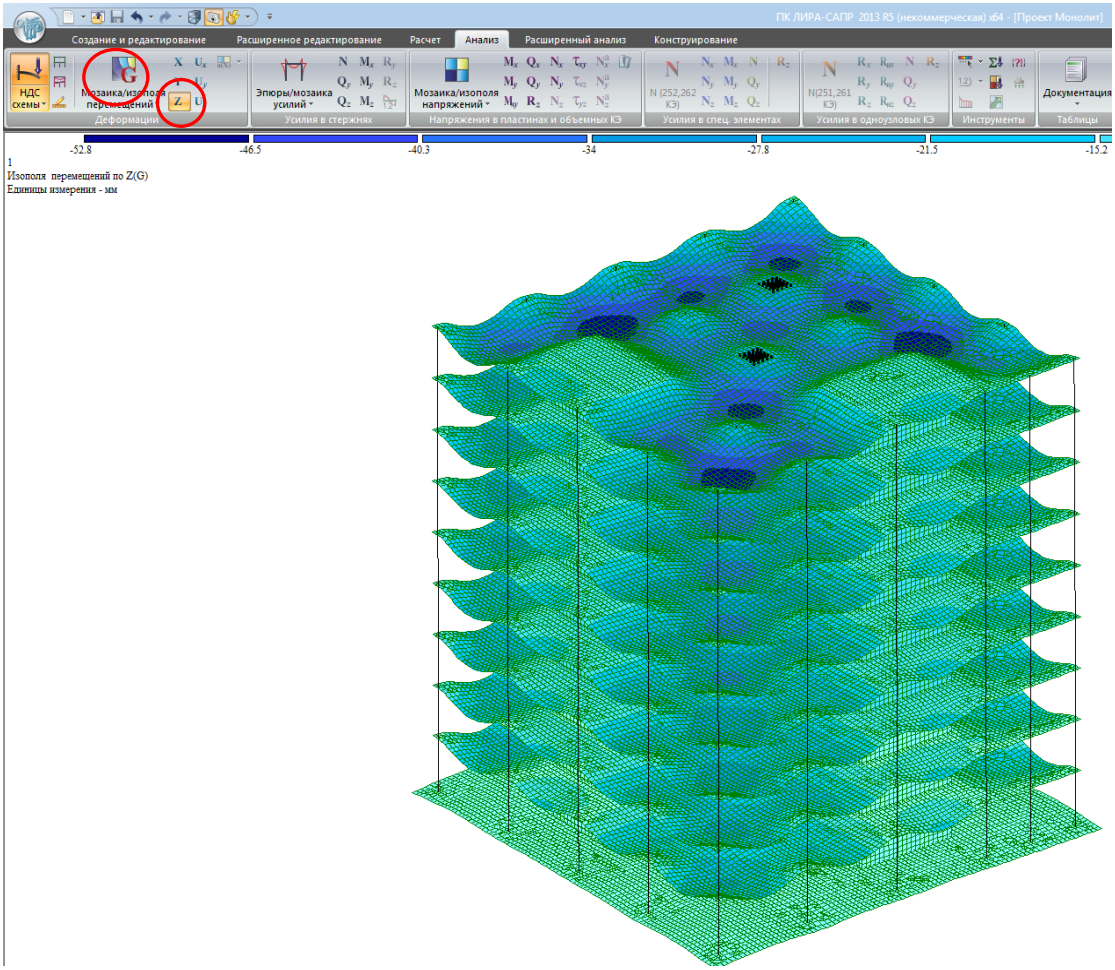


Рис. 64. Изополя вертикальных перемещений плит перекрытий от РСН 1

Вывод и анализ усилий в стержнях и напряжений в пластинах (плитах перекрытий, стенах и оболочках) производится с помощью вкладки **Анализ,** а вывод армирования с помощью вкладки **Конструирование**.

Этап 19. Анализ результатов расчета и конструирования колонн

➢ Нажмите **Отметка вертикальных стержней,** выделите резиновым окном всю схему, отмеченные колонны окрасятся в красный цвет (рис. 65). Нажмите **Фрагметация** (отсечение части конструкции).

➢ Выберите в окне **Эпюры/Мозаика усилий** Мозаику усилий на панели **Усилия в стержнях** во вкладке **Анализ**. Нажмите **Мозаика N** и вызовите на экран мозаику усилий в колоннах (рис. 66).

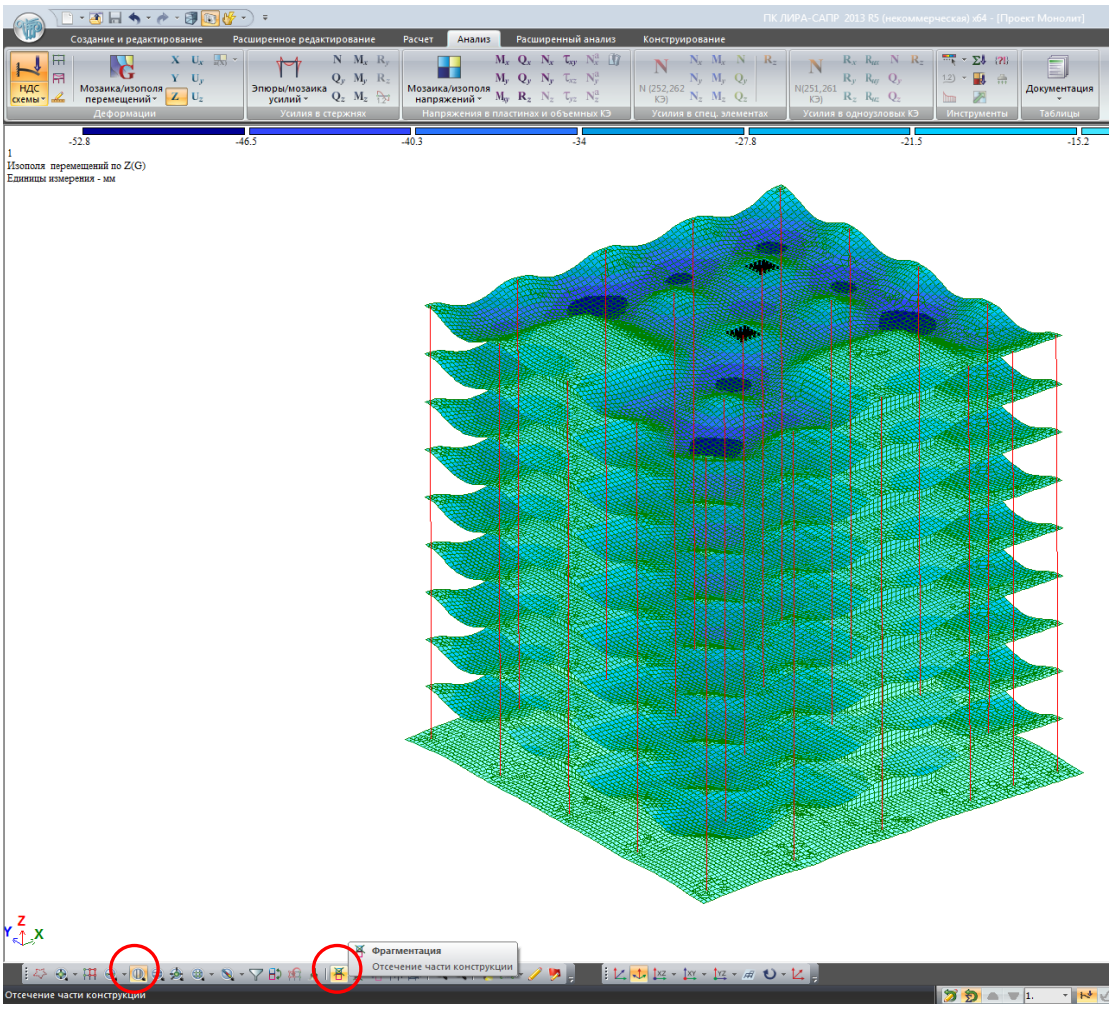


Рис. 65. Отметка вертикальных элементов

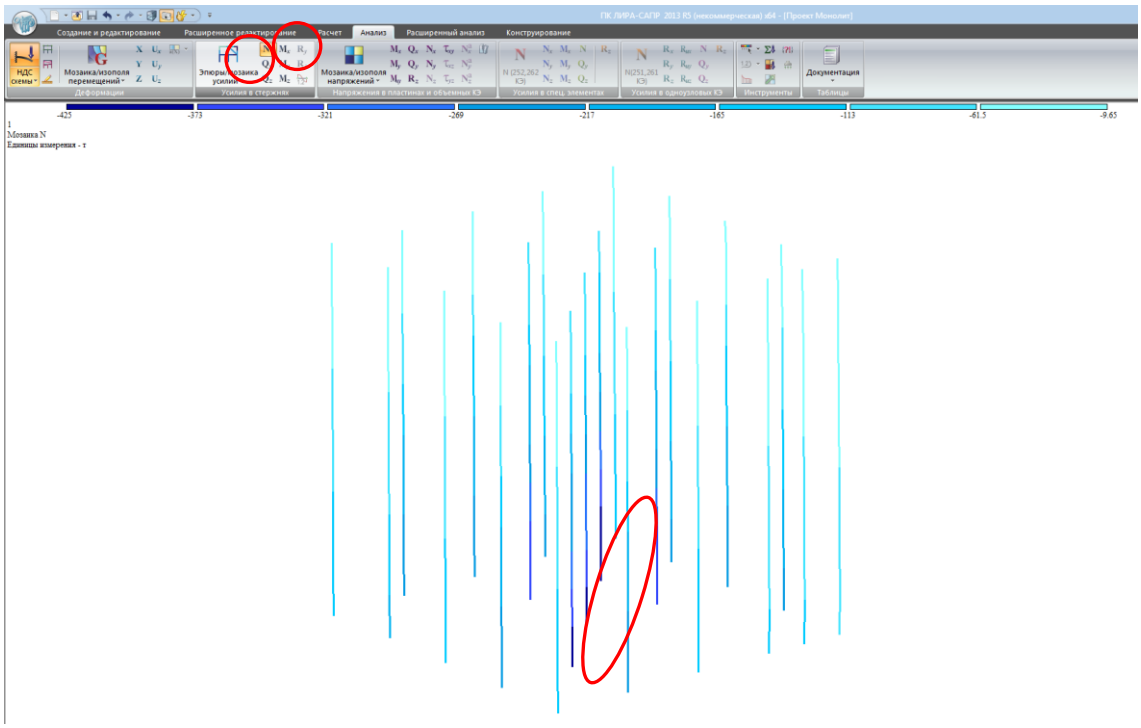


Рис. 66. Усилия в стержнях мозаика N

➢ На схеме видно, что самыми нагруженными колоннами являются внутренние колонны первого этажа. Выделите самые нагруженные колонны, нажмите **Фрагметация** (рис. 67). Выделите наиболее нагруженную колонну, нажмите **Фрагметация** (рис. 68).

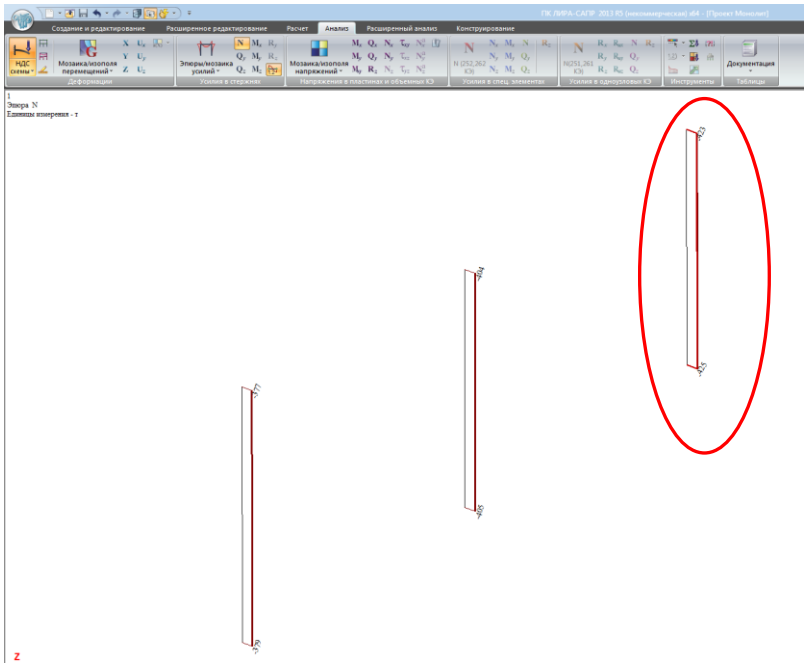


Рис. 67. Усилия в стержнях мозаика N

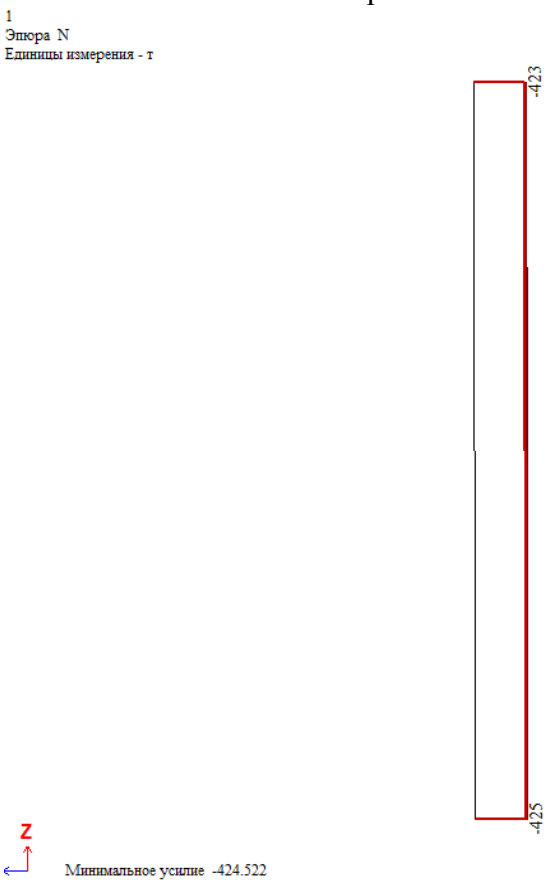


Рис. 68. Эпюра нормальных усилий в наболее нагруженной колонне

➢ Для просмотра информации о подобранной арматуре в колонне, щелкните по кнопке – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора,** и щелкните курсором на выбранную колонну. В появившемся диалоговом окне **Элемент** перейдите на закладку **Информация о подобранной арматуре**. В этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры, отметьте галочку **Показать сечение** (рис. 69).

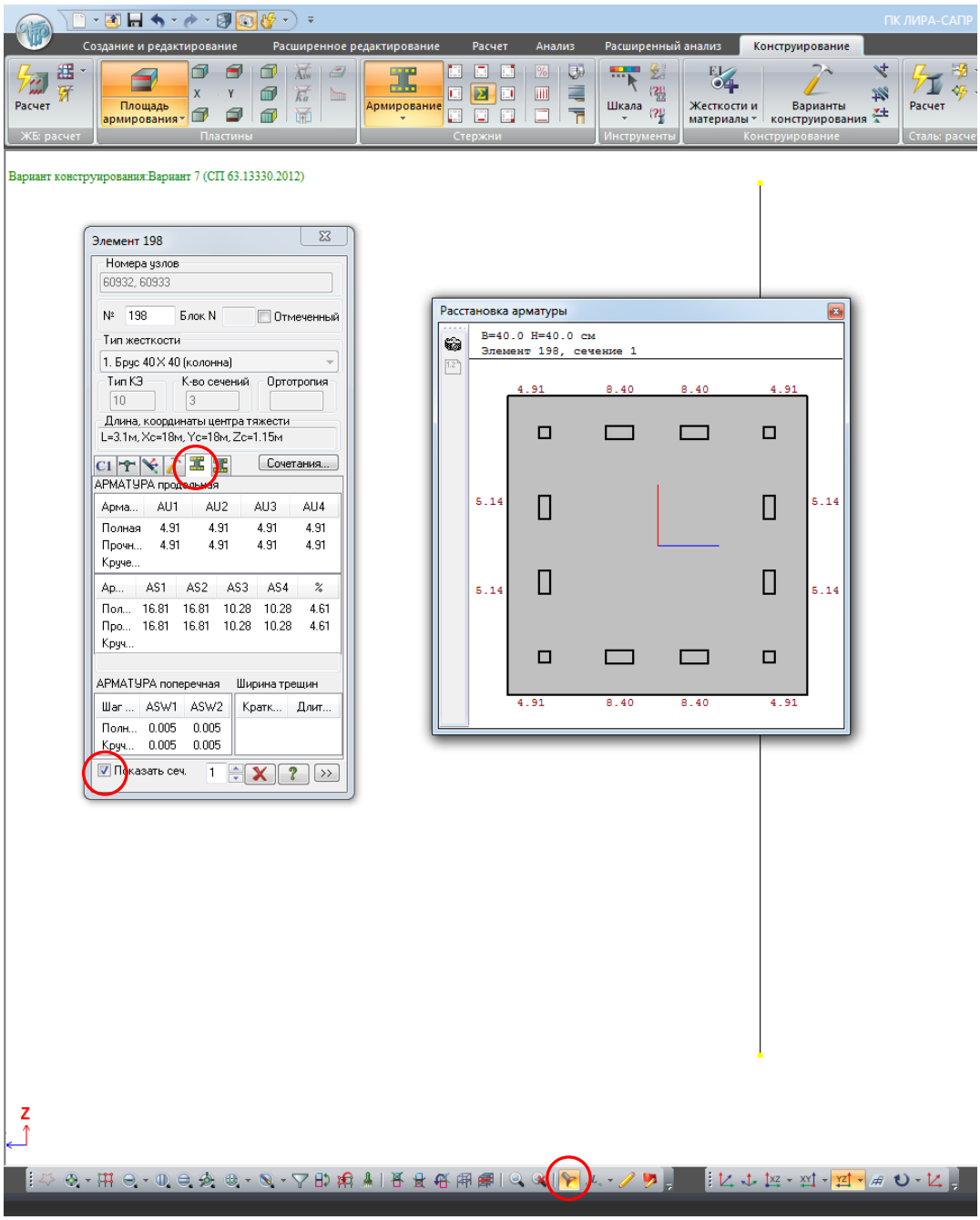


Рис. 69. Армирование колонны

➢ Щелкните по кнопке **Конструирование колонны,** и отметьте выбранную колонну (рис. 70). Нажмите **Расчет,** далее **Чертеж колонны**. Подобранные диаметры арматурных стержней и расстановку арматуры на рис. 71.

➢ Щелкните строку **Восстановление конструкции**. На экране восстановится расчетная схема всего здания.

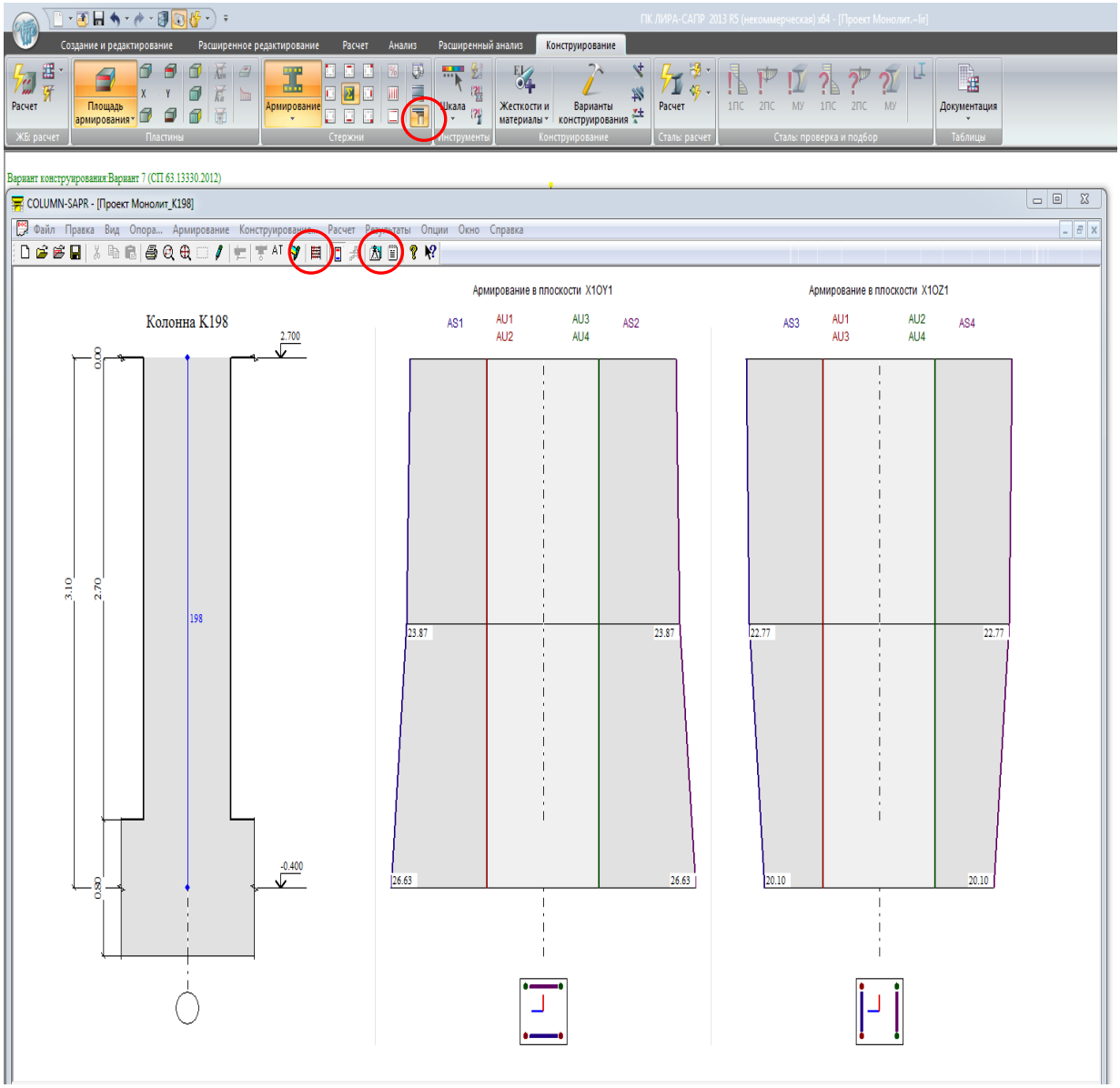


Рис. 70. Конструирование колонны

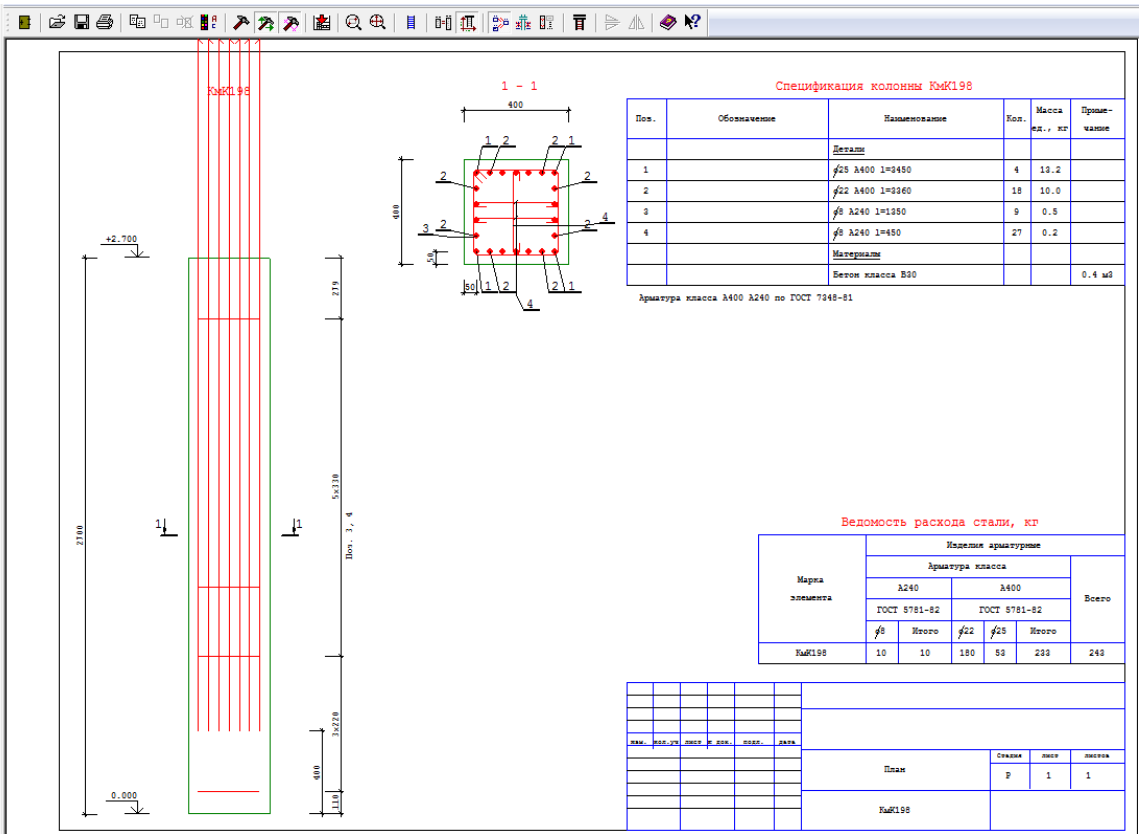


Рис. 71. Чертеж колонны с подобранным армированием

Этап 20. Анализ результатов расчета и конструирования плит перекрытий

Для просмотра **мозаик** или **изополей** усилий в пластинах, необходимо выбрать соответствующее окно на панели **Напряжения в пластинах и объемных КЭ,** рис. 72 (для объемных элементов программа вычисляет напряжения, для пластин – усилия).

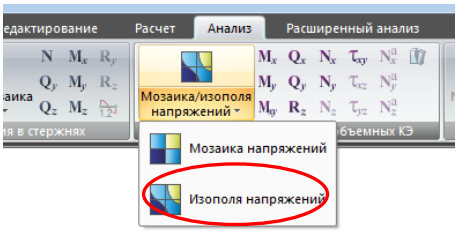


Рис. 72. Панель напряжения в пластинах и объемных КЭ

Анализ результатов расчета и конструирования плит перекрытий проведем на примере плиты перекрытия первого этажа.

➢ Щелкните в панели инструментов **Выбор** для активации кнопки **Выбор узлов** и **Выбор элементов.**

➢ В панели инструментов **Вид** активизируем кнопку **Проекция на XOZ.** Отметим плиту перекрытия первого этажа, выделяя ее рамкой, рис. 73. Отмеченные элементы окрасятся в красный цвет. Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице активируем строку **Фрагментация**. На экране останутся только отмеченные элементы.

➢ В панели инструментов **Вид** активизируем кнопку **Проекция на XOY.** На экране появится горизонтальная проекция плиты.

➢ Щелкните кнопку **Перейти к анализу результатов расчета по РСН** на строке **Состояние** (рис. 73).

Схема усилий, действующих на пластину, представлена на рис. 74.

➢ Чтобы вывести на экран изополя усилий по Мх, выберите команду в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** и после этого щелкните по кнопке **Мx – Изополя напряжений по Мx** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**). На экране отобразится поле изгибающих моментов **Мx** (рис. 75).

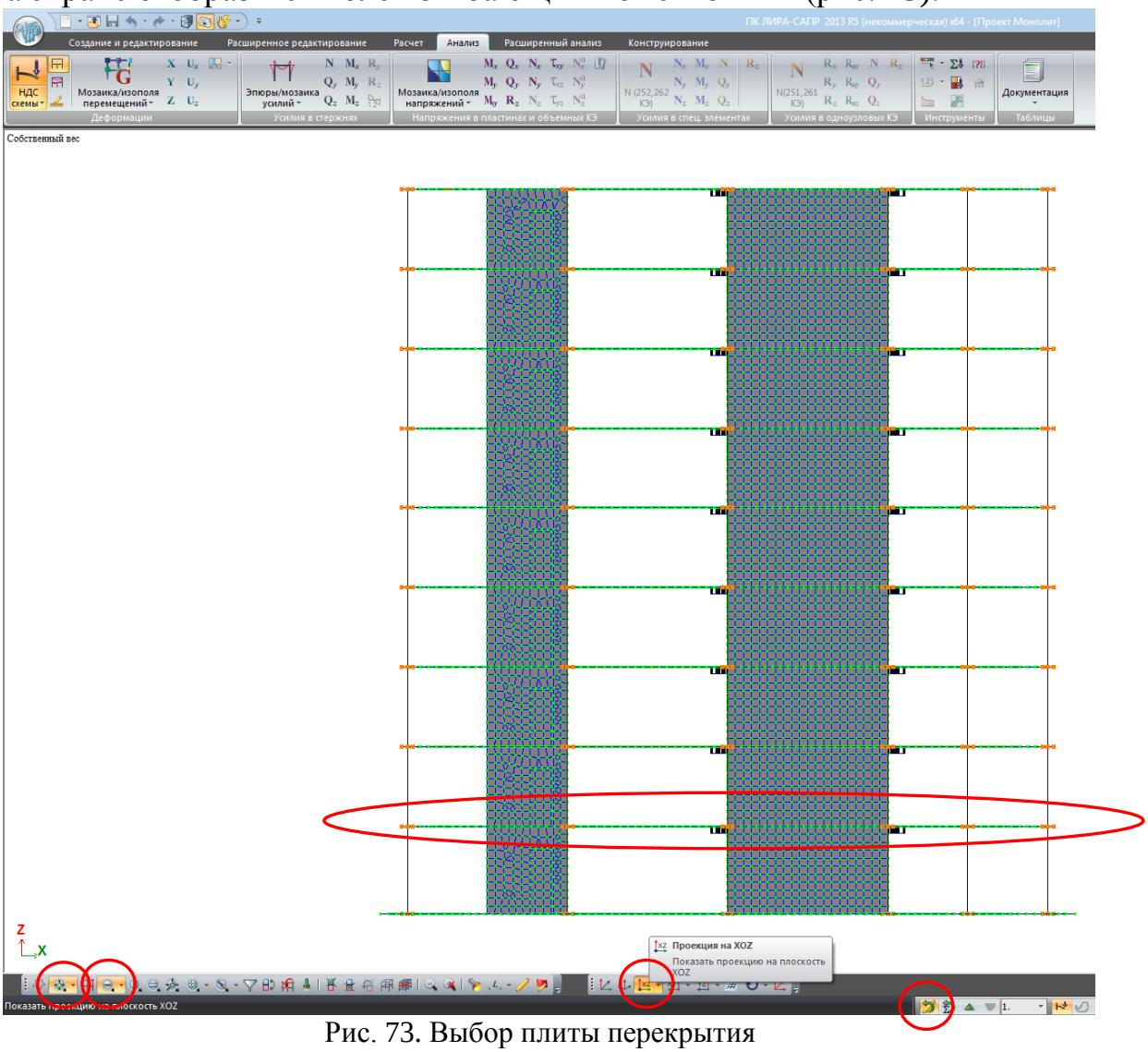


Рис. 73. Выбор плиты перекрытия

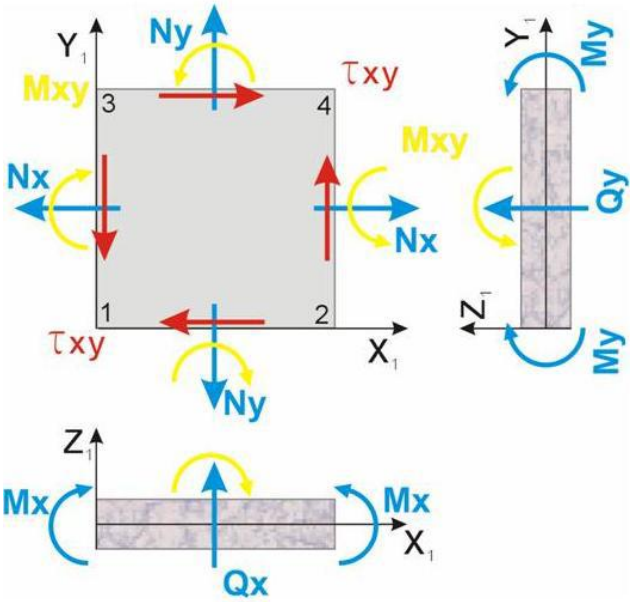


Рис. 74. Схема усилий, действующих на пластину

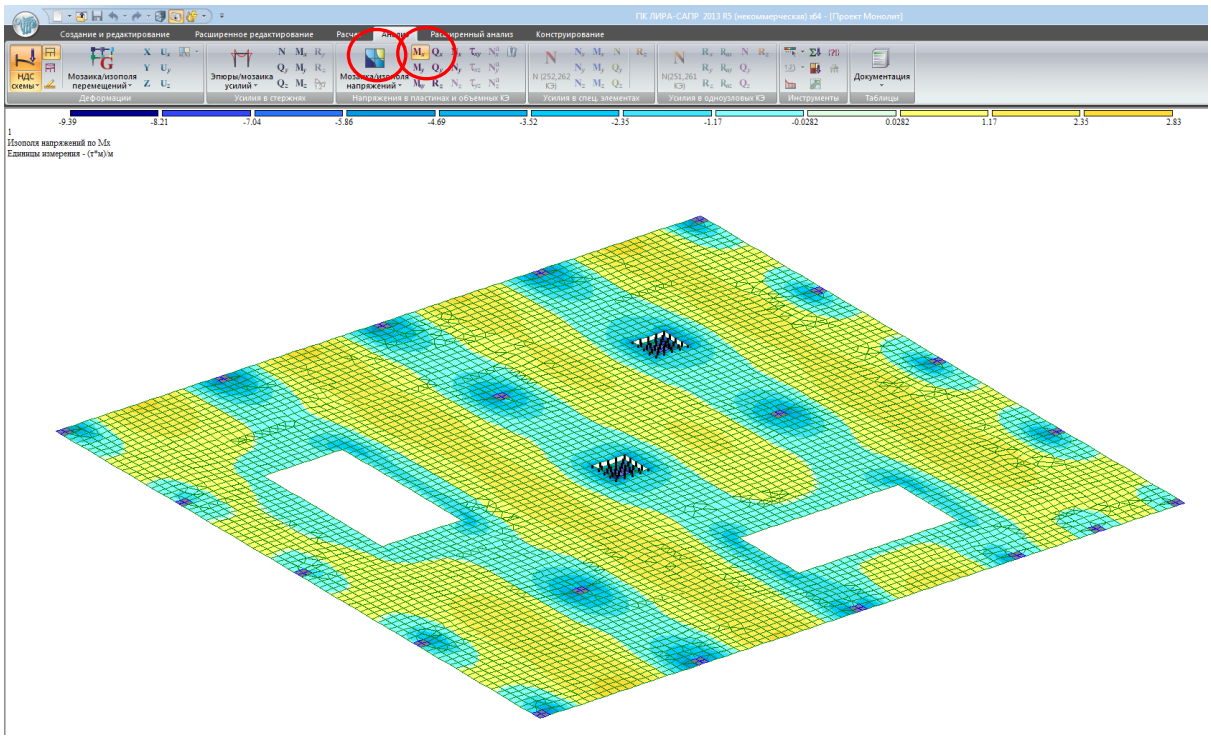


Рис. 75. Изополя изгибающих моментов Mx плиты перекрытия первого этажа от РСН 1

Аналогично выводятся изополя изгибающих моментов My (рис. 76).

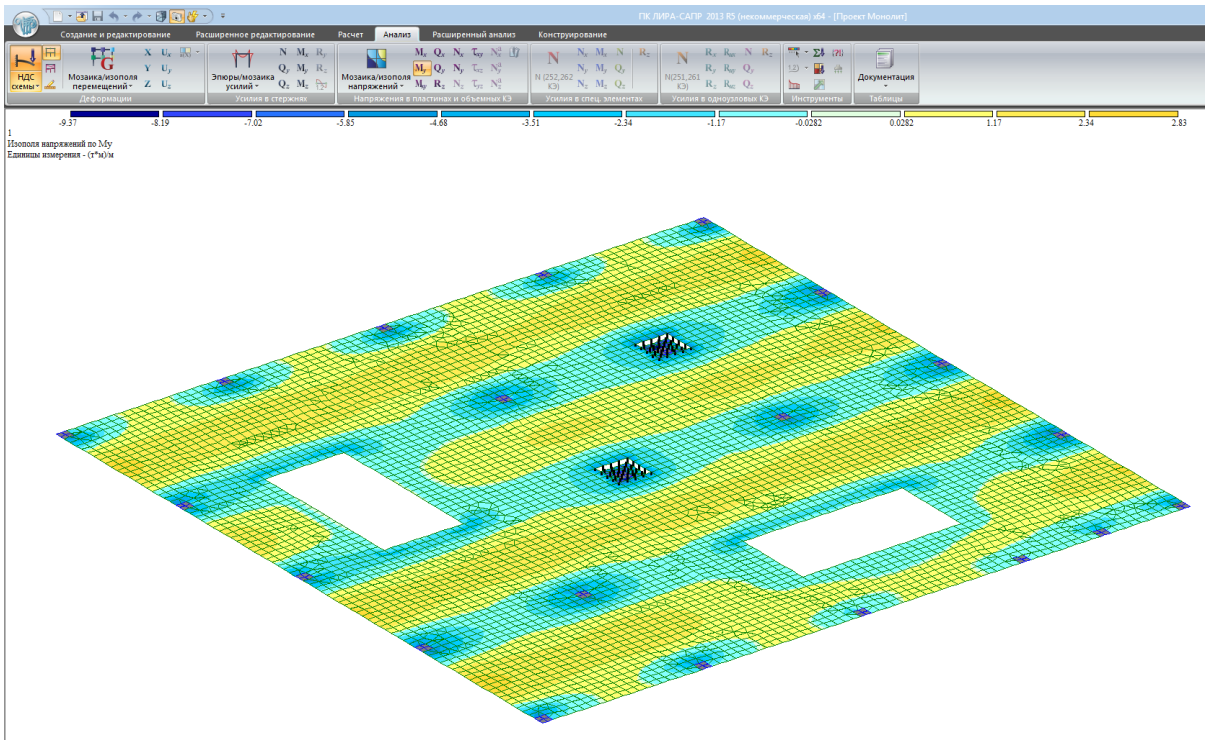


Рис. 76. Изополя изгибающих моментов My плиты перекрытия первого этажа от РСН 1

Согласно изополям изгибающих моментов Mx и My, армировать плиту необходимо двумя арматурными сетками – нижней сеткой у нижней поверхности плиты и верхней сеткой у верхней поверхности плиты.

- Дезактивируйте окно моменты **My** и перейдите на вкладку **Конструирование**.
- Для просмотра информации об армировании плиты следует на панели **Пластины** выбрать интересующее направление и ориентацию армирования относительно местной оси Z элемента – нижнее или верхнее (рис. 77).

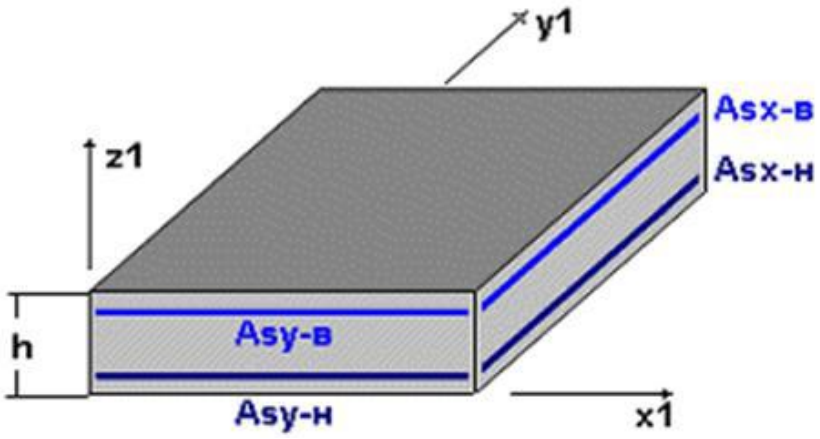


Рис. 77. Схема расположения арматуры в поперечном сечении пластины

Доступны результаты подбора продольной арматуры (см^2) на погонный метр:

– AS1 (ASx-н) – площадь нижней арматуры по направлению X;
– AS2 (ASx-в) – площадь верхней арматуры по направлению X;
– AS3 (ASy-н) – площадь нижней арматуры по направлению Y;
– AS4 (ASy-в) – площадь верхней арматуры по направлению Y;

поперечной арматуры (см^2) на погонный метр:

– ASW1 – поперечная арматура по направлению X;
– ASW2 – поперечная арматура по направлению Y.

Поскольку в данном примере толщина плиты менее 300 мм, поперечная арматура не рассматривается.

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси X1, щелкните по кнопке – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**). Распределение арматуры показано на рис. 78. Рисунок показывает распределение теоретически необходимого армирования по полю пластины.

Аналогично выполните действия для отображения **Верхней арматуры в пластинах по оси X1,** рис. 79.

На практике устройство армирования требует учета как конструктивных, так и технологических требований.

Технология устройства монолитных плит предусматривает укладку двух арматурных сеток – **фоновой** и **дополнительной**.

Фоновая арматура укладывается по всей поверхности плиты, а **дополнительная** в местах, требующих увеличения площади сечения арматуры по сравнению с фоновой арматурой.

Необходимо также удовлетворить требованию минимального армирования.

Согласно требованию п. 10.3.6 СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции» минимальный процент армирования для изгибаемых элементов должен быть больше $\boldsymbol{\mu_{smin}} \geq$ **0,1**%. Из этого условия для рассматриваемого примера при толщине плиты **h** = **20** см и ширине сечения, для которого подбирается арматура **b** = **100** см, вытекает: минимальная площадь поперечного сечения арматуры на полосу шириной 1 м – $\mathbf{A_{smin}} = \mathbf{h} \times \mathbf{b} \times \boldsymbol{\mu_{smin}} = \mathbf{20} \times \mathbf{100} \times \mathbf{0{,}001} = \mathbf{2}$ см^2. Этому требованию отвечает армирование из **5** стержней **ø 8** мм, с общей площадью поперечного сечения **As** = **2,52** см^2. Далее необходимо задаться максимальным шагом стержней **S** из технологических требований по устройству арматурных сеток. Шаг необходимо выбрать таким, чтобы, во-первых, при устройстве верхней арматуры нога рабочего в обуви не проваливалась между арматурными стержнями, и, во-вторых, чтобы арматура под ногами рабочих не деформировалась. Этим условиям удовлетворяет шаг стержней

не более **200** мм. Что касается диаметра арматуры, то для нижних сеток можно применить стержни **ø 10** мм, а для верхних – **ø 12** мм.

В примере принимаем шаг стержней для всех сеток **S** = **200** мм. Таким образом, для армирования рассматриваемой плиты перекрытия принимаем нижнюю **фоновую** арматуру из стержней **ø 10** мм **As** = **3,93** см^2, в основном, с шагом **200** мм, и верхнюю **фоновую** арматуру из стержней **ø 12** мм **As** = **5,65** см^2 с тем же шагом.

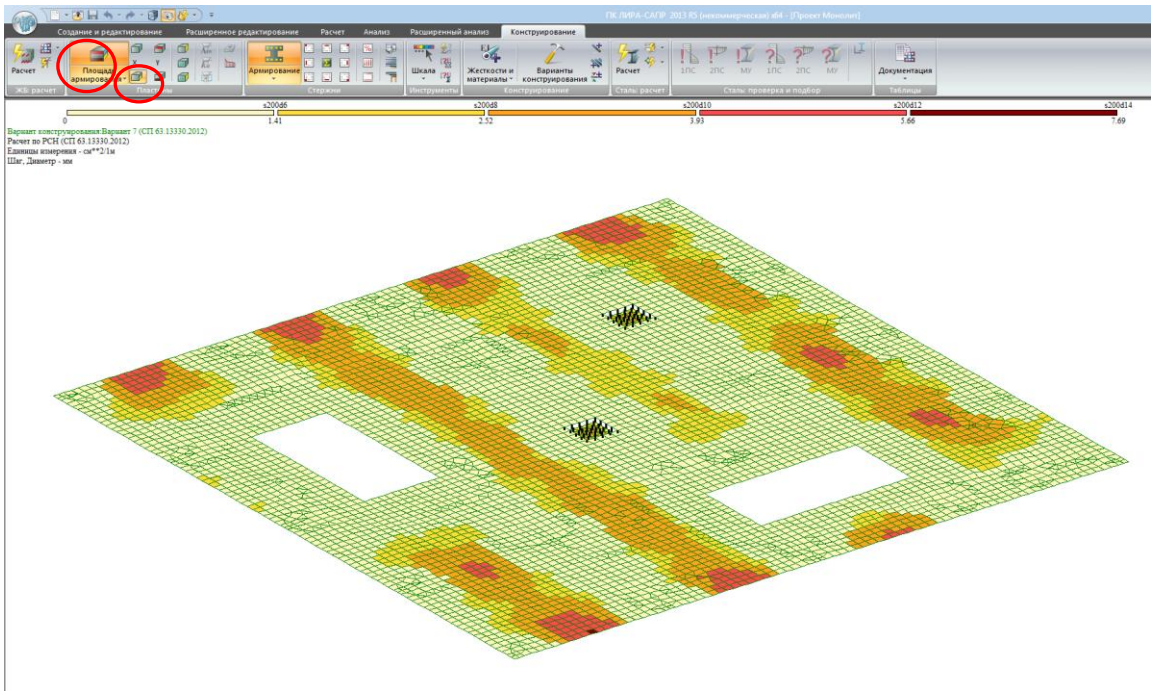


Рис. 78. Мозаика распределения нижней арматуры по направлению оси X

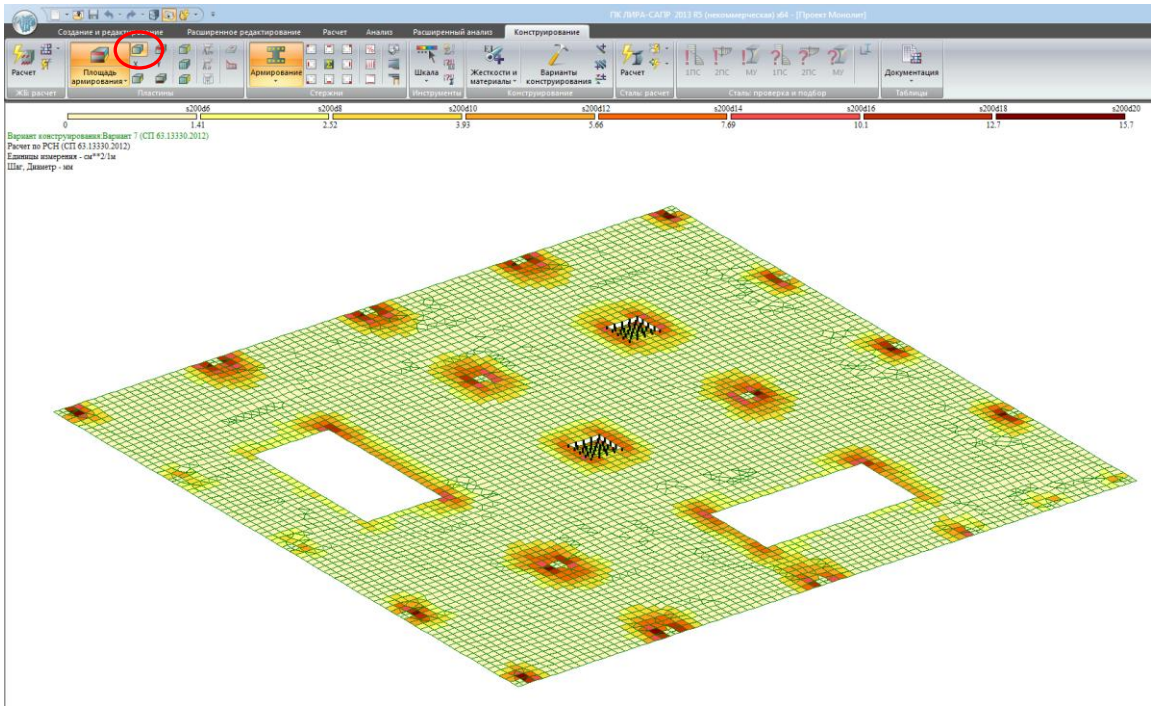


Рис. 79. Мозаика распределения верхней арматуры по направлению оси X

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси У1, щелкните по кнопке – **Нижняя арматура в пластинах по оси У1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**). Распределение арматуры показано на рис. 80. Рисунок показывает распределение теоретически необходимого армирования по полю пластины.

Аналогично выполните действия для отображения **Верхней арматуры в пластинах по оси У1**, рис. 81.

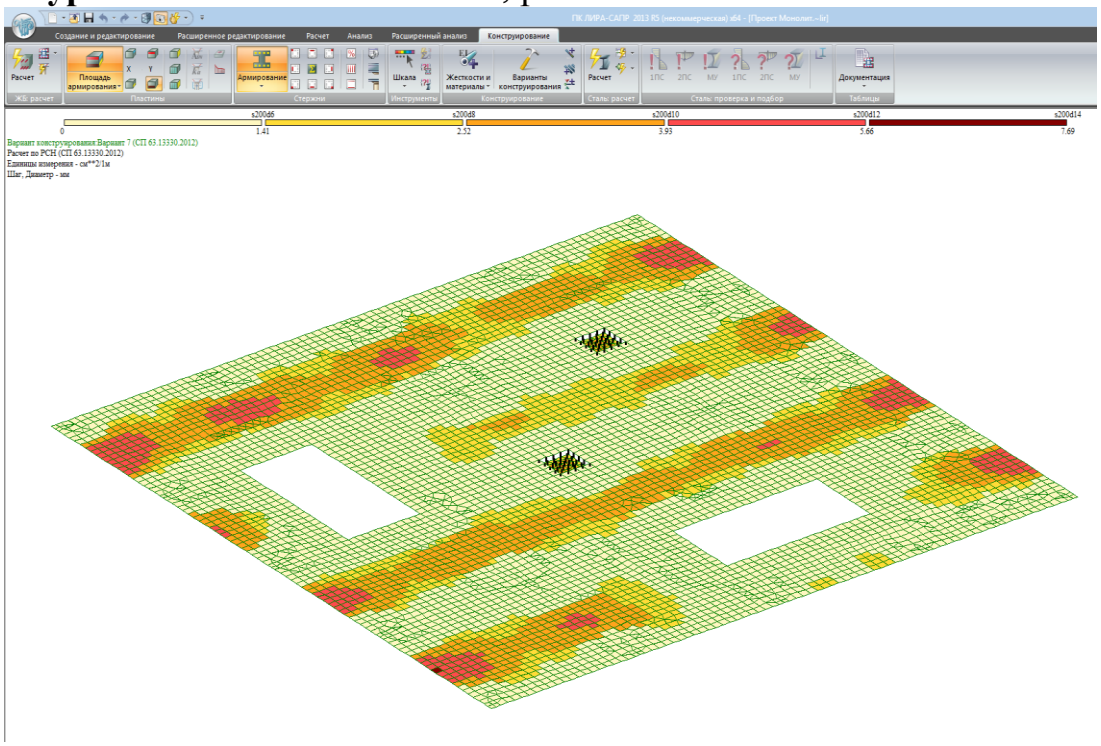


Рис. 80. Мозаика распределения нижней арматуры по направлению оси У

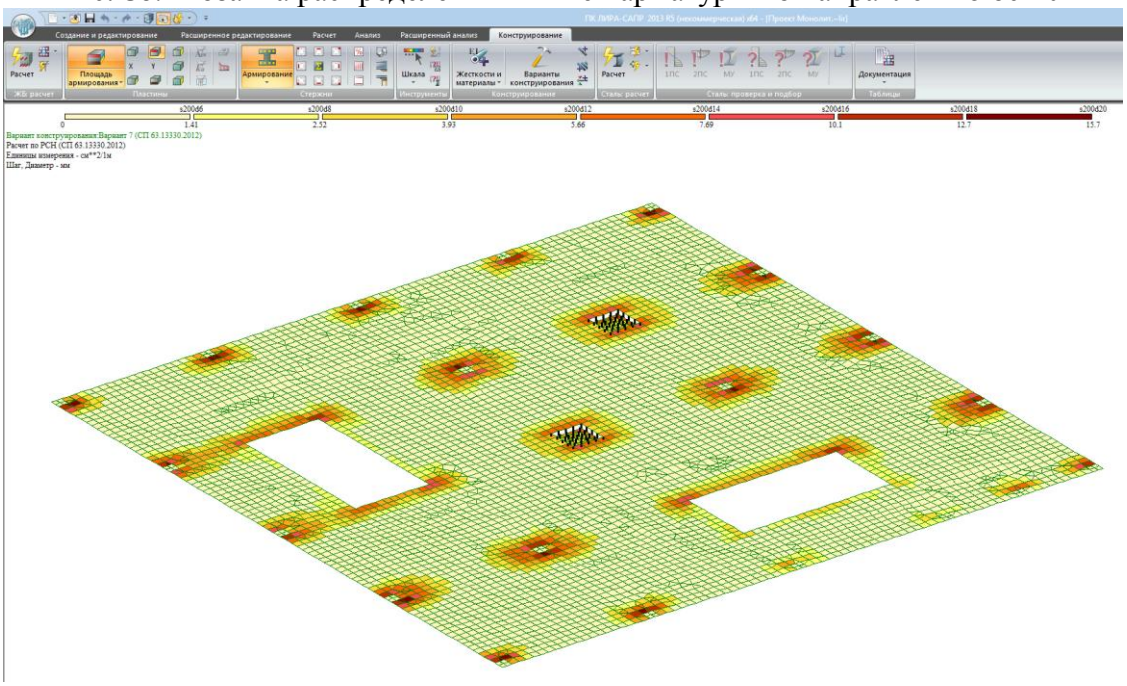


Рис. 81. Мозаика распределения верхней арматуры по направлению оси У

➢ Отредактировать шаг и диаметр отображаемой арматуры можно в окне **Шкала**, панели **Инструменты** (вкладка **Конструирование**). На экране появится таблица **Параметры шкалы** (рис. 82).

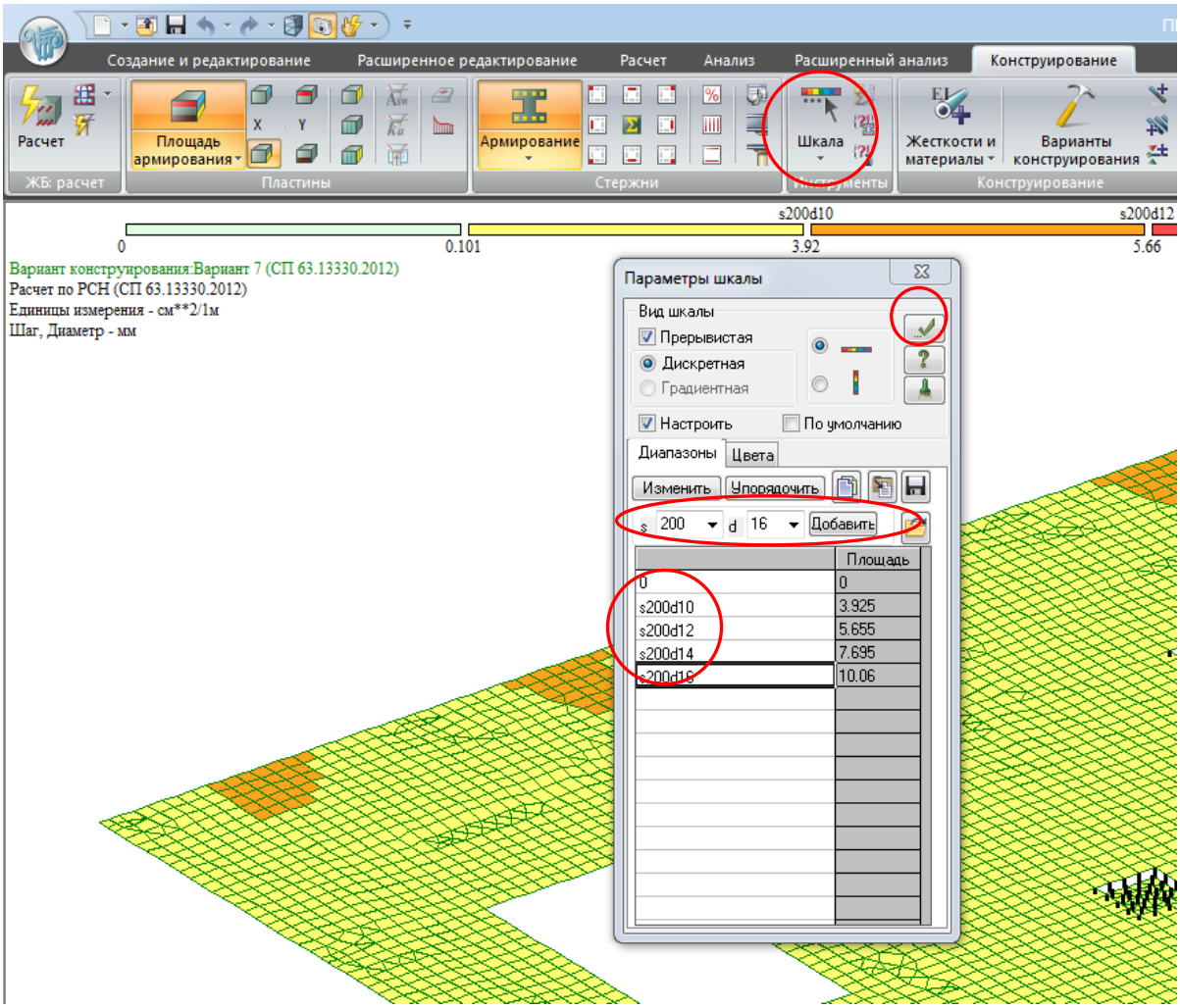


Рис. 82. Параметры шкалы

Аналогично выводятся изополя изгибающих моментов Mx и My для фундаментной плиты (рис. 83, 84).

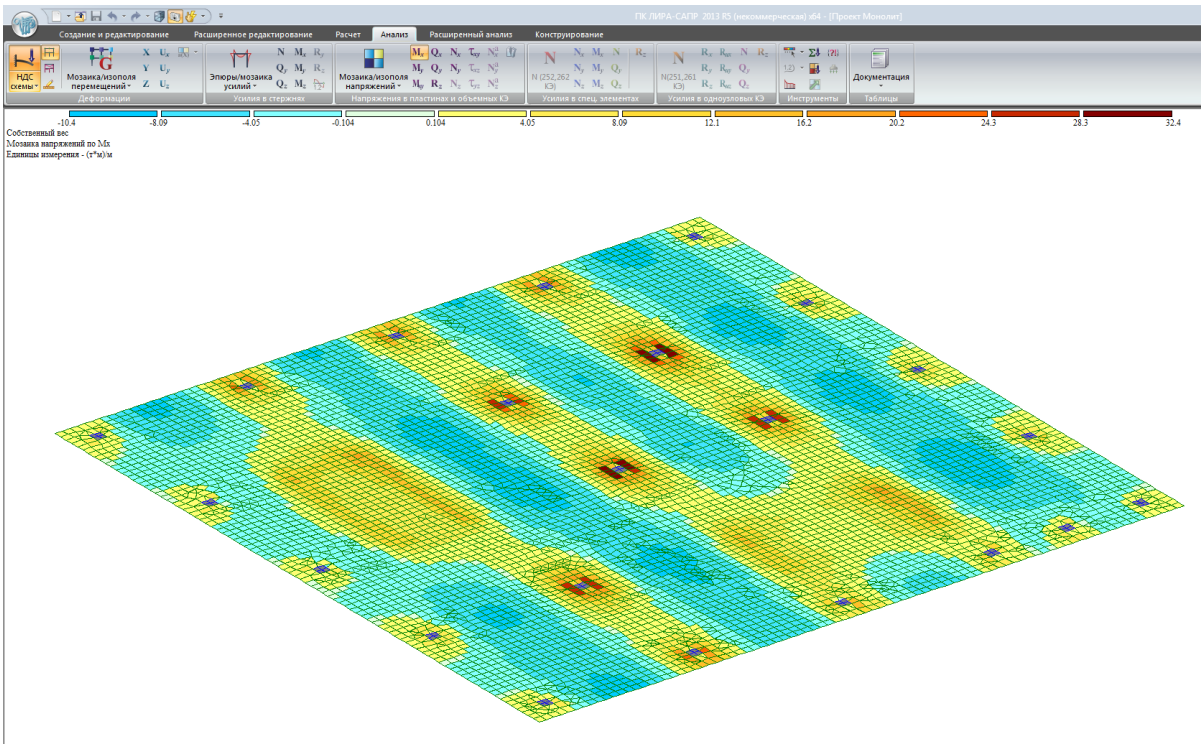


Рис. 83. Изополя изгибающих моментов Мх фундаментной плиты от РСН 1

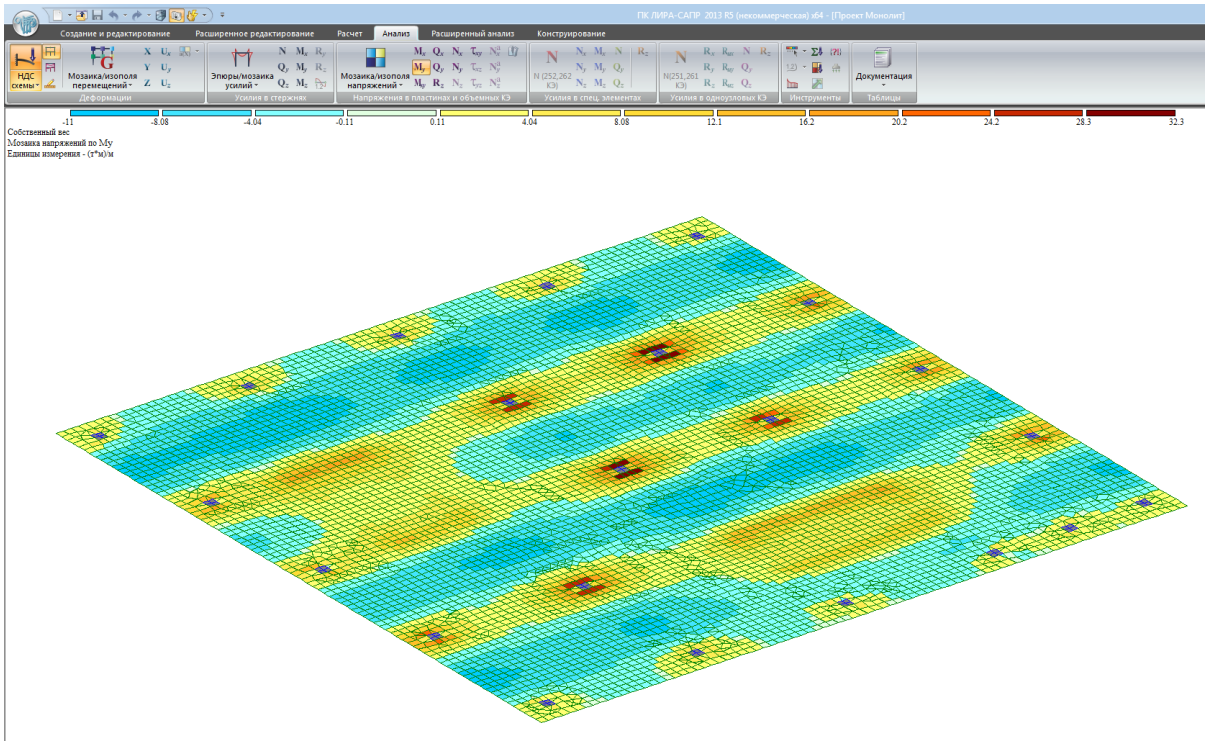


Рис. 84. Изополя изгибающих моментов Му фундаментной плиты от РСН 1

Аналогично получите распределение армирования в фундаментной плите верхней и нижней зонах по осям Х и У (рис. 85–88).

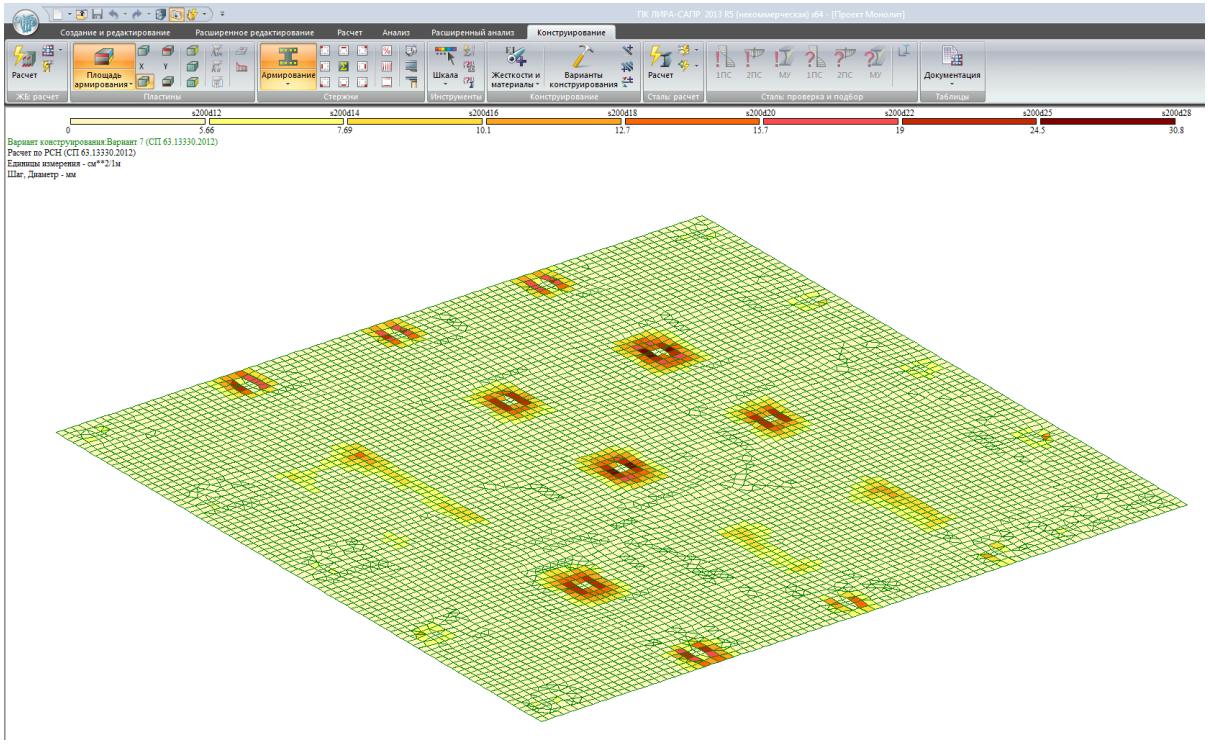


Рис. 85. Мозаика распределения нижней арматуры в фундаментной плите по направлению оси X

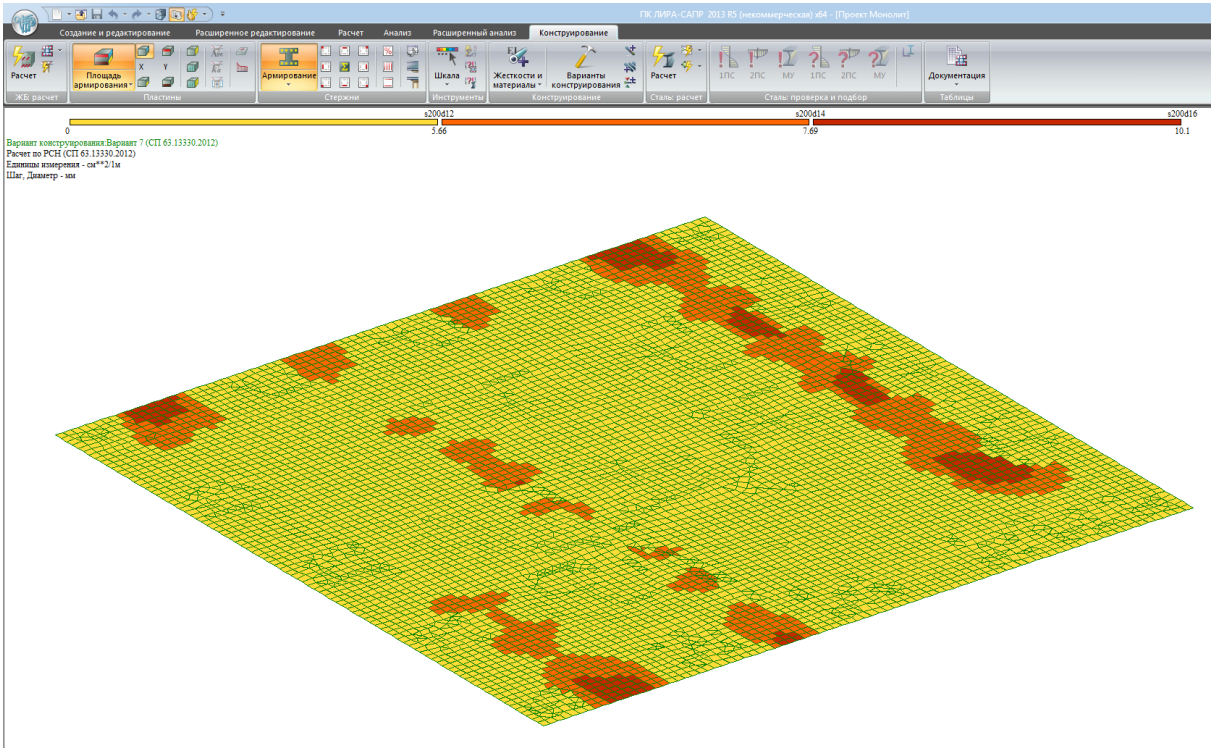


Рис. 86. Мозаика распределения верхней арматуры в фундаментной плите по направлению оси X

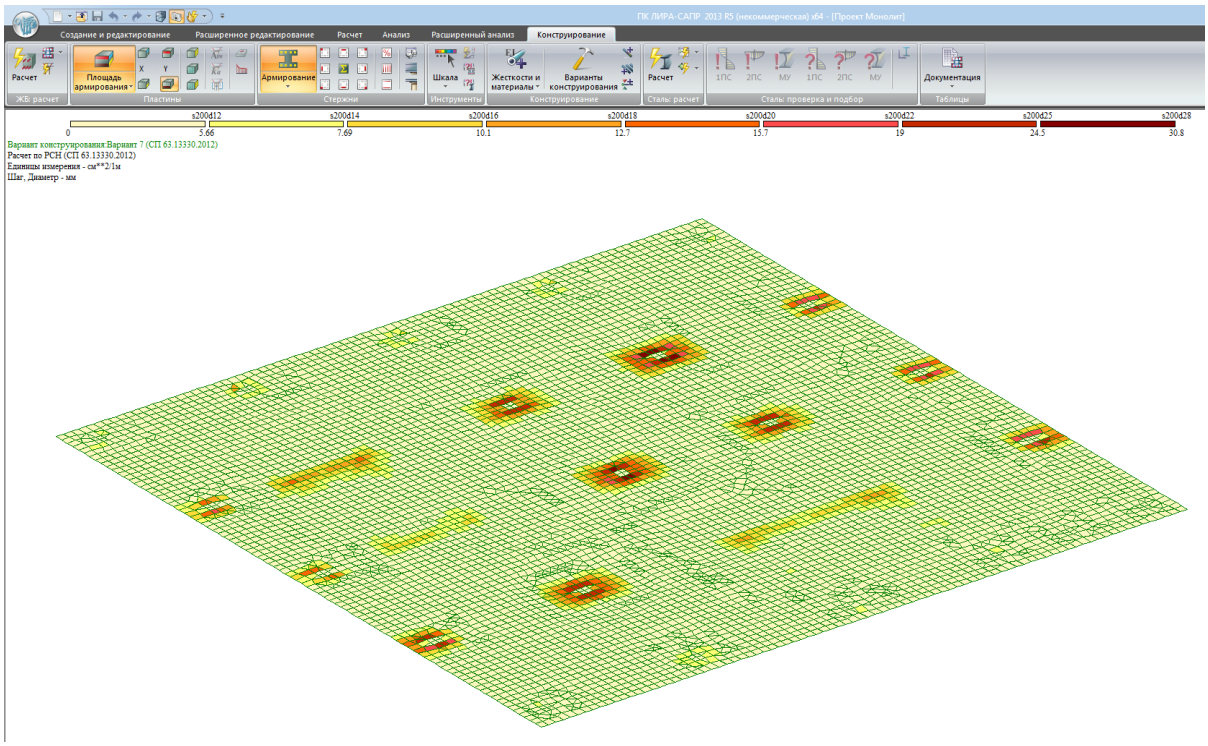


Рис. 87. Мозаика распределения нижней арматуры в фундаментной плите по направлению оси У

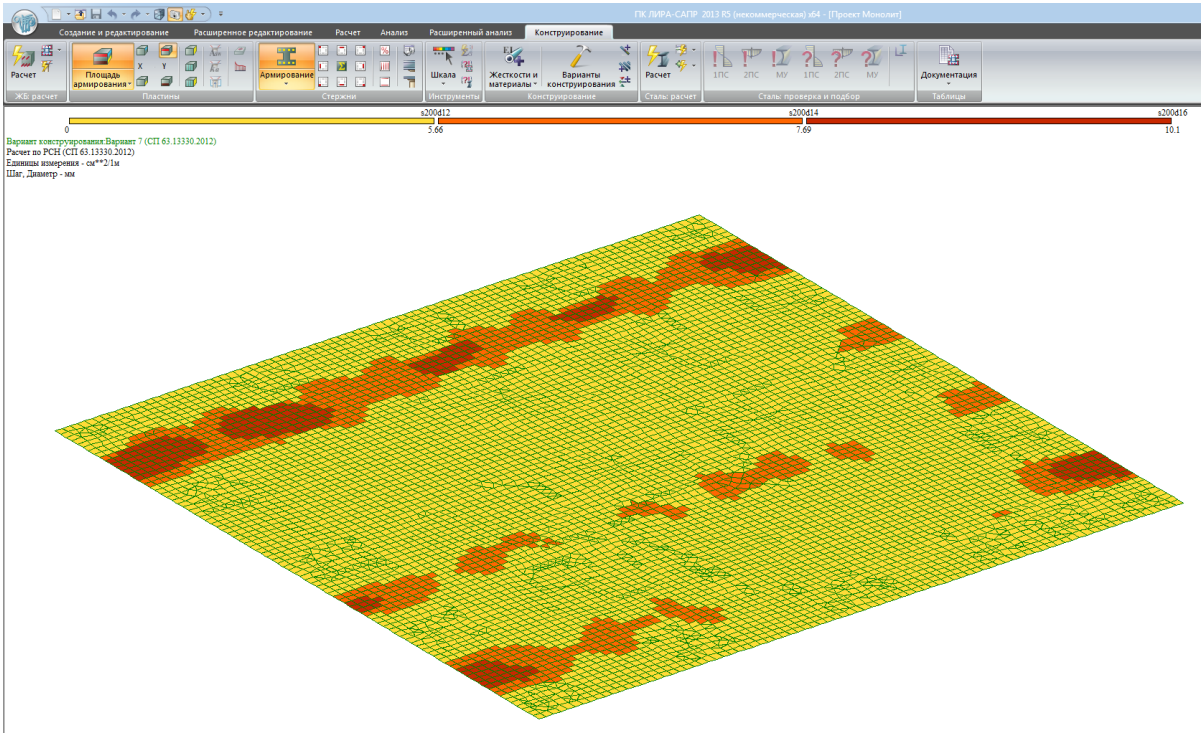


Рис. 88. Мозаика распределения верхней арматуры в фундаментной плите по направлению оси У

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инженерные конструкции: учебник / под ред. В.В. Ермолова. – М.: Архитектура-С, 2007.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
5. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат, 1985.
6. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: АСВ, 2009. – 360 с.
7. Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б., Артамонова А.Е., Титок В.П. Методические указания по выполнению РГР № 1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций», «Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания» с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР. – М., 2017.
8. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015. Руководство пользователя. Обучающие примеры / под ред. академика РААСН А.С. Городецкого. – М.: Электронное издание, 2015. – 460 с.
9. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2013: учебное пособие. – К., М.: Электронное издание, 2013. – 376 с.
10. Нуриева Д.М. Расчет пространственного каркаса монолитного железобетонного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением расчетного комплекса ЛИРА-САПР: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей и направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 08.05.01, 09.03.02. – Казань: КГАСУ, 2017. – 71 с.
11. Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б., Артамонова А.Е., Титок В.П. Методические указания по выполнению РГР № 1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций», «Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания» с применением программных комплексов САПФИР 2015 и ЛИРА-САПР 2013 R5 (Общедоступная версия). – М.: МАРХИ, 2017. – 59 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ЗДАНИЕ

Определение нагрузок на здание осуществляется на основании свода правил СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Таблица 1

Нагрузка на фундаментную плиту на отм. 0.000

№	Наименование нагрузки	Нагрузка нормативная, кг/м^2	Коэффициент надежности по нагрузке	Нагрузка расчетная, кг/м^2
1	Фундаментная железобетнная плита толщиной 800 мм плотностью 2500 кг/м^3	2000	1,1	2200
Нагрузка от веса полов				
2.1	Пол из легкого бетона плотностью до 1200 кг/м^3 толщиной 50 мм	60	1,3	78
2.2	Керамогранит толщиной 10 мм на клею ВЕТОНИТ	30	1,2	36
			ИТОГО	114
3	Временная нагрузка в местах размещения торговых помещений	400	1,2	480

Таблица 2

Нагрузка на перекрытие на отм. 3.300

№	Наименование нагрузки	Нагрузка нормативная, кг/м^2	Коэффициент надежности по нагрузке	Нагрузка расчетная, кг/м^2
1	Монолитная железобетонная плита толщиной 200 мм плотностью 2500 кг/м^3	500	1,1	550
2	Нагрузка от веса полов и перегородок			
2.1	Стяжка из цементно-песчаного раствора толщиной до 40 мм, плотностью до 1800 кг/м3	72	1,3	93,6
2.2	Линолеум	10	1,3	13
2.3	Вес перегородок	100	1,2	120
			ИТОГО	226,6
3	Временная нагрузка в местах размещения жилых помещений	150	1,3	195

Таблица 3

Нагрузка на покрытие

№	Наименование нагрузки	Нагрузка нормативная, кг/м^2	Коэффициент надежности по нагрузке	Нагрузка расчетная, кг/м^2
1	Плита из железобетона толщиной 200 мм, плотностью 2500 кг/м^3	500	1,1	550
2	Вес конструкции кровли			
2.1	Пароизоляция	5	1,3	6,5
2.3	Утеплитель толщиной 120 мм, плотностью 30 кг/м^3	3,6	1,2	4,4
2.4	Разуклонка из керамзитобетона плотностью 600 кг/м^3 толщиной до 200 мм	120	1,3	156
2.5	Цементно-песчаная стяжка толщиной 40 мм, плотностью 1800 кг/м^3	72	1,3	93,6
2.6	Гидроизоляция	30	1,3	36
			ИТОГО	296,5
3	Снеговая нагрузка (IV район)	–	–	280

Таблица 4

Нагрузка от веса наружного стенового ограждения

№	Наименование нагрузки	Нагрузка нормативная, кг/м^2	Коэффициент надежности по нагрузке	Нагрузка расчетная, кг/м^2
1	Блоки из газобетона толщиной 400 мм плотностью 400 кг/м^3;	160	1,2	192
2	Утеплитель толщиной 150 мм, плотностью до 65 кг/м^3	10	1,2	12
3	Навесной фасад из керамогранита	60	1,2	72
4	Слой цементно-песчаной штукатурки толщиной 20 мм плотностью 1800 кг/ м^3	36	1,3	46,8
			ИТОГО	322,8

Нагрузка от веса стен при высоте этажа 3,3 м с учетом коэффициента проемности 0,8 составляет: 0,8·322,8·(3,3 – 0,2) = 825,4 кг/м (здесь 0,2 – толщина перекрытия).

Нагрузка от веса парапетов высотой 1000 мм из керамического кирпича с толщиной кладки 380 мм плотностью 1800 кг/м^2: 0,38·1800·1,1·1,0 = 752,4 кг/м (здесь 1,1 – коэффициент надежности по нагрузке).

Таблица 5

Сводная таблица нагрузок

Нименование нагрузки	Ед. изм.	Расч. значение	Средний коэф-т надежности по нагрузке	Длительная часть	Номер загружения, в котором задана нагрузка
Постоянные нагрузки					
Собственный вес железобетонных несущих конструкций	кг/м^3	2750	1,1	1,0	1
Вес полов и перегородок – на фундамент; – на плиту перекрытия	кг/м^2	936 312	1,2	1,0	2
Вес наружных стен	кг/м	2750	1,2	1,0	2
Вес парапетов	кг/м	752,4	1,2	1,0	2
Вес конструкции кровли	кг/м^2	365,4	1,2	1,0	2
Временные нагрузки					
В местах устройства торговых помещений (на фундамент)	кг/м^2	480	1,2	0,35	3
В местах устройства жилых помещений (на перекрытие)	кг/м^2	195	1,3	0,35	3
Снеговая нагрузка (на покрытие)	кг/м^2	240	1:0,7= =1,43	0,7	4

Приложение 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОСТЕЛИ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА

Вычисление коэффициентов постели может производиться на основании следующих методов.

Метод	Расчетные формулы
Метод Пастернака	$$c_1 = \frac{E_{гр}}{H_c(1-2\mu_{гр})},\ c_2 = \frac{c_1 \cdot H_c(1-2\mu_{гр})}{6(1+\mu_{гр})}, \quad (1)$$ где c_1 – коэффициент сжатия (связывает интенсивность вертикального отпора грунта с его осадкой); c_2 – коэффициент сдвига (характеризует вертикальные силы сдвига, возникающие в сыпучих и малосвязных грунтах вследствие зацепления и внутреннего трения между частицами грунта); H_c – мощность сжимаемой толщи грунта под подошвой фундамента, определяемая на основании СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»; $E_{гр}$ и $\mu_{гр}$ – средний модуль деформации и коэффициент Пуассона в пределах сжимаемой толщи H_c, определяются по формулам: $$E_{гр} = \frac{0.8\sum_{i=1}^{n}\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{s}, \quad \mu_{гр} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\mu_i \cdot h_i}{H_c},$$ где $\sigma_{zp,i} \cdot h_i$
Метод Пастернака модифици-рованный	Коэффициенты постели вычисляются как и в обычном методе Пастернака по формулам (1). Отличие состоит в том, что для определения среднего модуля деформации вводится поправочный коэффициент u к величине модуля деформации i-го подслоя. Этот коэффициент изменяется от u = 1 на уровне подошвы фундамента до u = 12 на уровне уже вычисленной границы сжимаемой толщи. Принято, что коэффициент изменяется по закону квадратной параболы. Тогда $u = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1$, а средний модуль деформаций определяется по формуле: $E_{гр} = \frac{H_c}{\sum_{i=1}^{n}\frac{h_i}{u_i E_i}}$.
Метод Винклера	Коэффицент сжатия: $c_1 = \frac{p}{s}$, (2) где p – среднее давление под подошвой фундамента, s – осадка от давления p

Приложение 3

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра механики

Расчетная работа
на тему:
«Конструирование и расчет пространственного железобетонного каркаса многоэтажного монолитного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением програмных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР»

по дисциплине
«Механика»

Выполнил студент гр.
ФИО: Иванов А.С.
шифр: 123

Проверил: Страхов Д.Е.

Казань, 2018г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Исходные данные…… 86

2. Описание расчетной модели каркаса…….. 88

3. Результаты расчета……... 89

3.1. Деформированное состояние каркаса……. 89

3.2. Эпюры внутренних усилий в колоннах…….. 90

3.3. Напряженно-деформированное состояние и требуемое армирование плиты перекрытия……. 91

3.4. Напряженно-деформированное состояние и требуемое армирование плитного фундамента…… 95

Список используемой литературы…….. 99

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

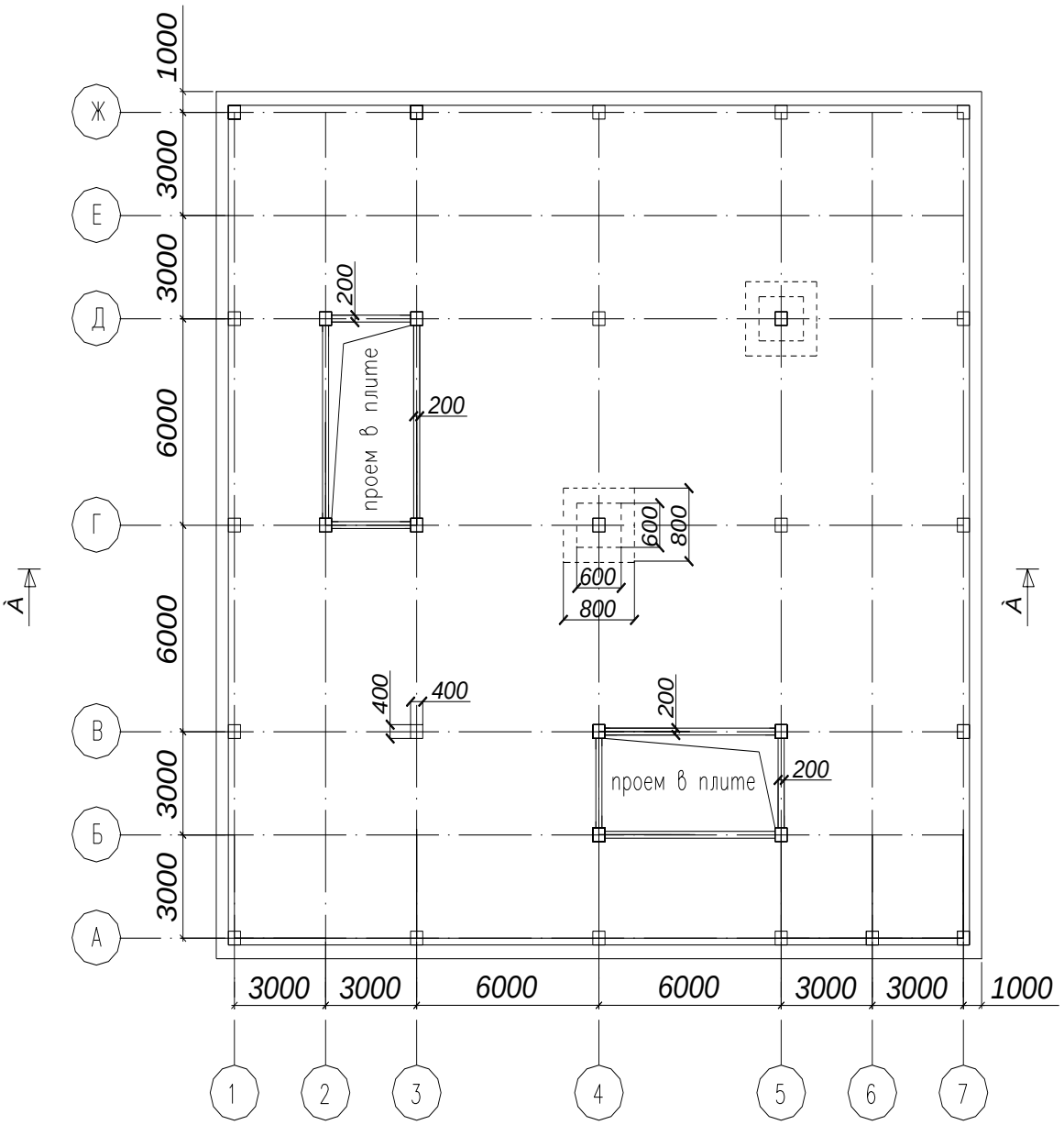


Рис. 1.1. План здания

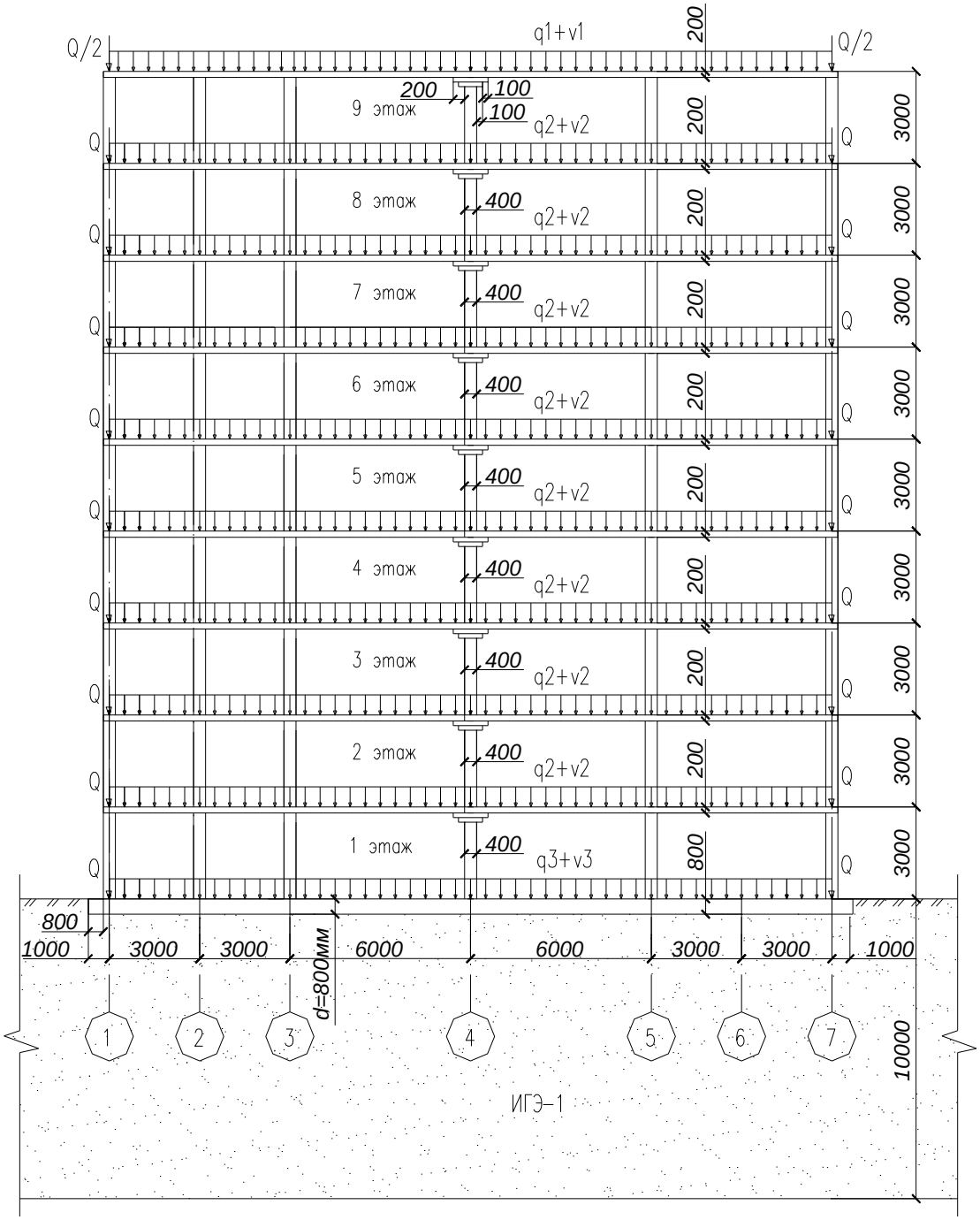


Рис. 1.2. Расчетная схема здания

Конструктивное решение здания

Здание имеет каркасную конструктивную систему. Выполнено из монолитного железобетона. В качестве вертикальных несущих элементов выступают колонны сечением 400×400 мм и стены лестничных клеток толщиной 200 мм. Плиты перекрытий плоские толщиной 200 мм. Фундамент плитный толщиной 800 мм. Податливые свойства грунтового основания учитываются с помощью коэффициента постели С = 3000 кН/м^3. Для железобетонных конструкций принят бетон класса В30, арматура класса А400.

Нагрузки

Постоянные нормативные нагрузки:

- от собственного веса монолитных конструкций (учитывается автоматически в структуре программы САПФИР);
- от веса кровли на покрытие q1 = 3,5 кПа;
- от веса полов и перегородок на перекрытие q2 = 2,0 кПа;
- от веса полов на фундамент q2 = 1,9 кПа;
- от веса стен ограждающих конструкций (учитывается автоматически в структуре программы САПФИР).

Временные нормативные нагрузки:

- от веса снега на покрытие v1 = 3,2 кПа;
- временная на перекрытие v2 = 1,95 кПа;
- временная на фундамент v3 = 4,8 кПа.

Примечание: Нормативные временные нагрузки принимаются на основании СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

2. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ КАРКАСА

Определение усилий в несущих элементах здания от постоянных и временных нагрузок производилось с использованием расчетного комплекса ЛИРА-САПР. При этом была создана пространственная модель с использованием расчетного комплекса САПФИР. Упругие свойства грунтов основания учитывались с помощью коэффициентов постели. Расчетная модель каркаса показана на рис. 2.1.

Расчет был произведен на основные сочетания нагрузок, в состав которых вошли:

– *загружение 1* – собственный вес монолитных конструкций здания;

– *загружение 2* – вес кровли, полов, перегородок, наружного стенового ограждения (q1, q2, q3, Q);

– *загружение 3* – временная нагрузка на перекрытие, фундамент (v2, v3);

– *загружение 4* – снеговая нагрузка на покрытие (v1).

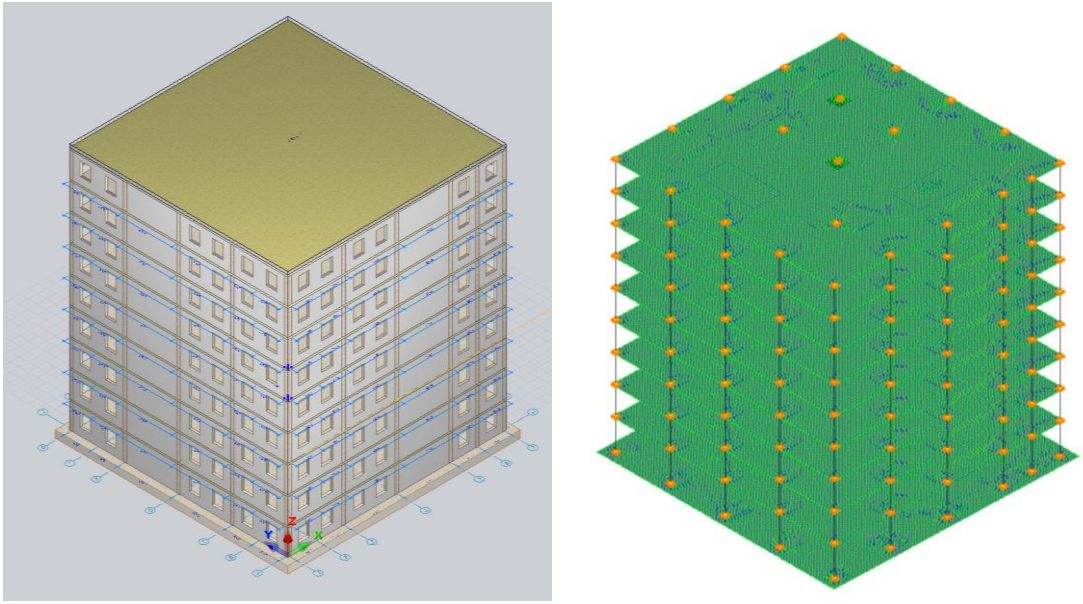


Рис. 2.1. Расчетная модель каркаса

3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

3.1. Деформированное состояние каркаса

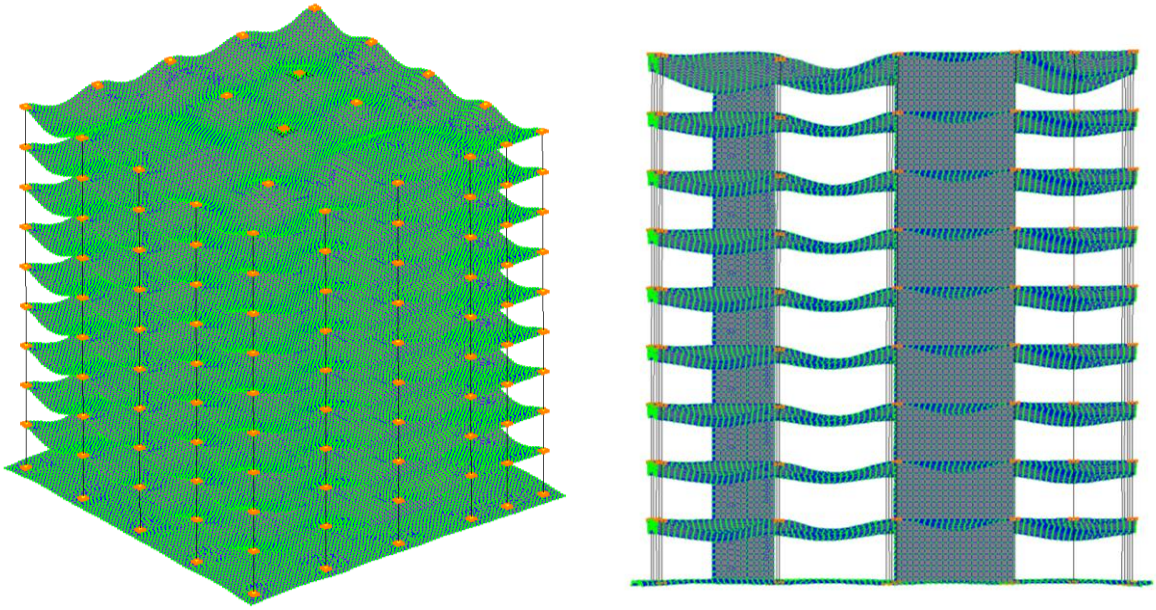


Рис. 3.1. Деформированное состояние здания

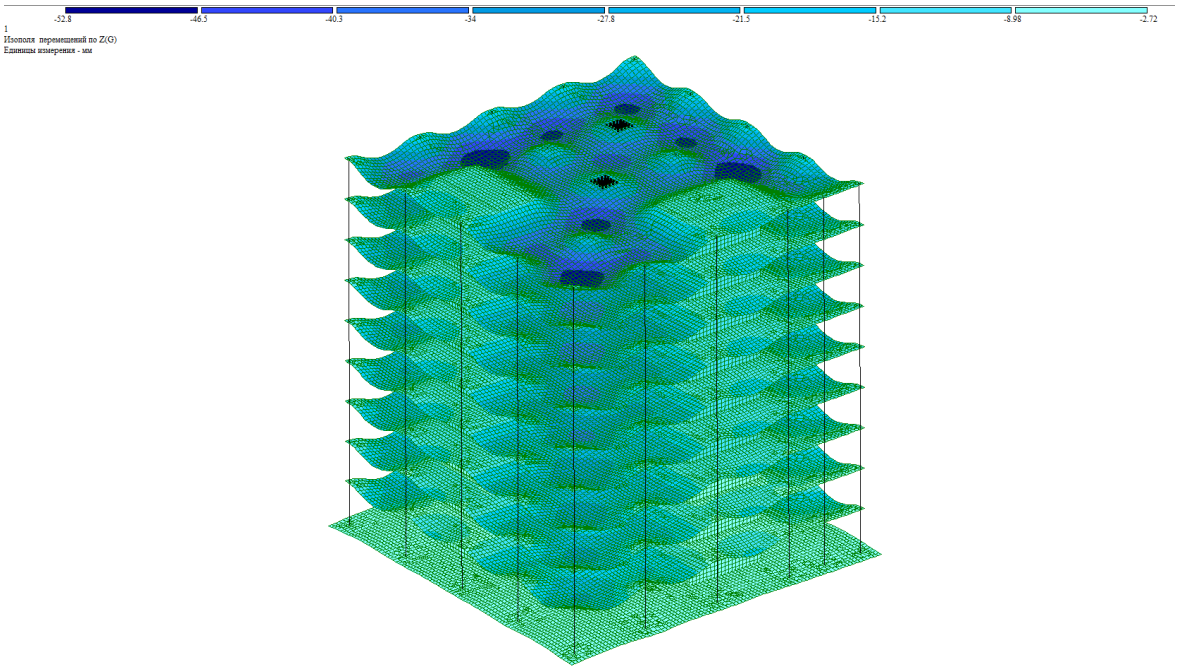


Рис. 3.2. Изополя вертикальных перемещений.

3.2. Эпюры внутренних усилий в колоннах

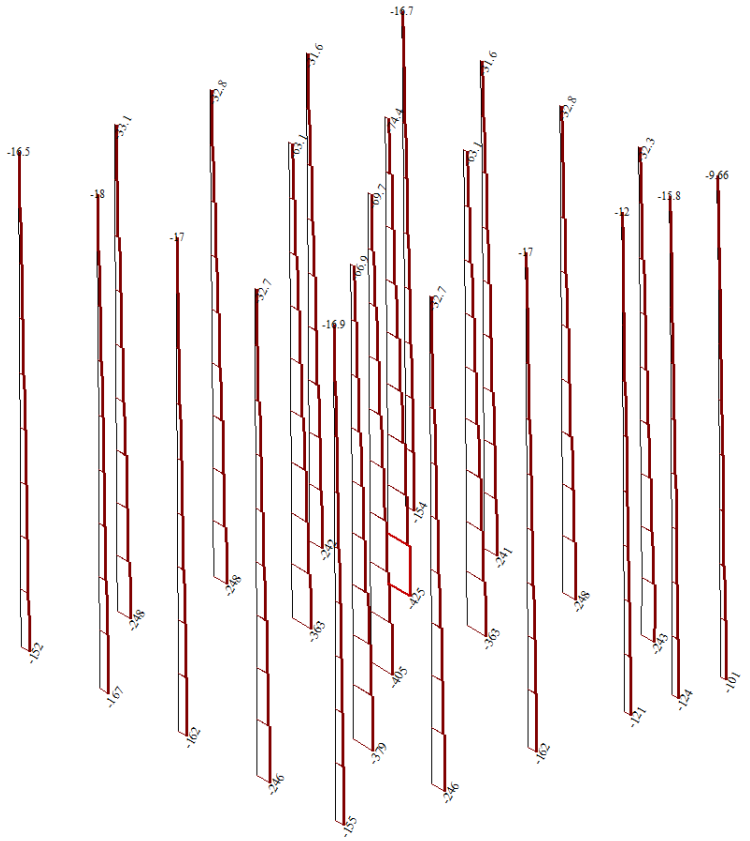


Рис. 3.3. Эпюры продольных усилий N.

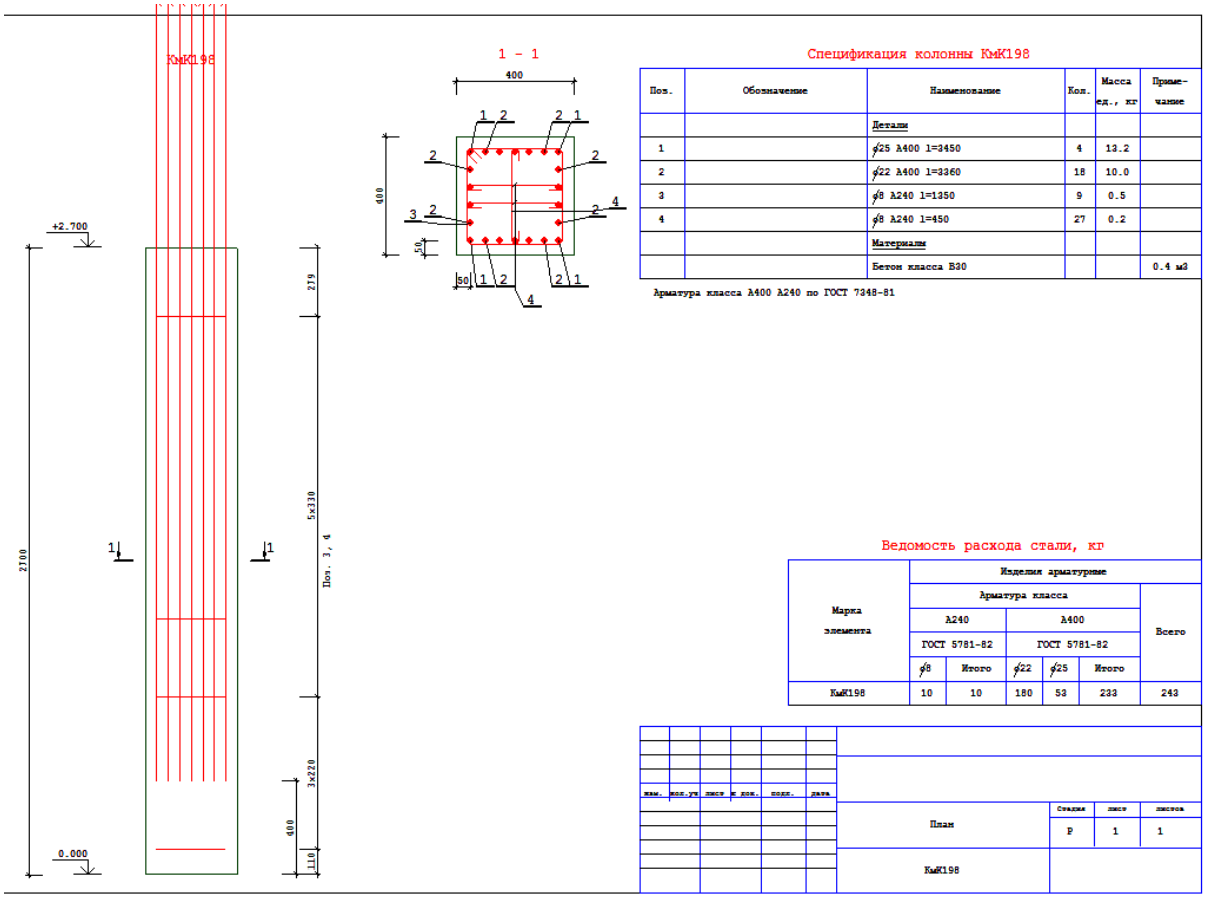


Рис. 3.4. Чертеж колонны с подобраным армированием

3.3. Напряженно-деформированное состояние и требуемое армирование плиты перекрытия

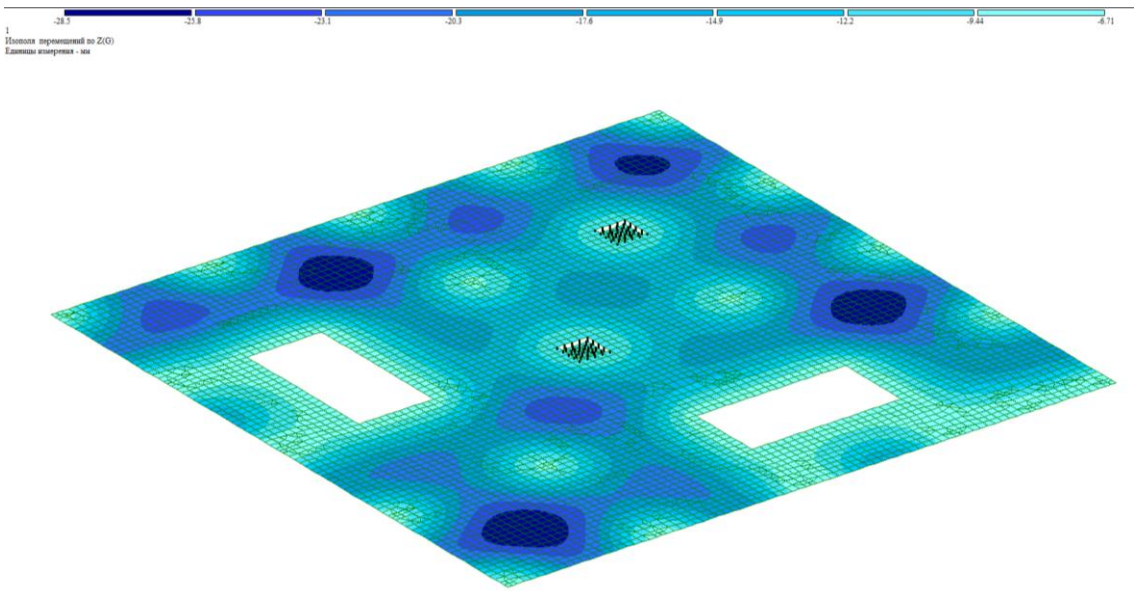


Рис. 3.5. Вертикальные перемещения в плите перекрытия

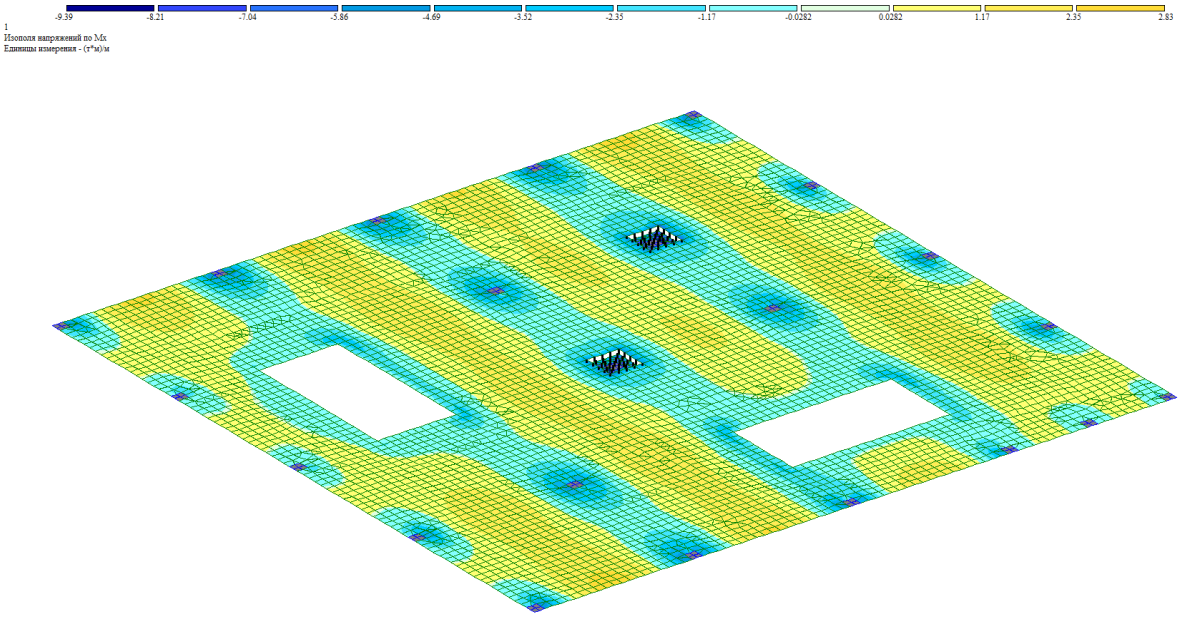


Рис. 3.6. Изополя изгибающих моментов Mx плиты перекрытия первого этажа от РСН 1

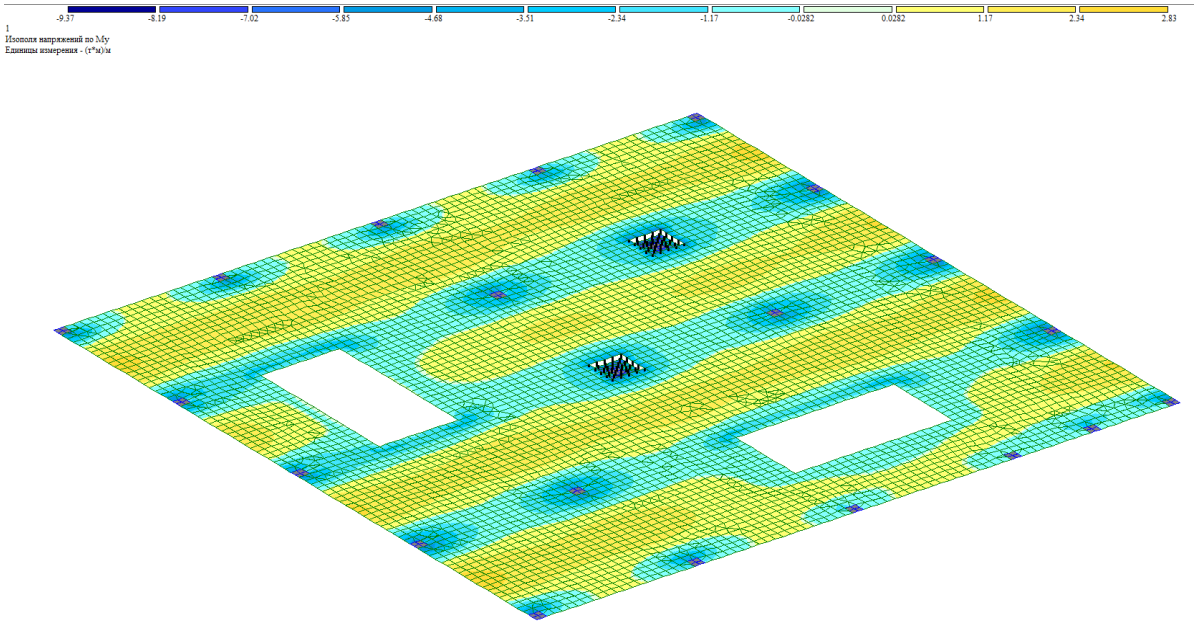


Рис. 3.7. Изополя изгибающих моментов My плиты перекрытия первого этажа от РСН 1

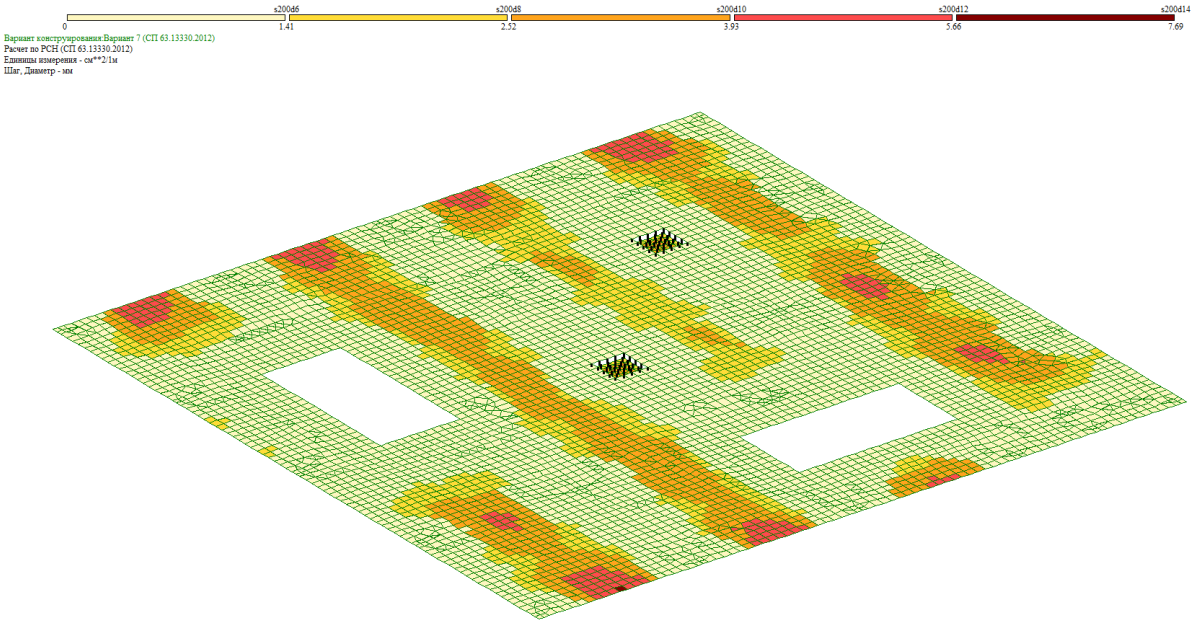


Рис. 3.8**.** Мозаика распределения нижней арматуры по направлению оси X

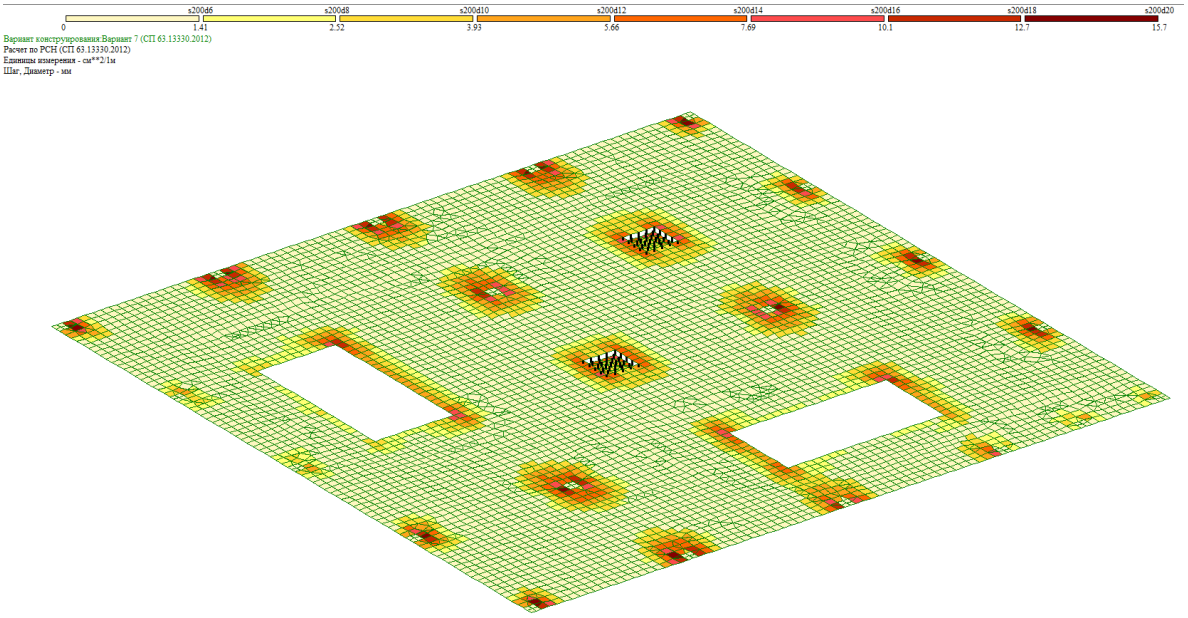


Рис. 3.9. Мозаика распределения верхней арматуры по направлению оси X

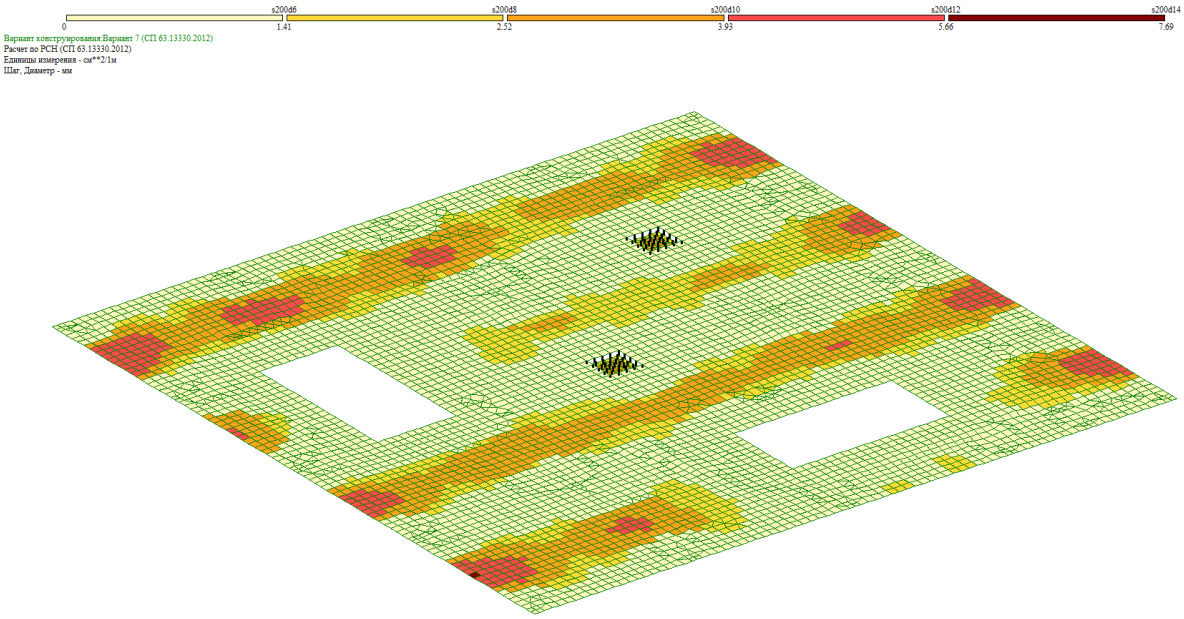


Рис. 3.10. Мозаика распределения нижней арматуры по направлению оси У

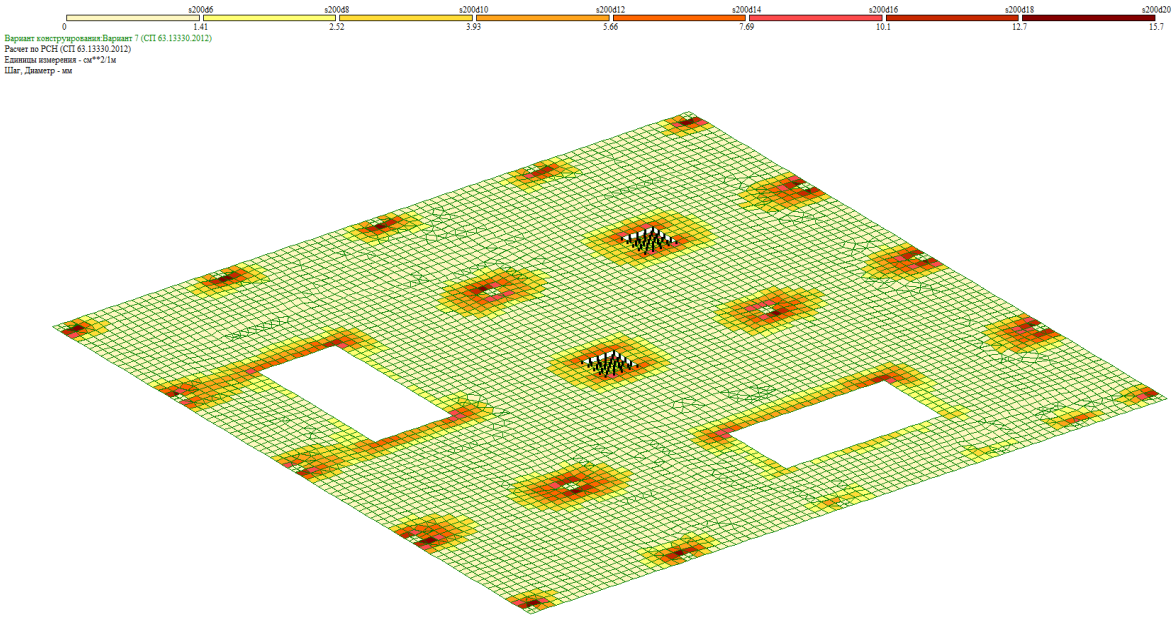


Рис. 3.11. Мозаика распределения верхней арматуры по направлению оси У

3.4. Напряженно-деформированное состояние и требуемое армирование плитного фундамента

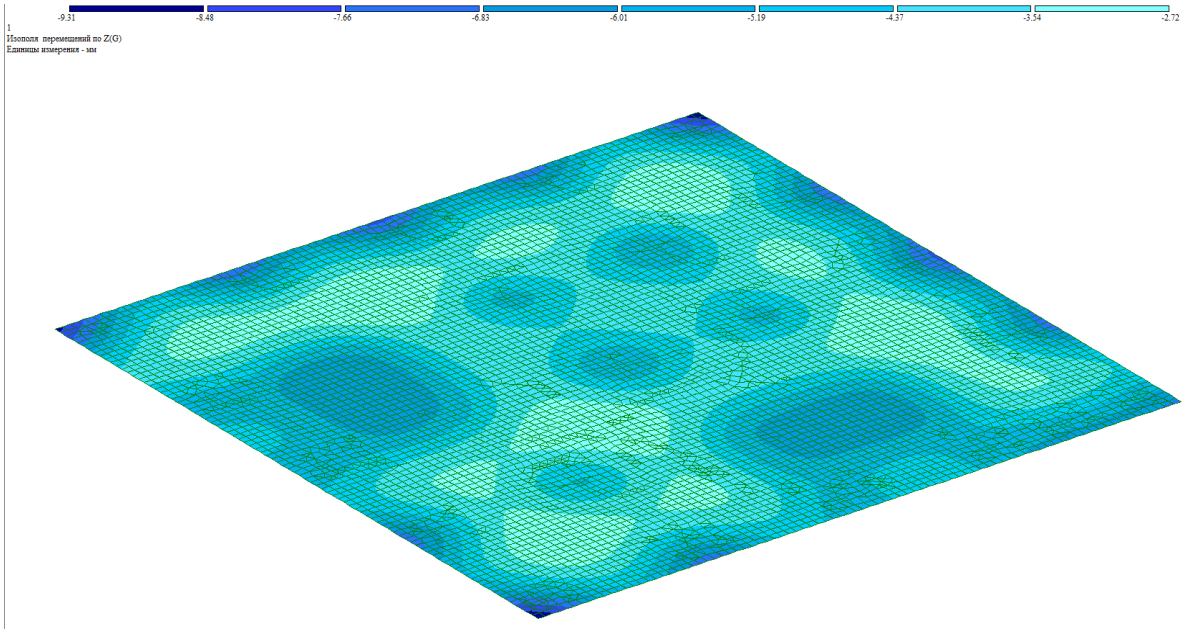


Рис. 3.12. Вертикальные перемещения в фундаментной плите

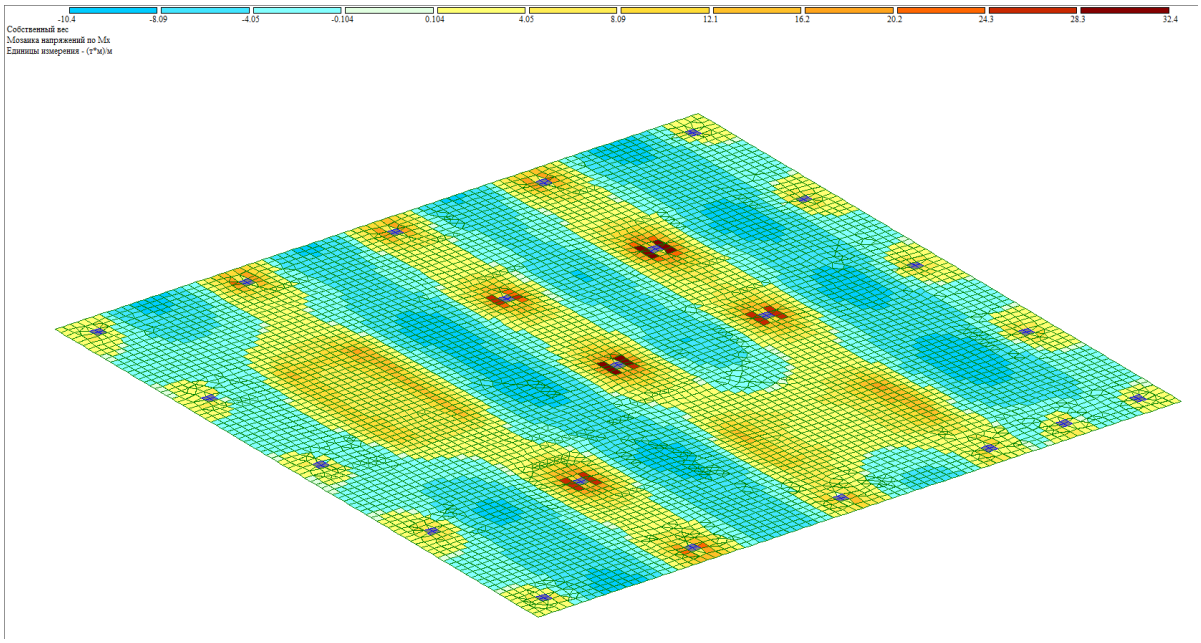


Рис. 3.13. Изополя изгибающих моментов Mx фундаментной плиты от РСН 1

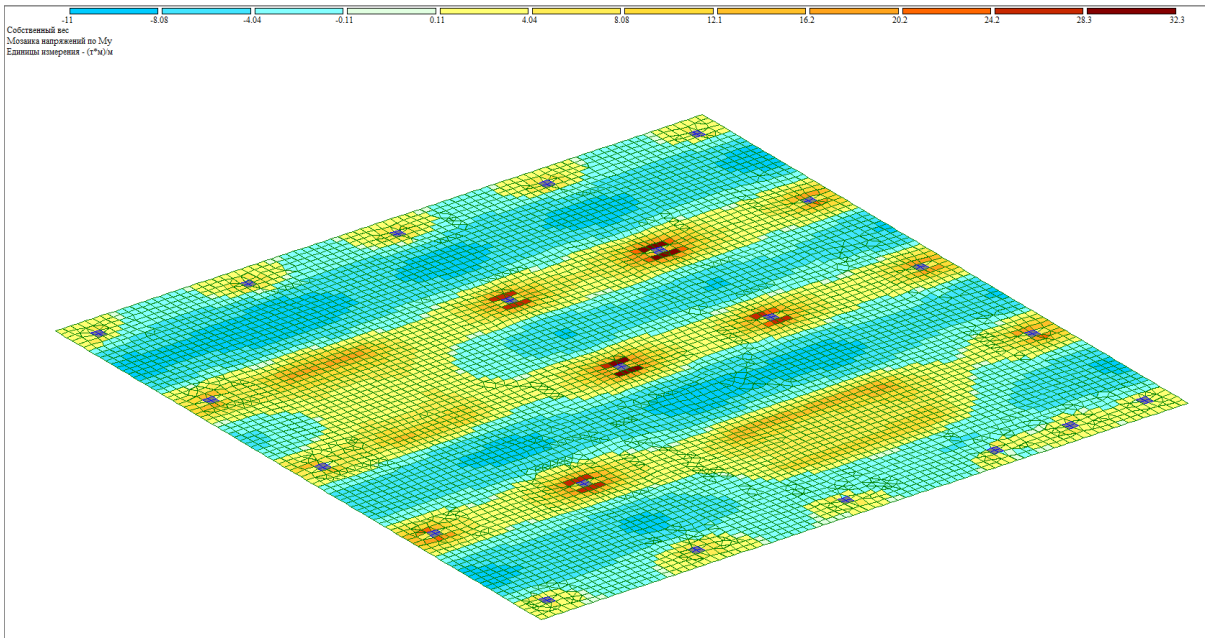


Рис. 3.14. Изополя изгибающих моментов My фундаментной плиты от РСН 1

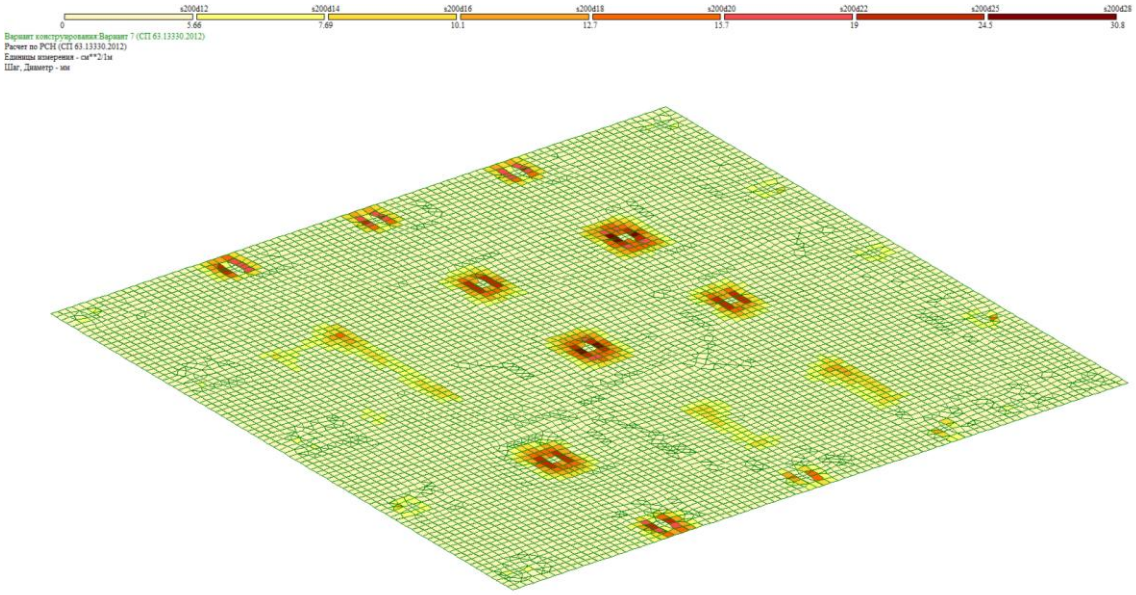


Рис. 3.15. Мозаика распределения нижней арматуры в фундаментной плите по направлению оси X

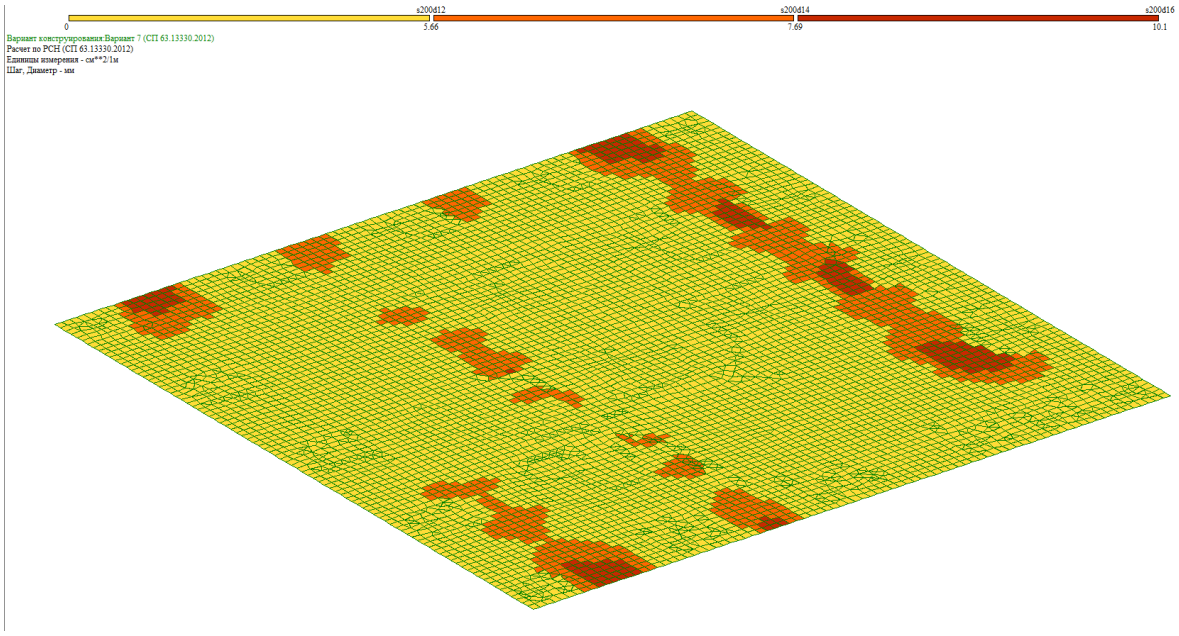


Рис. 3.16. Мозаика распределения верхней арматуры в фундаментной плите по направлению оси X

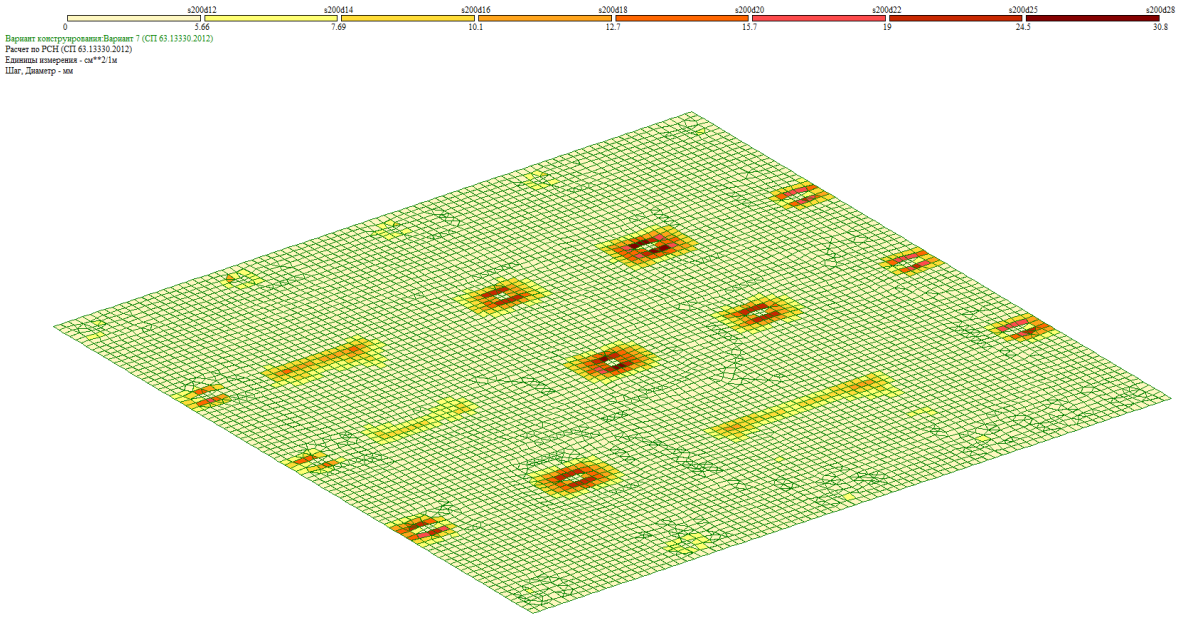


Рис. 3.17. Мозаика распределения нижней арматуры в фундаментной плите по направлению оси У

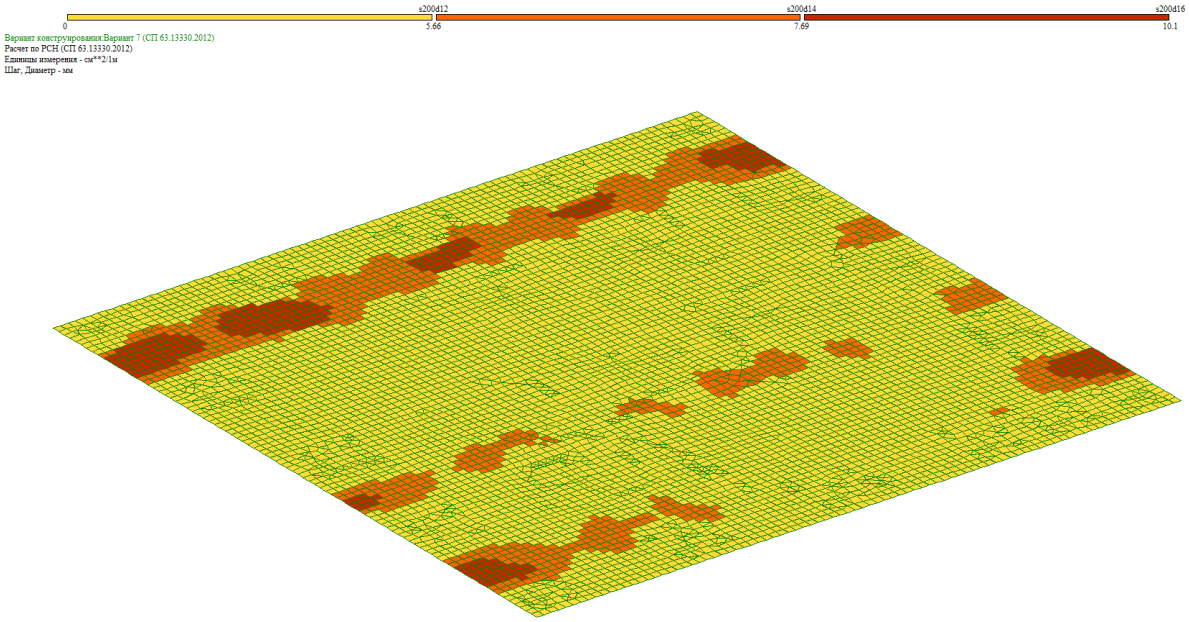


Рис. 3.18. Мозаика распределения верхней арматуры в фундаментной плите по направлению оси У

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерные конструкции: учебник / под ред. В.В. Ермолова. – М.: Архитектура-С, 2007.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.
3. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*.
4. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.
5. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат, 1985.
6. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М.: АСВ, 2009. – 360 с.
7. Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б., Артамонова А.Е., Титок В.П. Методические указания по выполнению РГР № 1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций», «Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания» с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР. – М., 2017.
8. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015. Руководство пользователя. Обучающие примеры / под ред. академика РААСН А.С. Городецкого. – М.: Электронное издание, 2015. – 460 с.
9. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2013: учебное пособие. – К., М.: Электронное издание, 2013. – 376 с.
10. Нуриева Д.М. Расчет пространственного каркаса монолитного железобетонного здания с плитным фундаментом на упругом основании с применением расчетного комплекса ЛИРА-САПР: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей и направлений подготовки 08.03.01, 08.04.01, 08.05.01, 09.03.02. – Казань: КГАСУ, 2017. – 71 с.
11. Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б., Артамонова А.Е., Титок В.П. Методические указания по выполнению РГР № 1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций», «Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания» с применением программных комплексов САПФИР 2015 и ЛИРА-САПР 2013 R5 (Общедоступная версия). – М.: МАРХИ, 2017. – 59 с.

Страхов Дмитрий Евгеньевич

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА МНОГОЭТАЖНОГО МОНОЛИТНОГО ЗДАНИЯ С ПЛИТНЫМ ФУНДАМЕНТОМ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ САПФИР И ЛИРА-САПР

Учебно-методическое пособие