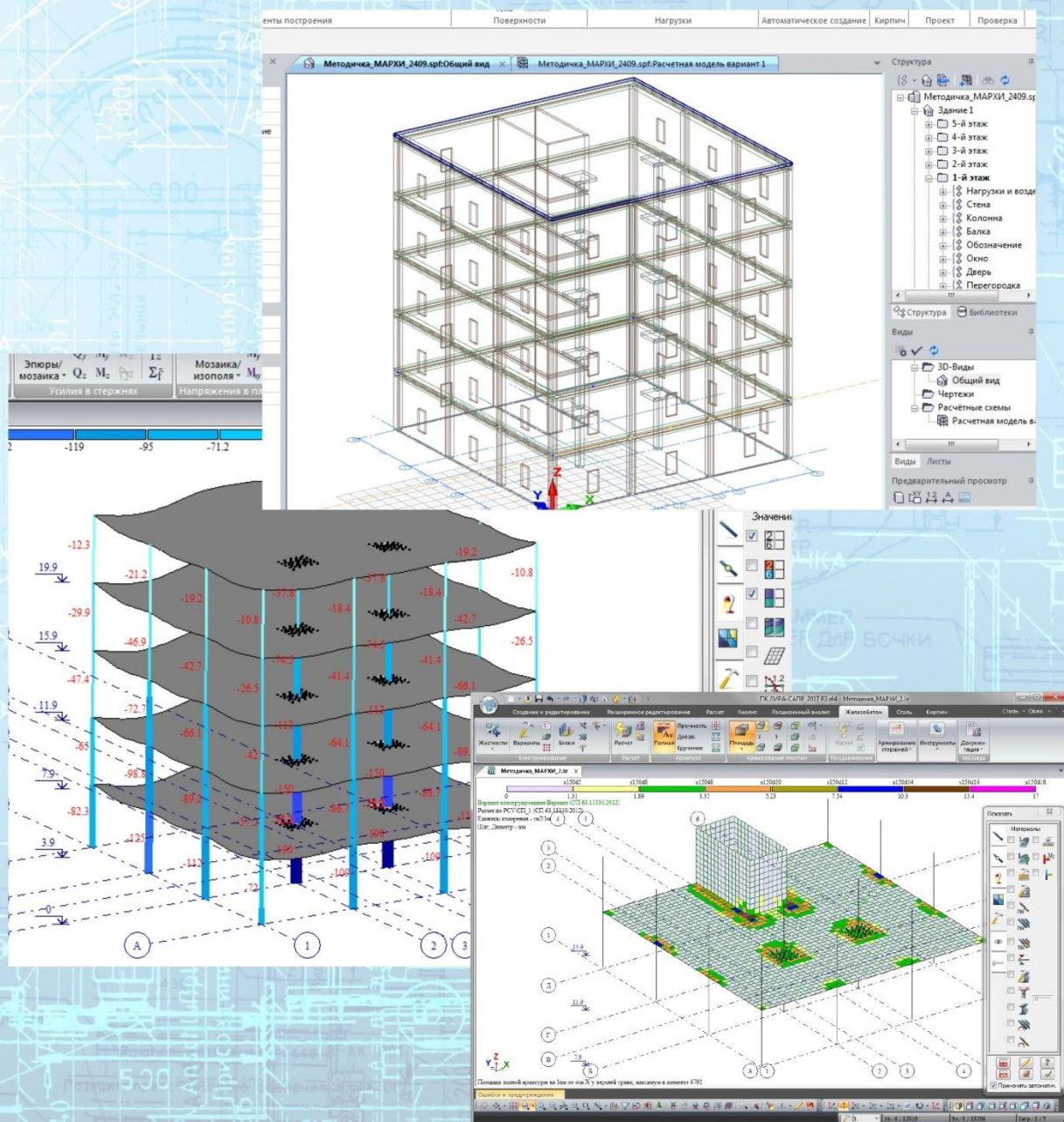


А.Л. Шубин, Л.И. Ярин, Р.Ю. Водопьянов,  
В.Е. Губченко, Е.Б. Королёва, А.Е. Артамонова, В.П. Титок

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению РГР № 1

по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций»  
«Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания»  
с применением программных комплексов  
САФИР 2015 и ЛИРА-САПР 2013 R5 (Общедоступная версия)





МИНОБРНАУКИ РФ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Московский архитектурный институт (государственная академия)»  
(МАРХИ)

**Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»**

**Шубин А.Л., Ярин Л.И. (МАРХИ),  
Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б. (ООО Лира сервис),  
Артамонова А.Е., Титок В.П. (ООО ЛИРА САПР)**

**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)

для студентов  
направления подготовки: 070301, архитектура бакалавр  
уровень подготовки: бакалавриат

Москва 2017

УДК 69.012.45:004.9(075.8)

ББК 38.53

Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Королёва Е.Б., Губченко В.Е., Титок В.П., Артамонова А.Е.

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 / Шубин А.Л., Ярин Л.И., Водопьянов Р.Ю., Королёва Е.Б., Губченко В.Е., Титок В.П., Артамонова А.Е. – М.: МАРХИ, 2016. – 59 с.

Рецензент – академик РААСН, д.т.н., проф. Карпенко Н.И.

Рецензент – доцент Кривицкий В.Г.

Методические указания раскрывают цели, задачи, содержание и состав РГР № 1 с применением программных комплексов САПФИР и ЛИРА-САПР. Указания «Конструирование и расчет железобетонного каркаса многоэтажного здания», содержат алгоритм конструирования и расчета, раскрывают последовательность решения проектной задачи. Методические указания предназначены для организации работы по выполнению РГР №1 по дисциплине «Основы проектирования железобетонных конструкций» для студентов IV курса, 7 семестра направления подготовки: 070301, архитектура бакалавр.

Методические указания утверждены заседанием кафедры «Конструкции зданий и сооружений», протокол № 2/2016-2017 уч. Г., от «29» сентября 2016 г.

Методические указания рекомендованы решением Научно-методического совета МАРХИ, протокол № 9-16/17, от «24» мая 2017 г.

© Шубин А.Л., Ярин Л.И. (МАРХИ), Водопьянов Р.Ю., Губченко В.Е., Королёва Е.Б. (ООО Лира сервис), Артамонова А.Е., Титок В.П. (ООО ЛИРА САПР) 2017.  
© МАРХИ, 2017.

**Кафедра «Конструкции здания и сооружений» МАРХИ.  
Первая расчетно-графическая работа.  
Четвертый курс (седьмой семестр).**

**Создание расчетной модели железобетонного безригельного (или ригельного) каркаса, его расчет, подбор армирования и анализ результатов расчета.**

Цели и задачи	4
Этап 1. Создание нового проекта и настройка его свойств	7
Этап 2. Корректировка свойств этажа	8
Этап 3. Создание координационных осей	9
Этап 4. Создание колонн	10
Этап 5. Создание несущих стен	14
Этап 6. Задание дверного проема	15
Этап 7. Создание ненесущих стен	16
Этап 8. Создание оконных проемов	17
Этап 9. Создание балок	18
Этап 10. Копирование этажей	21
Этап 11. Создание и редактирование плиты перекрытия	21
Этап 12. Копирование этажей	23
Этап 13. Создание нагрузок и назначение нагрузок	24
Этап 14. Задание граничных условий	25
Этап 15. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ	26
Этап 16. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР	31
Этап 17. Открытие расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР	32
Этап 18. Задание параметров материалов элементам схемы	34
Этап 19. Анализ результатов напряженно-деформированного состояния	40
Этап 20. Анализ результатов расчета и конструирования контурной балки.	43
Этап 21. Анализ результатов расчета и конструирования колонн.	50
Этап 22. Анализ результатов расчета и конструирования плит перекрытий.	54
Этап 23. Документирование результатов расчета.	64
Литература	66

## Цели и задачи

- показать процедуру создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания в программе **САПФИР**;
- показать технологию создания конечно-элементной расчетной схемы многоэтажного здания в системе **САПФИР-КОНСТРУКЦИИ** для дальнейшей передачи в систему **ВИЗОР-САПР**;
- продемонстрировать технологию импорта расчетной схемы в систему **ВИЗОР САПР**;
- выполнить подбор арматуры для элементов безригельного (1-й вариант) или ригельного (2-й вариант) каркаса многоэтажного здания, а именно: плиты перекрытия, ригеля или контурной балки, колонны первого этажа и получить усилия для последующего проектирования фундамента колонны.

### Описание проекта

- каркас прямоугольный в плане;
- каркас ЖБ ригельный или безригельный (с капителями по средним колоннам и окаймляющей балкой по периметру);
- сечение элементов каркаса выбираются студентами самостоятельно исходя из оптимальных соотношений (даётся на лекциях);
- фундаменты столбчатые (в расчетной схеме закрепление низа колонн по всем направлениям);
- лестница монолитная, лестничная клетка ограждена монолитными несущими стенами (ядро жесткости);
- по периметру плана ограждающие стены
- перечень нагрузок:
  1. собственный вес (постоянные нагрузки, определяется автоматически в соотв. с заданным весом материала и коэффициентом надежности);
  2. нагрузки от ненесущих стен и перегородок (собирается в Сапфире автоматически, в соотв. с заданными проемами, весом материала и коэффициентом надежности);
  3. полы (постоянные нагрузки, по заданию, коэффициент надежности 1.3);
  4. полезные (кратковременные нагрузки, в соотв. с назначением здания, коэффициент надежности по СП 20.13330.2011);
  5. снеговые нагрузки на покрытие (кратковременные нагрузки, в соотв. с районом строительства, коэффициент надежности по СП 20.13330.2011,  $\gamma_f = 1,4$ );

### Постоянные данные:

- объемный вес железобетона – 2.5 т/м<sup>3</sup> (коэффициент надежности для собственного веса  $\gamma_f = 1.1$ );
- материал ограждающих стен – кирпич керамический, толщина 380 мм, объемный вес 1.8 т/м<sup>3</sup> (коэф. надежности для собственного веса  $\gamma_f = 1.3$ );
- оконные проёмы в ограждающих стенах – 2000x1500 в каждом проёме;

***Для каждого варианта задания заполняется таблица исходных данных (см. стр. 6 указаний), которая затем прикладывается к Пояснительной записке.***

Все дальнейшее изложение построено на рассмотрении железобетонного здания с безригельным каркасом для которого исходные данные приведены на стр.6.

### Принятые исходные данные для рассматриваемого варианта

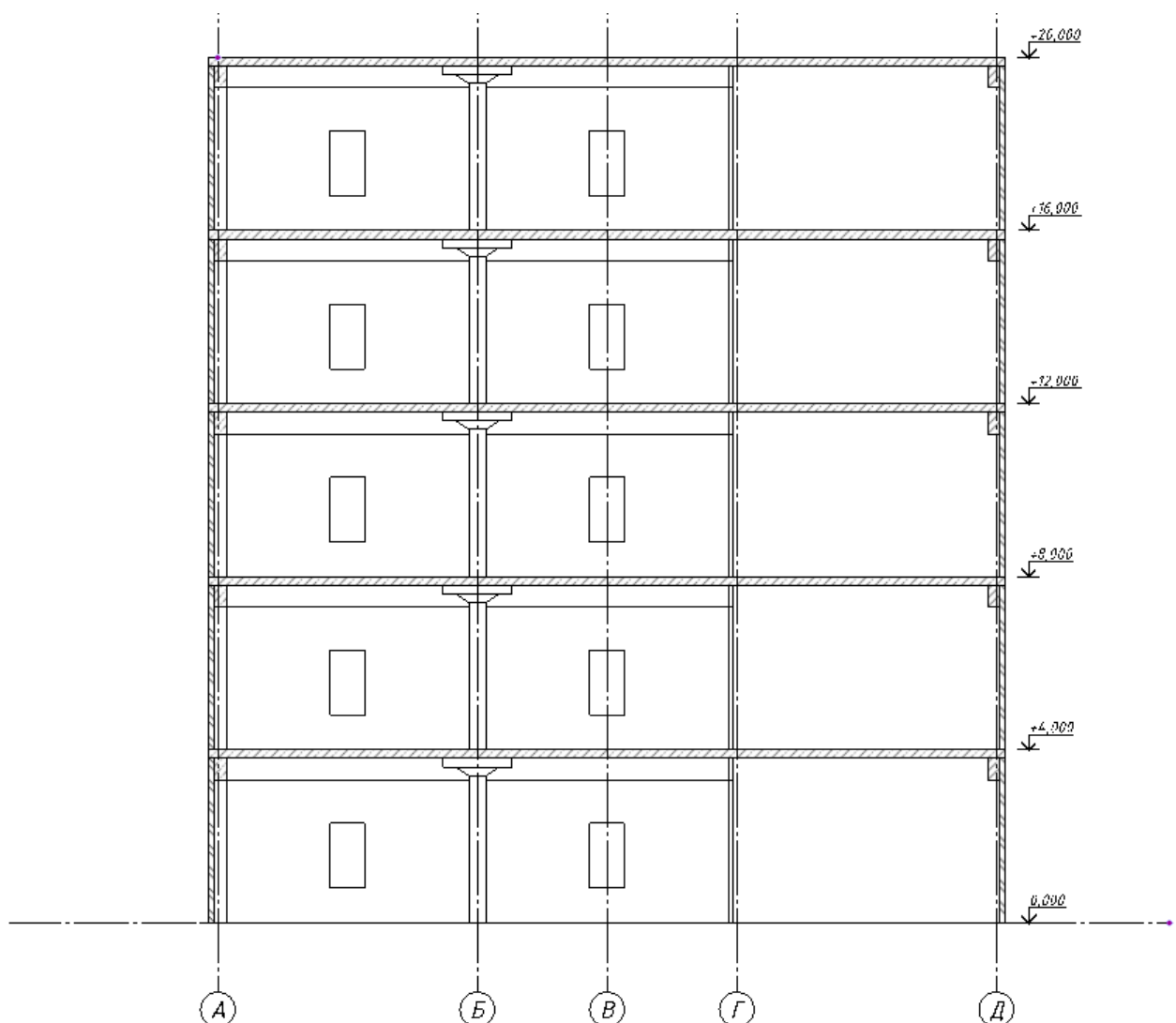
Высота типового этажа 4 м. Количество этажей 5. Отметка пола первого этажа 0,000.

Нормы расчета элементов – СП 63.13330.2012. Высота этажа – 4м. Количество этажей – 5. Материал элементов: колонны, капители, стены – бетон Б30, плиты перекрытий, балки – бетон В25, ограждающие несущие стены - кирпич силикатный.

Размеры сечения колонн 0.4x0.4 м. Размеры капители: две ступени,  $b \times h = 0.3 \times 0.2$  м. Размеры балки -  $b \times h = 0.4 \times 0.5$  м. Толщина плиты перекрытия – 0.2 м. Толщина стен – 0.2 м.

### Нагрузки (нормативные):

- Собственный вес – соберется автоматически.
- Нагрузка на плиты перекрытий (от конструкции пола) –  $0,2 \text{ тс/м}^2$ .
- Нагрузка на плиту покрытия (от конструкции кровли) –  $0,2 \text{ тс/м}^2$ .
- Временные нагрузки на плиты перекрытий –  $0,15 \text{ тс/м}^2$ .
- Нагрузки от стен – соберутся автоматически.
- Снеговая нагрузка ( $S_0$ ) –  $0,126 \text{ тс/м}^2$



**Рис.1.1.** Разрез здания (схематично показан для безригельного каркаса)

МАРХИ. Кафедра «Конструкции зданий и сооружений».

Расчетно-графическая работа №1. Здание с железобетонным каркасом.

Студент \_\_\_\_\_

IV курса,

группы \_\_\_\_\_

Назначение здания	Тип каркаса	Район строительства	Поперечник здания, размеры по оси X		Размеры по оси Y		Размеры по оси Z		Сечение колонны	Тип капители	Загружение I постоянная нагрузка (конструкция пола) ТС / КВ.М	Загружение II Длительная временная нагрузка ТС / КВ.М	Положение лестничной клетки в осях
			Пролёты м	Количество	Шаг м	Количество	Высота этажа, м	Количество					
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12	13
<b>Ж</b> П – производственное ; Г - гражданское; Ж - жилое.	<b>СМ</b> БР - безригельный; Р – ригельный; СМ - Смешанный	<b>III</b> Снеговой район -	<b>6,0</b> <b>1,5</b> <b>3,0</b> <b>1,5</b> <b>6,0</b>	<b>1</b> <b>1</b> <b>1</b> <b>1</b> <b>1</b>	<b>6,0</b> <b>3,0</b> <b>3,0</b> <b>6,0</b>	<b>1</b> <b>1</b> <b>1</b> <b>1</b>	<b>4,0</b>	<b>5</b>	<b>КВ</b> КР - Круглые КВ _ квадратные	<b>СТ2</b> Варианты: СТ1- ступенчатые с 1 ступенью, СТ2 - с 2 ступенями; КОН - конус; ПИР - пирамида	<b>0,2</b>	<b>0,15</b>	<b>Д-Г</b> <b>3-4</b> Например: Б-В и 3-4



**ПРИМЕЧАНИЕ\*** Колонки 4 и 5, 6 и 7, 8 и 9 (каждая пара) заполняются в направлении осей.

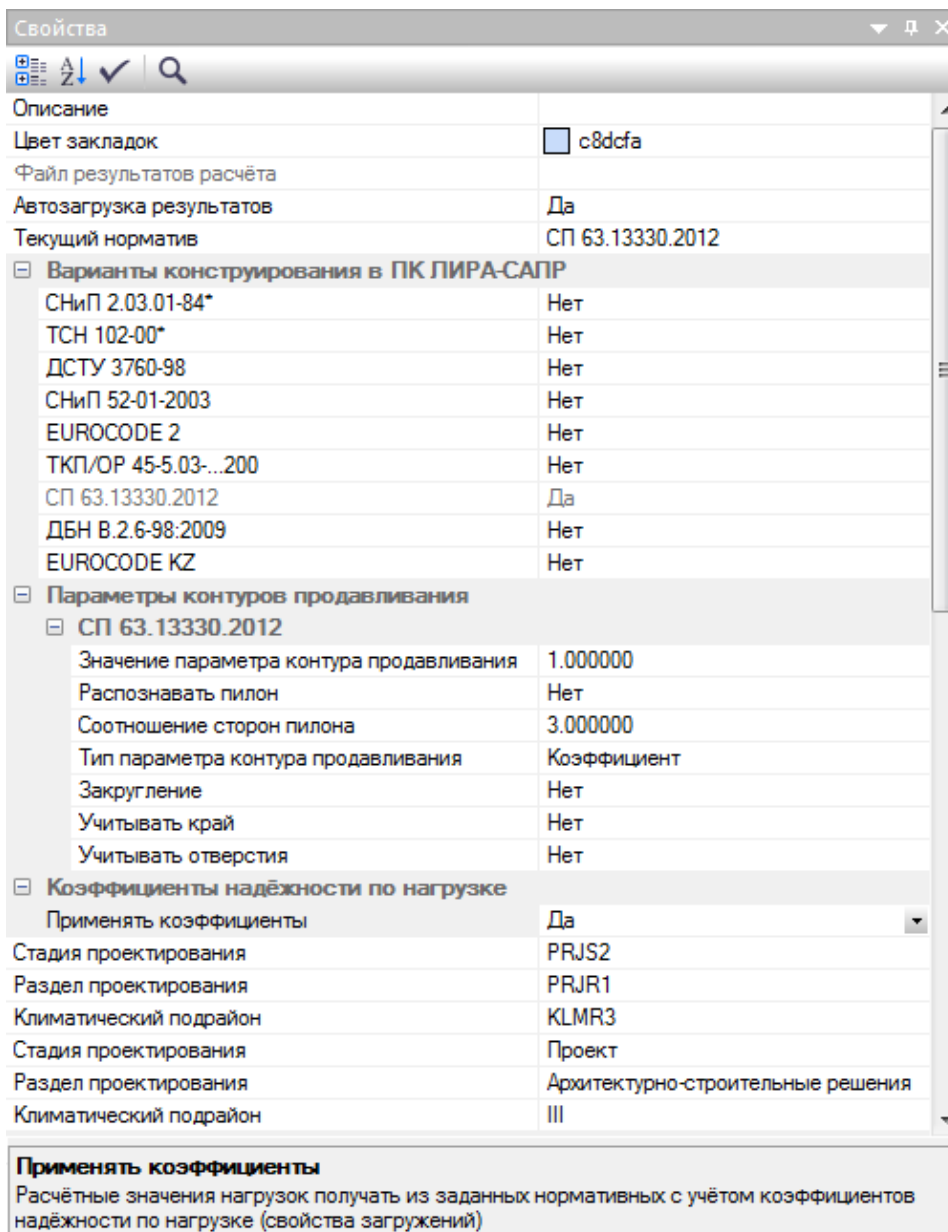
Например: пролеты по оси X - 6 м 1 раз, 4 м 3 раза и 6 м 1 раз (всего 5 пролетов)



Для того чтобы начать работу с ПК САПФИР, выполните следующие команды Windows:  
**Пуск ⇒ Программы ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2015 ⇒ САПФИР 2015.**

## Этап 1. Создание нового проекта и настройка его свойств

- Для создания нового проекта откройте меню приложения и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- Вызовите диалоговое окно **Параметры** щелчком по кнопке  - **Свойства проекта** (панель **Проект** на вкладке **Создание**).
- В этом диалоговом окне выберите новый вариант конструирования **СП 63.13330.2012**
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Затем выберите его как Текущий норматив.
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- В строке вариант конструирования **СНиП 2.03.01-84\*** выберите значение «нет». Остальные параметры оставьте по умолчанию (рис.1.2).
- Щелкните по кнопке **Применить**.
- Убедитесь, что в строке Применять коэффициент надежности стоит «Да».



Свойства	
Описание	
Цвет закладок	<input type="checkbox"/> c8dcfa
Файл результатов расчёта	
Автозагрузка результатов	Да
Текущий норматив	СП 63.13330.2012
Варианты конструирования в ПК ЛИРА-САПР	
СНиП 2.03.01-84*	Нет
ТСН 102-00*	Нет
ДСТУ 3760-98	Нет
СНиП 52-01-2003	Нет
EUROCODE 2	Нет
ТКП/ОР 45-5.03-...200	Нет
СП 63.13330.2012	Да
ДБН В.2.6-98:2009	Нет
EUROCODE KZ	Нет
Параметры контуров продавливания	
СП 63.13330.2012	
Значение параметра контура продавливания	1.000000
Распознавать пилон	Нет
Соотношение сторон пилона	3.000000
Тип параметра контура продавливания	Коэффициент
Закругление	Нет
Учитывать край	Нет
Учитывать отверстия	Нет
Коэффициенты надёжности по нагрузке	
Применять коэффициенты	Да
Стадия проектирования	PRJS2
Раздел проектирования	PRJR1
Климатический подрайон	KLMR3
Стадия проектирования	Проект
Раздел проектирования	Архитектурно-строительные решения
Климатический подрайон	III

**Применять коэффициенты**  
Расчётные значения нагрузок получать из заданных нормативных с учётом коэффициентов надёжности по нагрузке (свойства загружений)

Рис.1.2. Диалоговое окно **Параметры**

## Визуализация рабочего пространства



### Настройки

- Для настройки визуализации рабочего пространства щелкните по кнопке **визуализации** на панели инструментов **Визуализация**.
- В открывшемся диалоговом окне **Настройки визуализации** следует задать следующие характеристики (рис.1.3):
  - установите флажок для метрической сетки – **Только в 1-ом квадранте**;
  - задайте кол-во ячеек – **20**
- После этого щелкните по кнопке **Подтвердить**, чтобы закрыть диалоговое окно и применить сделанные изменения.

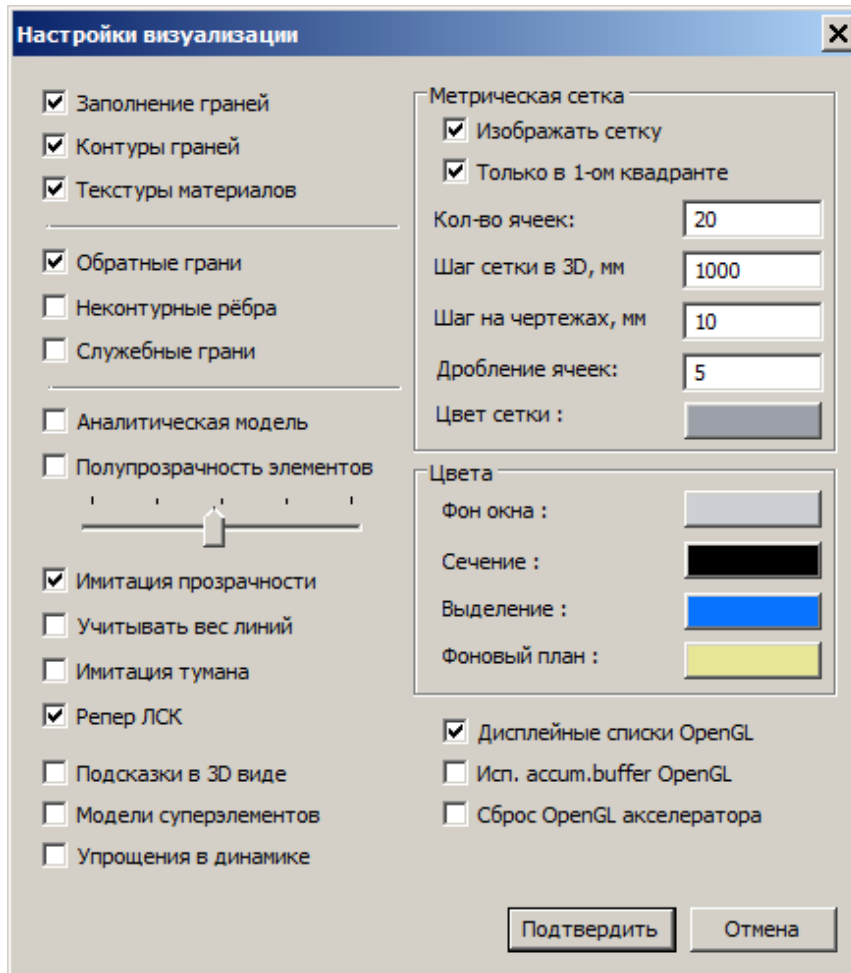



Рис. 1.3. Диалоговое окно **Настройки визуализации**


## Задание имени проекта

- Для сохранения информации о проекте откройте меню приложения и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
  - имя файла – **ФИО**;
  - папку, в которую будет сохранен этот проект.
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

## **Этап 2. Корректировка свойств этажа**

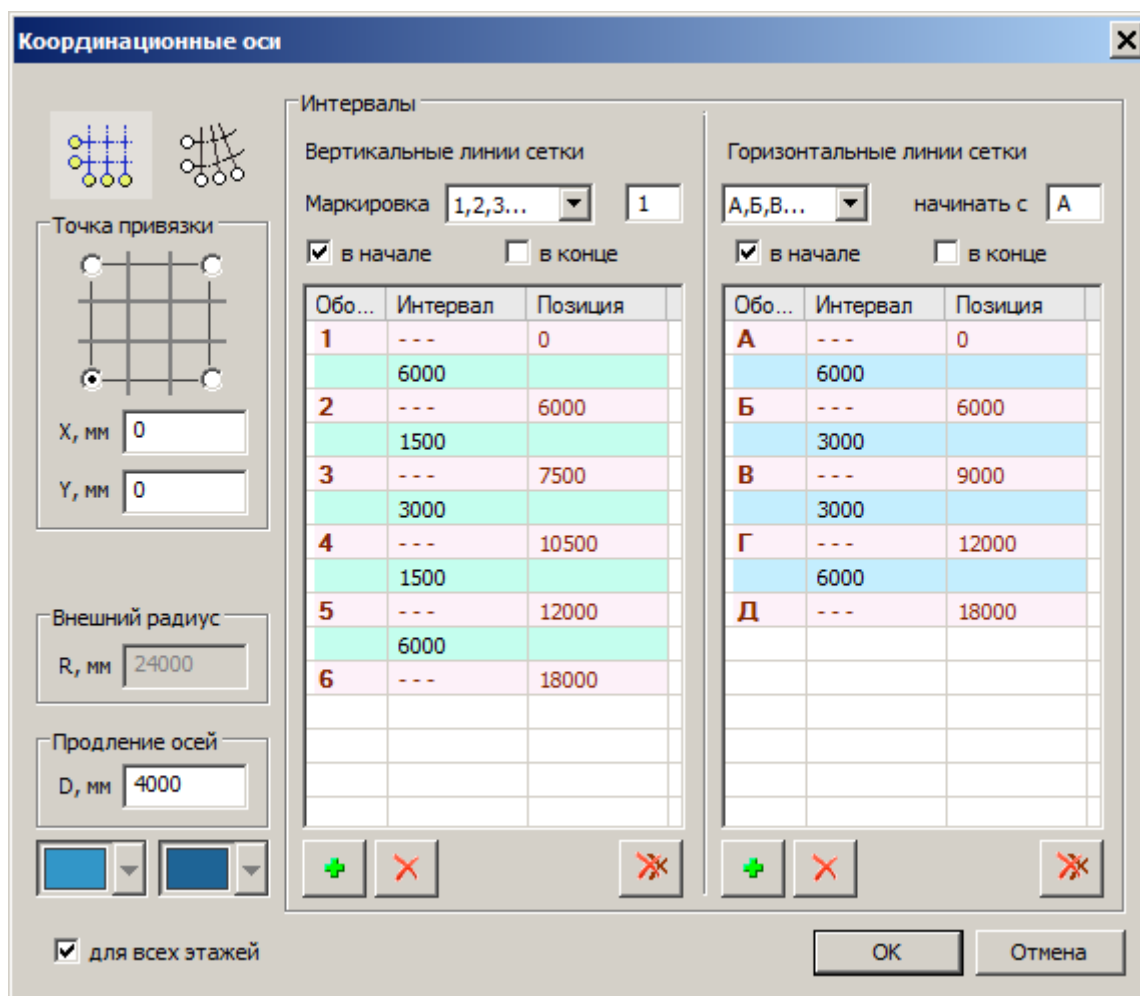


*Здание и этаж создаются автоматически после того как в графическом пространстве модели был создан первый объект.*


- Щелкните по строке  **1-й этаж 0,000 (4)** в окне **Структура** в правой части рабочего пространства, чтобы отобразить свойства этажа в диалоговом окне **Свойства**.
- В диалоговом окне **Свойства** задайте:
  - **Высота этажа, мм** - 4000.
  - Остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту** в диалоговом окне **Свойства** (клавиша **Enter** на клавиатуре).

### Этап 3. Создание координационных осей

- Чтобы вызвать диалоговое окно **Координационные оси** (рис.3.1) выберите команду  - **Оси...** в раскрывающемся списке **Оси** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**).




**Рис.3.1.** Диалоговое окно **Координационные оси**

- В этом диалоговом окне задайте следующие параметры:
  - выберите тип сетки – **Прямоугольная сетка осей** (по умолчанию левый нижний угол указан как точка привязки; координаты точки привязки – **X = 0 мм, Y = 0 мм**;
  - задайте продление осей **D=3000мм**;
  - щелкните по кнопке  - **Добавить интервал** в поле для вертикальных линий сетки;
  - выделите значение в столбце **Интервал** и измените его на 6000;
  - добавьте таким способом еще несколько интервалов между вертикальными линиями сетки (маркировка вертикальных линий выполняется арабскими цифрами 1,2,3...) со значениями **1500, 3000, 1500, 6000** мм. Результирующие позиции осей высчитываются автоматически;
  - выберите для горизонтальных линий сетки из раскрывающегося списка маркировку **А, Б, В...**

- задайте интервалы между горизонтальными линиями сетки – **6000, 3000, 3000, 6000** мм. Результирующие позиции осей высчитываются автоматически.
- После этого щелкните по кнопке **ОК** (в результате в графическом окне получаем изображение прямоугольной сетки координационных осей).

#### Автоматическая проstanовка размеров для сетки координационных осей

- Выделите сетку координационных осей с помощью курсора (сетка окрасится в голубой цвет).
- В строке свойств инструмента Оси щелкните по кнопке  - **Обозначить размеры**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с осей.

#### Перенос обозначений

- Выделите размерную цепочку по X для осей (программа автоматически активирует вкладку **Редактирование**).




*По умолчанию, в САПФИРе активирован режим Автоматического переноса. Кнопка **Перенести** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**) нажата. Если кнопка **Перенести** отжата - активируйте ее щелчком.*

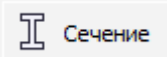


- Укажите базовой точкой одну из контрольных точек размерной линии (вначале или в конце), нажмите ЛКМ и удерживая ее нажатой потяните размерную цепочку. Отпустите ЛКМ.
- Выполните щелчок в месте где хотите расположить размерную линию.
- Нажмите **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с размеров.

Повторите тоже самое для размерной цепочки по Y.

### **Этап 4. Создание колонн**

- Выполните щелчок по кнопке  - **Колонна** в раскрывающемся списке **Колонна** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**). В диалоговом окне свойств отобразятся свойства построения колонны.
- В диалоговом окне **Свойства построения: Колонна** щелкните напротив строки **Материал**.
- В открывшемся диалоговом окне **Материалы** (рис.4.1) выбирается из списка материал **Бетон Б30**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК** (после закрытия списка строка **Бетон Б30** демонстрируется напротив параметра **Материал** как текущий выбранный материал).

- Вызовите диалоговое окно **Параметры сечения** (рис.4.2) щелчком по кнопке  **Сечение** в строке свойств инструмента Колонна.
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующие параметры:
  - в списке типов сечений выберите тип **Прямоугольник(S0)**;
  - задайте параметр **b=400мм**;
  - задайте параметр **h=400мм**
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

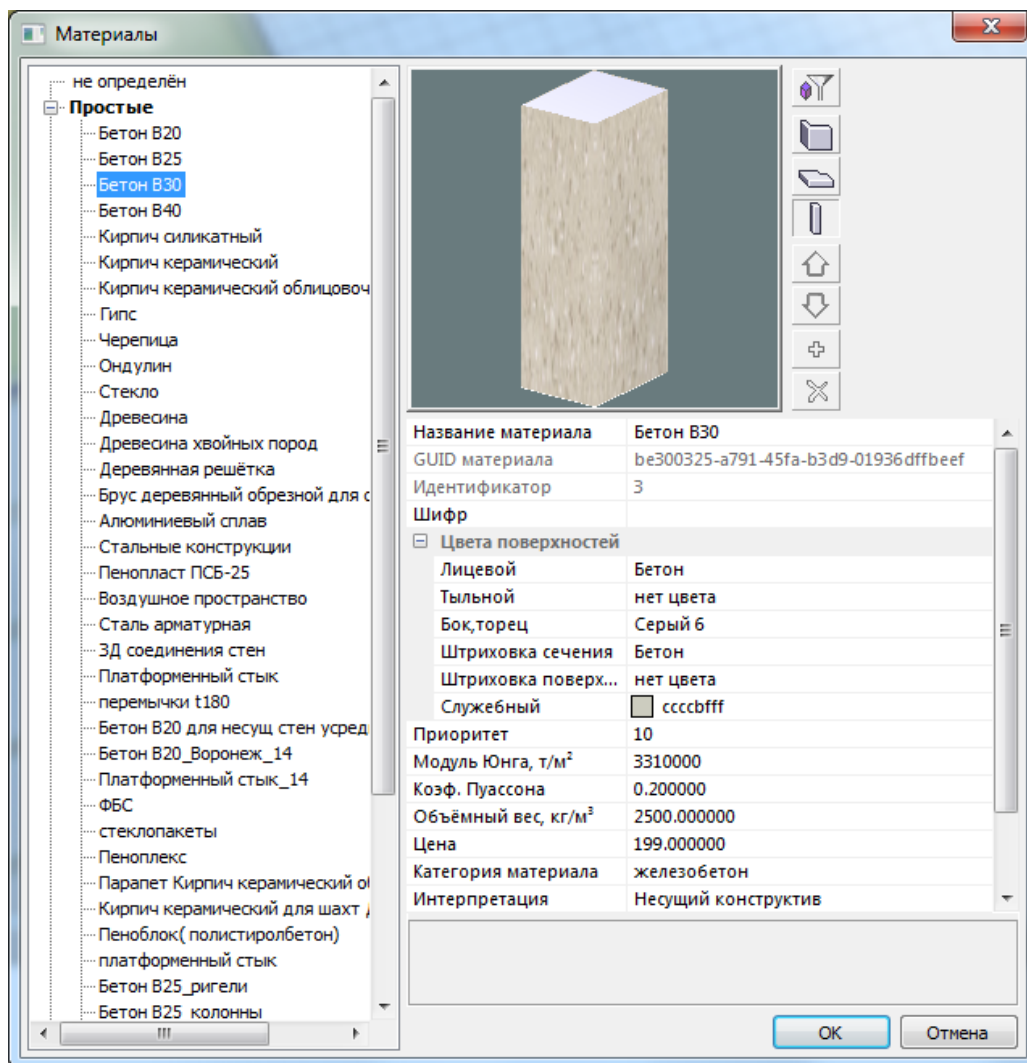


Рис.4.1. Диалоговое окно **Материалы**

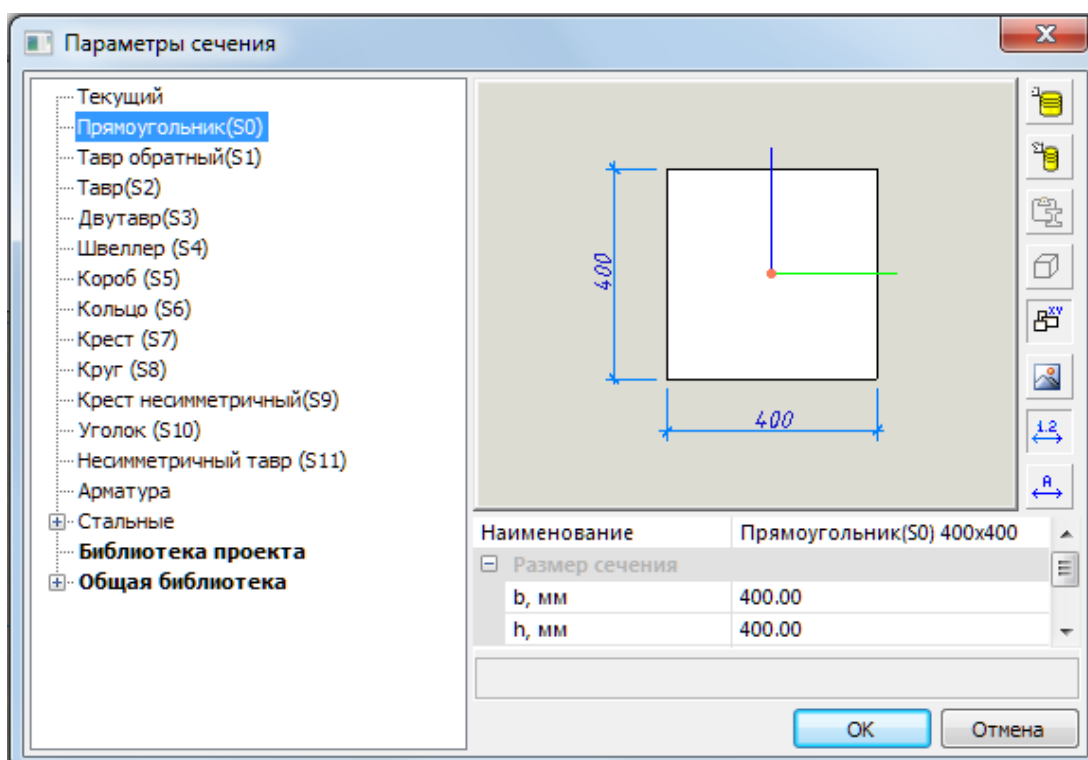
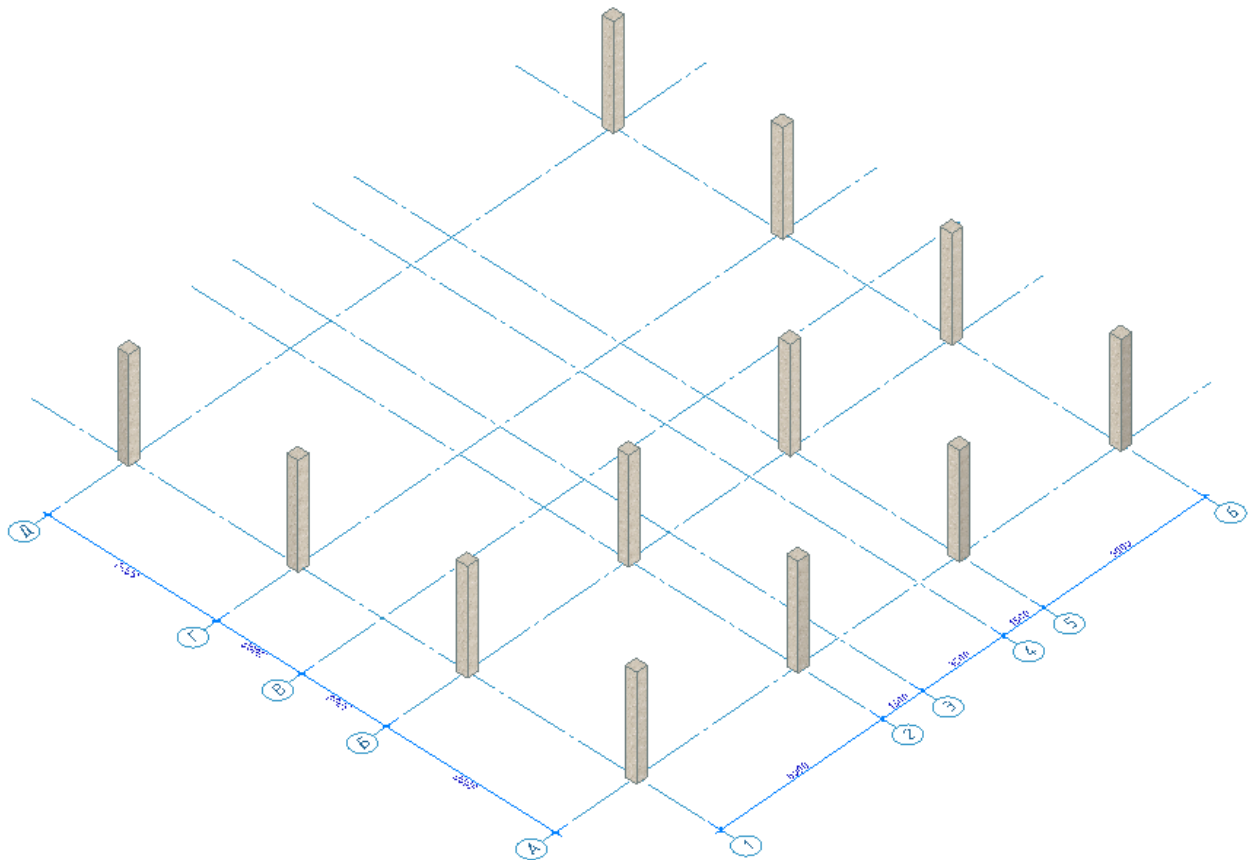


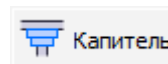
Рис.4.2. Диалоговое окно **Параметры сечения**

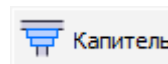



- **Для варианта безригельного каркаса**  
расположите колонны на пересечениях осей А-1, А-2, А-5, А-6, Б-1, Б-6, Г-1, Г-6, Д-1, Д-6 (рис.4.5)
- **Для варианта ригельного каркаса**  
расположите колонны на пересечениях осей А-1, А-2, А-5, А-6, Б-1, Б-2, Б-5, Б-6, Г-1, Г-6, Д-1, Д-6 (рис.4.3)



**Рис.4.3.** Схема расположения колонн для варианта ригельного каркаса

Создание колонн с капителями для варианта безригельного каркаса



- Вызовите диалоговое окно **Капитель** (рис.4.4) щелчок по кнопке  в строке свойств инструмента Колонна.
- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке  - **Добавить ступень**, чтобы создать ступень капители и введите для нее следующие данные:
  - **h**, мм = 200
  - **b**, мм = 300
  - установите флажок – **Наклон**.
- Еще раз щелкните по кнопке  - **Добавить ступень**, чтобы создать вторую ступень капители и введите для нее следующие данные:
  - **h**, мм = 200
  - **b**, мм = 300
- Установите флажок **Аналитическая модель** для визуализации вида созданной капители в аналитике.
- После этого щелкните по кнопке **Применить**.
- В окне **Свойства построения: Колонна** установите **Формировать АЖТ** – **Да** для автоматической генерации АЖТ (абсолютно жесткого тела) в теле плиты по контуру сечения колонны.
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.

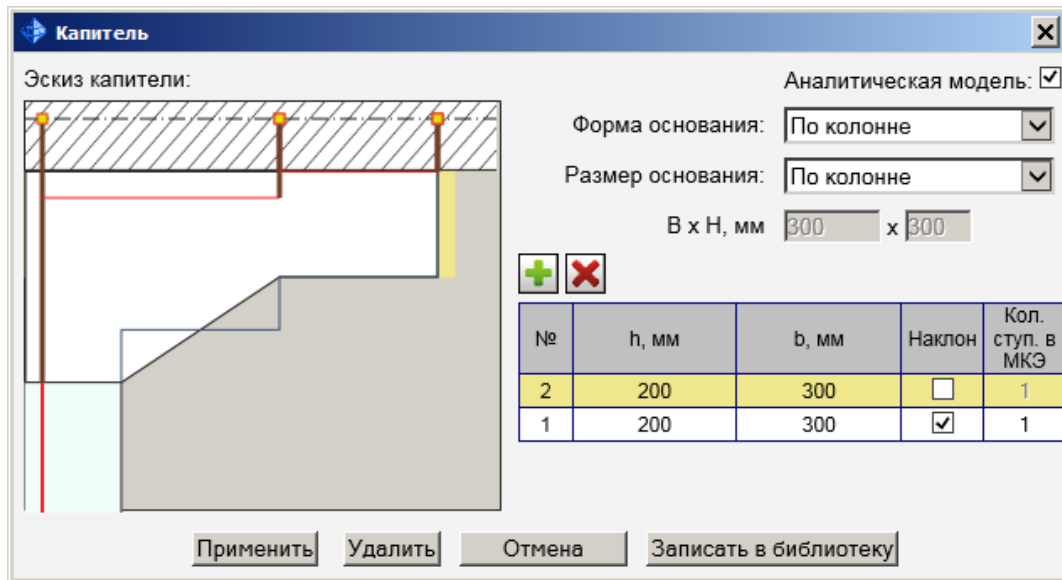


Рис.4.4. Диалоговое окно Капитель



Поверот схемы для выбора удобного ракурса как перед, так и во время построения выполняется при нажатой правой кнопке мыши. Навигация в графической области проекта выполняется при нажатой средней кнопке мыши. Для приближения к объектам схемы необходимо использовать колесо прокрутки.

- Расположите колонны на пересечениях осей Б-2 и Б-5 (рис.4.5).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы завершить построение колонн.

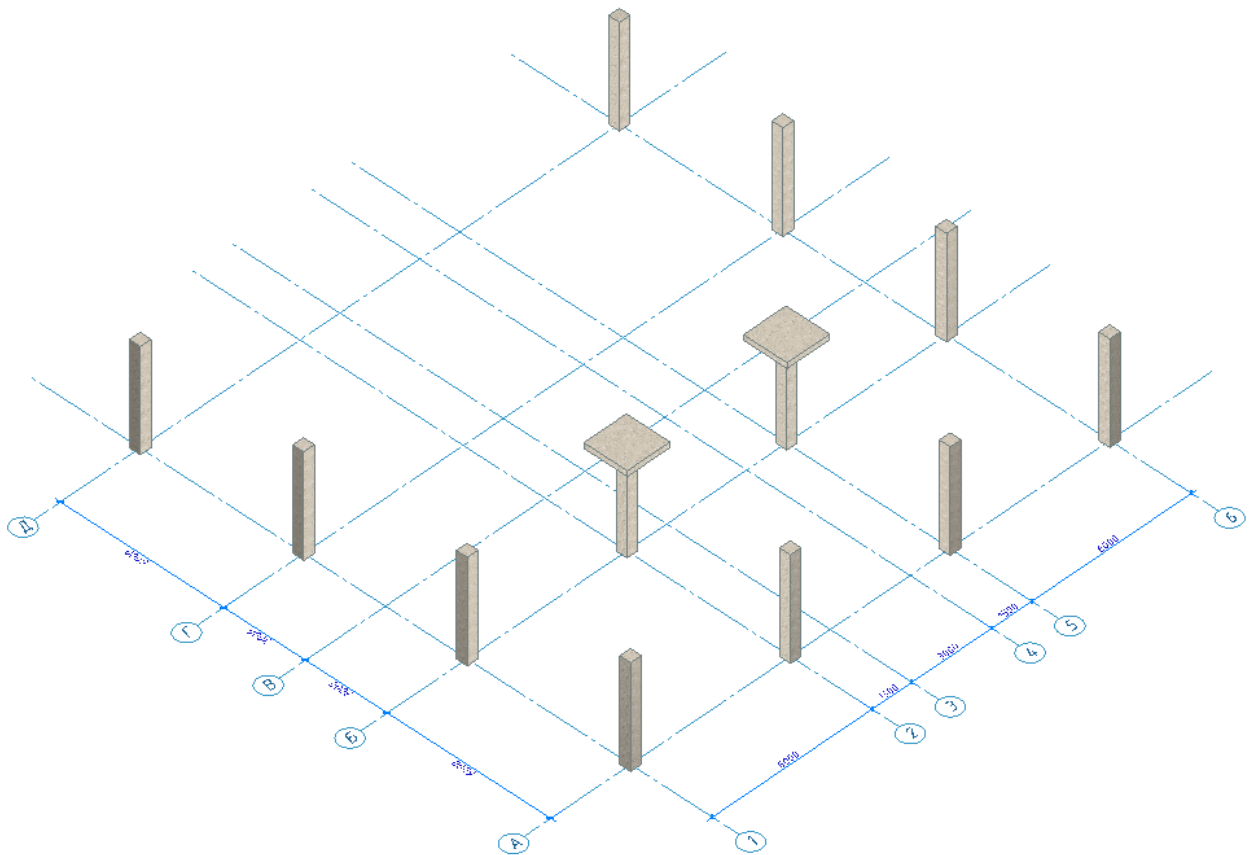






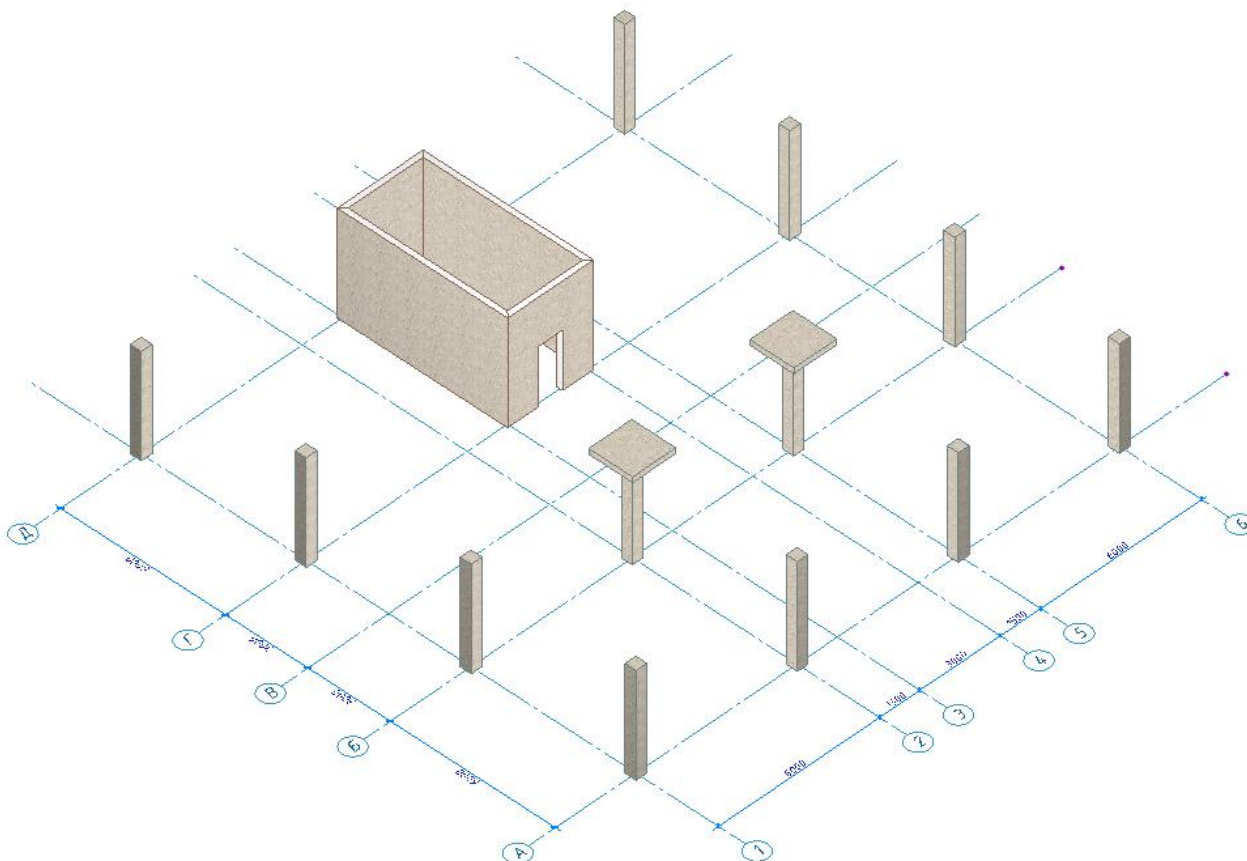
Рис. 4.5. Схема расположения колонн для варианта безригельного каркаса

## Этап 5. Создание несущих стен

- Щелкните по кнопке  - **Несущая стена** в раскрывающемся списке **Стена** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**).
- В диалоговом окне **Свойства построения: Стена** задайте следующее:
- В открывшемся диалоговом окне **Материалы** выбирается из списка материал **Бетон Б30**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК** (после закрытия списка строка **Бетон Б30** демонстрируется напротив параметра **Материал** как текущий выбранный материал).
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить**.

В строке свойств инструмента Стена задайте следующее


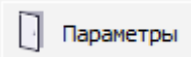
- выберите способ построения  - **Отрезок**, активизируйте галочки **Цепочка** и **Закрывать**,
-  - **Толщина** – 200;
- **привязка** – справа от оси;
- **уровень основания** – 0;
- **верхняя отметка** – 0 от верха этажа.
- Выполните построение ядра жесткости, последовательно от точки Д-3 до точки Д-4 против часовой стрелки (рис.5.1).



**Рис.5.1.** Схема расположения колонн и стен для безригельного каркаса (для ригельного каркаса расположение стен то же)



## Этап 6. Задание дверного проема

- Выполните щелчок по кнопке  - **Дверь** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**).
- В строке свойств инструмента Дверь щелчком по кнопке  вызовите диалоговое окно **Параметры дверей** (рис.6.1).
- В открывшемся диалоговом окне выполните следующее:
  - разверните список **Прямоугольные** и выберите тип дверей – **Прямоугольный проем**.
- После этого выполните щелчок по кнопке **ОК**.

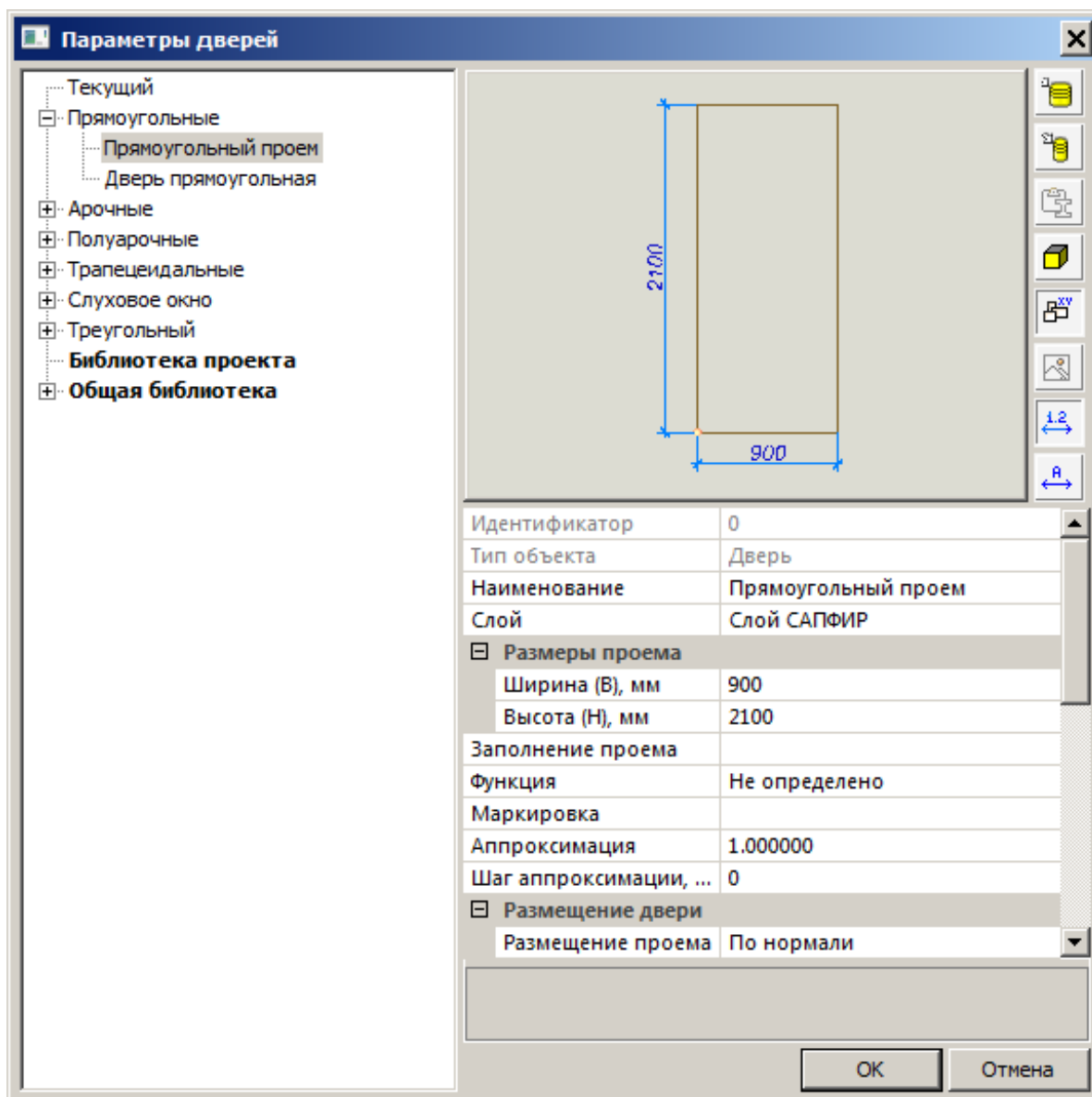




Рис.6.1. Диалоговое окно **Параметры дверей**






- В строке свойств инструмента Дверь задайте следующее:
  - привязка двери – по центру;
  -  - **ширина двери** – 900мм;
  -  - **высота двери** – 2100мм.
- Установите проем в центр стены (для центра стены отображается треугольный розовый маркер привязки), расположенной на оси Г.

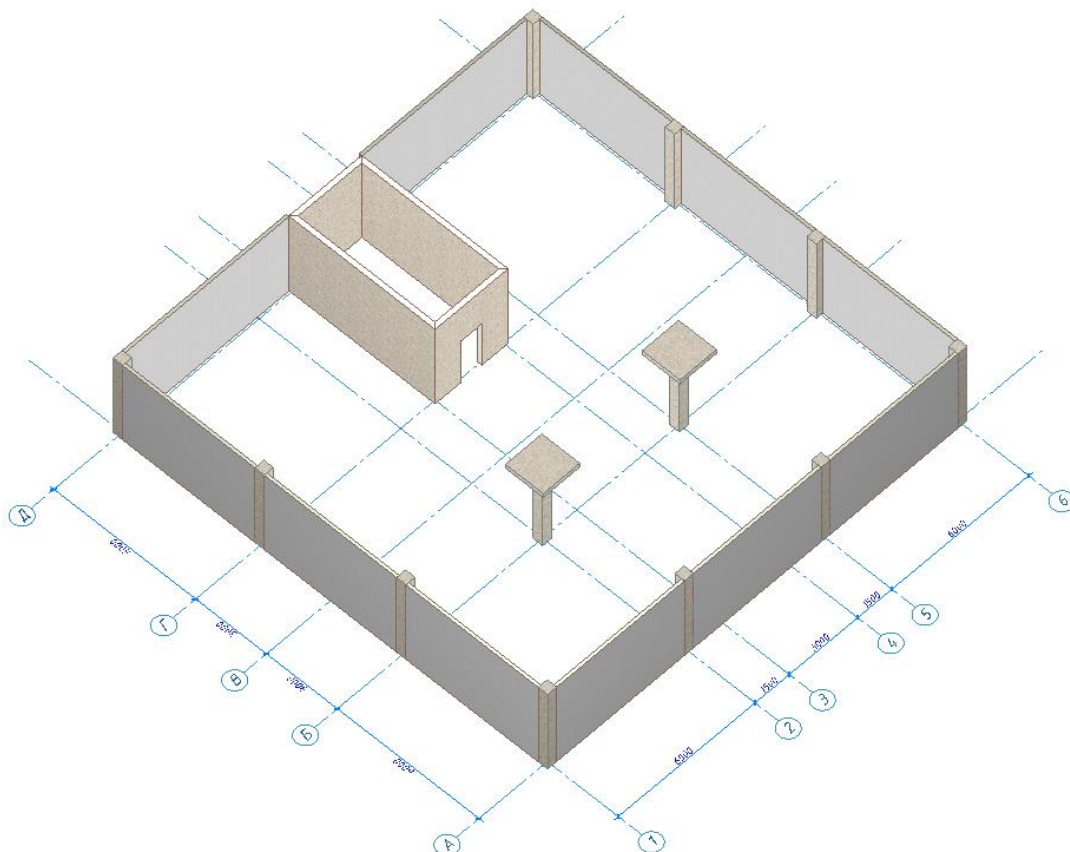


Вслед за 3D локатором перемещается каркасное изображение дверного проёма. Используйте 3D локатор для задания желаемой позиции. Зафиксируйте позицию проёма посредством одинарного щелчка левой кнопкой мыши.

## Этап 7. Создание ненесущих стен





- Щелкните по кнопке  - Перегородка в раскрывающемся списке **Стена** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**).
- В диалоговом окне **Свойства построения: Стена** задайте следующее:
- В открывшемся диалоговом окне **Материалы** выбирается из списка материал **Кирпич силикатный**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК** (после закрытия списка строка **Кирпич силикатный** демонстрируется напротив параметра **Материал** как текущий выбранный материал).
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить**.
- В строке свойств инструмента Стена задайте следующее
  - способ построения  – Отрезок;
  - снять «галочки» **Цепочка** и **Закрывать**;
  -  - **Толщина** – 120;
  - **привязка** – слева от оси;
  - **уровень основания** – 0;
  - **верхняя отметка** – 0 от верха этажа,
  - в строке интерпретация щелчком по пиктограмме  выбрать **Нагрузка**.
- Выполните построение наружных ограждающих стен между колоннами, вводя для каждой стены точку начала осевой линии и конца (рис.7.1).



**Рис.7.1.** Расположение колонн, несущих и ненесущих стен для безригельного каркаса (для ригельного каркаса расположение несущих и ненесущих стен то же)

## Этап 8. Создание оконных проемов

- Выполните щелчок по кнопке  - **Окно** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**).
- В строке свойств инструмента Окно щелчком по кнопке  **Параметры** вызовите диалоговое окно **Параметры окон** (рис.8.1).
- В открывшемся диалоговом окне выполните следующее:
  - разверните список **Прямоугольные** и выберите тип окон – **Прямоугольный проем**.
- После этого выполните щелчок по кнопке **ОК**.

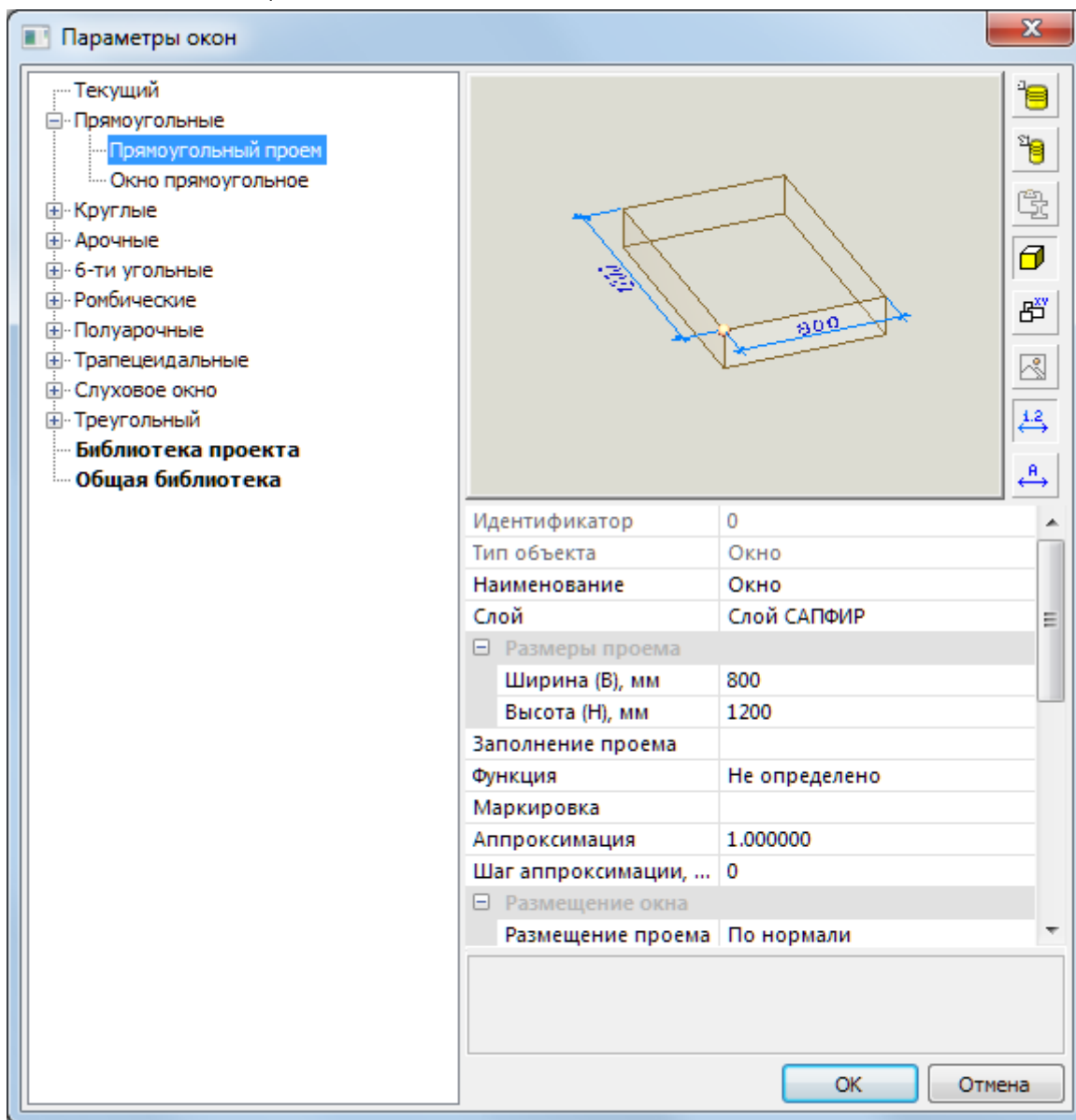





Рис.8.1. Диалоговое окно **Параметры окон**

- В строке свойств инструмента Окно задайте следующее:
  - привязка окна – по центру;
  -  - **ширина окна** – 800мм;
  -  - **высота окна** – 1500мм.
- Установите проем в центр всех несущих стен (для центра стены отображается треугольный розовый маркер привязки).

## Этап 9. Создание балок



- Выполните щелчок по кнопке  - **Балка** в раскрывающемся списке **Балка** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**). В диалоговом окне свойств отобразятся свойства построения балки.
- В диалоговом окне **Свойства построения: Балка** щелкните напротив строки **Материал**.
- В открывшемся диалоговом окне **Материалы** (рис.9.1) выберите из списка материал **Бетон В25**.

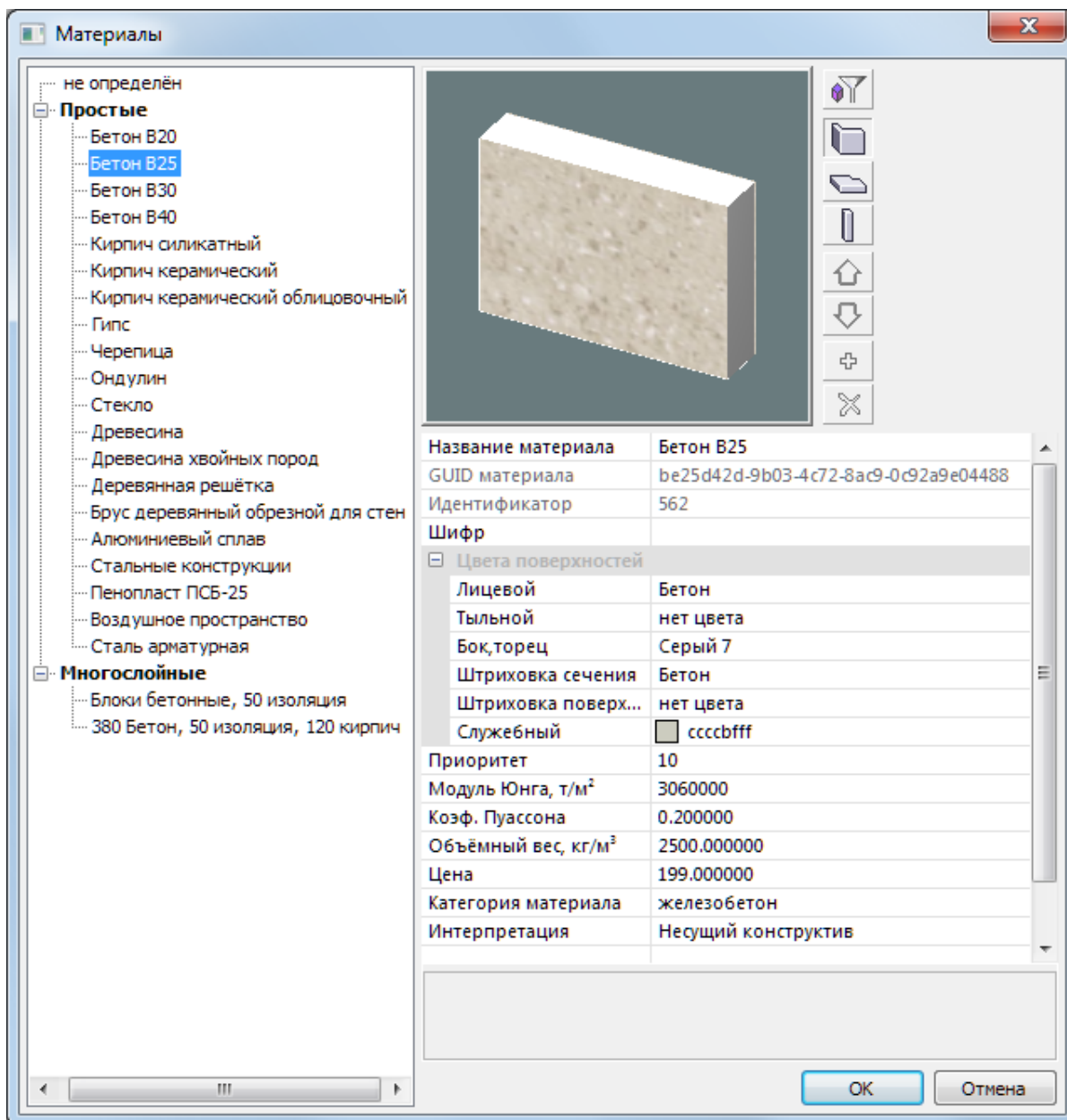



Рис.9.1. Диалоговое окно **Материалы**

- После этого щелкните по кнопке **ОК** (после закрытия списка строка **Бетон В25** демонстрируется напротив параметра **Материал** как текущий выбранный материал).
- Вызовите диалоговое окно **Параметры сечения** (рис.9.2) щелчком по кнопке  **Сечение** в строке свойств инструмента Балка.
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующие параметры:
  - в списке типов сечений выберите тип **Прямоугольник(S0)**;
  - задайте параметр **b=400мм**;
  - задайте параметр **h=500мм**
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

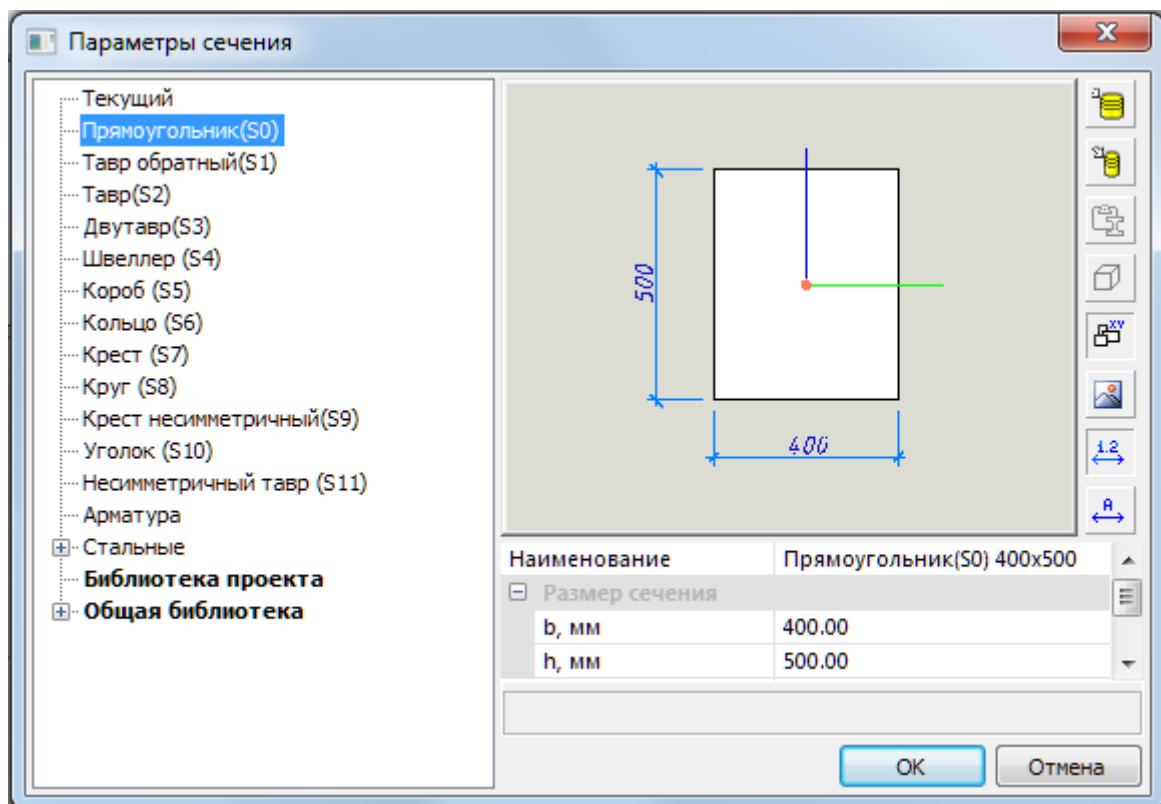


Рис.9.2 Диалоговое окно Параметры сечения

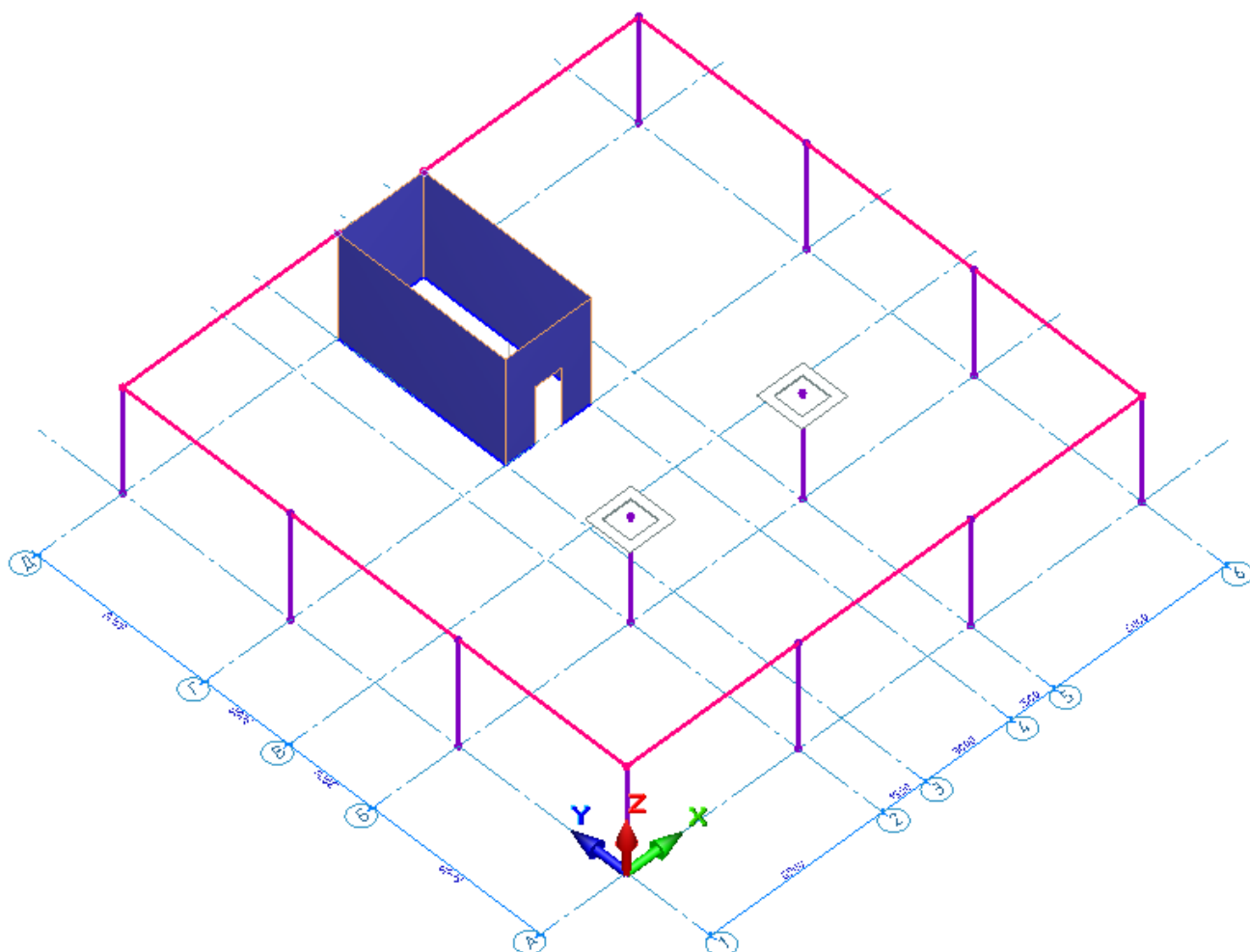

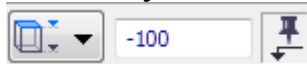

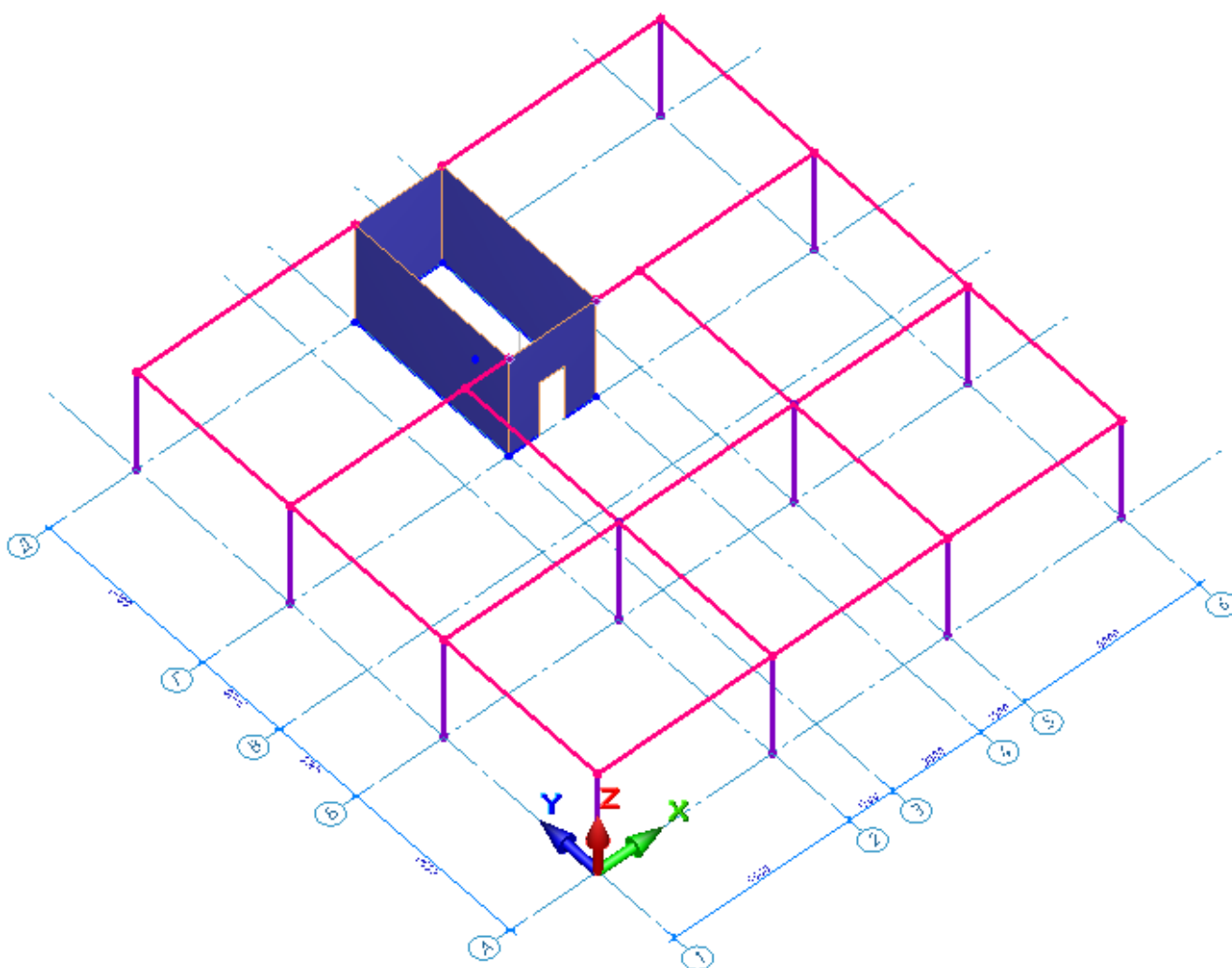


Рис.9.3. Схема расположения балок для безригельного каркаса

- В строке свойств инструмента Балка выберите способ построения  - **Отрезок**, активизируйте галочку **Цепочка** и выключите галочку **Замыкать**.




- **Тип высотной привязки** - «от верха этажа», введите значение «-100». Такая привязка позволит расположить ось балки в плоскости пластины перекрытия, что необходимо в данном случае для корректного расчета.
- В диалоговом окне **Свойства построения Балка** в строке **Дотягивать** **Не дотягивать** задайте: **Не дотягивать**.
- Переключитесь для удобства построения в режим **Визуализация конструктивно-аналитической модели** - . **Для безригельного каркаса.** Начните построение последовательно указывая курсором от точки пересечения осей 3 и Д против часовой стрелки до точки пересечения осей 4 и Д, (рис.9.3).
- **Для ригельного каркаса** расположите балки по контуру здания как для безригельного каркаса и добавьте балки по осям: 2 (в осях А-Г), 5 (в осях А-Г), Б, Г (рис.9.4).



**Рис.9.4.** Схема расположения балок для ригельного каркаса

## Этап 10. Копирование этажей

- Вызовите диалоговое окно **Создать новый этаж** (рис.10.1) щелчком по кнопке  - **Этаж** (панель **Проект** на вкладке **Создание**).
- В открывшемся диалоговом окне введите следующие данные:
  - **количество** – 1;
  - **высота этажа** – 4000мм;
  - **копировать элементы**;
  - после этого щелкните по кнопке **ОК**.

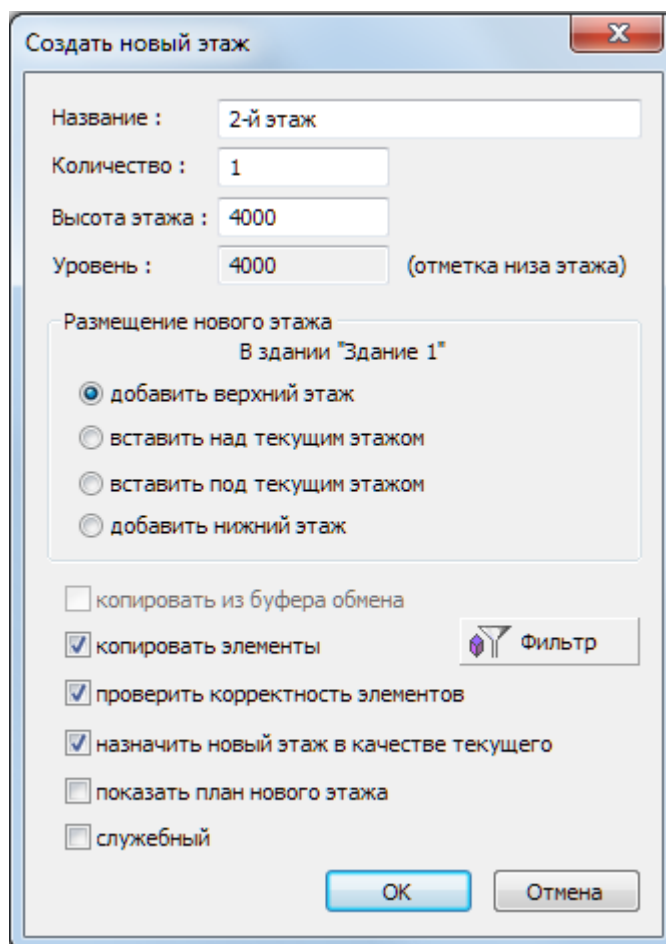




Рис.10.1. Диалоговое окно **Создать новый этаж**








Перед копированием этажей автоматически пройдет проверка модели на ошибки. Если программа обнаружит ошибки, она выдаст предупреждение. Ошибочные элементы рекомендуется устранить.

Чтобы увидеть изображение модели целиком щелкните по кнопке  - **Показать все** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области).

## Этап 11. Создание и редактирование плиты перекрытия

- Убедитесь, что 2-й этаж стал активным для построений (папка «2-й этаж» должна быть выделена жирным шрифтом в служебном окне Структура)
- Оставьте видимым только активный этаж: нажмите кнопку  - **Показать активный этаж** на панели инструментов Визуализация.

- Выполните щелчок по кнопке  - **Плита (Перекрытие)** в раскрывающемся списке **Плита** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**).
- В диалоговом окне **Свойства построения: Плита** задайте следующее:
  - **материал** – Бетон В25;
  - После этого щелкните по кнопке  - **Применить**.
- В строке свойств инструмента Плита задайте следующее
  - **способ построения**  – Прямоугольник;
  -  - **Толщина** – 200;
  - **уровень** –  0 от низа этажа;
- В данном случае построение плиты выполняется численным вводом координат начальной и конечной точек диагонали прямоугольника.



Для ввода координат с клавиатуры используйте следующие горячие клавиши:

*X* – активация поля для ввода координаты *X*;

*Y* – активация поля для ввода координаты *Y*;

*Z* – активация поля для ввода координаты *Z*;




*L* – ввод значения длины (отступа от последней созданной точки);

*U* – активация поля для ввода значения угла от оси *X*;

Стрелки вверх/вниз - переключение между полями редактирования в окне координат.

- Для ввода координат точек, в которые необходимо перенести ЛСК выполните следующие действия:
  - нажмите клавишу *X* на клавиатуре (активируется поле ввода координаты **X** в окне координат) и введите значение **(-200)**;
  - переключитесь с помощью стрелки вниз на клавиатуре на координату **Y** и введите для нее значение **(-200)**;
  - подтвердите ввод координат клавишей **Enter** на клавиатуре (введется первая точка диагонали плиты и в динамике будет отрисовываться строящаяся плита);
  - наберите с клавиатуры **18200** (число попадет в поле редактирования для координаты **Y**, как последняя вводимая координата);
  - переключитесь с помощью стрелки вверх с клавиатуры на координату **X** и введите значение **18200**;
  - нажмите клавишу **Enter** для подтверждения ввода координат.

### Создание отверстия в плите перекрытия

- Отобразите модель в проекции на горизонтальную плоскость *XOY* щелкнув по кнопке  - **Вид сверху** на панели инструментов **Проекции**. Выделите плиту перекрытия.
- 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 лестничной клетки в ядре жесткости, вводя последовательного пару точек вершин прямоугольника по диагонали слева вверху вниз направо (рис.11.1).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.



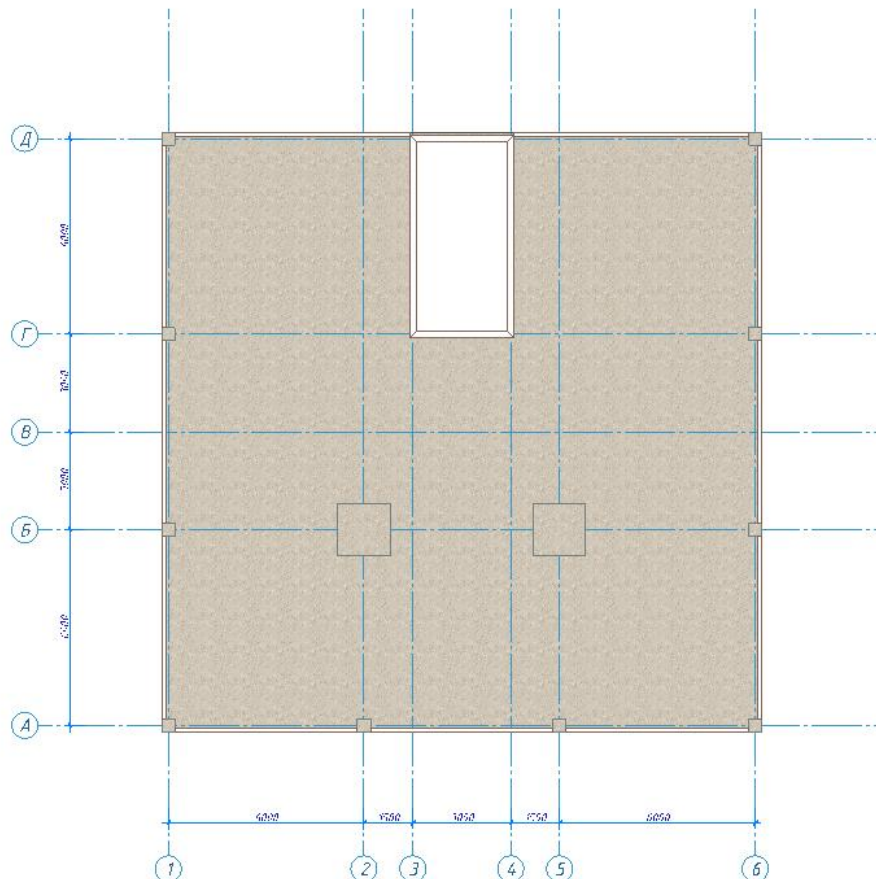






Рис.11.1. Расположение проема в плите перекрытия (вид сверху)

## Этап 12. Копирование этажей


- Вызовите диалоговое окно **Создать новый этаж** щелчком по кнопке  - **Этаж** (панель **Проект** на вкладке **Создание**).
- В открывшемся диалоговом окне введите следующие данные:
  - количество – 3;
  - высота этажа – 4000мм;
  - копировать элементы;
  - щелкните по кнопке **ОК**



### Корректировка 5-го этажа

- Проверьте в диалоговом окне **Структура**, чтобы  **5-й этаж +16,000** был выбран в качестве текущего (текущий этаж выделяется жирным цветом).
- Выделите плиту пола 5-го этажа.
- Щелкните по кнопке  - **Копировать** (Ctrl+C) в раскрывающемся списке **Копировать** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- Выполните щелчок по кнопке  - **Вставить** (Ctrl+V) в раскрывающемся списке **Вставить** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**), чтобы вставить копию плиты на 5-й текущий этаж.



Теперь в рамках этажа присутствуют две модели плиты в одном уровне, причём одна из них продолжает оставаться выделенной. Поскольку выделен элемент типа **Плита**, строка свойств прикладного инструмента отображает свойства инструмента **Плита**.

- В строке свойств инструмента **Плита** задайте уровень –  - 0 от верха этажа.

- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.
- Используя колесо прокрутки, приблизьтесь к проему лестничной клетки в верхней плите перекрытия и выделите его, щелкнув в грань проема.
- Щелкните по кнопке  - **Удалить** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- Чтобы увидеть отображение всей модели на экране щелкните по кнопке  - **Показать все** (двойной щелчок средней кнопкой мыши в графической области) на панели **Проекция**.

### Этап 13. Создание загрузок и назначение нагрузок




#### Снятие нагрузки от несущих стен 1 этажа

Поскольку несущие стены 1-го этажа опираются непосредственно на фундамент здания, нагрузки от них не передаются ни на какие несущие элементы и их необходимо исключить из аналитической модели. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

Активизируйте первый этаж двойным щелчком левой кнопки мыши по строке 1-этаж в окне Структура.

- Щелкните по кнопке  - **Фильтр** (панель инструментов **Визуализация**).
  - Выберите для фильтрации элементы **стена** (для этого поставьте «галочку» в соответствующем окошке).
  - Щелкните один раз правой кнопкой по строке Тип, а затем по этой же строке левой кнопкой мыши. В открывшемся окне Тип щелкните строку **Перегородка**.
  - Щелкните по кнопке **Выделить**.
  - Нажмите кнопку **Выход** в табличке **Фильтровать элементы**.
  - В меню **Параметры объектов** в строке **Интерпретация** выберите **Игнорировать** и нажмите галочку **Применить к объекту**.
  - Если сейчас нажать пиктограмму  (**Аналитическая модель** в строке **Визуализация**), то будет видно, что нагрузки от несущих стен 1-го этажа игнорируются.


#### Постоянные и кратковременные нагрузки на плиты



- Сначала необходимо задать нагрузки на междуэтажные перекрытия, а затем на покрытие.
- Отобразите модель в проекции на вертикальную плоскость XOZ - щелкните по кнопке  - **Вид спереди** на панели инструментов **Проекция**.
- Выделите рамкой 4 нижних этажа.
- Щелкните по кнопке **Показать только выделенные** (панель инструментов **Визуализация**).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение.
- Щелкните по кнопке  - **Фильтр** (панель инструментов **Визуализация**):
  - Выберите для фильтрации элементы **плита (перекрытие)** (для этого поставьте «галочку» в соответствующем окошке)
  - Щелкните по кнопке **Выделить**.  
Затем нажмите **Выход**.
- В окне **Свойства** для четырех выделенных плит перекрытия назначьте:
  - **нагрузка на плиту** – 0,2 тс/м<sup>2</sup>,
  - **кратковременная нагрузка на плиту** – 0.15 тс/м<sup>2</sup>.
  - Нажмите кнопку - **Enter**.
  - Щелкните по кнопке **Показать все элементы** (панель инструментов **Визуализация**).
- Отобразите модель в изометрии щелчком по кнопке  - **Изометрия** на панели инструментов **Проекция**.
  - Щелчком левой кнопки мыши выделите плиту **покрытия**.
  - В окне **Свойства** для плиты покрытия назначьте:
    - **нагрузка на плиту** – 0,2 тс/м<sup>2</sup> (эта нагрузка соответствует весу конструкции кровли),

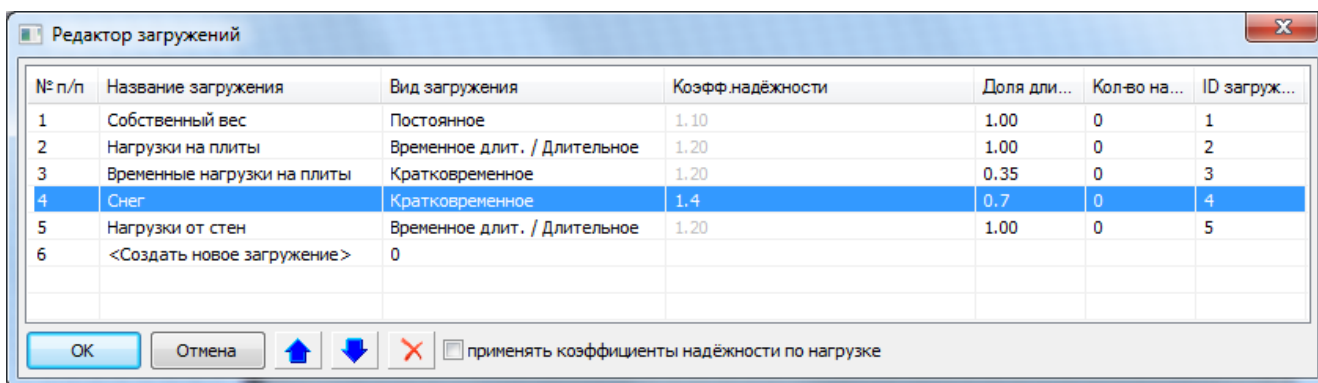
кратковременная (полезная) нагрузка на плиту отсутствует.

- Щелкните по кнопке - **Enter**.

#### Снеговые нагрузки на покрытие

- Щелкните по кнопке  - **Штамп нагрузки** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание**).
- В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:

- способ построения  - **Осевая**;
- вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** щелчком по кнопке ;
- в открывшемся диалоговом окне щелкните по строке **Загружение прочее**;
- щелкните еще раз в название загрузки **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.13.1).
- щелкните по кнопке **ОК**;
- нагрузка в начале **0.126 тс/м<sup>2</sup>**;
- в конце **0.126 тс/м<sup>2</sup>**.





**Рис.13.1.** Диалоговое окно **Редактор загрузений** (изменить окно, Коэф. надежности, Доля длительности)

- Щелкните в грань плиты покрытия, чтобы взять ее осевую линию (по периметру плиты появится легкий зеленый контур).
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения выбранной осевой линии.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из построения нагрузки.



Чтобы визуализировать нагрузку отдельно по каждому загрузению используйте кнопку **Фильтр по загрузениям** на панели инструментов **Визуализация**.

### **Этап 14. Задание граничных условий**

- В окне Структура активируйте 1-й этаж двойным щелчком левой мыши.
- Выделите 1-й этаж щелчком по пиктограмме  **Показать активный этаж**.
- В диалоговом окне  - **Фильтровать элементы** (панель инструментов **Визуализация**):
  - поставьте «галочку» напротив элемента **Стена**;
  - щелчком левой кнопки мыши активируйте строку **Интерпретация** и выберите в раскрывающемся списке строку – **Несущий конструктив**;
  - нажмите кнопку **Выделить**, а затем **Выход**.

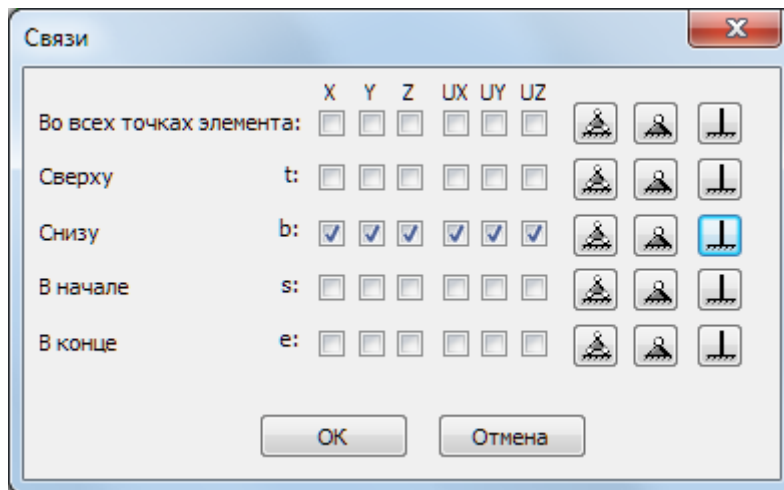







Рис.14.1. Диалоговое окно **Связи**

- В диалоговом окне **Свойства** для выделенной **Стены** в блоке **Граничные условия** задайте следующее:
  - вызовите диалоговое окно **Связи** щелчком напротив строки **Связи**;
  - в открывшемся диалоговом окне установите флажки, соответствующие жесткому закреплению во всех шести окошках в строке **Снизу** (рис.14.1);
  - щелкните по кнопке **ОК**.
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с элементов.
- В диалоговом окне  - **Фильтровать элементы** (панель инструментов **Визуализация**):
  - поставьте «галочку» напротив элемента **Колонна**;
- В диалоговом окне **Свойства** для выделенных Колонн в блоке **Граничные условия** задайте следующее:
  - вызовите диалоговое окно **Связи** щелчком напротив строки **Связи**;
  - в открывшемся диалоговом окне установите флажки, соответствующие жесткому закреплению в строке **Снизу** (рис.14.1);
  - щелкните по кнопке **ОК**.
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с элементов.

## Этап 15. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

- Вызовите диалоговое окно **Расчетная модель** (рис.15.1) щелчком по кнопке  на вкладке **Аналитика**.
-  Кнопка **Расчетная модель** переключает из режима создания расчетной схемы к инструментам расчетной модели и обратно.
- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке **ОК** (откроется новая закладка окна под названием **ФИО.spf:Расчетная модель**).

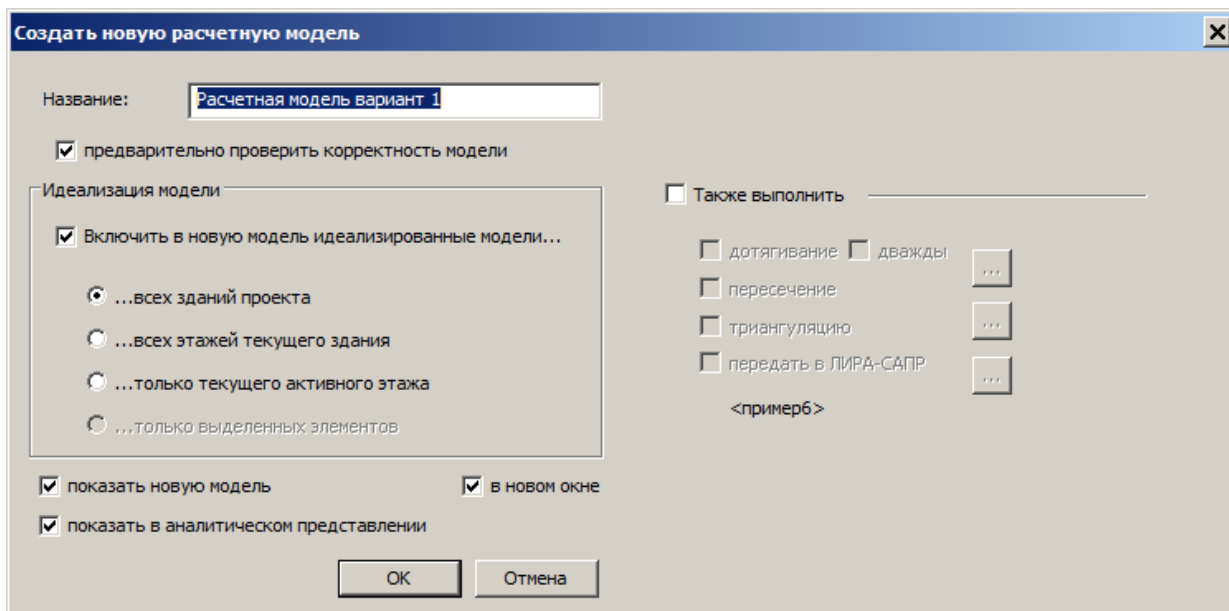


Рис.15.1. Диалоговое окно Создать новую расчетную модель



Перед созданием расчетной модели автоматически пройдет проверка модели на ошибки. Если программа обнаружит ошибки, она выдаст предупреждение. Ошибочные элементы рекомендуется устранить.

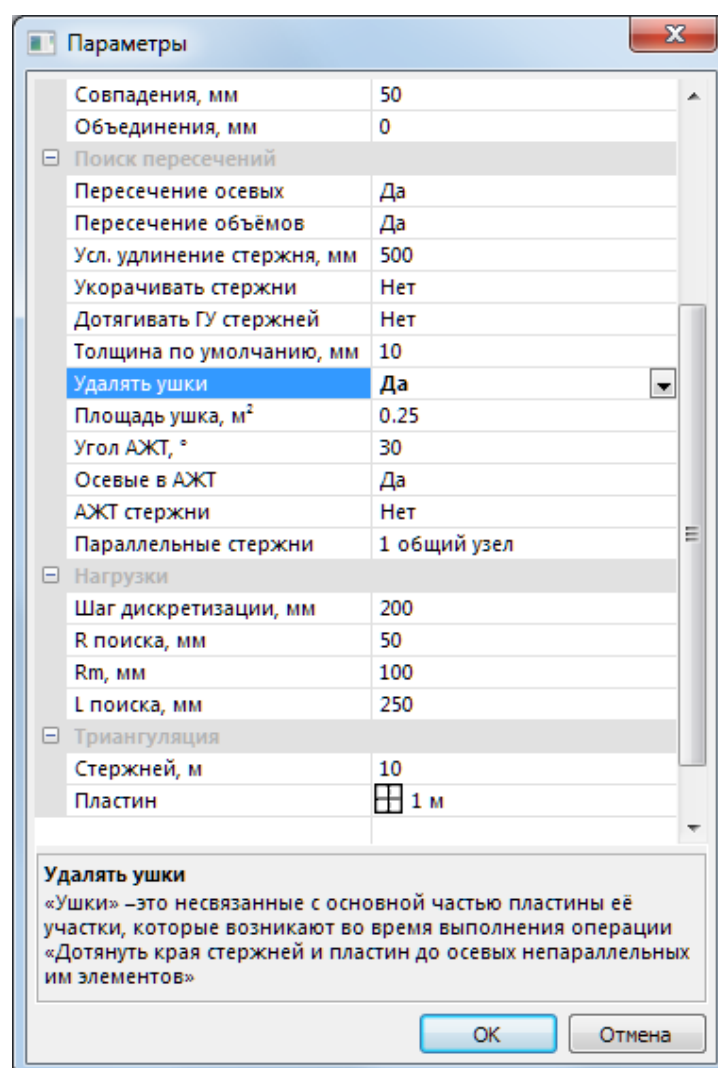




Рис.15.2. Диалоговое окно Параметры

## Корректировка свойств расчетной модели

- Вызовите диалоговое окно **Параметры** (рис.15.2) 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;**  
**R<sub>m</sub> мм – 100.**
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

## Идеализация модели

- 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 **САПФИР** (рис.15.3) щелкните по кнопке **Да**.

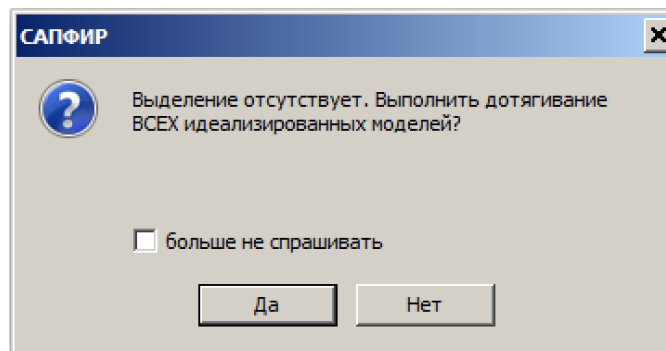



Рис.15.3. Диалоговое окно **САПФИР**

- Щелкните по кнопке  - **Найти пересечения** в раскрывающемся списке **Пересечь** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне **САПФИР** (рис.15.4) щелкните по кнопке **Да**.

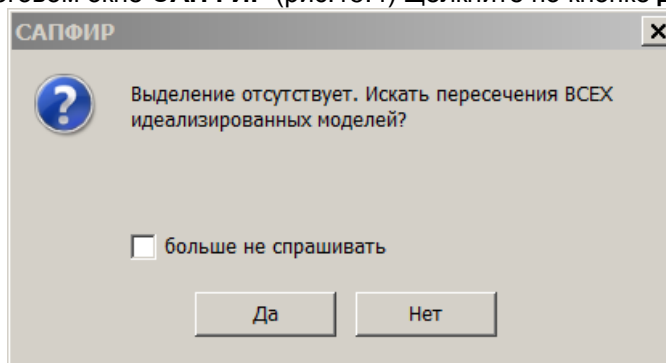
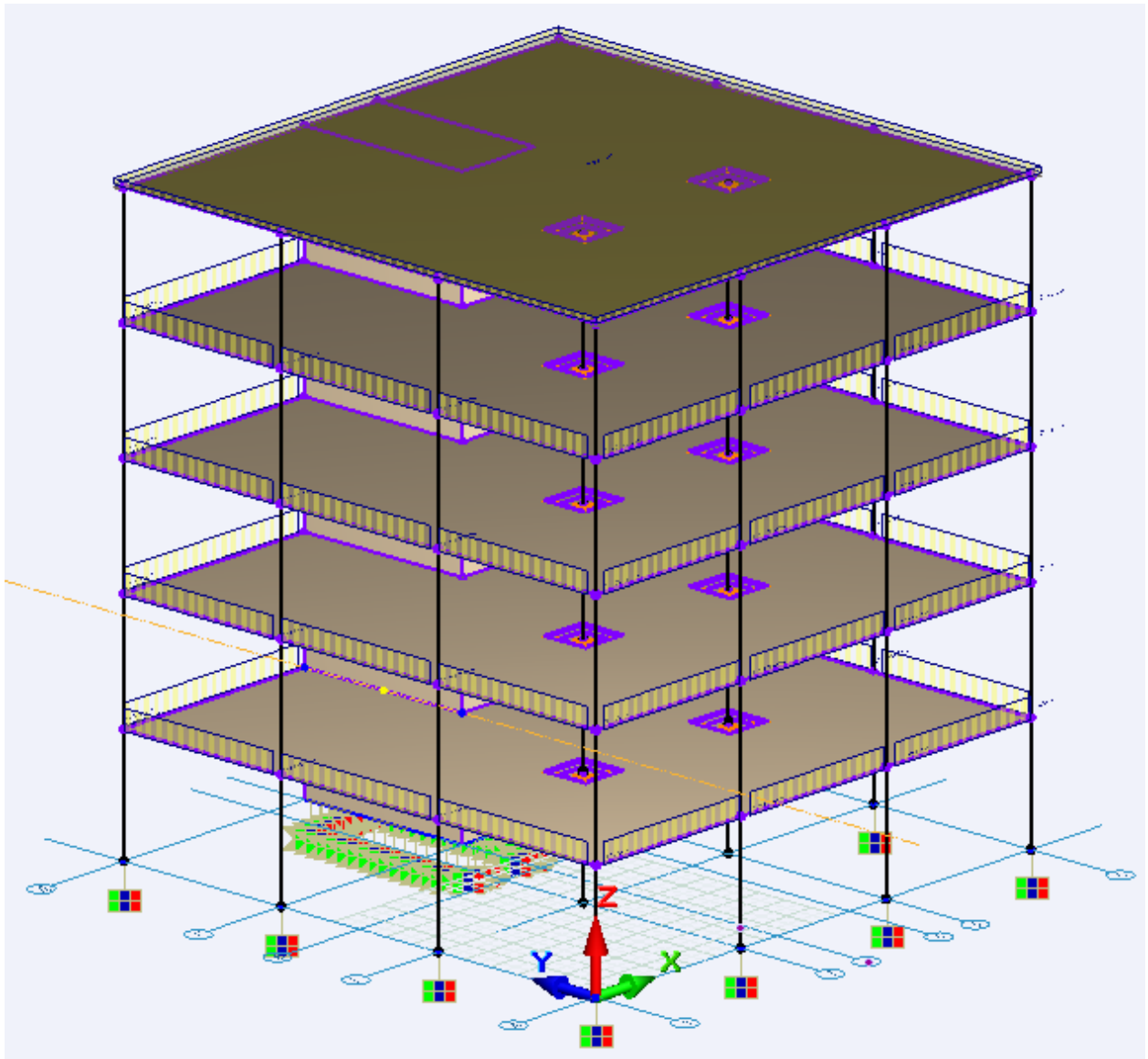



Рис.15.4. Диалоговое окно **САПФИР**

Расчетная модель для безригельного каркаса с выполненными пересечениями будет выглядеть следующим образом (рис.15.5)



**Рис.15.5.** Расчетная модель с выполненными пересечениями для безригельного каркаса

#### Триангуляция модели

- Вызовите диалоговое окно **Настройки триангуляции** (рис.15.6) 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**.

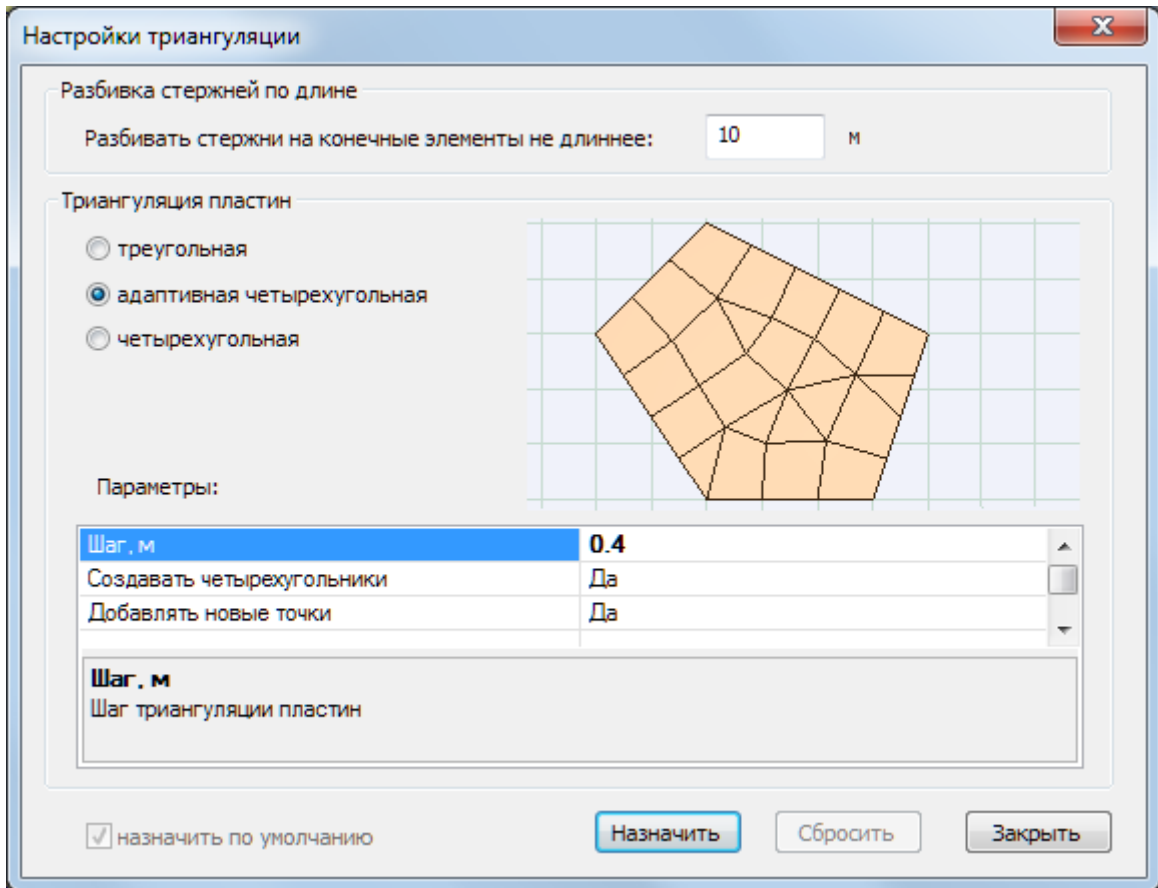





Рис.15.6. Диалоговое окно **Настройки триангуляции**

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

#### Редактирование Загрузений

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** щелчком по кнопке 
- В диалоговом окне загрузки под названиями **«Загрузка 2»** и **«Загрузка 3»** удаляем, так как они пустые – щелчок по кнопке  - **Удалить**.
- Для каждого загрузения вводим соответствующие: **Вид загрузения**, **Коэффициент надежности** и **Долю длительности** (рис.15.7)
- Нажимаем кнопку **«ОК»**

№ п/п	Название загрузения	Вид загрузения	Коэфф. надёжности	Доля дли...	Кол-во на...	ID загруз
1	Собственный вес	Постоянное	1.10	1.00	2	1
2	Нагрузки на плиты	Постоянное	1.10	1.00	1	2
3	Временные нагрузки на плиты	Кратковременное	1.30	0.35	1	3
4	Снег	Кратковременное	1.40	0.70	0	4
5	Нагрузки от стен	Постоянное	1.30	1.00	2	5

Рис.15.7. Диалоговое окно **Редактор загрузений**



**Коэффициент надежности** по нагрузке и ее **Долю длительности** следует определять по нормам на нагрузки и воздействия. В соответствии с актуализированным **СНиП – СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия**:

**Коэффициент надежности для веса несущих железобетонных конструкций**  $\gamma_f = 1,1$ .

**Для равномерно распределенных нагрузок:**

**для конструкции полов (постоянная нагрузка)**  $\gamma_f = 1,3$ ;

**для временных нагрузок:**

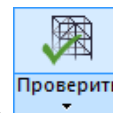
при полном нормативном значении менее 2,0 кПа  $\gamma_f = 1,3$ ;

при полном нормативном значении более 2,0 кПа  $\gamma_f = 1,2$

Коэффициенты надежности для снеговой нагрузки следует принимать равным  $\gamma_f = 1,4$ .

Доля длительности для постоянных нагрузок 1.

## Этап 16. 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 «Для ***N*** нагрузок или моментов не удалось найти конечные элементы, к которым они, или их части, приложены (потеряно ***K*** тс)»

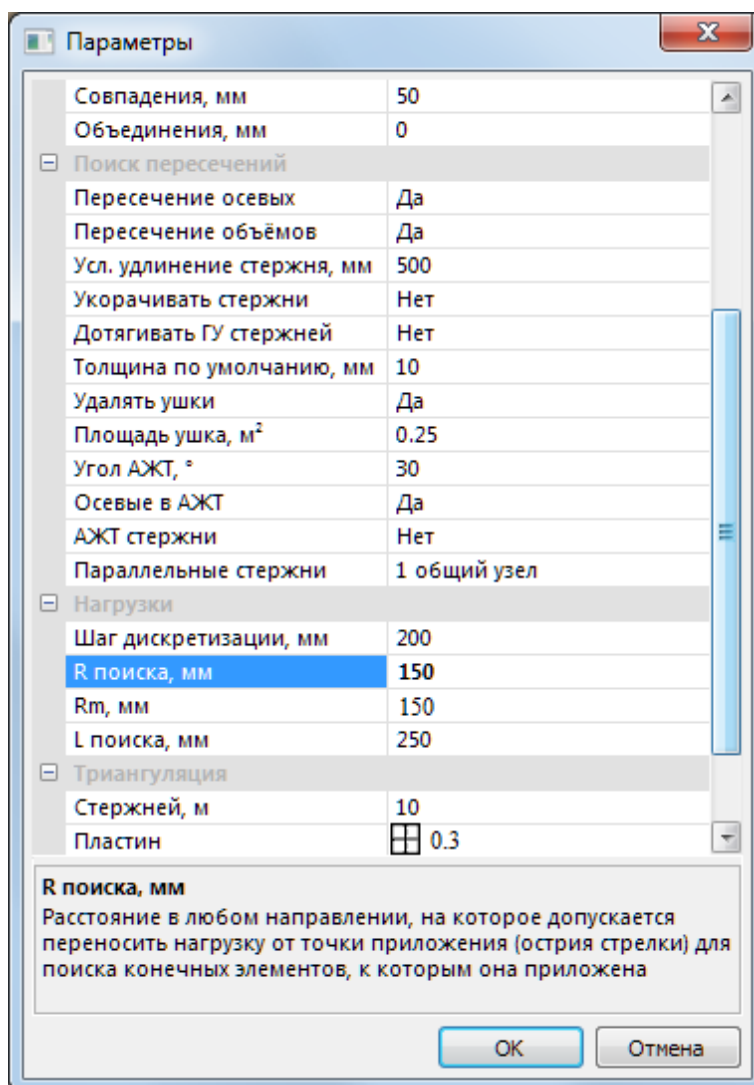


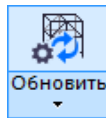
Рис.16.1. Диалоговое окно Параметры расчетной модели

### 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.

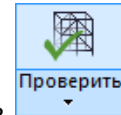


- Вызовите диалоговое окно **Параметры** (рис.16.1) щелчком по кнопке **Свойства расчетной модели** (панель **Расчетная модель: создание** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте **R** поиска – **150 мм**.
- **R<sub>m</sub> – 150 мм**;
- Триангуляция **пластин – 0.3 м**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.
- 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. ошибок нет.


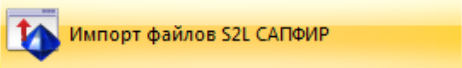
### Создание промежуточного файла для экспорта в ЛИРА-САПР

-  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 17. 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 . 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** . Расчетная схема должна выглядеть как на рис. 17.1.

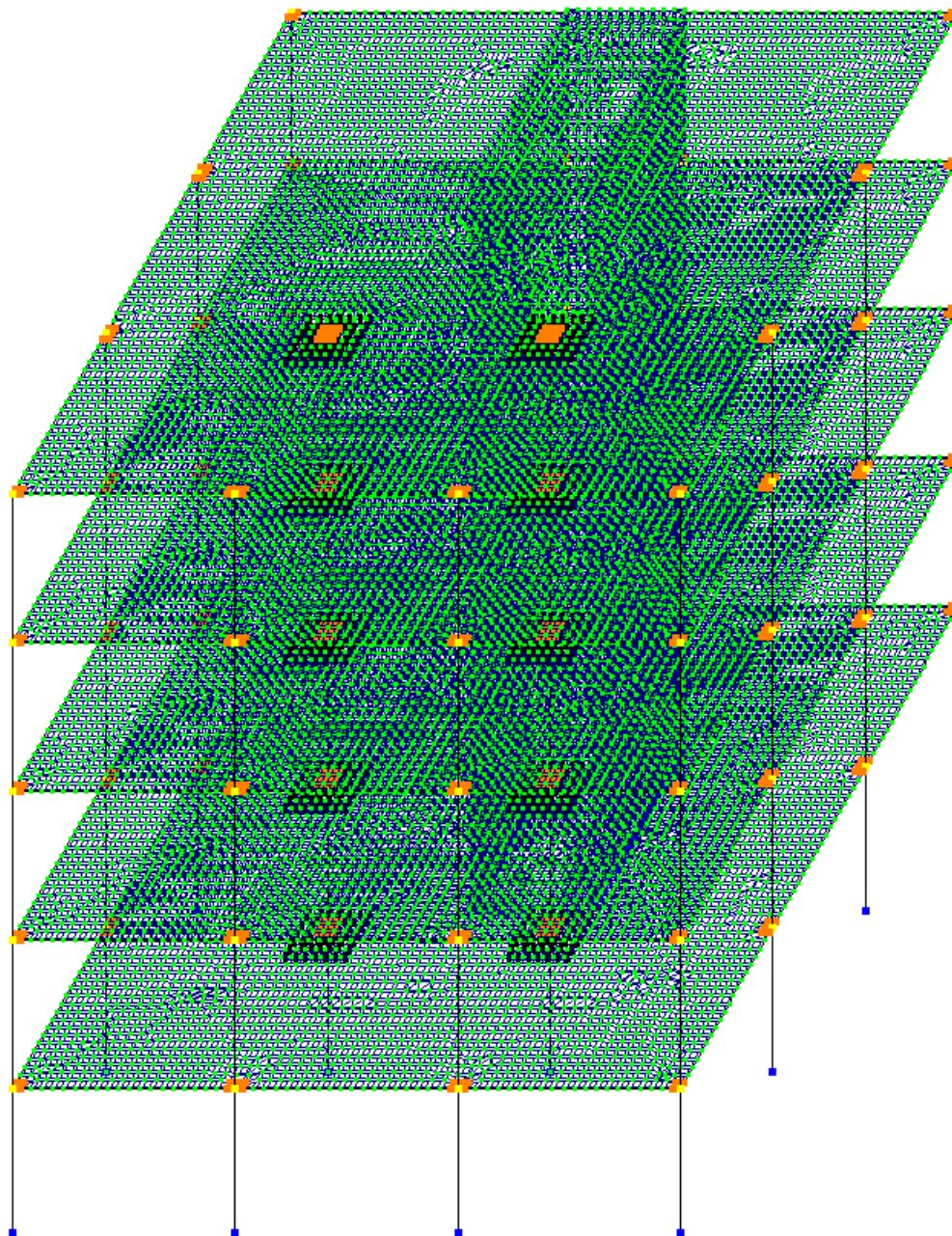
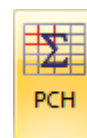



Рис. 17.1. Расчетная конечно-элементная схема

#### 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. 17.2.
- 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 данное окно.

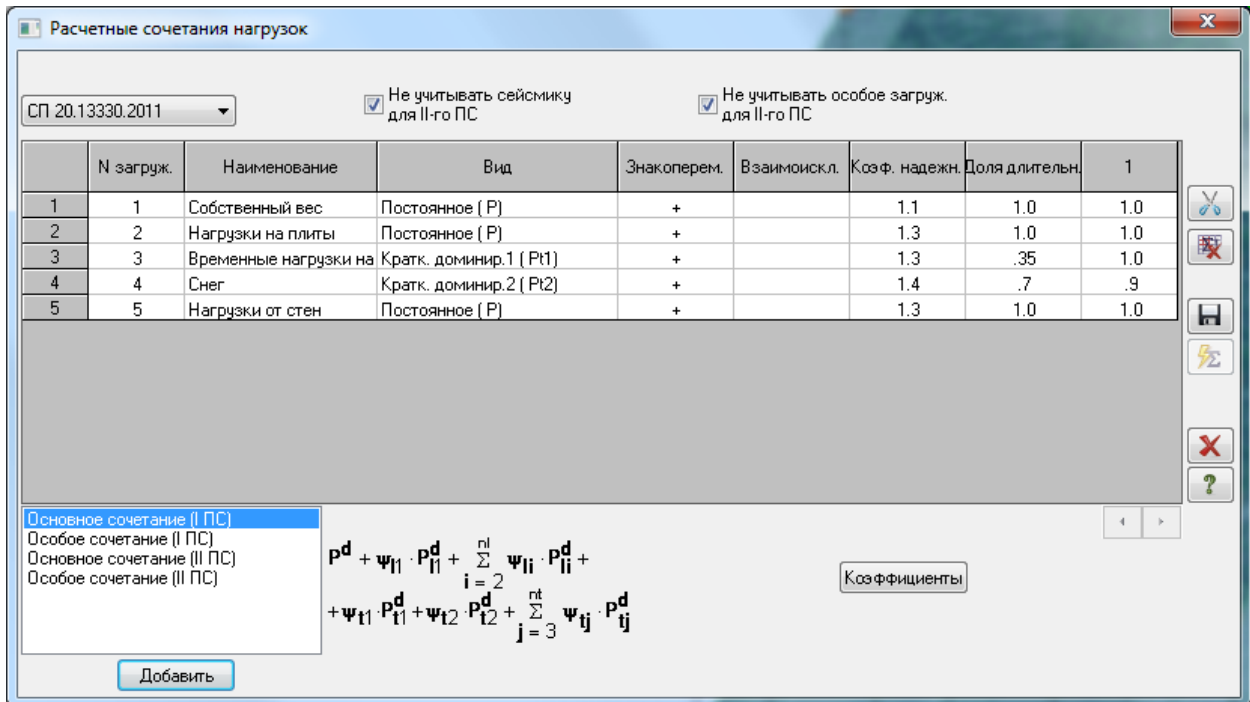



Рис.17.2. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

## Этап 18. 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 САФИР 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.

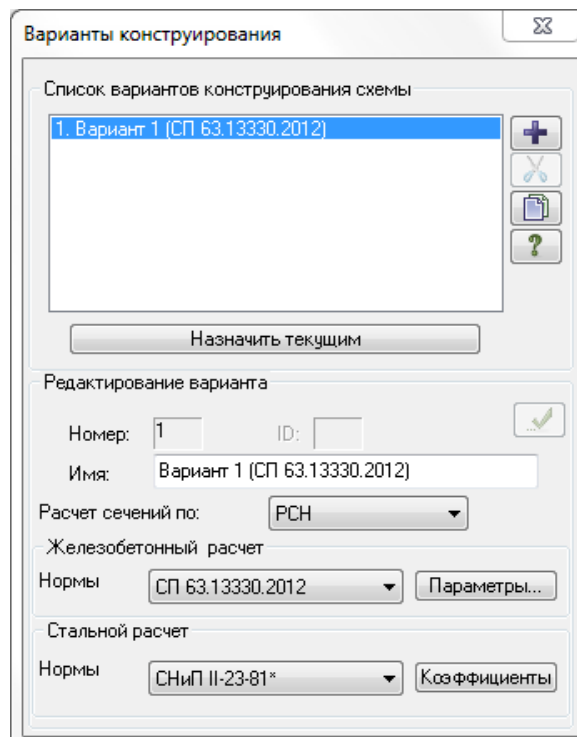


Рис.18.1. Диалоговое окно Варианты конструирования

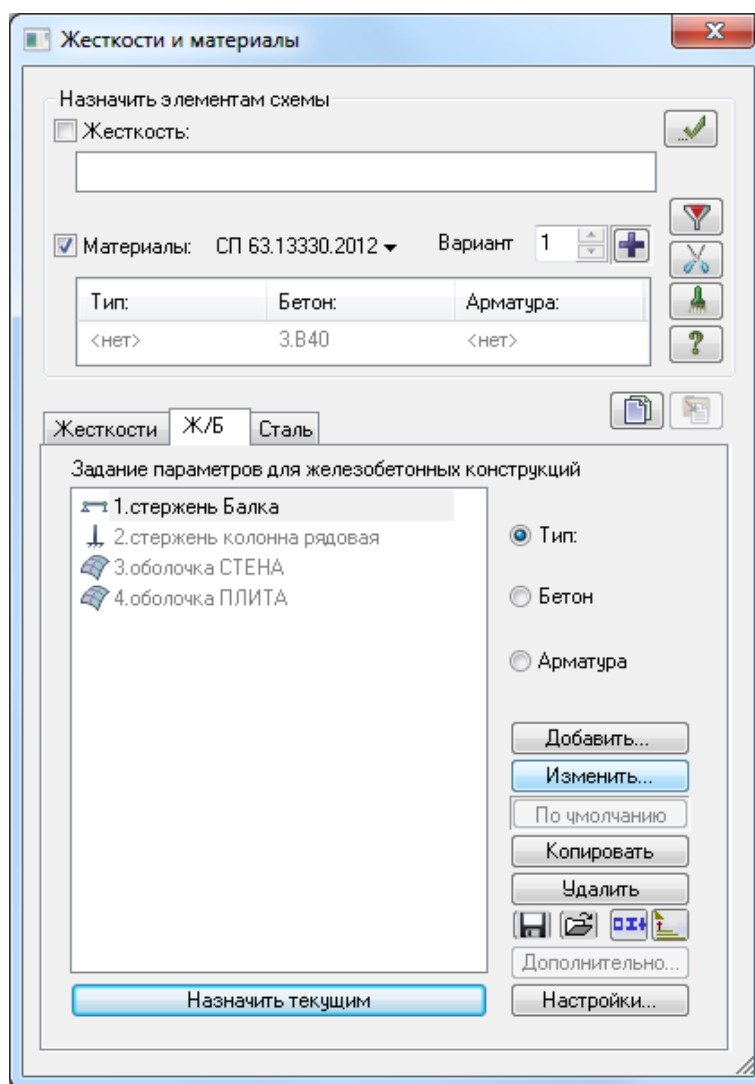



Рис.18.2. Диалоговое окно Жесткости и материалы

**Далее следует 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.18.2).
- После этого выделите строку **стержень Балка** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.18.3), 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**.

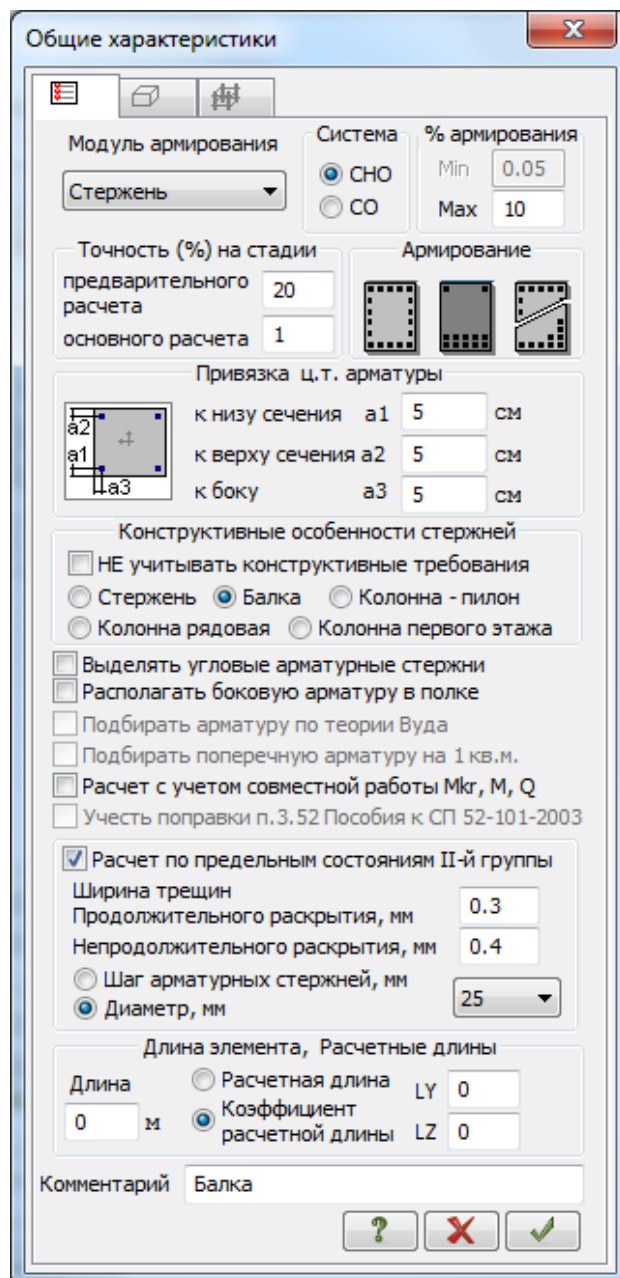


Рис.18.3. Диалоговое окно **Общие характеристики. Балка**

- 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 №1 допускается расчетные длины принимать для рядовых колонн многоэтажных зданий, при числе пролетов не менее двух и жестких узлах сопряжений ригелей и колонн, равными - при монолитном варианте  $\ell_0 = 0,7 H$ , при сборном каркасе  $\ell_0 = H$ , ( $H$  – высота этажа). Для колонн первого этажа всегда принимается  $\ell_0 = H$ .*

- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию (рис. 18.4).
- После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

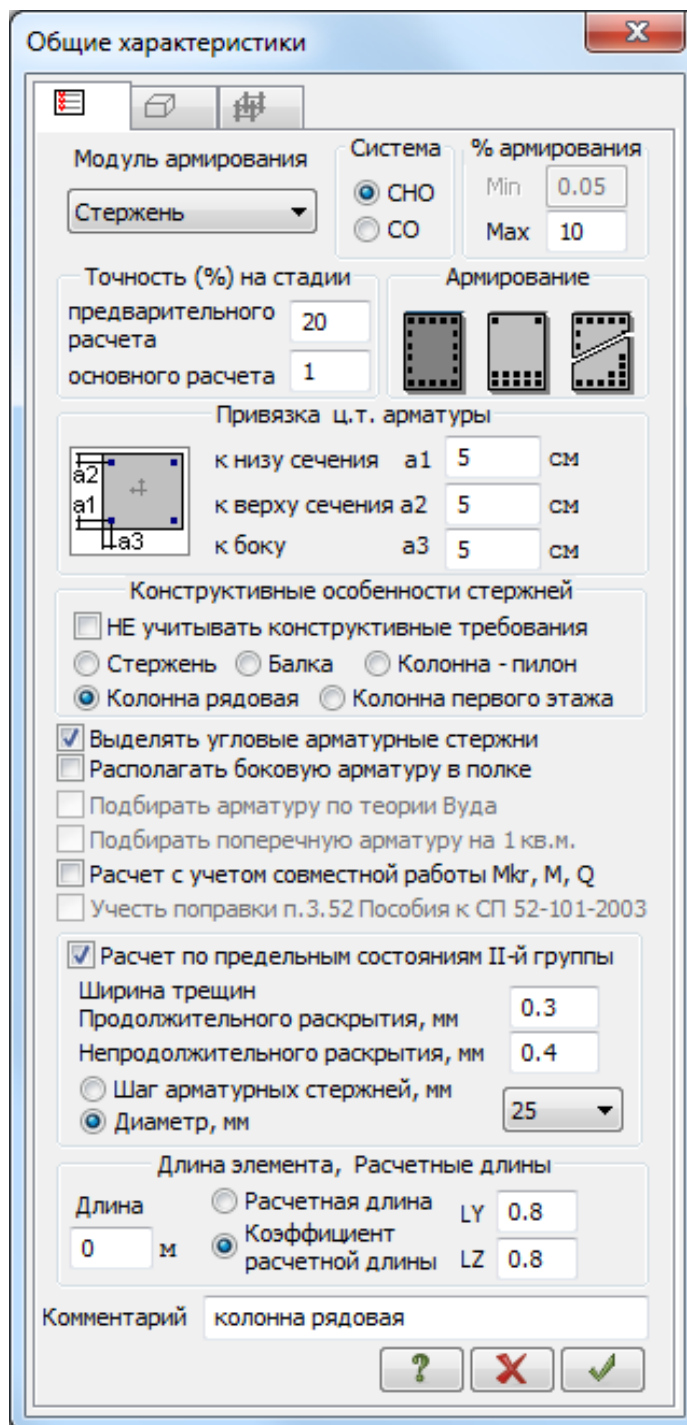



Рис.18.4. Диалоговое окно **Общие характеристики**. Колонна

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
  - Выделите строку **Бетон В30** и щелкните по кнопке **Изменить**
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис.18.5), в котором задайте коэффициент условий работы  $\gamma_{b3}=0,85$ . Коэффициенты условий работы бетона  $\gamma_{bi}$  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  $\gamma_{b1}$ . В рамках данного примера учитывается коэффициент  $\gamma_{b3} = 0.85$  – при высоте слоя бетонирования более 1.5м.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

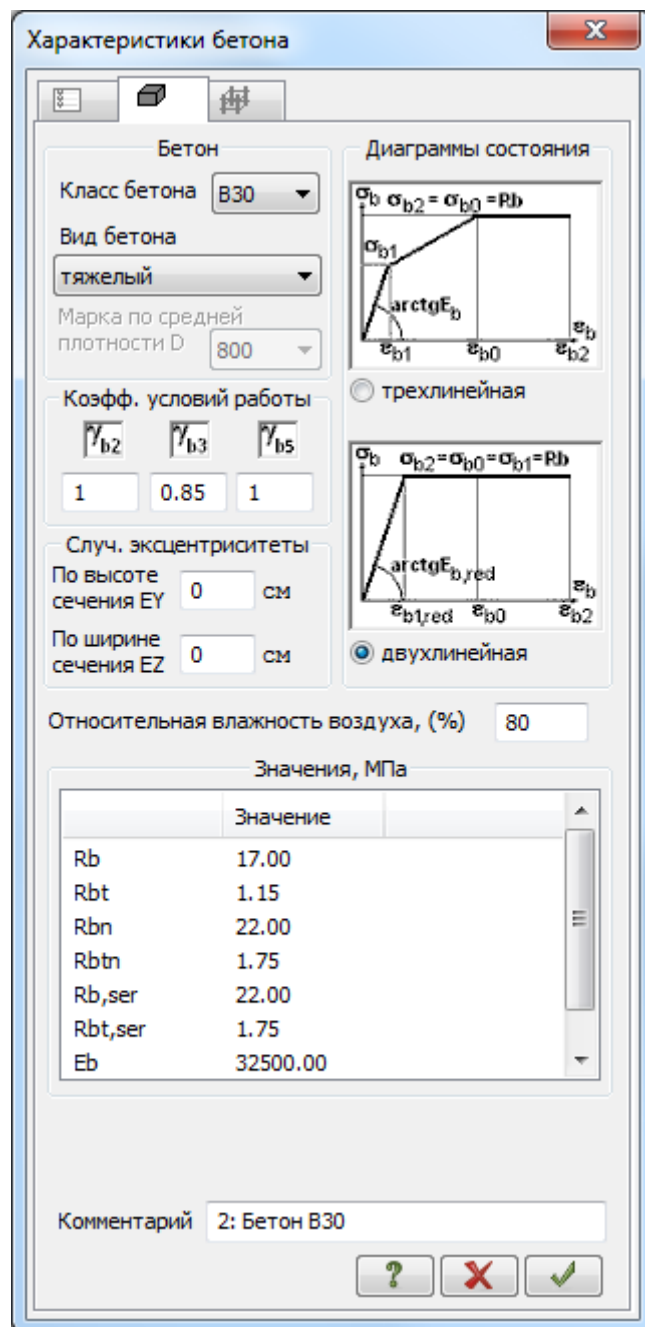


Рис.18.5. Диалоговое окно Характеристики бетона

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.18.6), в котором в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите класс A240, а в строке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку соответствующую диаметру арматуры 25 мм.



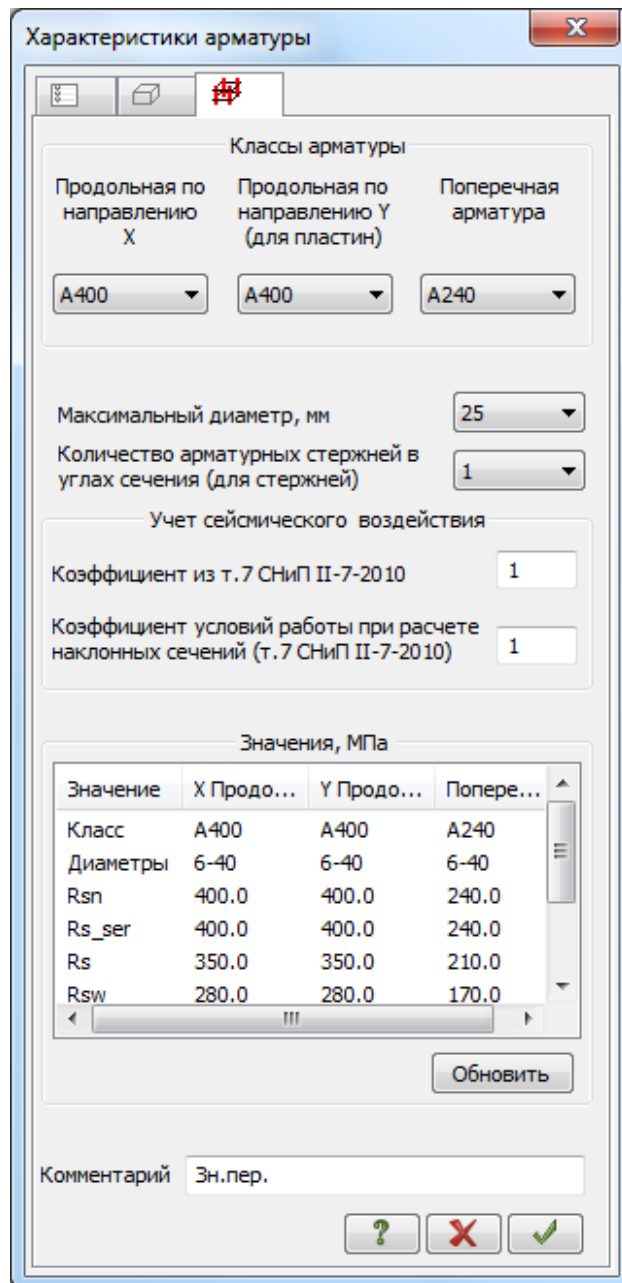


Рис.18.6. Диалоговое окно **Характеристики арматуры**

- 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**.

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 x 40**, а затем щелкните по кнопке **Изменить**
- Откроется окно **Задание стандартного сечения**. В данном окне измените модуль упругости на **E = 1986000** тс/м<sup>2</sup>, а в строке **Комментарий** напишите **Колонна**.
- Нажмите галочку **Применить** (рис. 18.7).

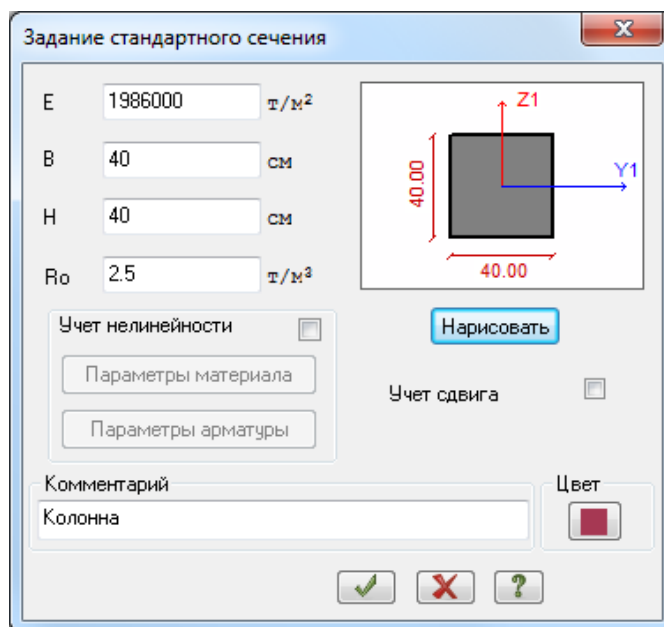


Рис.18.7. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- Щелкните по кнопке **2 Пластина Н 50** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **E = 1986000** т/м<sup>2</sup>, а в строке **комментарий** напишите **Капитель1**. Нажмите галочку **Применить**.
- Щелкните по кнопке **3 Пластина Н 40** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **E = 1986000** т/м<sup>2</sup>, 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 **E = 1986000** т/м<sup>2</sup>, а в строке **комментарий** написать **Стена**. Нажмите галочку **Применить**.
- Щелкните по кнопке **5 Брус 40 x 50** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **E = 612000** т/м<sup>2</sup>, а в строке **комментарий** написать **Балка**. Нажмите галочку **Применить**.
- Щелкните по кнопке **6 Пластина Н 20** и по строке **Изменить**. В открывшейся таблице измените модуль упругости на **E = 612000** т/м<sup>2</sup>, а в строке **комментарий** **Перекрытие**. Нажмите галочку **Применить**.

Закройте диалоговое окно Жесткости и материалы щелчком по кнопке - **Закрывать**.

## Этап 19. Анализ результатов напряженно-деформированного состояния

- Запустите задачу на расчет щелчком по кнопке – **Выполнить расчет** (панель **Расчет** на вкладке **Расчет**.)



Просмотр и анализ результатов статического расчета осуществляется на вкладке **Анализ** (Рис. 19.1).

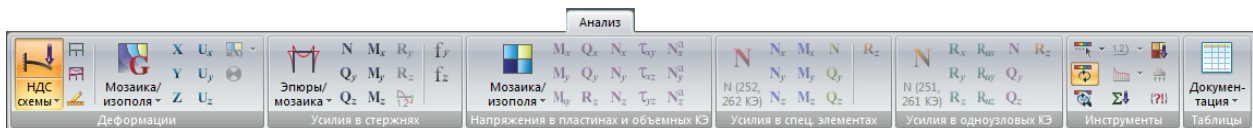



Рис.19.1. Вкладка Анализ

- Во вкладке **Анализ** выберите панель **Таблицы**, нажмите окно **Документация** и в открывшейся вкладке **Стандартные таблицы** просмотрите **Протокол решения**. Если задача решена правильно, в конце протокола должна быть фраза **Расчет успешно завершен**.
- В режиме просмотра результатов расчета, по умолчанию расчетная схема отображается как

деформированная (рис. 19.2). Для отображения исходной схемы щелкните по пиктограмме  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

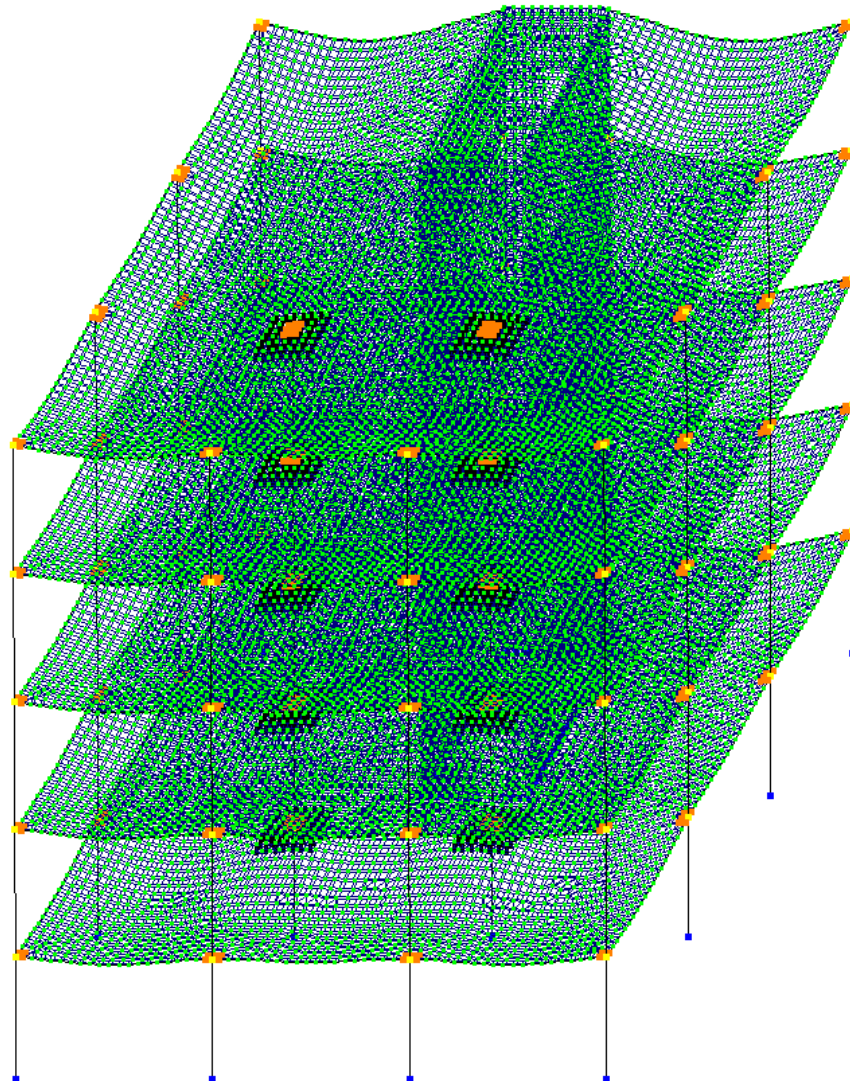


Рис. 19.2. Результаты расчета – деформированная схема

- Результаты расчета можно просматривать как по каждому загрузению (нагрузке) так и по основному расчетному сочетанию нагрузок РСН (фактически по суммарной нагрузке).
- Для просмотра результатов по каждому загрузению необходимо в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузения** (РСН) выбрать строку соответствующую номеру и виду нагрузке.
- Номер соответствующего загрузения можно также задать с помощью стрелок расположенных слева от окошка **Сменить номер загрузения** (Рис. 19.3).

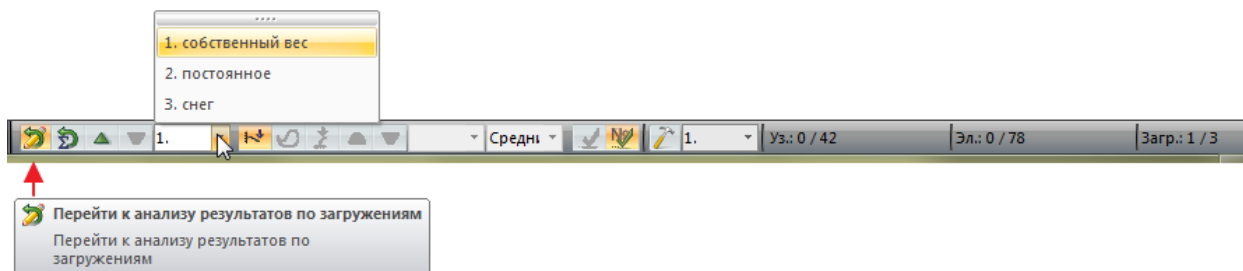


Рис.19.3. Строка состояния. Режим работы **Результаты по загрузениям**

При просмотре результатов расчета по основным расчетным сочетаниям нагрузок (РСН) необходимо щелкнуть пиктограмму **Перейти к анализу результатов расчета по РСН** (рис. 19.4).

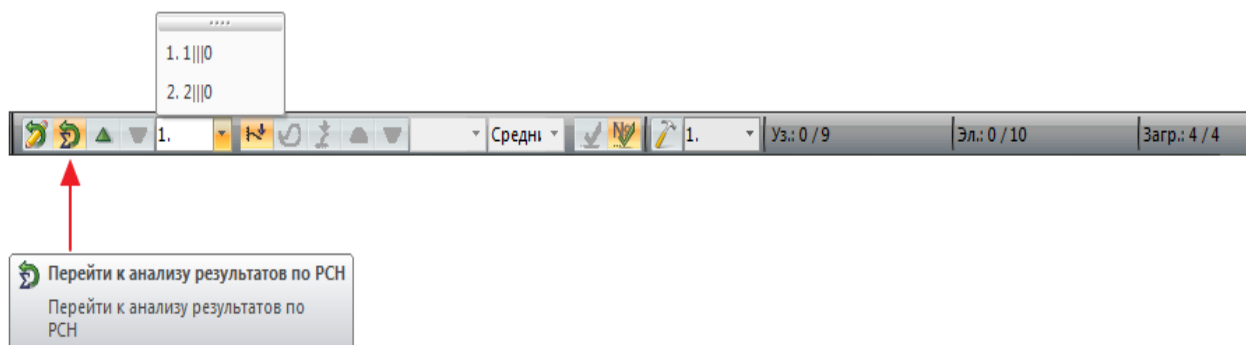


Рис.19.4. Строка состояния. Режим работы **Результаты по РСН**.

**В данном примере все результаты расчета просматриваются по первому основному сочетанию нагрузок (РСН 1).**

Вывод на экран изополей перемещений.

Для просмотра изополей перемещений необходимо выбрать соответствующее направление на панели **Деформации** в режиме **Изополя перемещений** (Рис. 19.5).

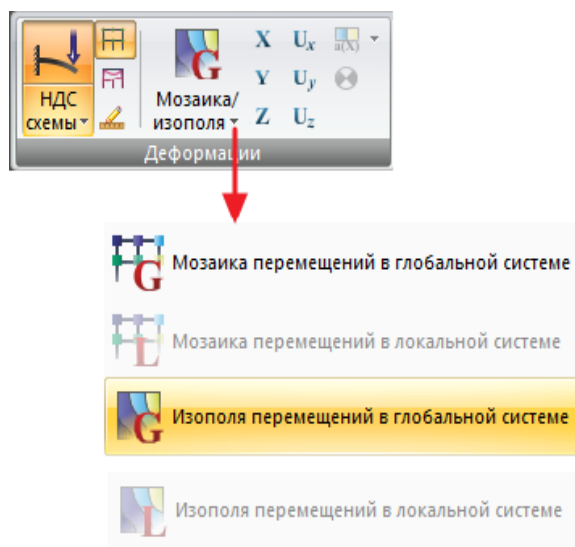



Рис.19.5. Панель **Деформации**

- 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** представлены на рис. 19.6.

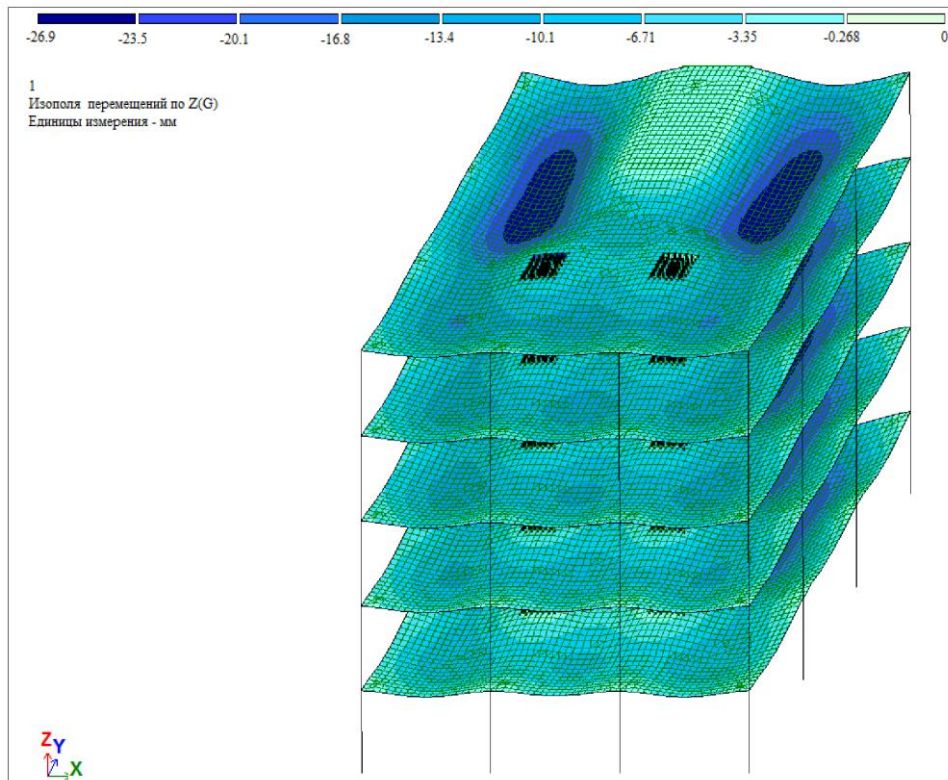



Рис.19.6. Изополя вертикальных перемещений плит перекрытий от РСН 1

#### Вывод и анализ усилий, напряжений и армирования.





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**.

- Для просмотра информации об усилиях или напряжениях в каком либо конечном элементе щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на этот элемент.

### **Этап 20. Анализ результатов расчета и конструирования контурной балки.**

#### Вывод на экран эпюр усилий в стержнях

Для просмотра эпюр внутренних усилий необходимо отметить на схеме выбранный стержень или группу стержней. Покажем это на примере анализа напряженного состояния и армирования контурной балки любого перекрытия (например, перекрытия 1 этажа). Выбираем контурную балку, расположенную на оси Д между осями 1 и 3.

- Для этого в панели инструментов **Выбор** активируем кнопки **Выбор узлов**  и **Выбор элементов** .
- Затем на панели инструментов **Вид** активируем кнопку **Проекция на XOZ** .
- Отметим плиту перекрытия первого этажа, выделяя ее рамкой (рис.20.1). Отмеченные элементы окрасятся в красный цвет. Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. В открывшемся контекстном меню активируем строку **Фрагментация**. На экране останутся только отмеченные элементы.
- На панели инструментов **Вид** активируем кнопку **Проекция на XOY** . На экране появится горизонтальная проекция плиты. Выделим рамкой часть верхней кромки плиты вместе с контурной балкой от левого угла до стены лестничной клетки (рис. 20.2).

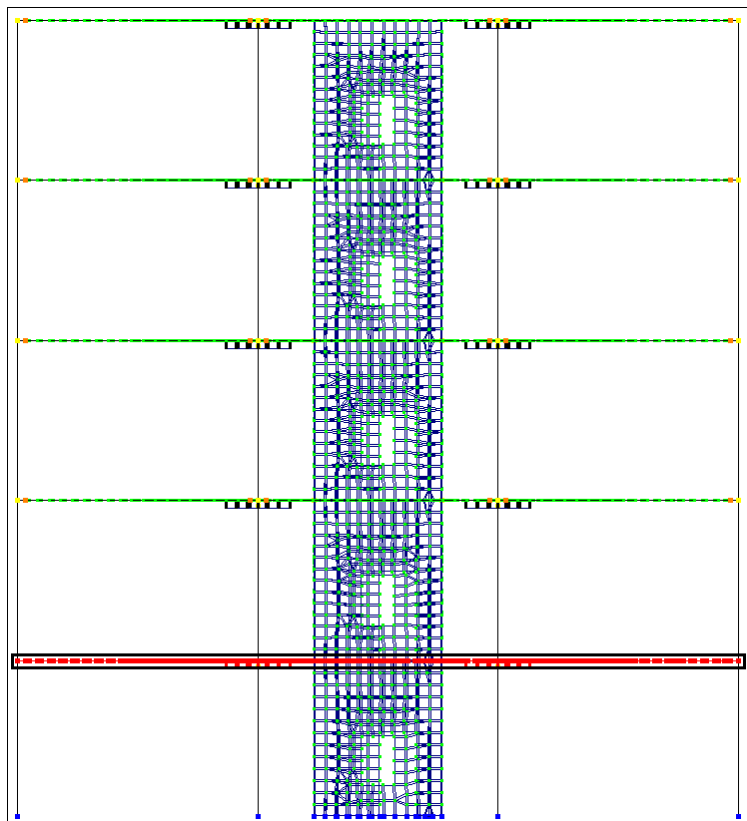


Рис. 20.1 Выделение плиты перекрытия 1-го этажа

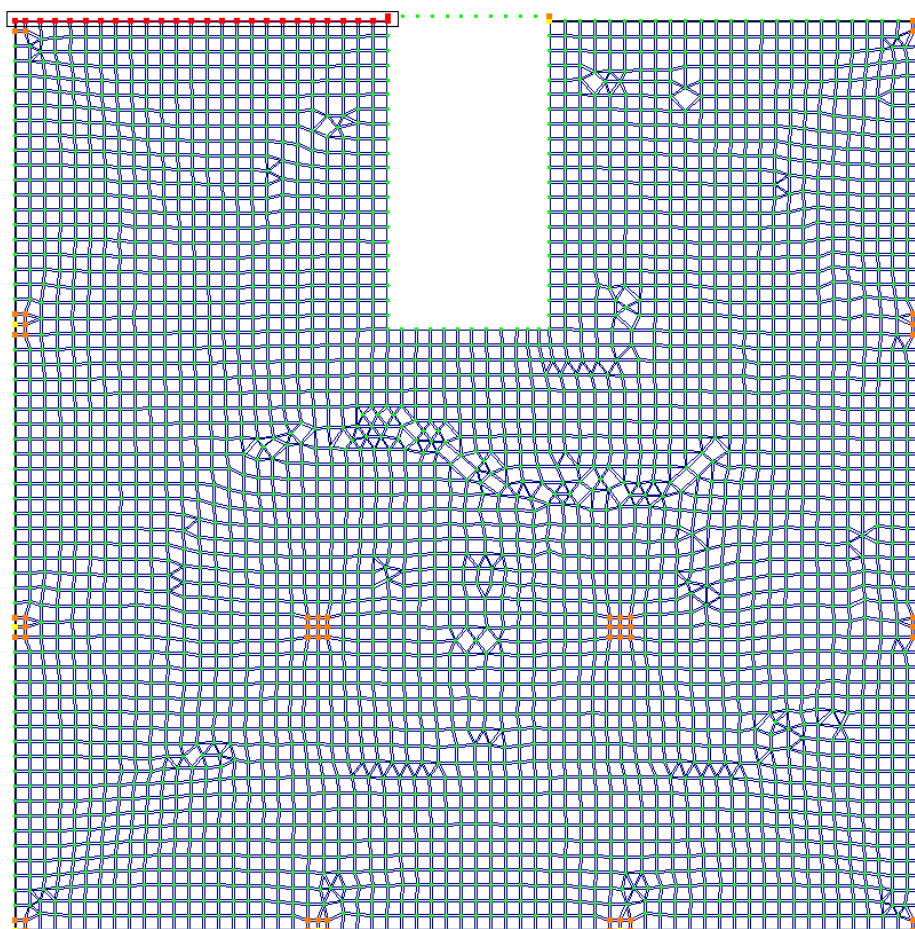




Рис. 20.2. Схема перекрытия первого этажа с выделенной контурной балкой

Фрагментируем выделенную балку и представим ее в проекции на вертикальную плоскость нажатием

кнопки **XOZ** 

Рассмотрим сначала вертикальные перемещения контурной балки. Для этого в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя перемещений** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**), рис. 19.5,

необходимо выбрать команду  – **Мозаика перемещений в глобальной системе** и после этого щелкнуть по кнопке **Z**. Затем с помощью кнопки **Исходная схема**  необходимо перейти к визуализации деформированной схемы. Мозаика перемещений узлов балки по **Z** представлена на рис. 20.3.

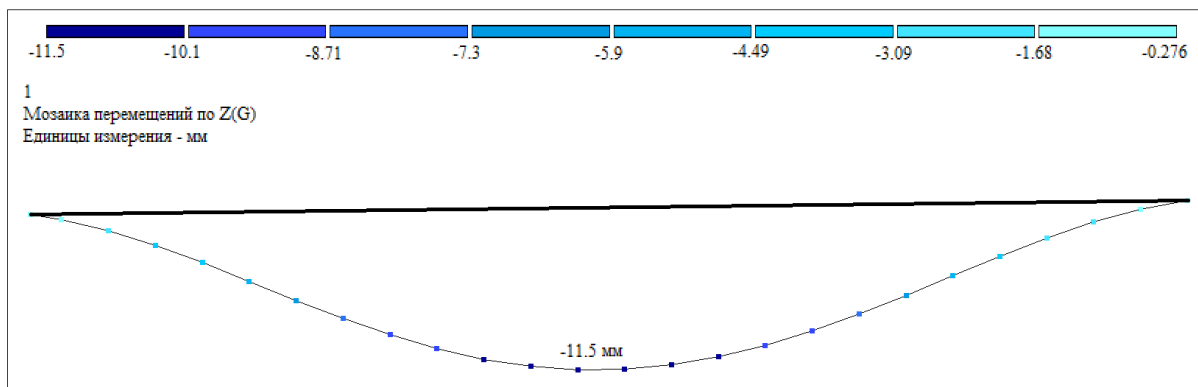



Рис. 20.3. Схема деформирования контурной балки

Перемещения в программе ЛИРА-САПР вычисляются в глобальной системе координат и при действии расчетных нагрузок. Для того чтобы оценить относительный прогиб контурной балки необходимо пересчитать максимальное перемещение в локальной системе координат (относительно опор балки) и от действия нормативных нагрузок. Определим перемещение на опорах балки.

- Щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на узел левой опоры балки. В открывшемся окне (Рис. 20.4) **Узел № 21040** в строке **Перемещения в глобальной системе** найдем перемещение по **Z = 1,22 мм** (рис. 20.4).

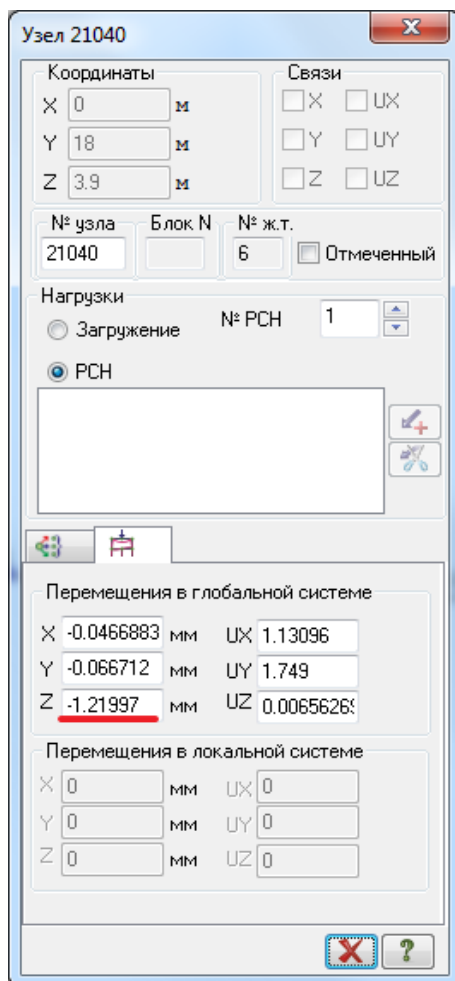


Рис. 20.4. К определению узловых перемещений

Таким же образом определим перемещение на правой опоре по  $Z = 0,275$  мм и в центре балки  $Z = 11,52$  мм. Таким образом, максимальный прогиб балки относительно опор составит  $11,52 - 0,5 (1,22 + 0,275) = 10,77$  мм. Теперь эту величину необходимо пересчитать на нормативную нагрузку. Для этого сведем нагрузки и соответствующие коэффициенты надежности по нагрузке в таблицу.

Таблица 20.1

№	Наименование нагрузок	Нормативное значение т/м <sup>2</sup>	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетное значение т/м <sup>2</sup>
1.	Временная нагрузка на перекрытие	0,15	1,3	0,195
2.	Постоянная нагрузка на перекрытие (конструкция пола)	0,2	1,2	0,24
3.	Собственный вес плиты перекрытия (толщиной 200 мм)	0,5	1.1	0,55
4.	Собственный вес 1 п.м. балки отнесенный к половине шага конструкций – 3 м $0,5 \times 0.4 \times 2,5 / 3 = 0,166667$	0,17	1.1	0,183
ВСЕГО		1,02	Средний коэф. надежности 1.145	1.168

Следовательно, максимальный прогиб контурной балки при действии нормативных нагрузок составит -  $f = 10,77 / 1.145 = 9,41$  мм. При пролете балки в осях  $l = 750$  см относительный прогиб составит  $f / l = 1/830$ . Предельный относительный прогиб согласно Таблице Е.1, приложения “Е” СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85) равен  $[f / l] = 1/210$ , что больше  $1/830$ .

Таким образом, прогиб контурной балки удовлетворяет нормативным требованиям.



Перейдем к анализу усилий.

- Выберем соответствующую эпюру на панели **Усилия в стержнях** (рис. 20.5)

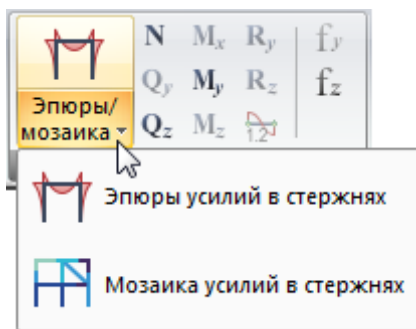


Рис.20.5. Панель Усилия в стержнях

Схема усилий действующих на сечение стержня представлена на рис. 20.6.

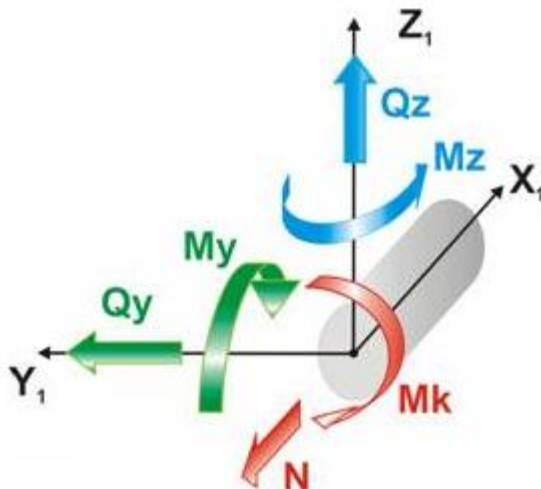


Рис. 20.6. Схема усилий в стержне

Далее необходимо выполнить следующие операции.

- Выведите на экран эпюру **My** щелчком по кнопке **My** – во вкладке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).



- На панели инструментов **Выбор** следует вызвать окно **Флаги рисования**.

- В данном окне перейдите во вкладку **Значения**, поставьте «галочку» против значка **Значения**

на эпюрах (только экстремумы)



и нажмите снизу пиктограмму **Перерисовать**

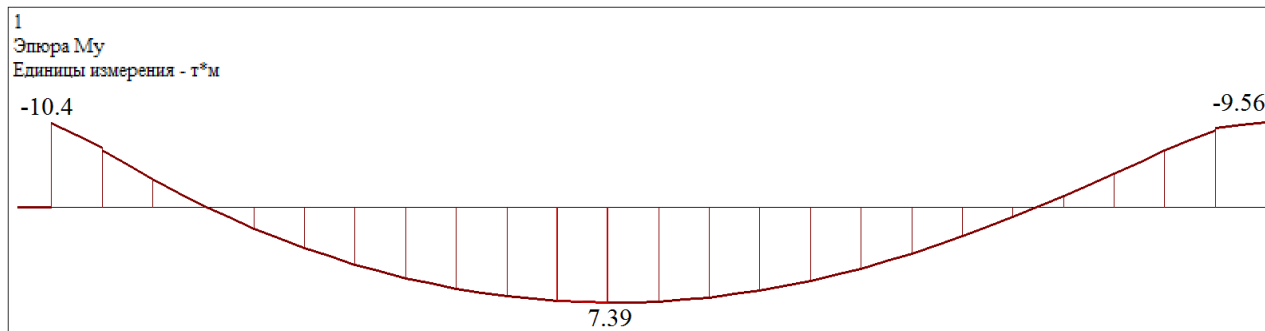


Рис. 20.7. Эпюра изгибающих моментов в контурной балке по оси Д

- Для вывода эпюры поперечных сил **Qz** щелкните по кнопке **Qz** – во вкладке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Эта эпюра представлена на рис. 20.8.

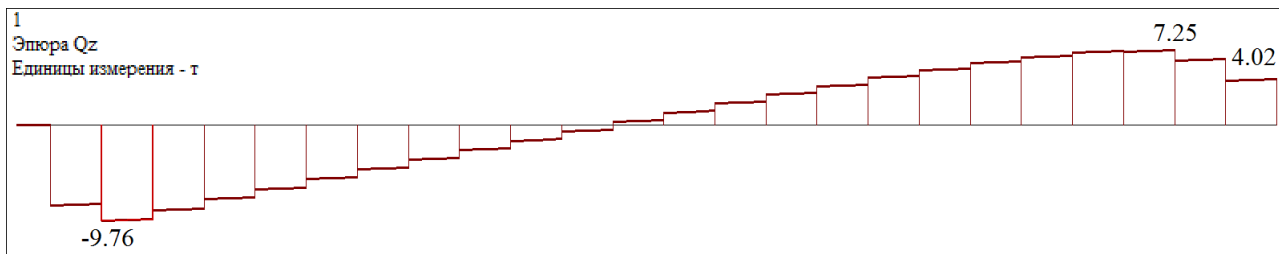





Рис. 20.8. Эюра поперечных сил в контурной балке по оси Д

- В окне **Показать Флагов рисования** убрать галочку против значка **Значения на эюрах (только экстремумы)**   и нажать снизу **Перерисовать** .
- Деактивируйте щелчком кнопку **Qz** – во вкладке **Эюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).



**Просмотр результатов армирования осуществляется на вкладке Конструирование.**

Для просмотра информации об армировании балки перейдите на вкладку **Конструирование** и щелкните по панели **Стержни**.

- На панели **Стержни** выберите тип армирования: **Несимметрия** (тип **Симметрия** предназначен для колонн), (рис. 20.9).

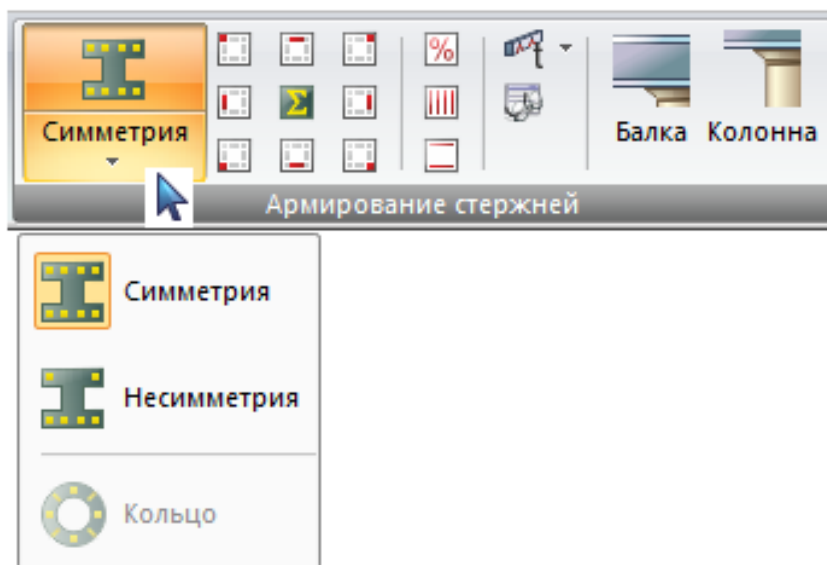


Рис. 20.9. Панель Армирование стержней

Доступны результаты просмотра продольной арматуры: угловой (AU1, AU2, AU3, AU4), распределенной арматуры (AS1, AS2, AS3, AS4), поперечной вертикальной ASW1, поперечной горизонтальной ASW2, суммарной арматуры и процента продольного армирования (рис. 20.10):

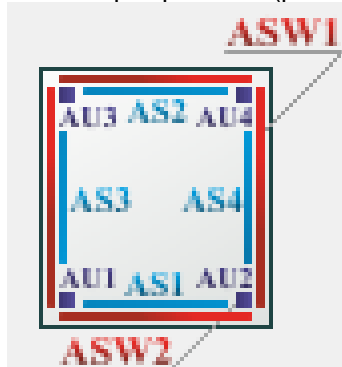



Рис. 20.10. Схема расположения арматуры в поперечном сечении стержня

Анализ результатов армирования балки выполняется следующим образом.

- Щелкните по кнопке **Распределенная арматура AS1**  на панели **Армирование стержней**. На экране появится мозаика армирования балки нижней продольной арматурой (рис. 20.11). Из рисунка видно, что максимальное значение площади сечения арматуры составляет  $5,2 \text{ см}^2$ .

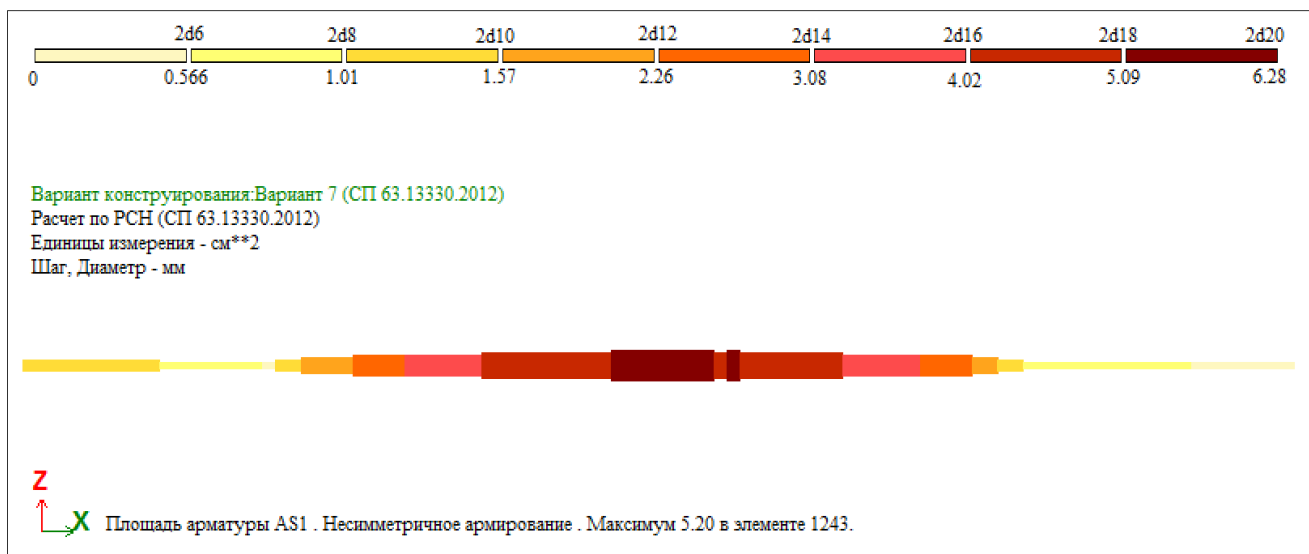



Рис. 20.11. Распределение нижней продольной арматуры контурной балки

- Далее щелкните по кнопке **Распределенная арматура AS2** . На экране появится мозаика армирования балки верхней продольной арматурой (рис. 20.12). Максимальное значение площади сечения верхней арматуры составляет  $8,1 \text{ см}^2$ .

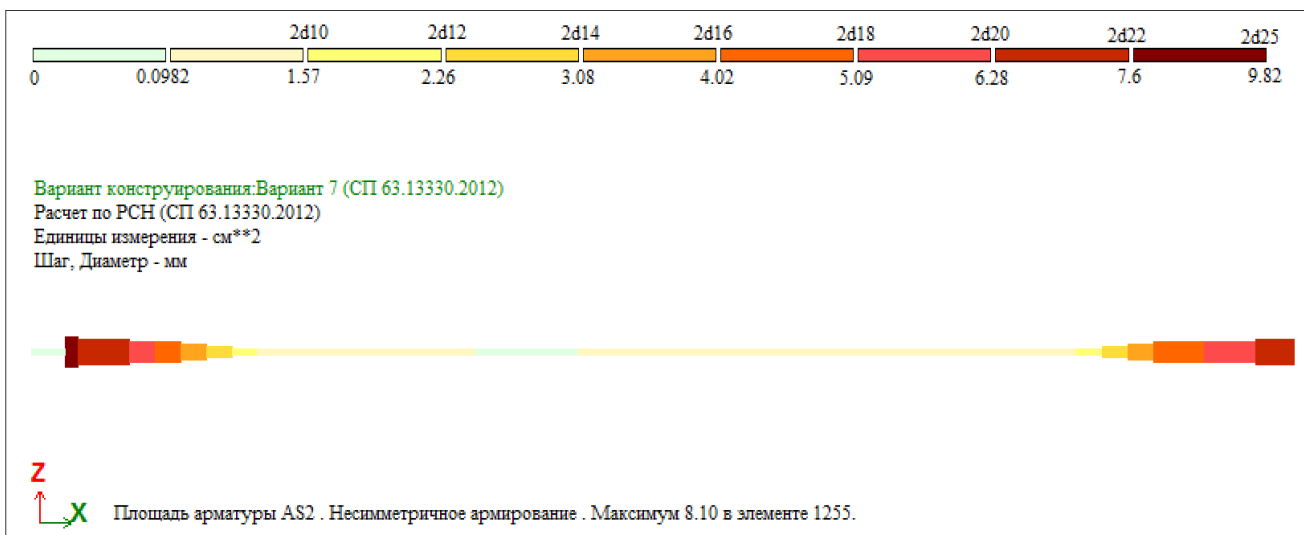



Рис. 20.12. Распределение верхней продольной арматуры контурной балки

Исходя из анализа полученного решения и конструктивных требований, согласно пунктам 10.3.10 СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции", принимаем в нижней зоне балки армирование в виде 2 стержней  $\varnothing 20 \text{ мм}$  A400,  $A_s = 3,14 \text{ см}^2$  (**AS1 = 6,28  $\text{см}^2$** ), а в верхней зоне в виде 2 стержней  $\varnothing 12 \text{ мм}$  A400,  $A_s = 1,131 \text{ см}^2$  по всей длине балки и дополнительно на участках  $1/4$  пролета от опор устанавливаем арматуру в виде 2 стержней  $\varnothing 20 \text{ мм}$  A400,  $A_s = 3,14 \text{ см}^2$  (**AS2 = 2,26 + 6.28 = 8,54  $\text{см}^2$** ).

- Для получения сведений о поперечном армировании щелкните по кнопке **Поперечная вертикальная арматура ASW1** . На экране появится мозаика армирования балки поперечной арматурой (рис. 20.13). Результаты расчета поперечной арматуры необходимо интерпретировать следующим образом. Если при конструировании балки предусмотреть арматуру в виде одного каркаса с одним

поперечным стержнем в сечении, тогда в зонах максимального насыщения (самый темный цвет) принимается предложенное программой решение в виде поперечных стержней  $\varnothing 14$  мм с шагом  $S = 200$  мм. Если армирование выполняется в виде двух или более каркасов, тогда необходимая площадь их поперечного сечения получается делением площади арматуры  $ASW1$  на число каркасов и умножением на шаг поперечных стержней. Диаметр поперечных стержней и их шаг должны отвечать конструктивным требованиям согласно пунктам 10.3.11 – 10.3.20 СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции", а также требованиям по контактной сварке арматурных стержней. В данном примере в опорных частях балки на расстоянии 200 см. от опор принимаем поперечное армирование в виде двух стержней  $\varnothing 8$  мм площадью сечения  $A_s = 0,503 \text{ см}^2$  с шагом  $S = 100$  мм, ( $ASW1 = 0,503 \times 2 / 0,1 = 10,6 \text{ см}^2/\text{м}$ ). На остальной части пролета принимаем шаг поперечных стержней  $S = 300$  мм.

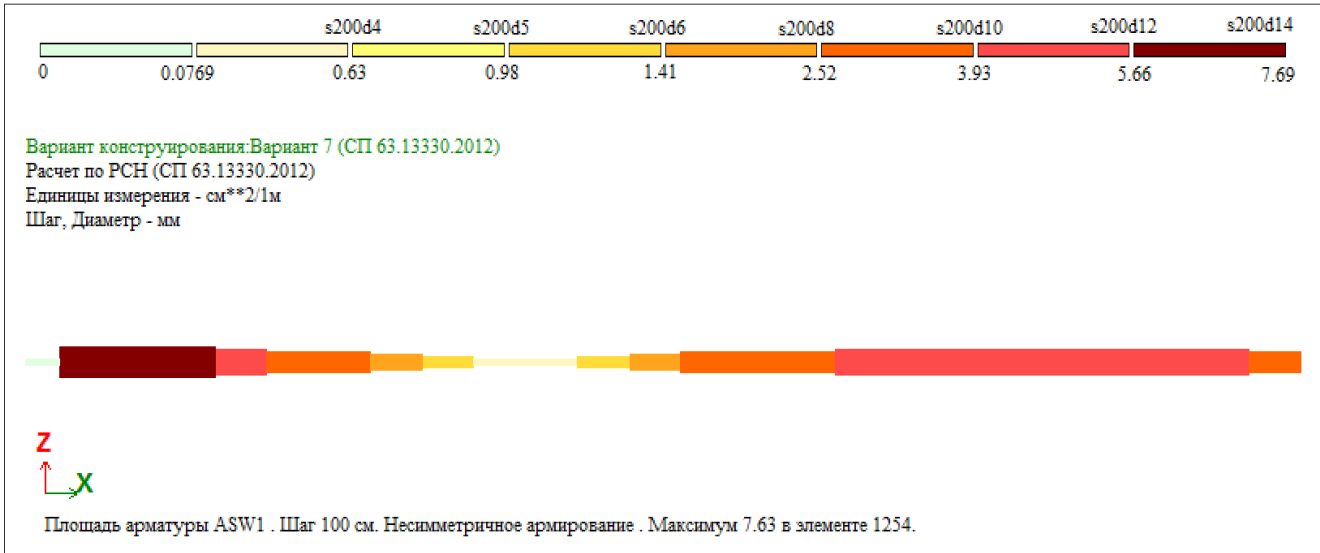



Рис. 20.13. Результаты подбора поперечной арматуры балки

- Деактивируйте щелчком кнопку  – поперечная арматура во вкладке **Конструирование** (панель **Стержни**).
- Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице нажмите строку **Восстановление конструкции**.

### Этап 21. Анализ результатов расчета и конструирования колонн.

На панели инструментов нажимаем кнопку **Полифильтр**. В открывшейся таблице выбираем окошко **Фильтр для элементов** и ставим галочку в окошке отметить **По жесткости**. В появившемся списке отметьте строку **1. Брус 40 x 40** (это колонны)

После этого нужно щелкнуть по кнопке  - **Применить**. Отмеченные колонны окрасятся в красный цвет. Фрагментируйте отмеченные колонны и закройте таблицу **Фильтр для элементов**.

Выберите в окне Эпюры/Мозаика усилий Мозаику усилий на панели Усилия в стержнях во вкладке Анализ (рис. 20.5).

Нажмите **Мозаика N** и вызовите на экран мозаику усилий в колоннах (рис.21.1).

Из рисунка ясно, что самыми нагруженными колоннами являются внутренние колонны первого этажа, расположенные на пересечении оси Б с осями 2 и 5. Деактивируем окошко **N** и выполним **Восстановление конструкции**.

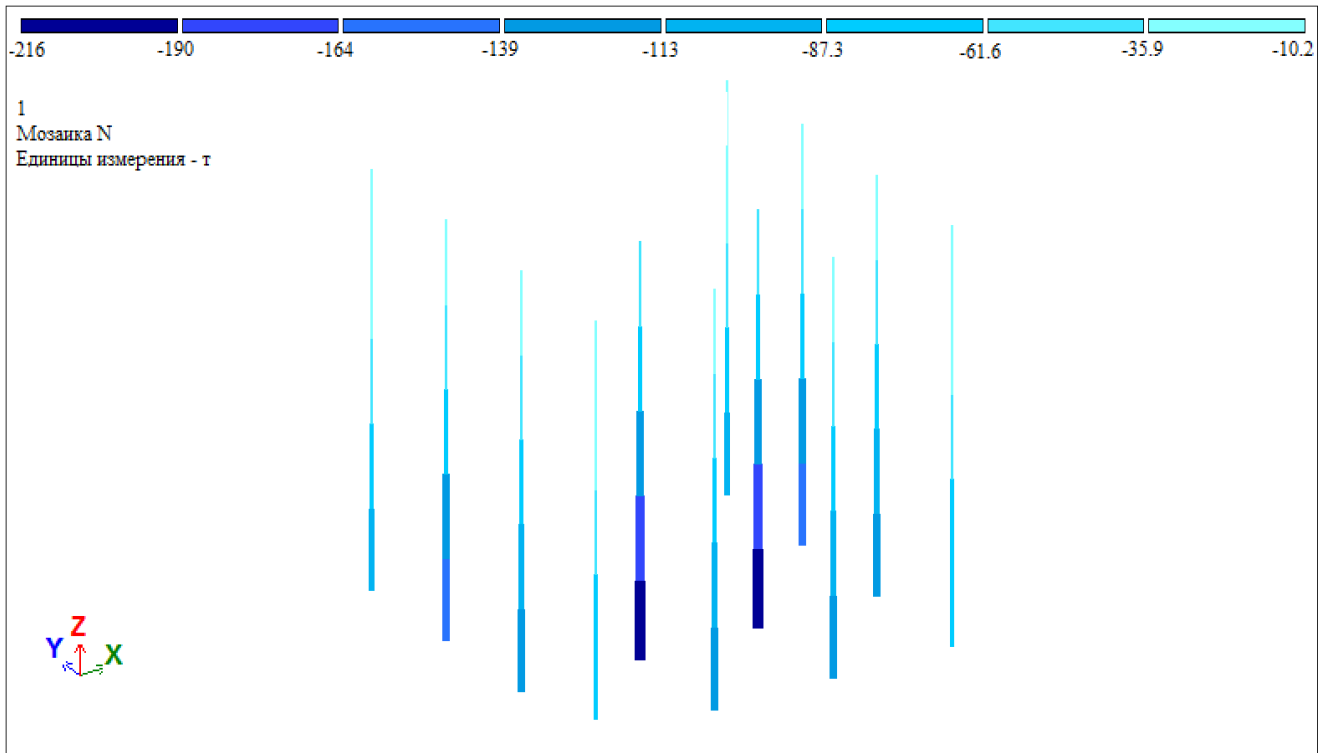


Рис. 21.1. Мозаика нормальных усилий **N** усилий в колоннах

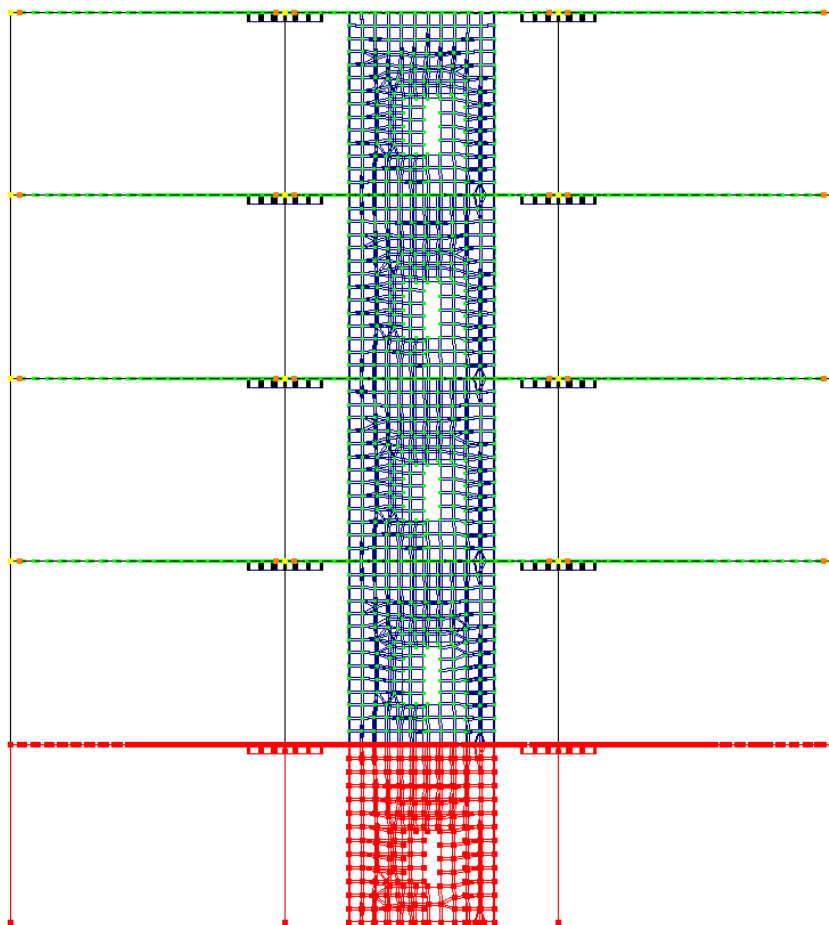


Рис. 21.2. Фронтальная проекция расчетной схемы с выделенным певым этажом

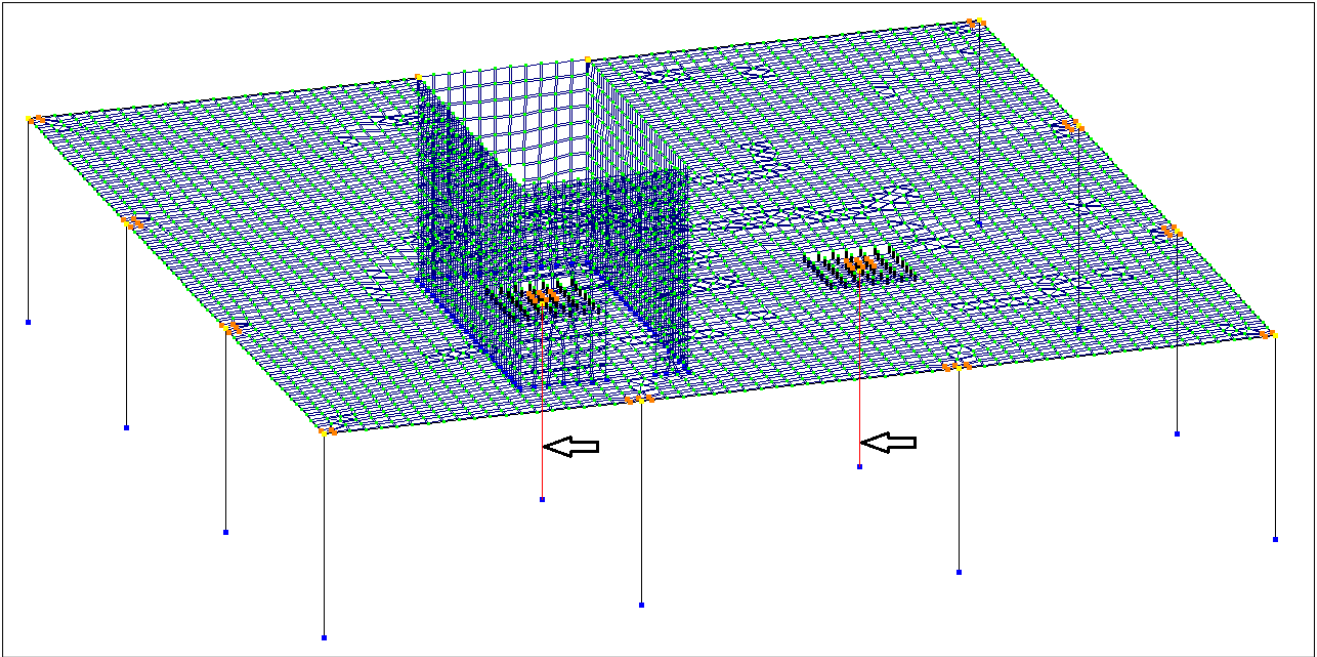


Рис. 21.3. Схема 1 – го этажа с выделенными внутренними колоннами

[Вывод на экран эпюр усилий в колоннах](#) рассмотрим на примере анализа результатов расчета и армирования наиболее нагруженных колонн 1 этажа. Для этого выполняем следующие операции.

- В панели инструментов **Выбор** активируем кнопки **Выбор узлов**  и **Выбор элементов** .

Затем в панели инструментов **Вид** активируем кнопку **Проекция на XOZ** .

Отметим первый этаж, выделяя его рамкой (рис. 21.2). Отмеченные элементы окрасятся в красный цвет. Щелкнем правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице активируем строку **Фрагментация**. На экране останутся только элементы первого этажа.

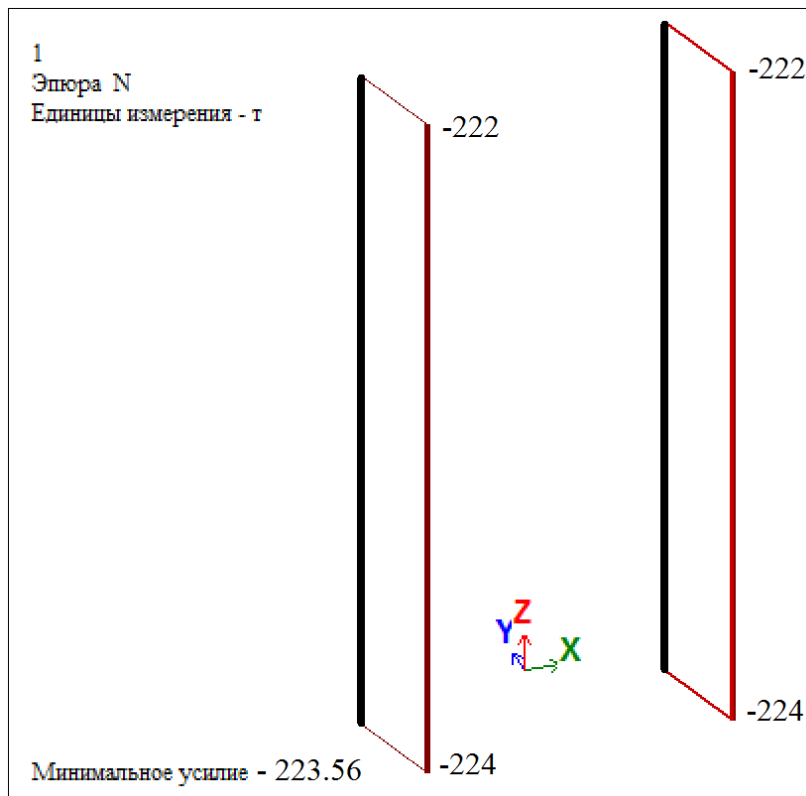


Рис. 21.4. Эпюры нормальных усилий во внутренних колоннах



В панели инструментов **Вид** нажмем кнопку **Изометрическая проекция**. На экране появится изометрическая проекция первого этажа. С помощью правой кнопки мыши повернем изображение так, чтобы были видны части внутренних колонн.

Отметим эти колонны щелкнув по ним курсором (рис. 21.3) и **Фрагментируем** их.

- Для вывода эпюры **N** щелкните по кнопке **N** – во вкладке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**). Эпюра должна выглядеть так, как показано на рис. 21.4.

Запомните это усилие для дальнейшего расчета и конструирования фундамента колонны  $N = -224$  т.

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 левую колонну. В появившемся диалоговом окне Элемент 1015 перейдите на закладку Информация о подобранной арматуре. В этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры (рис. 21.5).

В данном случае по всем углам колонны подобраны стержни, с необходимой площадью поперечного сечения  $2,01$  см<sup>2</sup>. Ближайшая арматура с площадью большей чем требуемая величина, это арматура  $\varnothing 16$  мм с площадью поперечного сечения -  $2,011$  см<sup>2</sup>. Если выполнить операцию фрагментирования колонны и просмотреть армирование на вкладке **Конструирование** панель **Стержни**, то можно видеть, что колонны армируются по углам стержнями  $\varnothing 16$  мм.

Элемент 1015

Номера узлов  
21059, 21060

№ 1015    Блок N     Отмеченный

Тип жесткости  
1. Брус 40 X 40

Тип КЭ    К-во сечений    Ортоотропия  
10    3   

Длина, координаты центра тяжести  
L=3.75м, Xc=6м, Yc=6м, Zc=1.875м

С1    T    R    P    I    E    Сочетания...

АРМАТУРА продольная

Армат...	AU1	AU2	AU3	AU4
Полная	2.01	2.01	2.01	2.01
Прочно...	0.72	0.72	0.72	0.72
Кручен...				

Армат...	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Полная					0.50
Прочн...					0.18
Кручен...					

АРМАТУРА поперечная    Ширина трещин

Шаг ...	ASW1	ASW2	Кратк...	Длит...
Полн...	0.000	0.000		
Круч...	0.000	0.000		

Показать сеч.    1     X    ?    >>

Рис. 21.5. Диалог Информация об элементе. Результаты подбора арматуры

Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке **X** – **Закорыть**. Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице щелкните строку **Восстановление конструкции**. На экране восстановится расчетная схема всего здания.

### Этап 22. 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** (для объемных элементов программа вычисляет напряжения, для пластин – усилия).

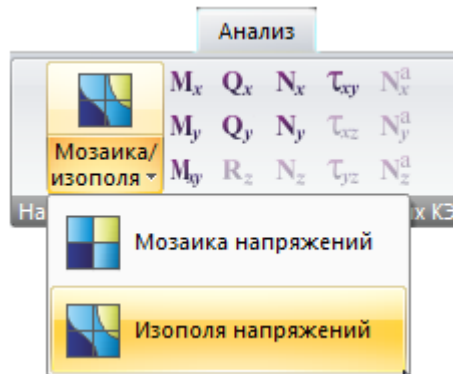






Рис.22.1. Панель Напряжения в пластинах и объемных КЭ

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

- Для этого в панели инструментов **Выбор** активируем кнопки **Выбор узлов**  и **Выбор элементов** .

Затем в панели инструментов **Вид** активируем кнопку **Проекция на XOZ** . Отметим плиту перекрытия первого этажа, выделяя ее рамкой см. рис.20.1. 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** активируем кнопку **Проекция на XOY** . На экране появится горизонтальная проекция плиты.

Щелкните кнопку **Перейти к анализу результатов расчета по РСН** на строке **Состояние** (рис. 19.4). Схема усилий действующих на пластину представлена на рис. 22.2.

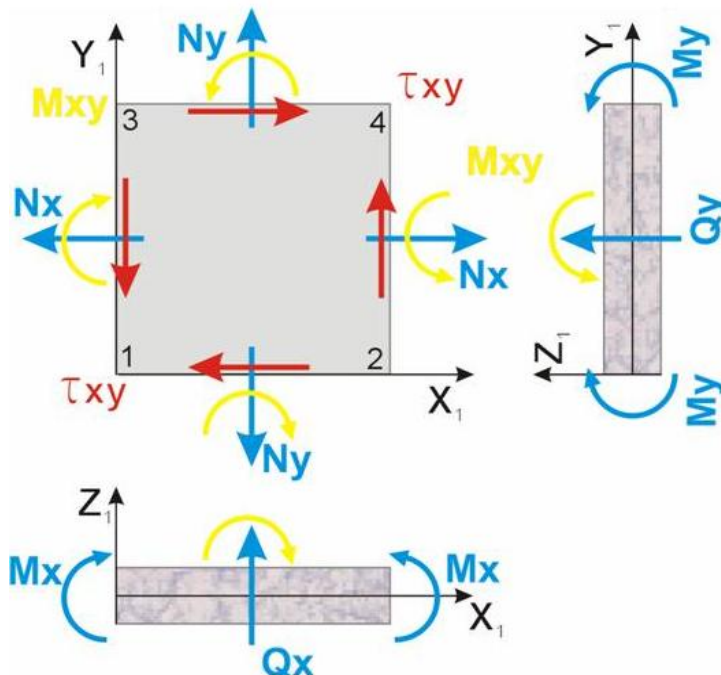
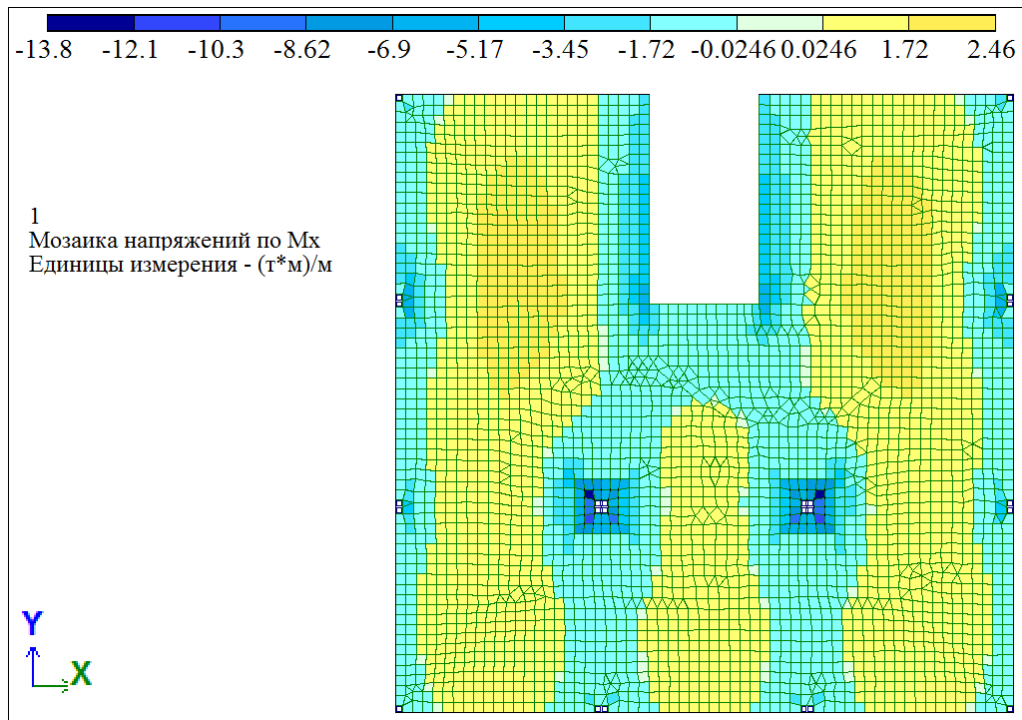


Рис. 22.2. Схема усилий в пластине

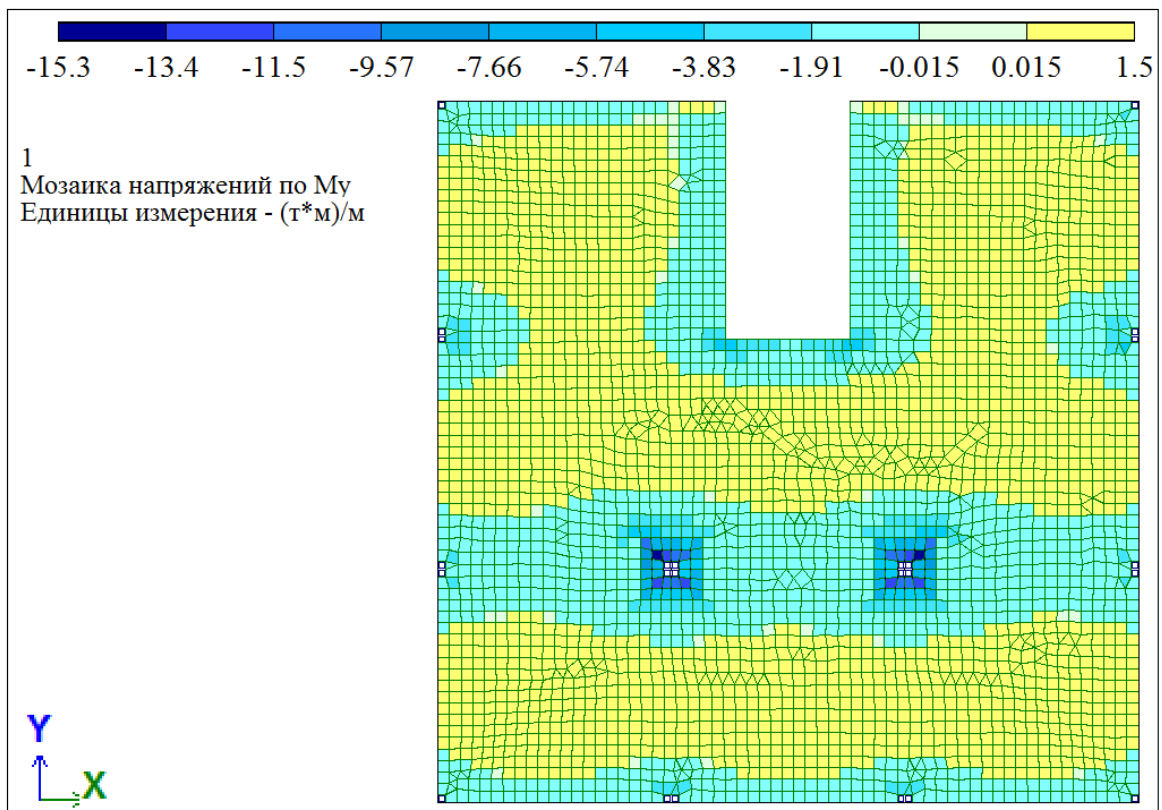


- Чтобы вывести на экран изополя усилий по  $M_x$ , выберите команду в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** и после этого щелкните по кнопке  **$M_x$  – Изополя напряжений по  $M_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**). На экране отобразится поле изгибающих моментов  $M_x$  (рис. 22.3).



**Рис.22.3.** Изополя изгибающих моментов  $M_x$  плиты перекрытия первого этажа от РСН 1


- Таким же образом выводятся на экран изополя усилий по  $M_y$  (рис. 22.4).



**Рис.22.4.** Изополя изгибающих моментов  $M_y$ , плиты перекрытия первого этажа от РСН 1

Распределение изгибающих моментов  $M_x$  и  $M_y$  показывает, что они разнозначны и это значит, что армировать плиту необходимо двумя арматурными сетками – нижней сеткой у нижней поверхности плиты и верхней сеткой у верхней поверхности плиты.

➤ Деактивируйте окно моменты **М<sub>у</sub>** и перейдите на вкладку **Конструирование**.

➤ В панели инструментов **Выбор** активируем кнопки **Выбор узлов**  и **Выбор элементов** .

➤ Затем с помощью рамки отметим всю плиту перекрытия.



➤ В панели **ЖБ: расчет** нажимаем кнопку **Расчет**.

➤ В появившемся окне **Ж/Б расчет** (рис. 22.5) активизируйте галочку **Для отмеченных элементов** и нажмите рамку **Выполнить расчет**. После выполнения расчеты выйдите из окна.

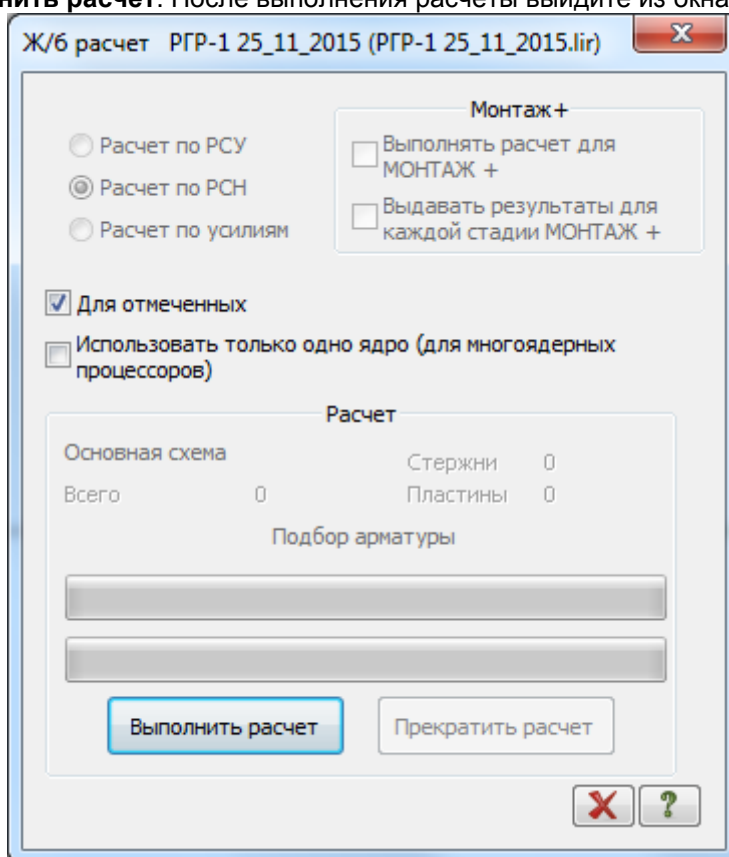


Рис. 22.5. Окно Ж/Б расчет

➤ Для просмотра информации об армировании плиты следует на панели **Пластины** (рис. 22.6) выбрать интересующее направление и ориентацию армирования относительно местной оси Z элемента - нижнее или верхнее (рис.22.7).

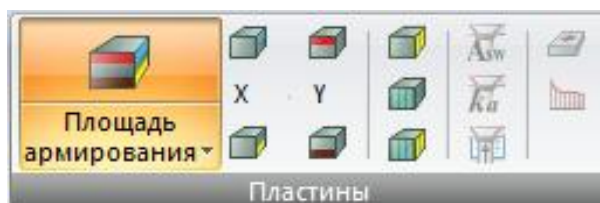


Рис. 22.6. Панель пластины

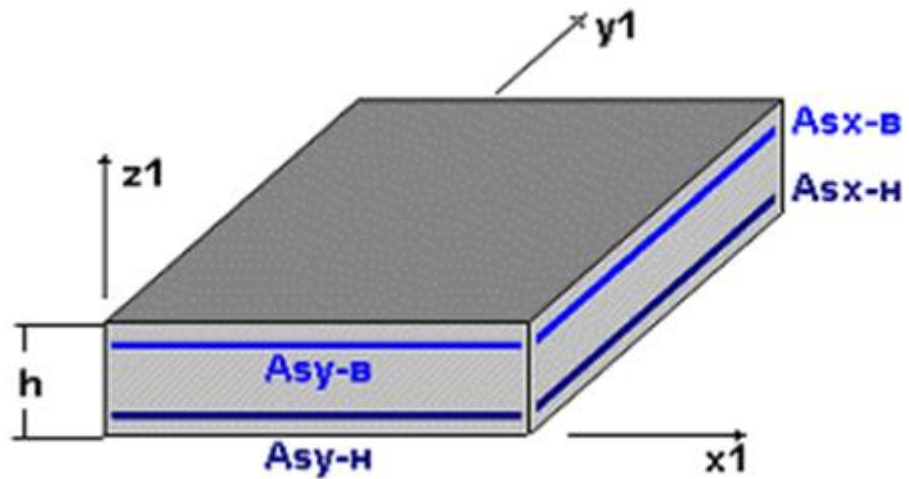



Рис. 22.7. Схема расположения арматуры в поперечном сечении пластины

Доступны результаты подбора продольной арматуры (см<sup>2</sup>) 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<sup>2</sup>) 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. 22.8. Рисунок показывает распределение теоретически необходимого армирования по полю пластины.

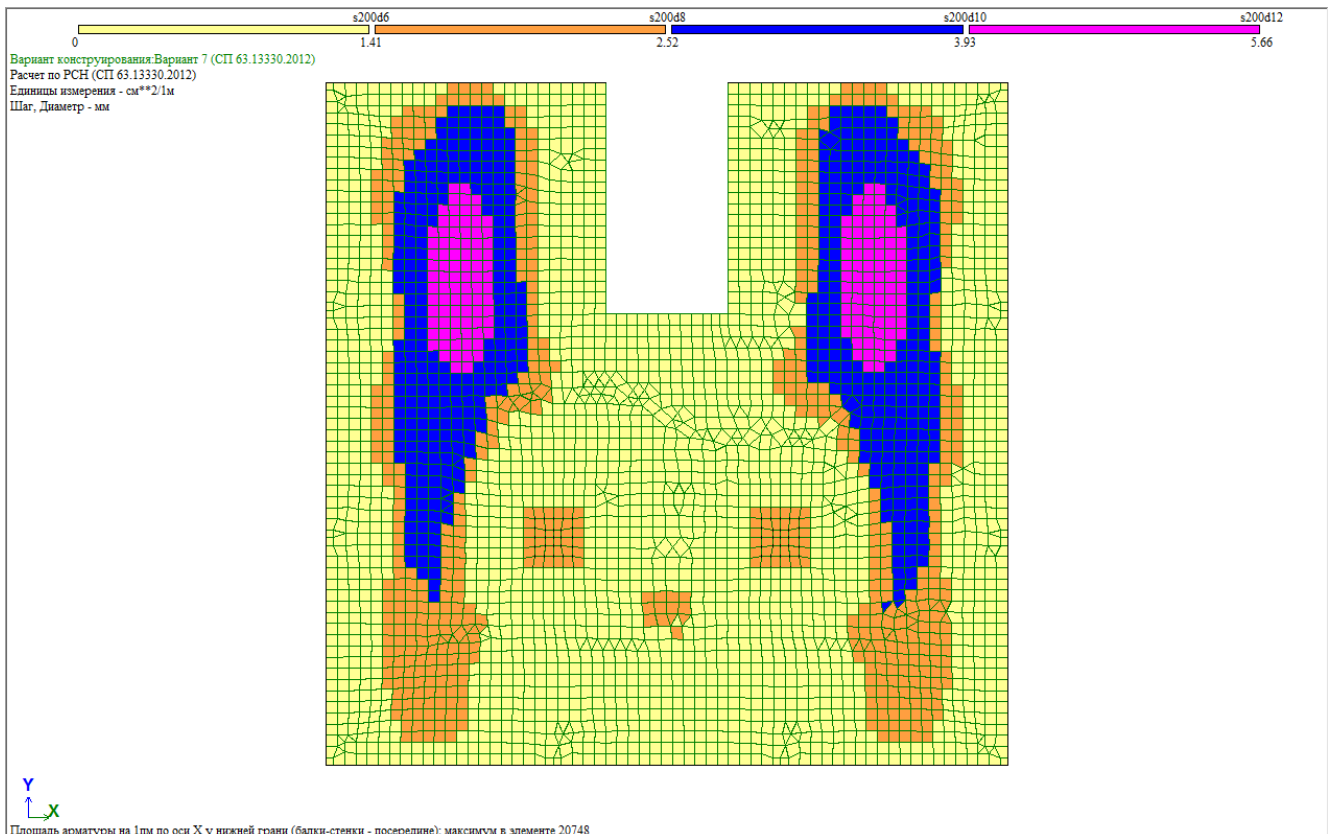


Рис. 22.8. Мозаика распределения нижней арматуры по направлению оси X

На практике устройство армирования требует учета как конструктивных, так и технологических требований. Технология устройства арматуры плит предусматривает, обычно, укладку двух арматурных сеток – **фоновой** и **дополнительной**. **Фоновая** арматура укладывается по всей поверхности плиты, а **дополнительная** в местах требующих увеличения площади сечения арматуры по с равнению 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  $\mu_{smin} \geq 0,1$  %. 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 -  $A_{smin} = h \times b \times \mu_{smin} = 20 \times 100 \times 0,001 = 2$  см<sup>2</sup>. Этому требованию отвечает армирование из **5** стержней  $\varnothing 8$  мм, с общей площадью поперечного сечения  $A_s = 2,52$  см<sup>2</sup>. 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  $\varnothing 10$  мм, а для верхних -  $\varnothing 12$  мм. В данном примере принимаем шаг стержней для всех сеток **S = 200** мм. Таким образом, для армирования рассматриваемой плиты перекрытия принимаем нижнюю фоновую арматуру из стержней  $\varnothing 10$  мм  $A_s = 3,93$  см<sup>2</sup>, в основном, с шагом **200** мм, и верхнюю фоновую арматуру из стержней  $\varnothing 12$  мм  $A_s = 5,65$  см<sup>2</sup> с тем же шагом.

- Щелкните курсором по окну **Шкала**, панели **Инструменты** (вкладка **Конструирование**). На экране появится таблица **Параметры шкалы** (рис. 22.9).

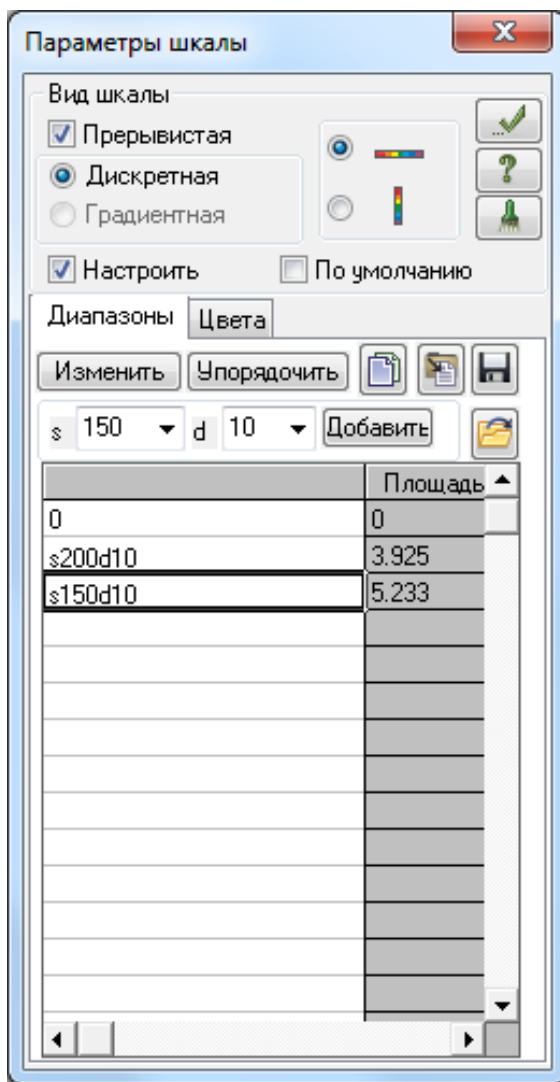
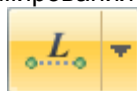


Рис. 22.9. Таблица Параметры шкалы

- В этой таблице должна быть активной вкладка **Диапазоны**. Последовательно выделяйте строки с арматурой диаметр которой отличен от **10** мм и удаляйте их с помощью клавиши клавиатуры **Delete**. Останется единственная строка **s200d10**.
- Активируйте строку, лежащую ниже строки **s200d10** (она выделится черной рамкой).

- В таблице **Параметры шкалы** в окне **S** наберите **150** мм и в окне **d** – **10** мм.
- Нажмите окно **Добавить**, а затем галочку **Применить**.

Картина распределения арматуры представлена на рис. 22.10. Видно, что для армирования плиты по направлению X часть фоновой арматуры в областях плиты, выделенных рамками необходимо располагать с шагом **150** мм. Положение этих зон армирования для рабочих чертежей можно снять с



экрана с помощью кнопки **Информация о размерах** на панели инструментов **Панель выбора**.

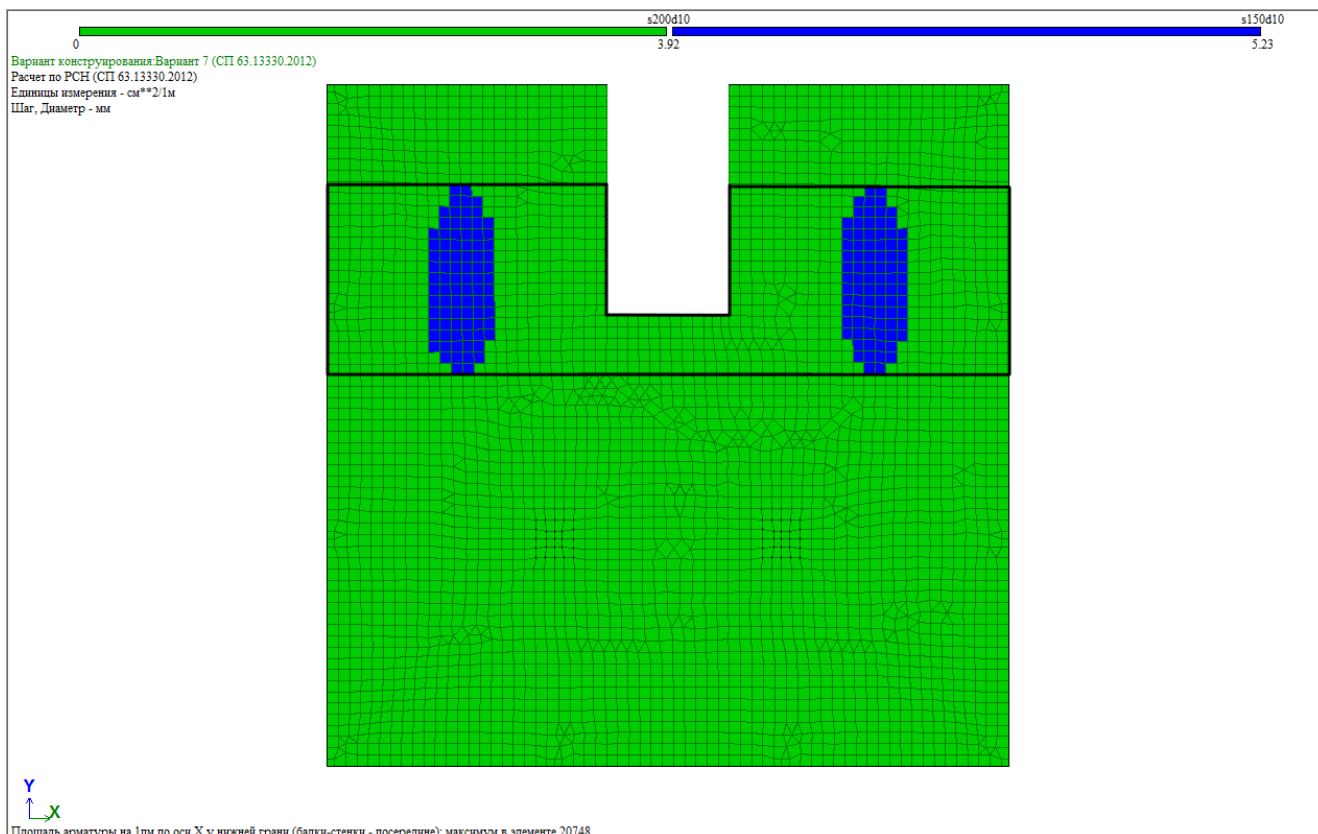


Рис. 22. 10. Армирование нижней грани плиты по оси X

- Щелкните по кнопке – **Верхняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).

Распределение арматуры показано на рис. 22.11.

Принимаем верхнюю фоновую арматуру из стержней  $\varnothing 12$  мм, с шагом 200 мм и с площадью поперечного сечения на полосу 1 м  $A_s = 5,66 \text{ см}^2$ . Из рисунка 22.11 видно, что максимальная площадь поперечного сечения арматуры находится в элементе № 22526. Определим величину сечения этой арматуры. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

Отожмите кнопку **Верхняя арматура в пластинах по оси X1**.

На панели инструментов **Выбор** щелкните по кнопке **Полифильтр** . В открывшемся окне перейдите во вкладку **Фильтр для элементов** и поставьте галочку **По номерам КЭ**. Внесите в эту ячейку номер **22526**.

Нажмите кнопку **Применить** . Закройте окно **Фильтр для элементов**.

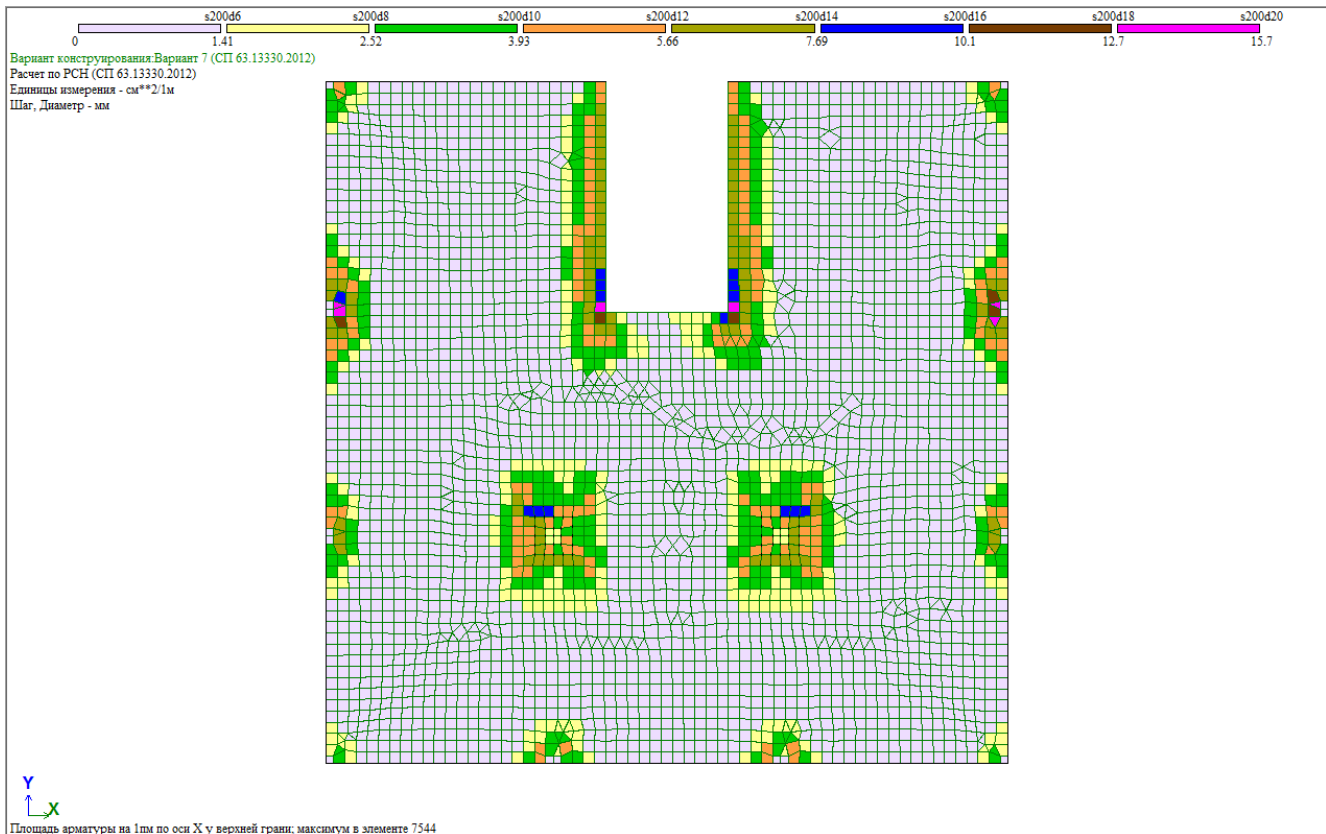


Рис. 22.11. Мозаика верхней арматуры вдоль оси X

- Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. В открывшемся контекстном меню



активируем строку **Фрагментация**. На экране появится отмеченный элемент № 22526 (рис.22.12).

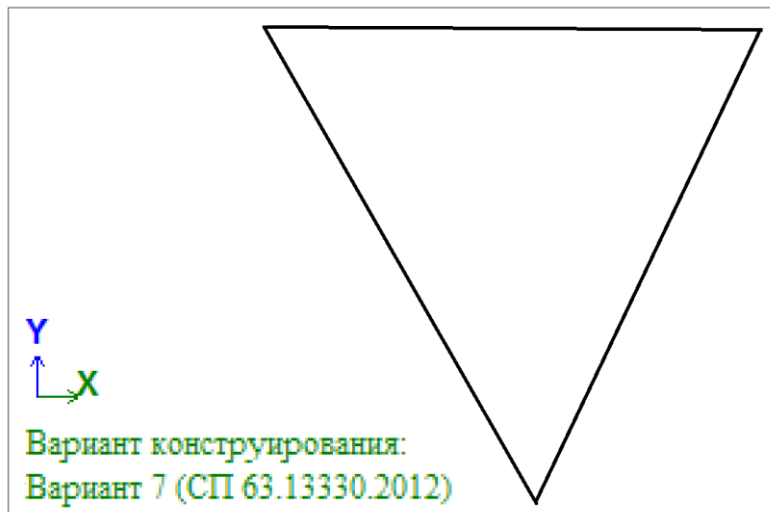




Рис. 22.12. Конечный элемент № 22526

Щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на выделенный элемент. В открывшемся окне **Элемент 22526** нажмите кнопку **Арматура продольная**  и в открывшейся таблице появится колонка **AS2** и в ней величина поперечного сечения арматуры - 13,41 см<sup>2</sup>. Это значение максимального армирования по всей поверхности пластины.

- Закройте таблицу **Элемент 22526**.


Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице активируйте строку



**Предыдущий фрагмент**. На экране возникнет плита перекрытия.

Подсчитаем величину необходимого дополнительного армирования  $AS_{\text{доп}} = 13,41 - 5,66 = 7,75 \text{ см}^2$ . По сортаменту арматуры принимаем дополнительное армирование из 5 стержней  $\varnothing 16$  мм (шаг 200 мм) и с площадью поперечного сечения на полосу 1 м  $As = 10,1 \text{ см}^2$ .



- Щелкните по кнопке  – **Верхняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Щелкните курсором по окну **Шкала**, панели **Инструменты** (вкладка **Конструирование**). На экране появится таблица **Параметры шкалы** (рис. 22.9).
- В этой таблице должна быть активной вкладка **Диапазоны**. Последовательно выделяйте строки с арматурой диаметром отличным от 12 мм и 16 мм и удаляйте их с помощью клавиши клавиатуры **Delete**. Останется две строки **s200d12** и **s200d16**. Активируйте строку **s200d16** (она выделится черной рамкой). **В** таблице **Параметры шкалы** в окне **S** наберите 200 мм и в окне **d** – 12 мм.
- Нажмите окно **Добавить**, а затем галочку **Применить**.

Распределение верхней фоновой и дополнительной арматуры по направлению оси X представлено на рис. 22.13. На рисунке рамками выделены поля дополнительного армирования. По технологическим соображениям в каждом из полей применяются стержни одинаковой длины, причем длина стержней увеличена на длину анкеровки арматуры по направлению оси X.

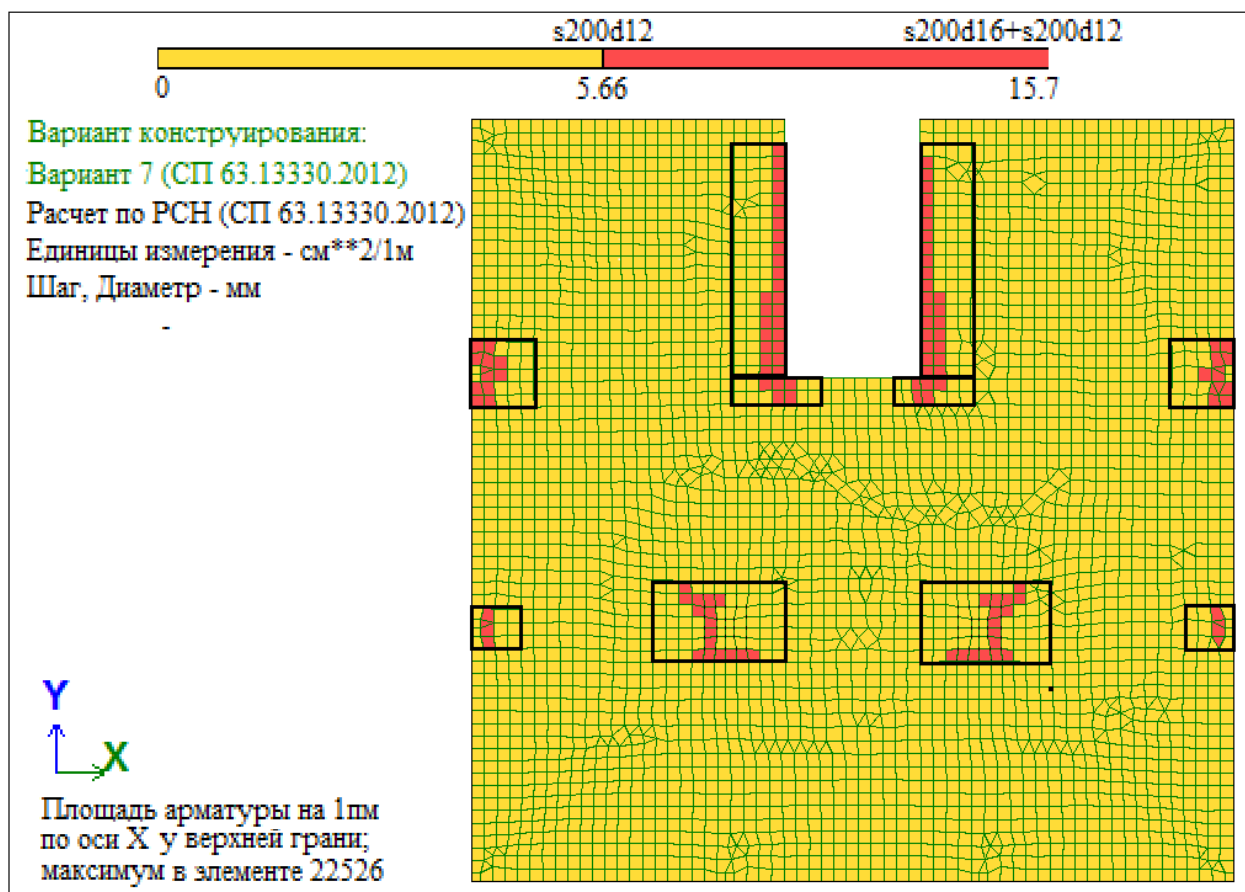


Рис. 22.13. Армирование верхней грани плиты по оси X

Длина анкеровки принимается согласно разделу 10, формула 10.1 СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции". Базовую (основную) длину анкеровки, необходимую для передачи усилия в арматуре с полным расчетным значением сопротивления  $R_s$  на бетон, определяют по формуле

$$l_{0,an} = \frac{R_s \cdot A_s}{R_{bond} \cdot u_s} \quad (22.1)$$

где:  $A_s$  и  $u_s$  - соответственно площадь поперечного сечения и периметр анкеруемого стержня;  $R_{bond}$  - расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, определяемое по формуле

$$R_{bond} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_{bt} \quad (22.2)$$

здесь:  $R_{bt}$  - расчетное сопротивление бетона осевому растяжению, для бетона класса В25 –

$$R_{bt} = 0,105 \text{ кН/см}^2;$$

$\eta_1$  - коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным для ненапрягаемой арматуры:

1,5 - для гладкой арматуры; 2,0 - для холоднодеформируемой арматуры периодического профиля;

2,5 - для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;

$\eta_2$  - коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры:

$\eta_2 = 1,0$  - при диаметре арматуры  $d_s \leq 32$  мм;

$\eta_2 = 0,9$  - при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

В рассматриваемом примере  $R_{bond} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_{bt} = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,105 = 0,2625 \text{ кН/см}^2$ .

$$l_{0,an} = (R_s \cdot A_s) / (R_{bond} \cdot U_s) = (35 \cdot 2,011) / (0,2625 \cdot 3,14159 \cdot 1,6) = 53,4 \text{ см.}$$

Заметим, что размер ячейки сетки конечных элементов плиты составляет 30 см, так, что на рис. 22.13 показана длина анкеровки 60 см. Положение зон дополнительного армирования для рабочих чертежей



снимите с экрана с помощью кнопки **Информация о размерах** на панели инструментов **Панель выбора**.

Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению оси

Y1, щелкните по кнопке – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**). Распределение арматуры показано на рис. 22.14.

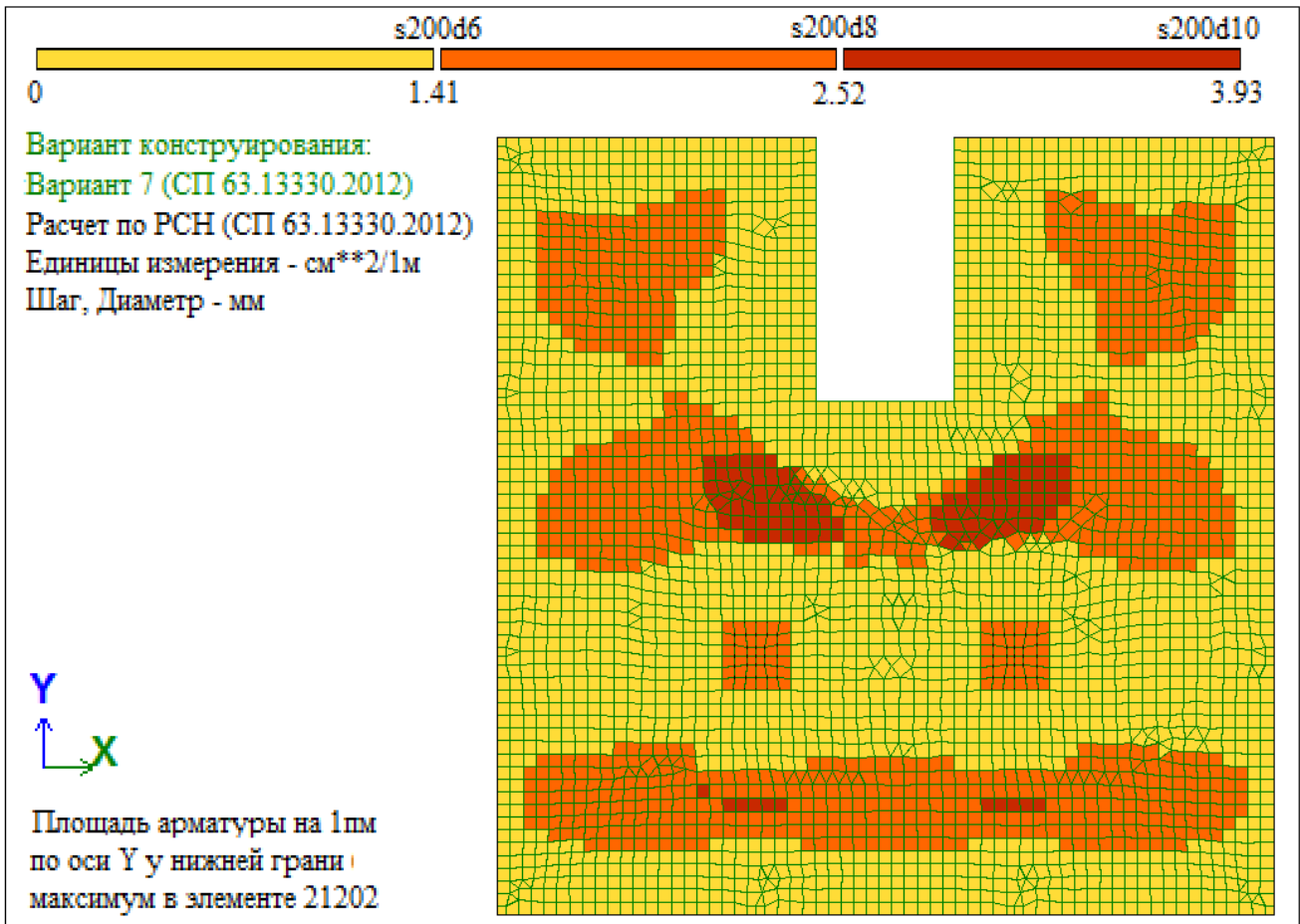


Рис. 22.14. Мозаика распределения арматуры у нижней грани плиты по оси Y

Из рисунка понятно, что для армирования нижней грани плиты достаточно только фоновой арматуры из стержней  $\varnothing 10$  мм  $A_s = 3,93 \text{ см}^2$  с шагом 200 мм.

➤ Щелкните по кнопке – **(Верхняя) арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**). Распределение арматуры показано на рис. 22.15.



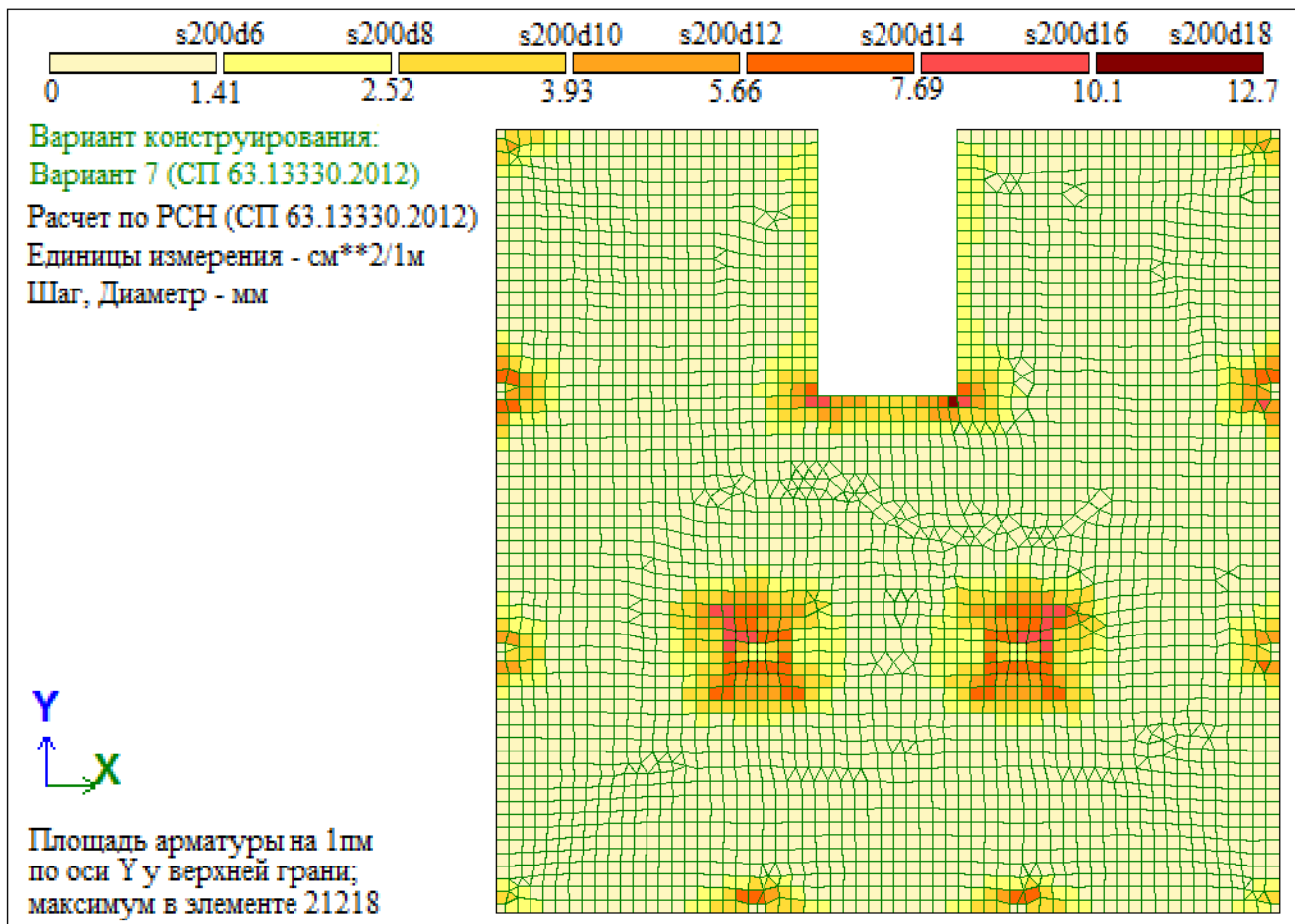



Рис. 22.14. Мозаика распределения арматуры у верхней грани плиты по оси Y



Далее выполняем действия подобные процедуре подбора верхней арматуры по оси X.

Отожмите кнопку **Верхняя арматура в пластинах по оси U1**.

В панели инструментов **Выбор** щелкните по кнопке **Полифильтр**. В открывшемся окне нажмите кнопку **Фильтр для элементов**  и поставьте галочку в окне **По номерам КЭ**. Внесите в это окно номер **21218**.

Нажмите кнопку **Применить** . Закройте окно **Фильтр для элементов**.


- Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. В открывшемся контекстном меню активируем строку **Фрагментация**. На экране появится отмеченный элемент № **21218**.

Щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на выделенный элемент. В открывшемся окне **Элемент 21218** нажмите кнопку **Арматура продольная** . В открывшейся таблице появится колонка **AS4** и в ней величина поперечного сечения арматуры - **10,12** см<sup>2</sup>. Это значение максимального армирования. Запомните это значение.

- Закройте таблицу **Элемент 21218**.

Щелкните правой кнопкой мыши по графической зоне экрана. На всплывшей таблице активируйте строку **Предыдущий фрагмент**. На экране возникнет плита перекрытия.

Подсчитаем величину необходимого дополнительного армирования  $AS_{\text{доп}} = 10,12 - 5,66 = 4,46$  см<sup>2</sup>. По сортаменту арматуры принимаем дополнительное армирование из 5 стержней  $\varnothing 12$  мм (шаг 200 мм) и с площадью поперечного сечения на полосу 1 м **As = 5,66** см<sup>2</sup>.

- Щелкните по кнопке  – **Верхняя арматура в пластинах по оси U1** (панель **Пластины** на вкладке **Конструирование**).
- Щелкните курсором по окну **Шкала**, панели **Инструменты** (вкладка **Конструирование**). На экране появится таблица **Параметры шкалы** (рис. 22.9).
- В этой таблице должна быть активной вкладка **Диапазоны**. Последовательно выделяйте строки с арматурой диаметром отличным от 12 мм и удаляйте их с помощью клавиши клавиатуры **Delete**. Останется строка **s200d12**. Активируйте строку ниже строки **s200d12** (она выделится черной рамкой). В таблице **Параметры шкалы** в окне **S** наберите 200 мм и в окне **d** – 12 мм.
- Нажмите окно **Добавить**, затем еще раз **Добавить**, а затем галочку **Применить**.
- Выйдите из таблицы **Параметры шкалы**.

На экране отобразится распределение верхней фоновой и дополнительной арматуры по направлению оси У, которое представлено на рис. 22.16. На рисунке рамками выделены поля дополнительного армирования. Длина стержней увеличена на длину анкеровки арматуры по направлению оси У.

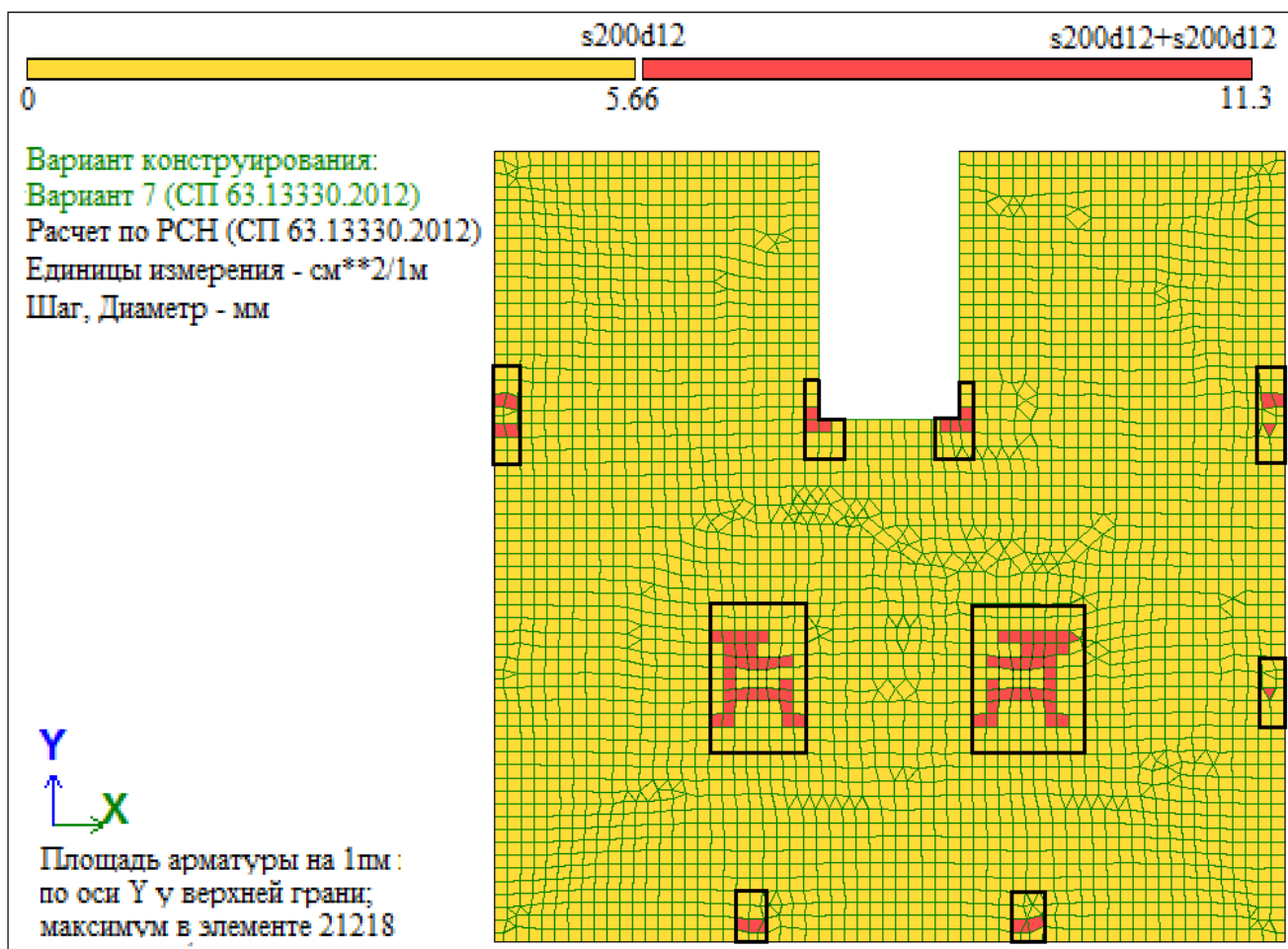


Рис. 22.16. Армирование верхней грани плиты по оси У

### Этап 23. Документирование результатов расчета.

По результатам расчета здания следует составить пояснительную записку и чертеж формата А3. В пояснительной записке необходимо описать метод расчета и приложить рисунки по результатам работы программы, а именно.

В программе САПФИР архитектурную и расчетную модели здания.

(Для документирования изображений из САПФИР следует воспользоваться функцией Print Screen Windows).

В программе ЛИРА:

конечно-элементную модель исходную и деформированную; для балки эпюры прогибов, изгибающих моментов, поперечных сил и армирования; для колонны первого этажа - эпюры изгибающих моментов, нормальных сил и армирование; для плиты перекрытия - изополя вертикальных перемещений, изгибающих моментов и распределение армирования, как теоретического, так и принятого.


Для документирования результатов расчета в программе ЛИРА используется **Графический контейнер**. Для сохранения результатов на любом этапе расчета





- Щелкните по пиктограмме **Графический контейнер**  на панели быстрого доступа.

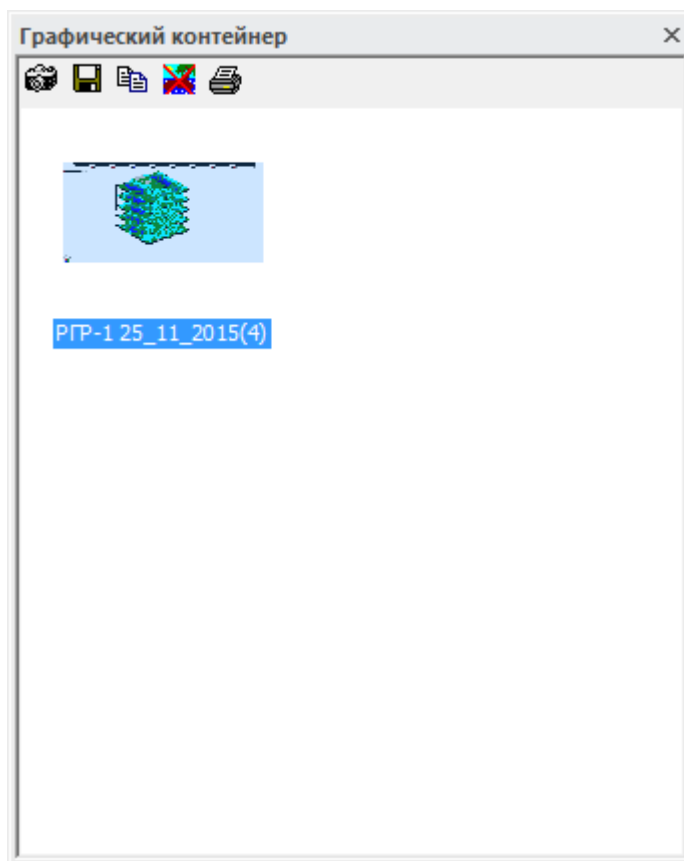
После этого у правой границы экрана программы появляется диалог **Графический контейнер**, рис. 23.1.

С помощью данного диалога можно накапливать данные о текущей задаче для последующего их документирования.

- Чтобы добавить изображение в окно **Графического контейнера** следует кликнуть по кнопке

**Добавить изображение** . Тогда в **Графический контейнер** будет записано текущее на данный момент изображение окна ЛИРА-САПР.

При выделении изображения в окне **Графического контейнера** активируются команды **Сохранить изображение** ; **Копировать изображение** ; **Удалить изображение** ; **Печатать** .



**Рис.23.2.** Диалог **Графический контейнер**

*На чертеже необходимо изобразить поперечник здания и его план, а также опалубочные и арматурные чертежи элементов перечисленных в разделе Цели и задачи на стр. 4.*

*Кроме того комплекс программ ЛИРА-САПР и САПФИР содержат программные инструменты позволяющие сформировать пояснительную записку и необходимые чертежи.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерные конструкции. Учебник, под редакцией В.В. Ермолова. – М.: «Архитектура--С», 2007.
2. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. - М.: Стройиздат, 1985.
3. Программный комплекс ЛИРА- САПР 2013 Учебное пособие. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. – К.- М.: Электронное издание, 2013., - 376 с.
4. Барабаш М.С., Палиенко О.И., Медведенко Д.В. Программный комплекс САПФИР – основа BIM-технологий.: Монография. –М.: АСВ, 2012.-356 с.: - ISBN
5. СП 63.13330.2012 "СНиП 52-01-2003 "Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения".
6. СП 52-103-2007 "Железобетонные монолитные конструкции зданий". – М, 2007.
7. СП 20.13330.2011 "СНиП 2.01.07-85\* "Нагрузки и воздействия".
8. СП 22.13330.2011 "СНиП 2.02.01-83\* "Основания зданий и сооружений".
9. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) - М: 2005.

---

*Учебное издание*

*Лев Исаакович Ярин  
Александр Любимович Шубин  
Роман Юрьевич Водопьянов  
Виктор Евгеньевич Губченко  
Елена Борисовна Королева  
Александра Евгеньевна Артамонова  
Виктор Петрович Титок*

**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**

Методические указания

Подписано в печать 07.11.2017  
Формат 60\*90 1/8 Бумага мелованная. Печать цифровая  
Отпечатано в типографии МАРХИ  
107031, Москва, Рождественка, 11/4  
+7(495)625-70-62 oop@markhi.ru