

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 19.09.2024 09:59

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064c12781953be730df2574d16f5e0ce538f01c6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



### Практические работы по дисциплине «Расчетные модели сооружений и их анализ»

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Курск 2024

УДК 624.012.3

Составители: Е.В. Осовских, О.Е. Осовских.

Рецензент

Кандидат технических наук Колесников А.Г.

**Практические работы по дисциплине «Расчетные модели сооружений и их анализ»** Методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Осовских, О.Е. Осовских - Курск, 2024.- 115 с. - Библиогр.: с. 115.

Приведены задания для практических работ для изучения основ использования программных комплексов для проектирования, расчета и моделирования конструкций гражданских и промышленных зданий и сооружений на базе пакета программ Lira SAPR.

Предназначены для студентов направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист 6.05 Уч.-изд.л. 6.8 Тираж 100 экз. Заказ

Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения	4
Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании	6
Расчет металлической башни	44
Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной железобетонной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК	69
Библиографический список	115

# 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина «Расчетные модели сооружений и их анализ» является дисциплиной по выбору.

## **Цель дисциплины:**

Изучение основ использования программных комплексов для проектирования, расчета и моделирования конструкций гражданских и промышленных зданий и сооружений.

## **Задачи дисциплины:**

- овладение принципами проектирования, моделирования, расчета строительных конструкций зданий и сооружений с использованием ПК;
- формирование навыков анализа результатов расчета строительных конструкций с помощью программных комплексов для решения конкретных инженерных задач с использованием норм проектирования.

## **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Обучающиеся должны **знать**:

- законы геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства;
- нормативно-техническую документацию, стандарты оформления графической части проекта;
- методы и средства физического и математического (компьютерного) моделирования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований,
- методы испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам физического и математического моделирования объектов строительства.
- исчерпывающую отечественную и зарубежную нормативную базу в области проектирования и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений, принципов проектирования зданий, планировки и застройки населенных мест;

## **Уметь:**

- использовать нормативные правовые документы в своей деятельности
- применять в практике проектирования и мониторинга объектов тепловой и атомной энергетики основную отечественную нормативную базу в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, планировки и застройки населенных мест.

## **Владеть:**

законами геометрического формирования, построения и взаимного пересечения моделей плоскости и пространства, необходимыми для выполнения и чтения чертежей зданий, сооружений и конструкций, составления конструкторской документации и деталей

- навыками использования в практике проектирования зданий и сооружений методов и средств физического и математического (компьютерного) моделирования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований,

- навыками использования в практике проектирования зданий и сооружений методов испытаний строительных конструкций и изделий, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам физического и математического моделирования объектов строительства.

- методами проектирования и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений, принципами проектирования зданий, планировки и застройки населенных мест, приведенными в полном объеме отечественной и зарубежной нормативной базы

# Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании

## Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы;
- продемонстрировать процедуру задания упругого основания;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- показать процедуру подбора арматуры для пластинчатых элементов каркаса;
- выполнить подбор и проверку стальных сечений стержневых элементов каркаса;
- показать технику задания нагрузок и сейсмического воздействия;
- показать технику составления таблиц РСУ и РСН.

## Исходные данные:

Схема каркаса показана на рис.4.1.

Пространственный каркас с фундаментной плитой на упругом основании с коэффициентом постели  $C1 = 1000 \text{ т/м}^3$ .

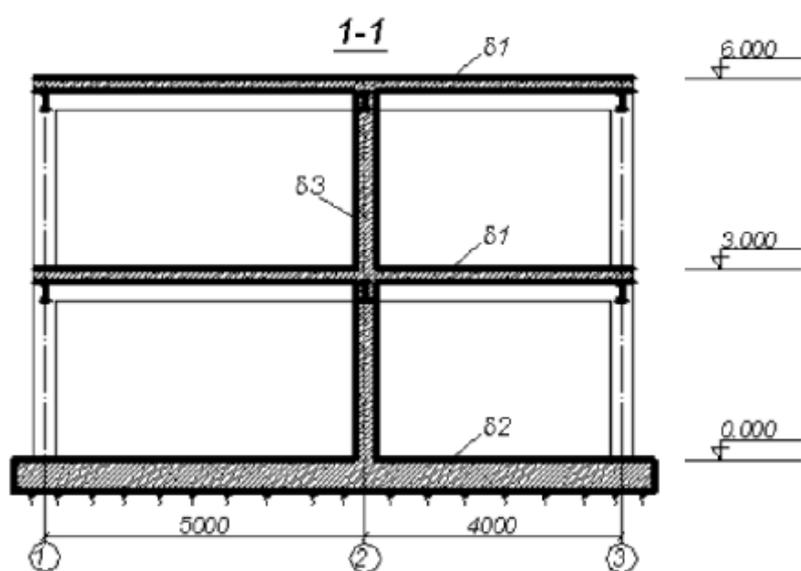
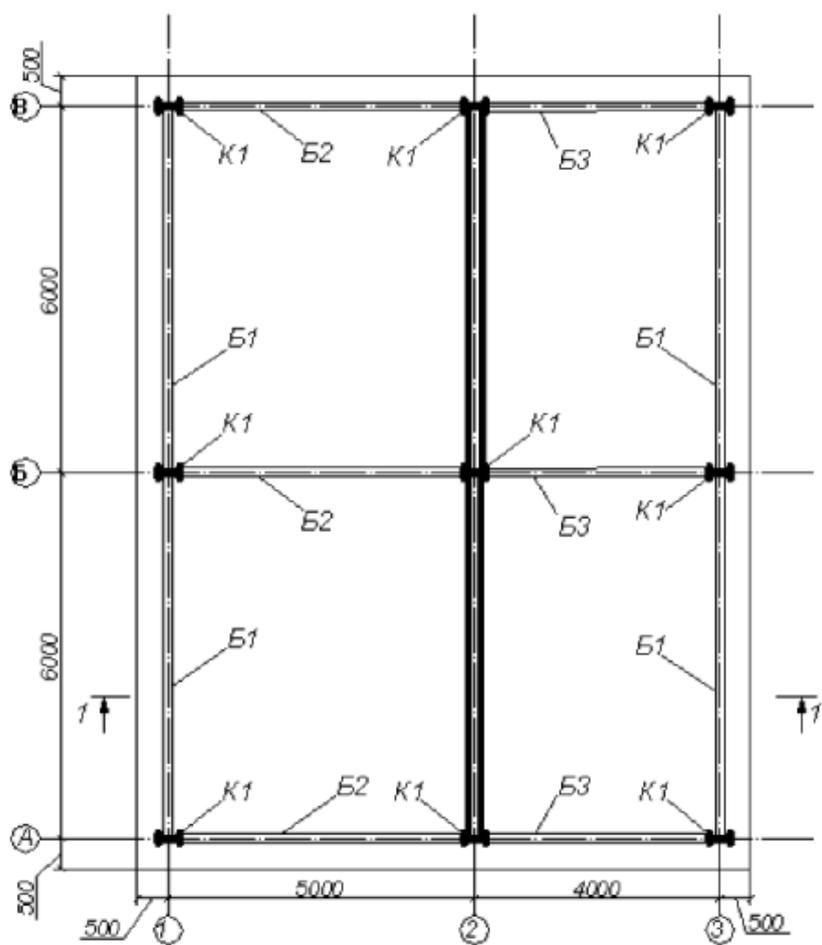
Материал рамы – сталь, материал плит и диафрагмы - железобетон В30. Расчет производится для сетки 18 x 24.

## Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес;
- загрузка 2 – постоянная равномерно распределенная  $g_1 = 1.5 \text{ т/м}^2$ , приложенная на перекрытия 1-го и 2-го этажа; постоянная равномерно распределенная  $g_2 = 2 \text{ т/м}^2$ , приложенная на основание;
- загрузка 3 – снеговая  $g_3 = 0.08 \text{ т/м}^2$ .
- загрузка 4 – сейсмическое воздействие. Сейсмичность площадки 7 баллов, категория грунта 1. Неблагоприятное направление сейсмического воздействия – вдоль меньшей стороны здания.

## Сечения элементов рамы:

- балки – двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный), профиль 30Б1;
- колонны – двутавр с параллельными гранями полок типа К (колонный), профиль 35К1;
- плиты перекрытия толщиной 200 мм;
- диафрагма толщиной 300 мм;
- основание – фундаментная плита толщиной 500 мм.



K1 - 35K1  
 B1, B2, B3 - 30B1  
 81 - 200 мм  
 82 - 500 мм  
 83 - 300 мм

Рис.4.1. Схема каркаса здания

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:  
Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2015 ⇒ ЛИРА-САПР 2015.

## Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис.4.2) задайте следующие параметры:
  - имя создаваемой задачи – **Пример4**;
  - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

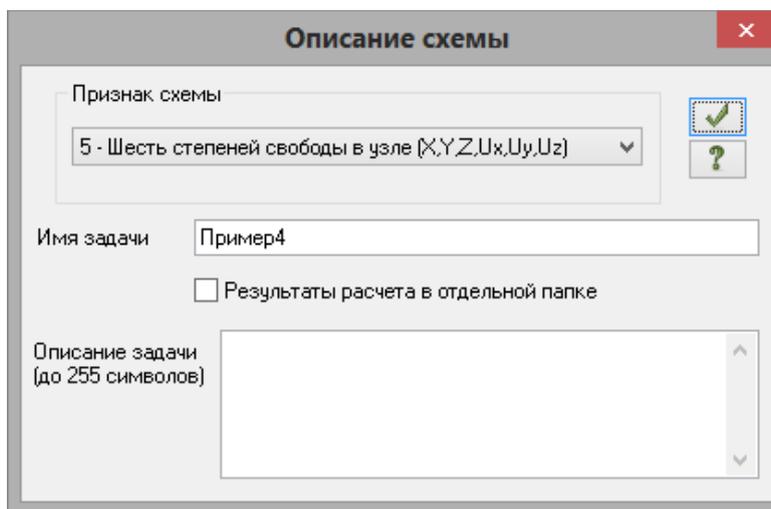


Рис.4.2. Диалоговое окно **Описание схемы**

 Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для

этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду  – **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся

списке **Новый** выберите команду  – **Пятый признак схемы (Шесть степеней свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи. Установка флажка **Результаты расчета в отдельной папке** в диалоговом окне **Описание схемы** дает возможность сохранять все результаты расчета для конкретной задачи в отдельной папке с именем, которое совпадает с именем задачи. Данная папка создается в каталоге хранения результатов расчета. Это удобно в том случае, если нужно найти результаты расчета для конкретной задачи и последующей передаче файлов результатов расчета или просмотра и анализа этих файлов с помощью проводника или других файловых менеджеров.

## Этап 2. Создание геометрической схемы

### Создание пространственной рамы

- Вызовите диалоговое окно **Пространственная рама** щелчком по кнопке  – **Генерация пространственных рам** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).



## [Вывод на экран номеров узлов](#)

- Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

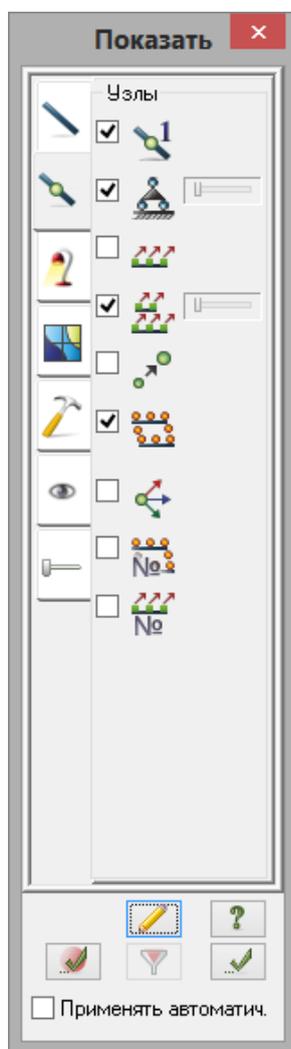


Рис.4.4. Диалоговое окно **Показать**

## [Создание диафрагмы](#)

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** на закладке **Генерация балки-стенки**, выбрав команду  – **Генерация балки-стенки** в раскрывающемся списке **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В этом диалоговом окне в поле **Угол поворота относительно оси Z** введите значение **90** градусов.
- Укажите курсором на узел № 11 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна (рис.4.5) задайте параметры диафрагмы:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

**L(м) N**

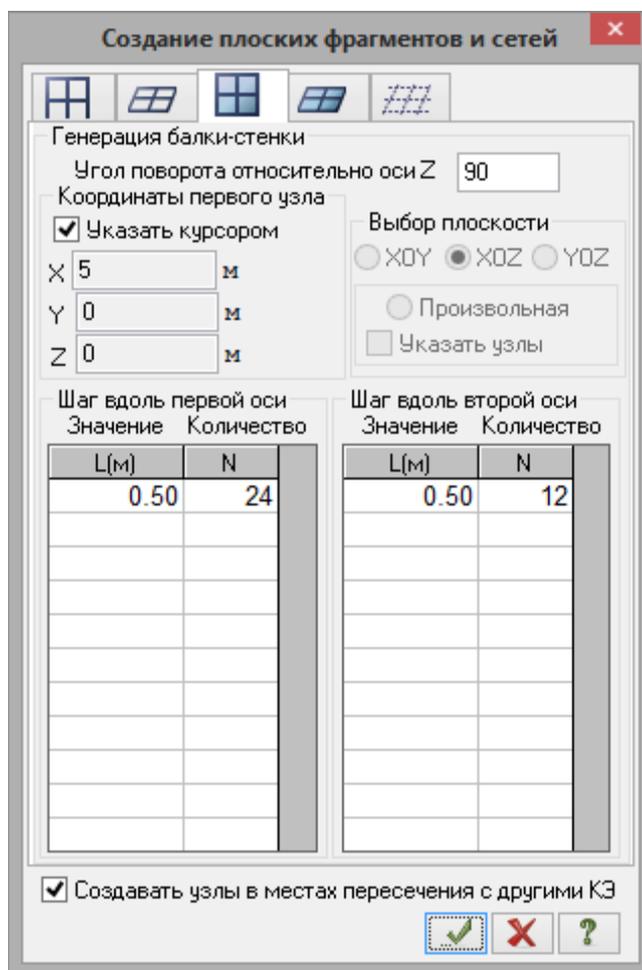
0.5 24

**L(м) N**

0.5 12.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

 Так как в диалоговом окне **Создание плоских фрагментов и сетей** установлен флажок **Создавать узлы в местах пересечения с другими КЭ**, то разделение стержневых элементов колонн в месте расположения диафрагмы производится с тем же шагом КЭ, как и в диафрагме.



**Рис.4.5.** Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

#### Корректировка схемы

- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора ("резинового окна") выделите только элементы балок, которые находятся в теле диафрагмы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет, должно выделиться 48 конечных элементов).

 Отметка элементов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных элементов "резинового окна".

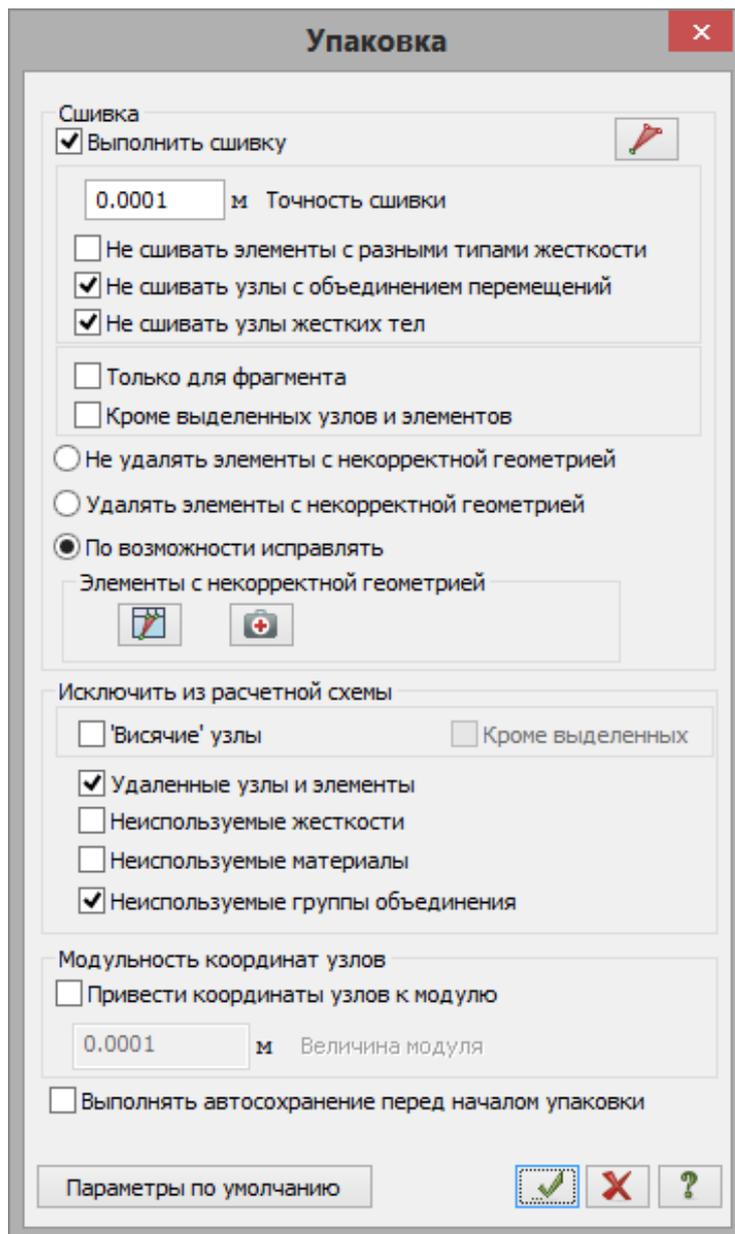
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

*Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом*

- Щелчком по  – **Удаление выбранных объектов** (панель **Редактирование** на **Создание и редактирование**) удалите выделенные элементы.

Упаковка схемы

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.4.6).
- В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).



**Рис.4.6.** Диалоговое окно **Упаковка**

На рис.4.7 представлена полученная расчетная схема.

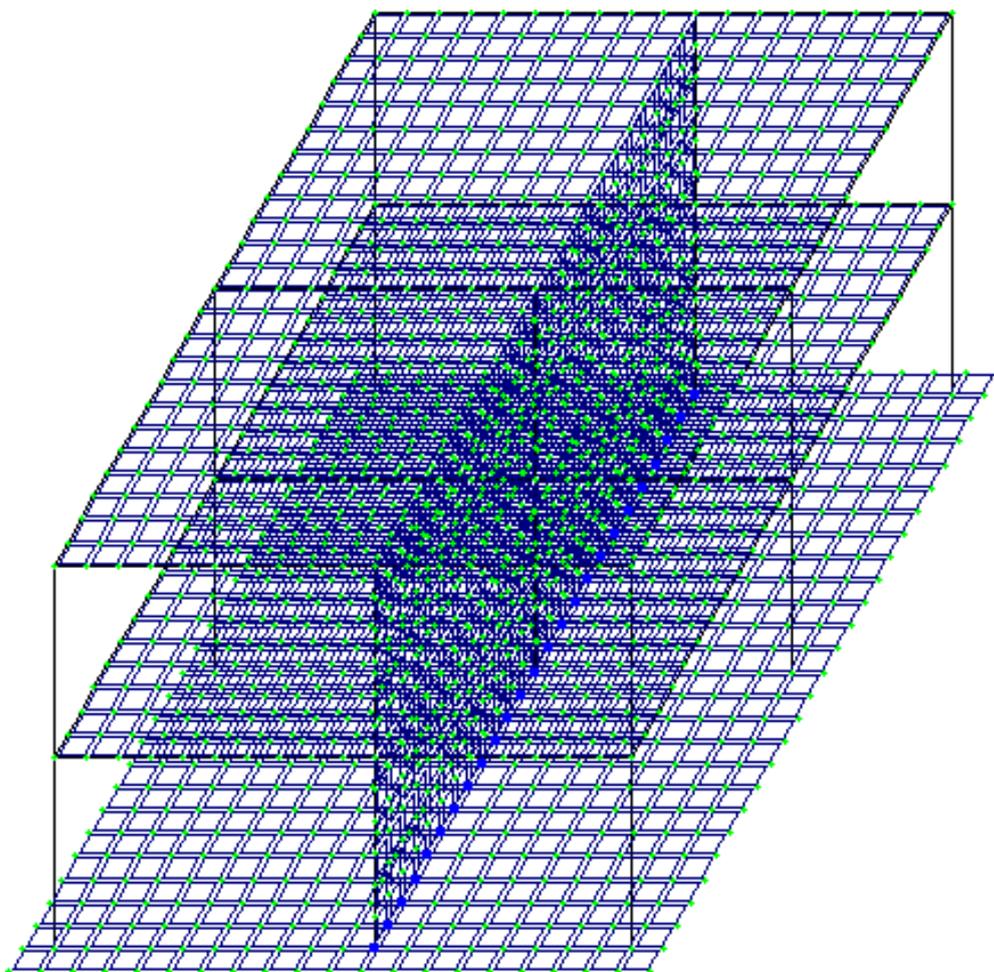


Рис.4.7. Расчетная схема каркаса

#### [Сохранение информации о расчетной схеме](#)

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт

**Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).

- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
  - имя задачи – **Пример4**;
  - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

### Этап 3. Задание вариантов конструирования

#### [Создание первого варианта конструирования](#)

➤ Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
  - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **PCY**;
  - остальные параметры принимаются по умолчанию.

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

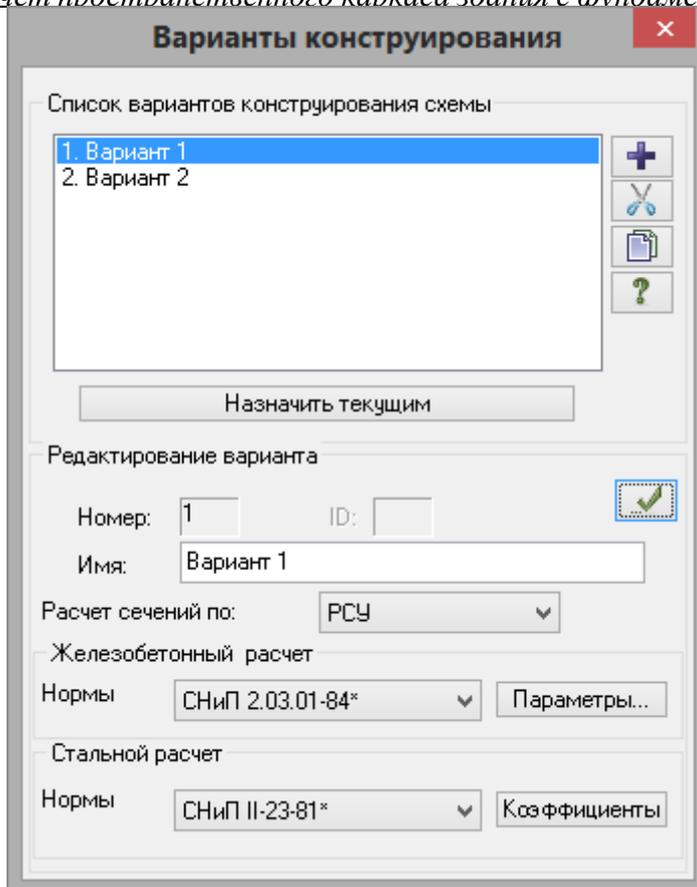


Рис.4.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**



Для создания нового варианта конструирования необходимо нажать кнопку  – **Создать новый вариант конструирования схемы** (по умолчанию все параметры нового варианта конструирования получают значения, заданные в диалоговом окне **Параметры расчета** на соответствующих закладках). После этого нужно задать следующие параметры:

- имя варианта конструирования;
- нормы для железобетонного и стального расчетов;
- вид расчета сечений (PCY, PCN или Усилия).

Ввод данных для варианта конструирования производится щелчком по кнопке  – **Применить**.

Щелчок по кнопке **Назначить текущим** или двойной щелчок по строке **Списка вариантов конструирования схемы** делает выбранный вариант активным в графической среде. Выбор материалов для варианта конструирования происходит в диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис. 4.9, а).

#### Создание второго варианта конструирования

- Для создания второго варианта конструирования щелкните по кнопке  – **Создать новый вариант конструирования схемы**.
- Далее задайте параметры для второго варианта конструирования:
  - в раскрывающемся списке для стального расчета **Нормы** выберите строку **СП 16.13330.2011**;
  - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:** выберите строку **PCN**
  - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

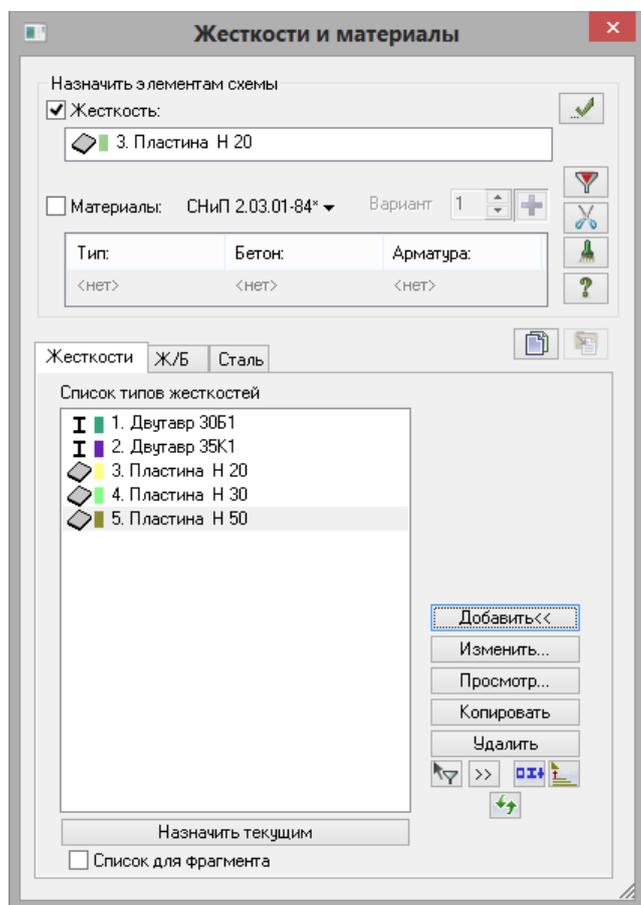
#### Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом

- Для назначения текущим первого варианта конструирования, в списке вариантов конструирования схемы выделите строку **Вариант1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке **X** – **Заккрыть**.

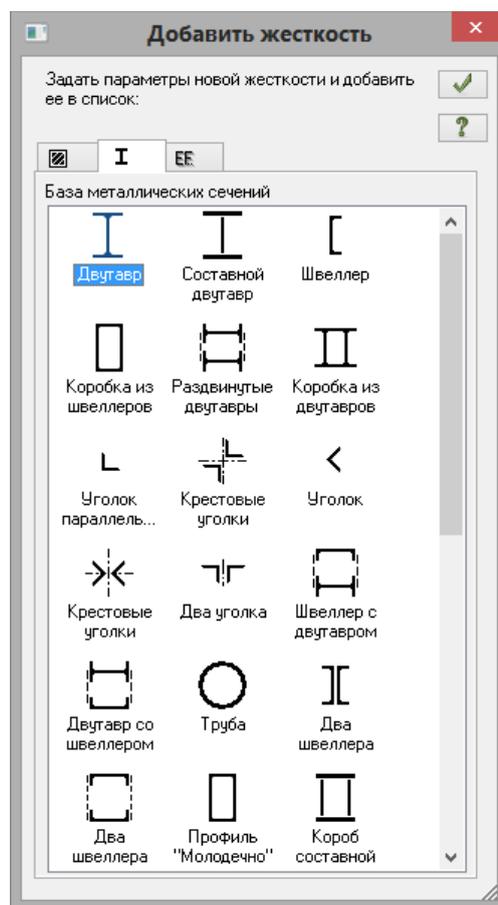
#### Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы

##### Формирование типов жесткости

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.4.9 а).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.4.9 б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.



а



б

Рис.4.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.4.10) задайте параметры сечения **Двутавр** (для балок):
  - в раскрывающемся списке – Профиль сначала выберите позицию – Двутавр с параллельными гранями полков типа Б(балочный);
  - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **30Б1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

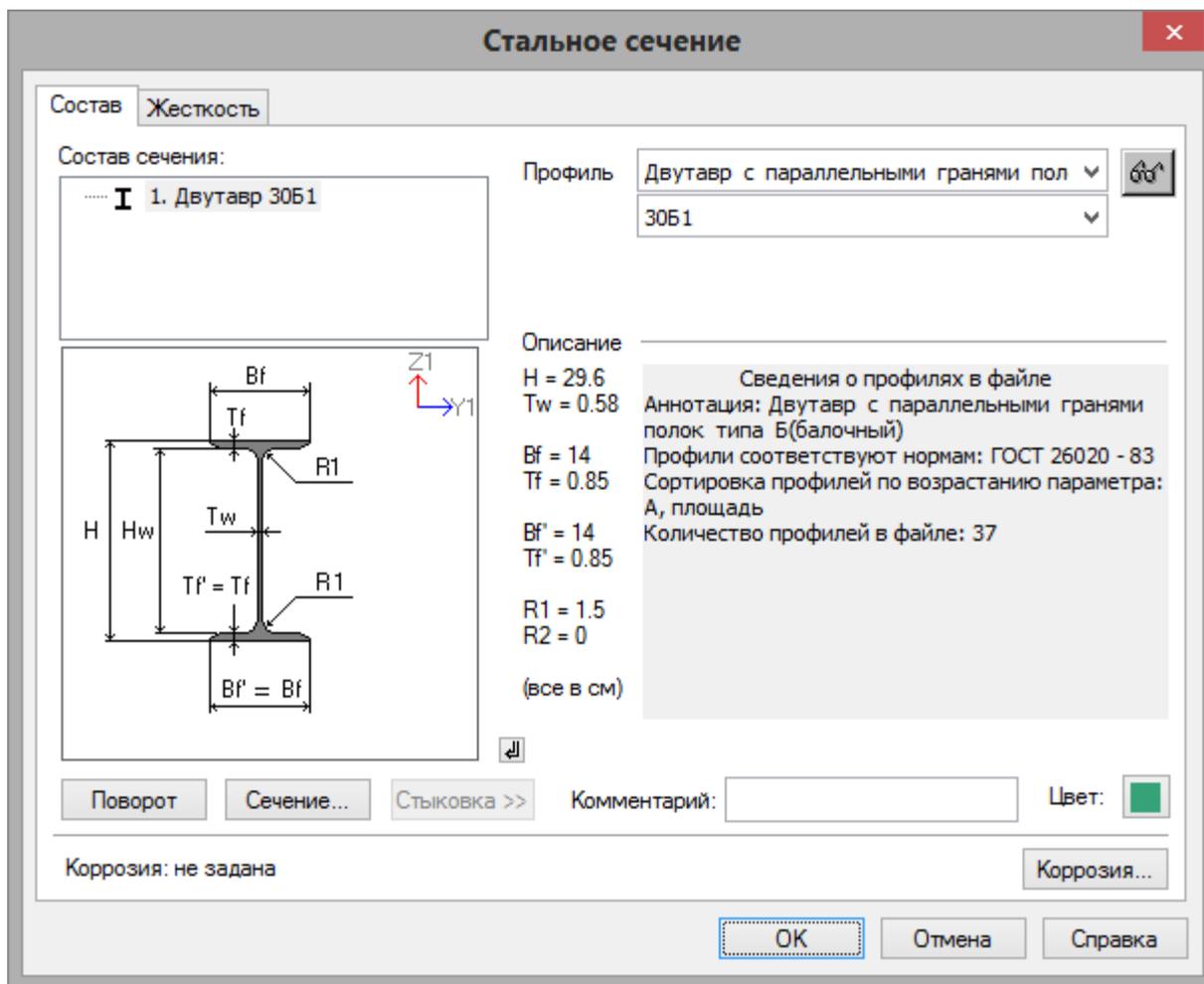


Рис.4.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Двутавр**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр** (для колонн):
  - в раскрывающемся списке – Профиль сначала выберите позицию – Двутавр с параллельными гранями полков типа К(колонный);
  - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **35К1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **OK**.
  
- Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** перейдите на третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**.
- В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.4.11) задайте параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):
  - модуль упругости –  $E = 3e6 \text{ т/м}^2$  (при английской раскладке клавиатуры);
  - коэф. Пуассона –  $\nu = 0.2$ ;
  - толщина –  $H = 20 \text{ см}$ ;
  - удельный вес материала –  $R_0 = 2.75 \text{ т/м}^3$ .
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

**Задание жесткости для пластин**

Учет ортотропии E2 0

E 3e6 T/M<sup>2</sup> V21 0

V 0.2 G 0

H 20 см Ro 2.75 T/M<sup>3</sup>

Учет нелинейности

Тип КЭ

Плита, оболочка Параметры материала

Балка-стенка Параметры арматуры

Учет сдвига

Меньший размер пластины 0 м

Комментарий Цвет

Рис.4.11. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором строку **3. Пластина Н 20** и дважды щелкните по кнопке **Копировать**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **4.Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметры для диафрагмы жесткости:
  - толщина – **Н = 30 см**.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **5. Пластина Н 20** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** измените параметры для фундаментной плиты:
  - толщина – **Н = 50 см**.
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.
- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Задание материалов для железобетонных конструкций

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по второй закладке **Ж/Б (Задание параметров для железобетонных конструкций)**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.4.12), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
  - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Оболочка**;
  - в строке **Комментарий** задайте **Оболочки**;
  - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

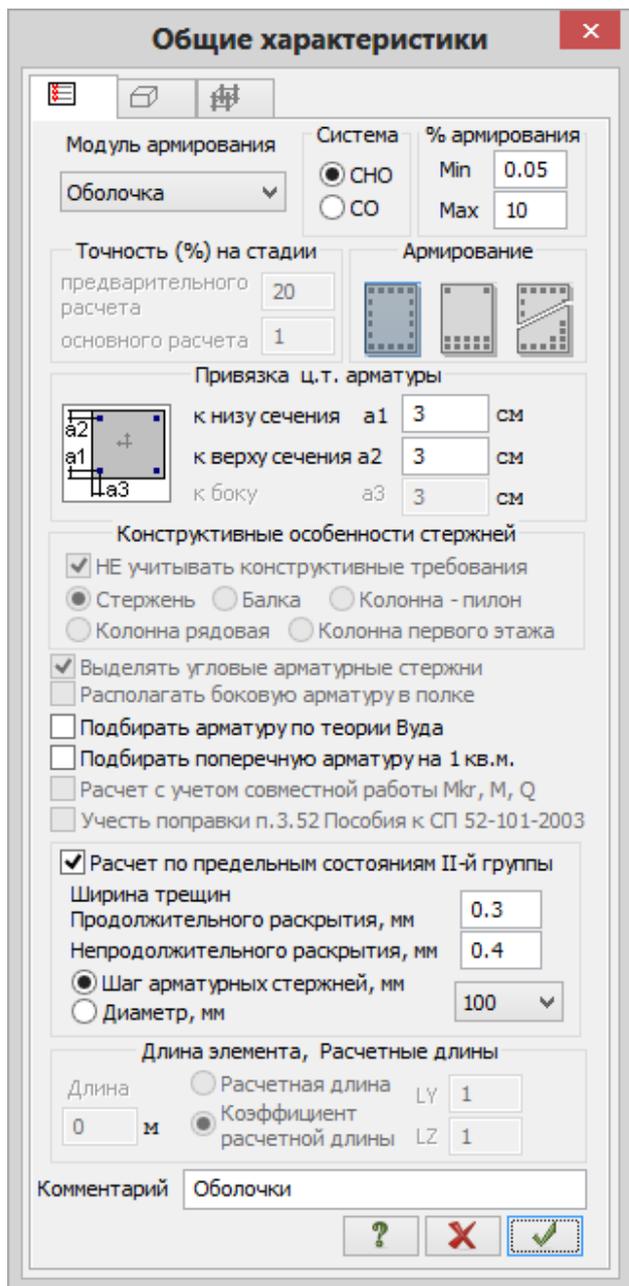


Рис.4.12. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **По умолчанию** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса А-III).



При использовании нескольких вариантов конструирования переключение на другой вариант конструирования производится в диалоговом окне **Жесткости и материалы** (рис.4.9 а) с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** (при установленном флажке **Материалы**.) Для каждого варианта конструирования задаются свои параметры материалов.

Для создания нового варианта конструирования необходимо нажать кнопку  – **Создать новый вариант конструирования схемы**. После этого откроется диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8), в котором нужно задать все необходимые параметры для нового варианта конструирования.

### Задание материалов для первого варианта конструирования стальных конструкций

- Перед тем как приступить к заданию материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Двутавр 30Б1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).
- После этого для задания материалов для стальных конструкций, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по третьей закладке **Сталь (Задание параметров для стальных конструкций)**.
- Далее включите радио-кнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Параметры** (рис.4.13), в котором задайте следующие параметры материалов.
  - в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СНиП II-23-81\***, **фасон**;
  - в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **C245**;
  - в строке **Комментарий** задайте **Вариант1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Номер	1
Комментарий	Вариант1
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C245
Сокращенный сортамент	Нет

**Комментарий**  
Произвольный текст, характеризующий этот набор материалов, присваиваемых элементам расчетной схемы

ОК Отмена

**Рис.4.13.** Диалоговое окно **Параметры**

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Параметры** (рис.4.14) задайте параметры для балок:
  - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
  - в поле **Комментарий** задайте **Балки**;
  - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	1
Комментарий	Балки
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
<b>Ребра жесткости</b>	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
<b>Расчет по прогибу</b>	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/400
Консоль	<input type="checkbox"/>
<b>Данные для расчета на общую устойчивость</b>	
Lef b, м	0
использовать коэффициенты длины	<input type="checkbox"/>
<b>Комментарий</b> Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.4.14. Диалоговое окно **Параметры**

- Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** (рис.4.15) задайте параметры для колонн:
  - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Колонна**;
  - в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
  - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 **Kz = 1**;
  - коэффициент длины относительно оси Y1 **Ky = 1**;
  - коэффициент длины для расчета Фб **Kb = 0.85**;
  - в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
  - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **OK**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	2
Комментарий	Колонны
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
<b>Предельная гибкость</b>	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
<b>Расчет производится</b>	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
<b>Расчетные длины</b>	
Kz	1
Ky	1
Kb	0.85
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
<div style="border: 1px solid gray; height: 100px; width: 100%;"></div>	
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.4.15. Диалоговое окно Параметры

#### Задание материалов для второго варианта конструирования стальных конструкций

- Для переключения на второй вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **2**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** при включенной радио-кнопке **Дополнительные характеристики** щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Параметры** задайте параметры для балок:
  - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
  - в поле **Комментарий** задайте **Балки**;
  - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** задайте параметры для колонн:
  - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Колонна**;
  - в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;

- задайте коэффициент длины относительно оси Z1  $K_z = 1$ ;
- коэффициент длины относительно оси Y1  $K_y = 1$ ;
- коэффициент длины для расчета Фб  $K_b = 0.85$ ;
- в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

➤ Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Материал** и щелкните по кнопке **Добавить**.

➤ В новом окне **Параметры** задайте параметры материалов:

- в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СП 16.13330.2011, лист и фасон**;
- в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **C245**;
- в строке **Комментарий** задайте **Вариант2**.

➤ Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

#### Назначение жесткостей и материалов элементам схемы

➤ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и выделите курсором строку

### 3. Балки.

➤ Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип дополнительных характеристик записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип дополнительных характеристик двойным щелчком по строке списка).

➤ При активной кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).

➤ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

➤ На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая комбинация жесткости и материала).



*Один и тот же материал может быть назначен элементам расчетной схемы одновременно с несколькими типами жесткостей для стальных конструкций. Назначить текущий материал выделенным элементам схемы, возможно лишь в том случае, если он совместим с текущей жесткостью. В противном случае, назначить материалы будет невозможно, о чем будет выдано соответствующее предупреждение.*

➤ Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

➤ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **4. Колонны**.

➤ Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.

➤ В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Двутавр 35К1**.

➤ Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов

#### **Панель выбора.**

➤ С помощью курсора выделите все вертикальные элементы.

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.

- Для переключения на первый вариант конструирования, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** с помощью счетчика **Номер текущего варианта конструирования схемы** переключитесь на номер варианта конструирования **1**.

- Чтобы назначить материалы стальным конструкциям для первого варианта конструирования, снимите флажок **Жесткость** в поле **Назначить элементам схемы**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке материалов для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Вариант1**.
- Далее в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку

## 2. Колонны.

- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы.

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.

- После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Балки**.

- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.

- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы.

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.

- Чтобы назначить материалы железобетонным конструкциям для первого варианта конструирования, щелкните по первой закладке **Жесткости**.

- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Пластина Н 20**.

- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.

- После этого в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по второй закладке **Ж/Б** (при этом в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **1.оболочка**, класс бетона – **1.В25** и класс арматуры – **1.А-III**).

- Щелкните по кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**.

- Укажите курсором на любой узел или элемент плиты перекрытия первого или второго этажа.

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В появившемся диалоговом окне с предупреждением щелкните по кнопке **ОК**.

- Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

- Назначьте текущим тип жесткости **4. Пластина Н 30**.

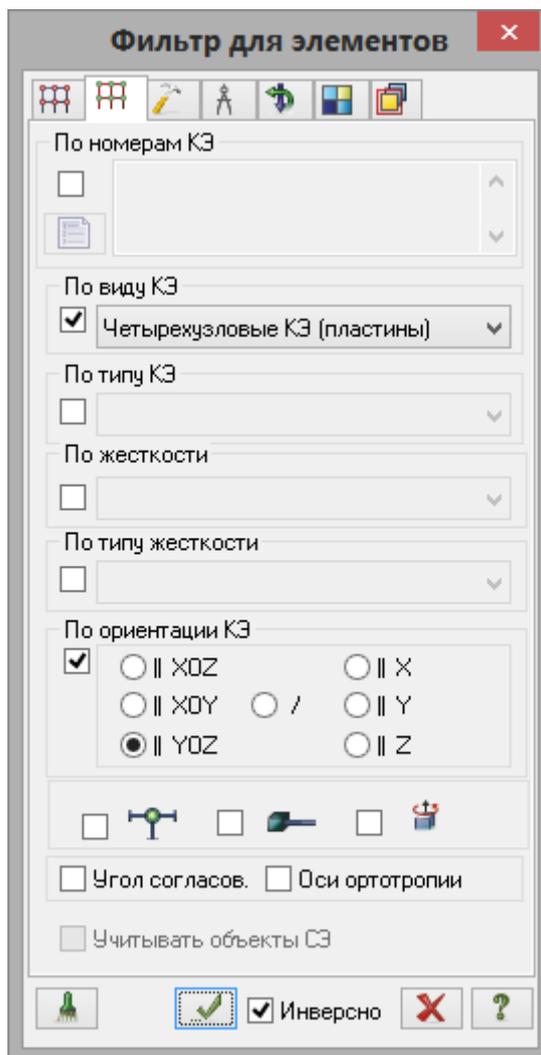
- Для выделения диафрагмы щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.

- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов** (рис.4.16).

- Далее установите флажок **По виду КЭ** и в раскрывающемся списке выберите строку **Четырехузловые КЭ (пластины)**.

- После этого установите флажок **По ориентации КЭ** и включите радио-кнопку **YOZ**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.



**Рис.4.16.** Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- Назначьте текущим тип жесткости **5. Пластина Н 50**.
- При активной кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**, укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

#### **Этап 5. Задание параметров упругого основания**

- При активной кнопке  – **Отметка блока** в раскрывающемся списке **Отметка блока** на панели инструментов **Панель выбора**, укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- Щелчком по кнопке  – **Коэффициенты постели С1, С2** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Задание коэфф. С1 и С2** (рис.4.17).
- В этом окне, при установленном флажке **Пластины** и включенной радио-кнопке **Назначить**, для задания коэффициентов постели в поле **С1z** введите значение коэф. жесткости упругого основания на сжатие **С1z = 1000 т/м³**.

- Щелкните по кнопке  – Применить.

Рис.4.17. Диалоговое окно **Задание коэфф. С1 и С2**

- Снимите выделение узлов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

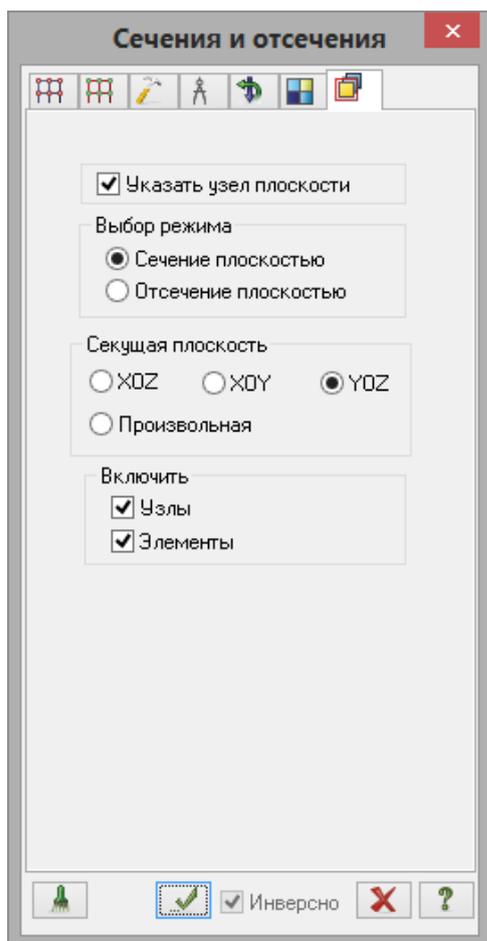
## Этап 6. Задание граничных условий



Во избежание геометрической изменяемости в плоскости  $XOY$ , на фундаментную плиту накладываем дополнительные граничные условия.

### Выделение узлов

- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.4.18).
- В этом окне для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **YOZ** (по умолчанию установлены флажки **Узлы** и **Элементы** в поле **Включить**, включена радио-кнопка **Сечение плоскостью** в поле **Выбор режима**, а также установлен флажок **Указать узел плоскости**).
- Укажите курсором любой узел стыковки диафрагмы с фундаментной плитой (узел окрашивается в черный цвет).
- Щелкните по кнопке  – Применить.



**Рис.4.18.** Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

➤ Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

➤ Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ, щелкните по кнопке  – **Проекция на YOZ** на панели инструментов **Проекция**.

➤ После щелчка по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите узлы стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.

### Задание граничных условий

➤ Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.4.19).

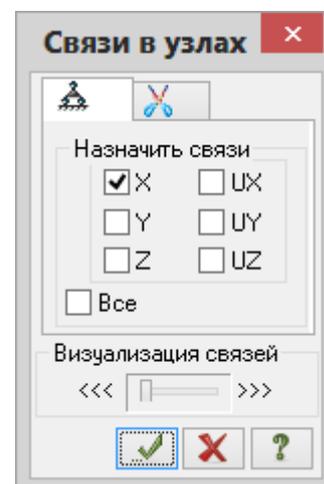
➤ В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X**).

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

➤ Выделите узел стыковки средней колонны с фундаментной плитой.

➤ В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте дополнительные направления, по которым запрещено перемещение узла (**Y, UZ**).

➤ Щелкните по кнопке  – **Применить**.



**Рис.4.19.** Диалоговое окно **Связи в узлах**

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после операции фрагментации, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

## Этап 7. Задание нагрузок

### Формирование загрузки № 1

- Щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.4.20).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы** и заданном коэф. надежности по нагрузке

равном **1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (элементы автоматически загружаются нагрузкой от собственного веса).

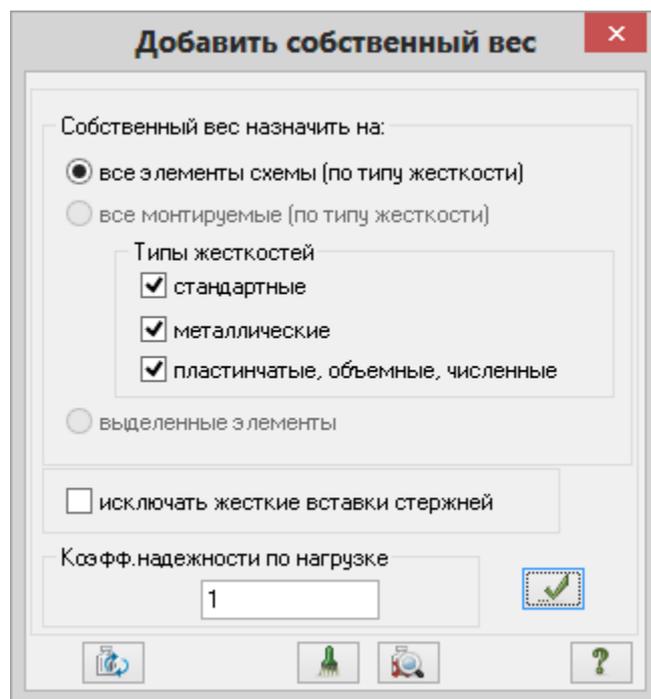


Рис.4.22. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

### Формирование загрузки № 2

- Смените номер загрузки щелчком по кнопке  – **Следующее загрузка** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- Выделите плиты перекрытия 1-го и 2-го этажа с помощью операции отметки блока (описание см. выше).
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на пластины** (рис.4.21) выбрав

команду  – **Нагрузка на пластины** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

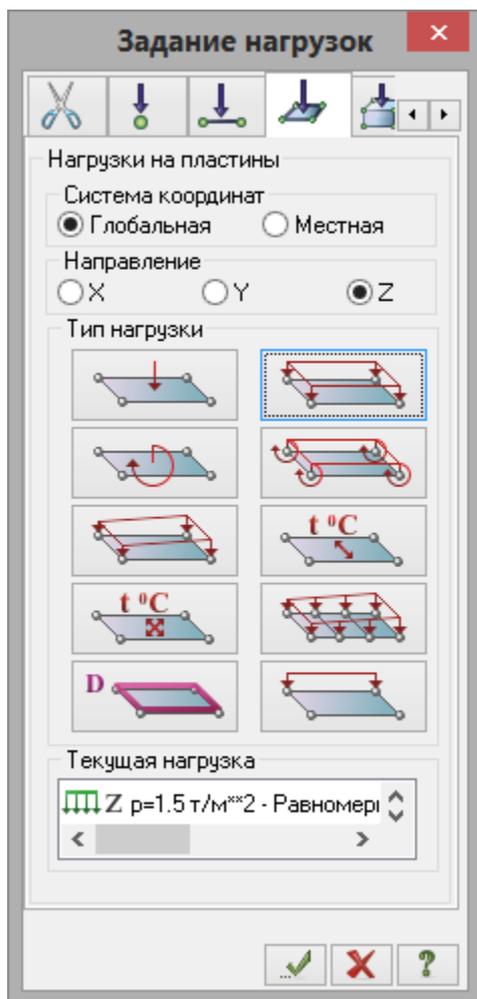


Рис.4.21. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 1.5 \text{ т/м}^2$  (рис.4.22).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

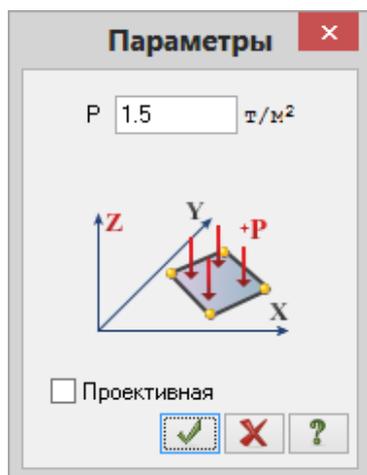


Рис.4.22. Диалоговое окно **Параметры**

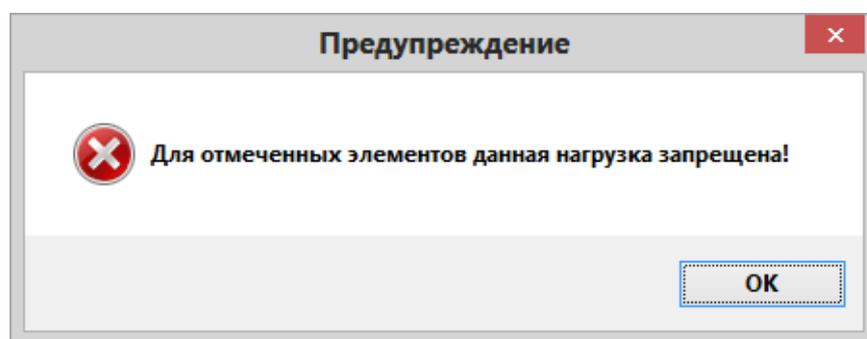


Рис.4.23. Диалоговое окно **Предупреждение**

- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение** (рис.4.23) в котором щелкните по кнопке **ОК**.



Предупреждение связано с тем, что при выделении плит перекрытия выделяются одновременно стержни и пластины. Задаваемая нагрузка на пластины запрещена для стержневых элементов.

- Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите все элементы фундаментной плиты при включенной функции выделения блока.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность  $p = 2 \text{ т/м}^2$ .
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния.
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.
- После щелчка по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите плиту перекрытия 2-го этажа.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.08 \text{ т/м}^2$ .
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **ОК**.
- Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

### Задание расширенной информации о нагружениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор нагружений** (рис.4.24) щелчком по кнопке  – **Редактор нагружений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом диалоговом окне в списке нагружений выделите строку соответствующую первому нагружению.
- Далее в поле **Редактирование выбранного нагружения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После этого в списке нагружений выделите строку соответствующую второму нагружению, а затем в поле **Редактирование выбранного нагружения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Далее в списке загрузений выделите строку соответствующую третьему загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

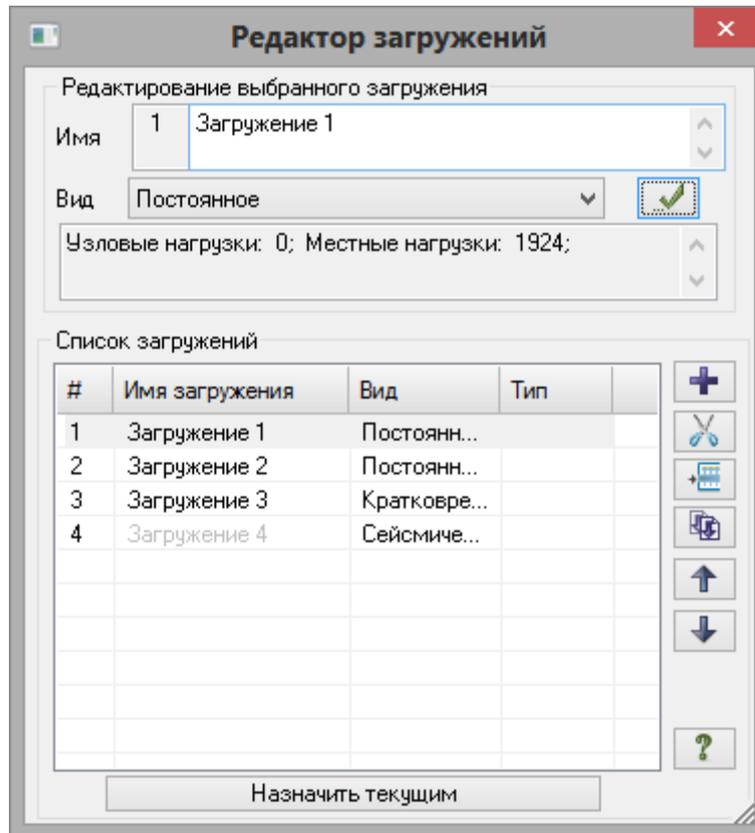
**Кратковременное** и щелкните по кнопке



– **Применить.**

- Чтобы добавить четвертое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке – **Добавить загрузение (в конец).**
- Для Загрузения 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся

списке **Вид** строку **Сейсмическое** и щелкните по кнопке  – **Применить.**



**Рис.4.24.** Диалоговое окно **Редактор загрузений** **Задание характеристик для расчета**

**рамы на сейсмику**

### **Этап 8. Формирование динамических загрузений из статических**

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузений из статических** (рис.4.25)

щелчком по кнопке  – **Учет статических загрузений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).

- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **загрузения (код 1)**, задайте следующие параметры:

- № динамического загрузения – **4**;
- № соответствующего статического загрузения – **1**;
- Коэф. преобразования – **0.9**.

- Щелкните по кнопке  – **Добавить.**

- Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:

- № динамического загрузения – **4**;
- № соответствующего статического загрузения – **2**;
- Коэф. преобразования – **0.9**.

- Щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- Для формирования третьей строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
  - № динамического нагружения – **4**;
  - № соответствующего статического нагружения – **3**;
  - Коэф. преобразования – **0.5**.
- Щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.

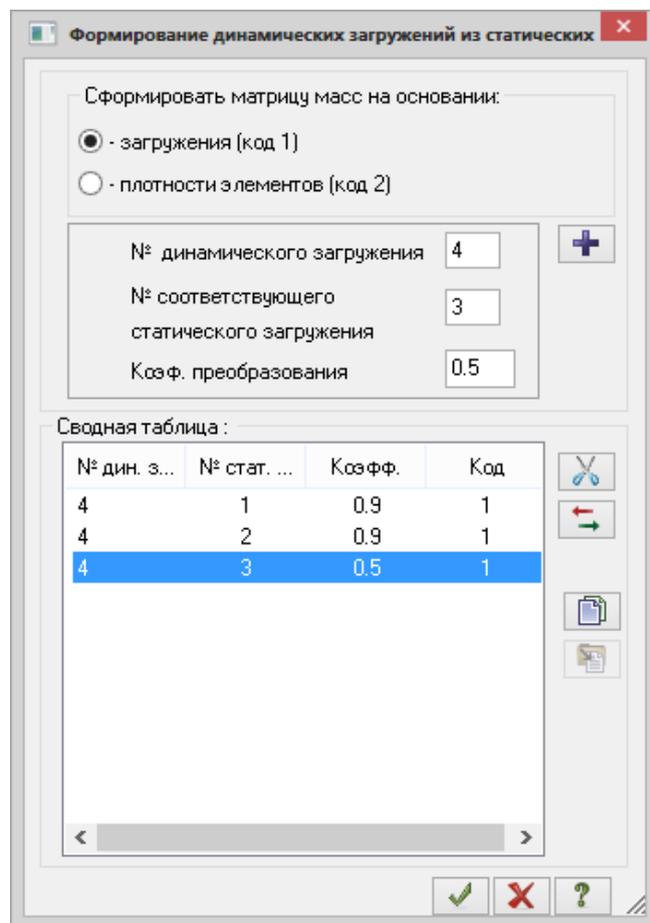


Рис.4.25. Диалоговое окно **Формирование динамических нагружений из статических** **Этап 9**.

### Формирование таблицы параметров динамических воздействий



Наиболее опасным направлением сейсмического воздействия считается направление вдоль меньшей стороны здания. Поскольку размеры здания в плане 9 x 12 м, наиболее опасным считается направление X.

- Вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

(рис.4.26) щелчком по кнопке  – **Таблица динамических нагружений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).

- В этом окне задайте следующие параметры:
  - № загрузки – **4**;
  - Наименование воздействия – **Сейсмическое /01.01.2000/СП 14.13330.2011/(35)**;
  - Количество учитываемых форм колебаний – **10**.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

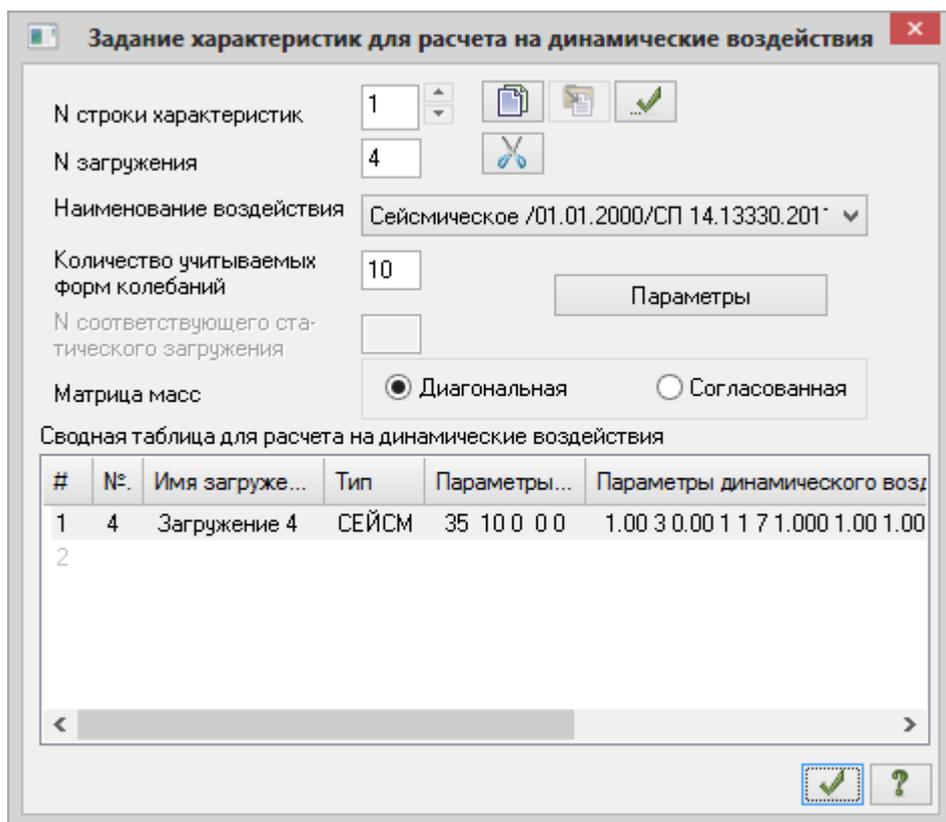


Рис.4.26. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.4.27) задайте следующие параметры:
  - направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в основной системе координат –  $CX = 1$ ;
  - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

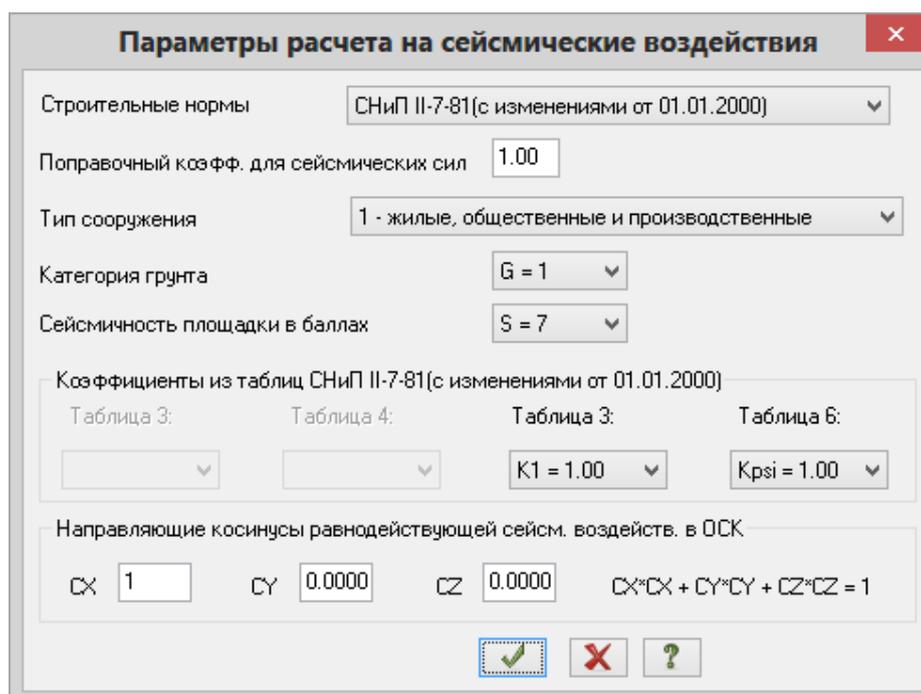


Рис.4.27. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

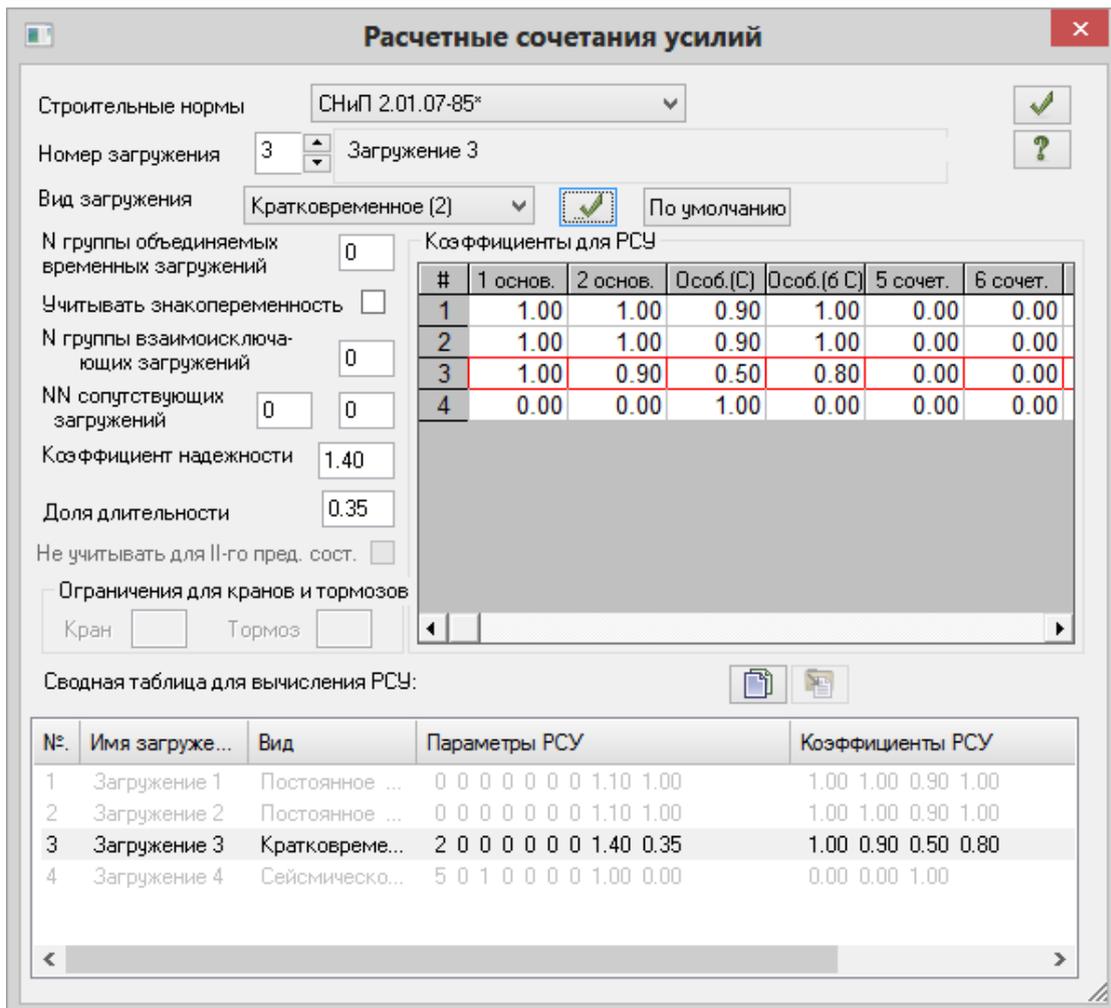
- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Этап 10. Генерация таблицы РСУ

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.4.28).

 Так как вид загрузки задавался в диалоговом окне **Редактор загружений** (рис.4.24) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загружения. Далее нужно только изменить параметры для третьего загружения.

- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНИП 2.01.07-85\*** задайте следующие данные:
  - в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 3-му загружению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.4** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для окончания формирования таблицы РСУ, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



**Расчетные сочетания усилий**

Строительные нормы: СНИП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 3 Загружение 3

Вид загрузки: Кратковременное (2)  По умолчанию

N группы объединяемых временных загружений: 0

Учитывать знакопеременность:

N группы взаимоисключающих загружений: 0

NN сопутствующих загружений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.35

Не учитывать для II-го пред. сост.:

Ограничения для кранов и тормозов: Кран  Тормоз

Коэффициенты для РСУ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(6С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
3	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Коэффициенты РСУ
1	Загружение 1	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загружение 2	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Загружение 3	Кратковремене...	2 0 0 0 0 0 1.40 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загружение 4	Сейсмическо...	5 0 1 0 0 0 1.00 0.00	0.00 0.00 1.00

Рис.4.28. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

## Этап 11. Генерация таблицы РСН

- Щелчком по кнопке  –РСН (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.4.29).
- В этом окне в раскрывающемся списке выберите строительные нормы **СП 20.13330.2011**.
- Далее в списке видов загружений задайте вид для каждого загружения после двойного щелчка мыши по ячейке таблицы **Вид**:
  - для первого загружения – **Постоянная (P)**;
  - для второго загружения – **Постоянная (P)**;
  - для третьего загружения – **Кратк. доминир. 1 (Pt1)**;
  - для четвертого загружения – **Сейсмическое (Pse)**.
- Для четвертого загружения после двойного щелчка мыши по ячейке **Знакоперемен.** задайте **+/-**.
- Для третьего загружения в ячейке **Козф. надежн.** задайте коэффициент надежности по нагрузке равный **1.4**.

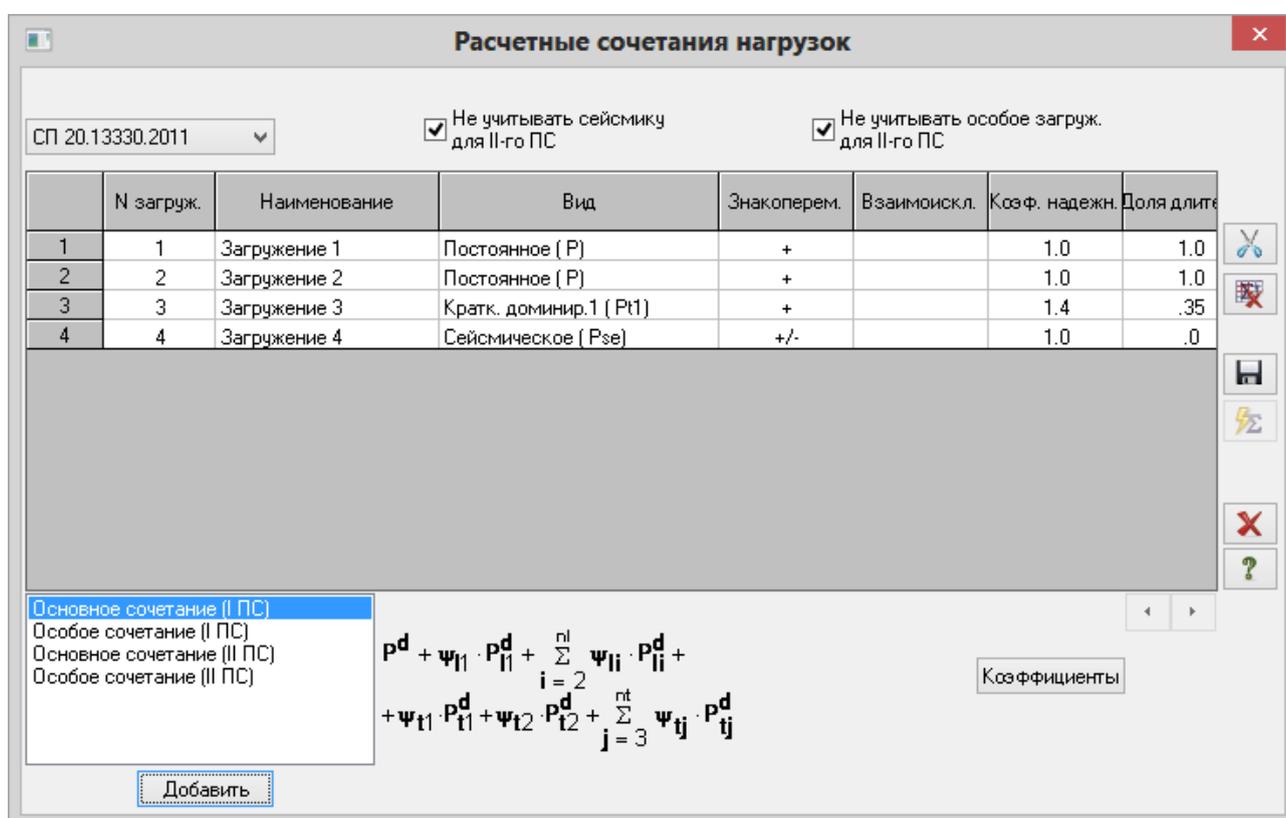


Рис.4.29. Диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок**

- Чтобы добавить возможные сочетания, выделите сначала строку **Основное сочетание (I ПС)** и щелкните по кнопке **Добавить**, затем выделите строку **Особое сочетание (I ПС)** и щелкните по кнопке **Добавить**, далее выделите строку **Основное сочетание (II ПС)** и снова щелкните по кнопке **Добавить**, а после этого выделите строку **Особое сочетание (II ПС)** и еще раз щелкните по кнопке **Добавить** (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СП 20.13330-2011).
- После этого щелкните по кнопке  - **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные данные.
- Закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

## Этап 12. Назначение конструктивных элементов



Конечные элементы, объединенные в конструктивный, при конструировании рассматриваются как единое целое. Между элементами, входящими в конструктивный элемент, не должно быть разрывов, они должны иметь один тип жесткости, не должны входить в другие конструктивные элементы и унифицированные группы, а также иметь общие узлы и лежать на одной прямой. В данной версии можно выделять все элементы схемы и объединять их в конструктивные.

### Создание конструктивных элементов БАЛКА

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы**

(рис.4.30) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В появившемся диалоговом окне установите флажок **Для всех** в поле **Вариант конструирования**.
- После этого в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.

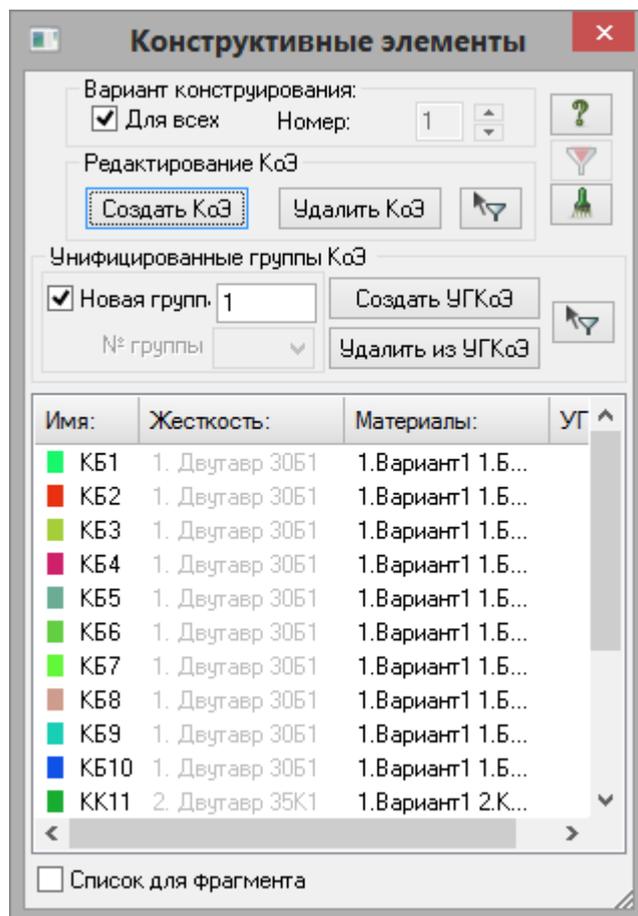


Рис.4.30. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

## Создание конструктивных элементов КОЛОННА

- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ щелчком по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.
- После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите колонны первого этажа в месте расположения диафрагмы.
- В диалоговом окне **Конструктивные элементы**, при установленном флажке **Для всех** в поле **Вариант конструирования**, в поле Редактирование КоЭ щелкните по кнопке Создать КоЭ.
- После этого выделите колонны второго этажа в месте расположения диафрагмы.
- В диалоговом окне **Конструктивные элементы**, при установленном флажке **Для всех** в поле **Вариант конструирования**, в поле Редактирование КоЭ еще раз щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.
- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления расчетной схемы щелчком по кнопке  – **Изометрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.

## Этап 13. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- Щелчком по кнопке  – **Раскрепления для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** (рис.4.31).
- В этом окне установите флажок **Для всех** в поле **Вариант конструирования**.
- После этого выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**.
- Далее, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

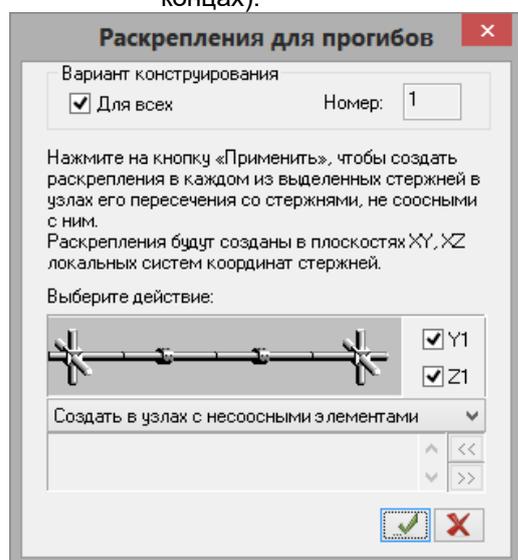


Рис.4.31. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

- Закройте диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Снимите выделение узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

#### Этап 14. Полный расчет схемы

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

#### Этап 15. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

#### Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.4.32).

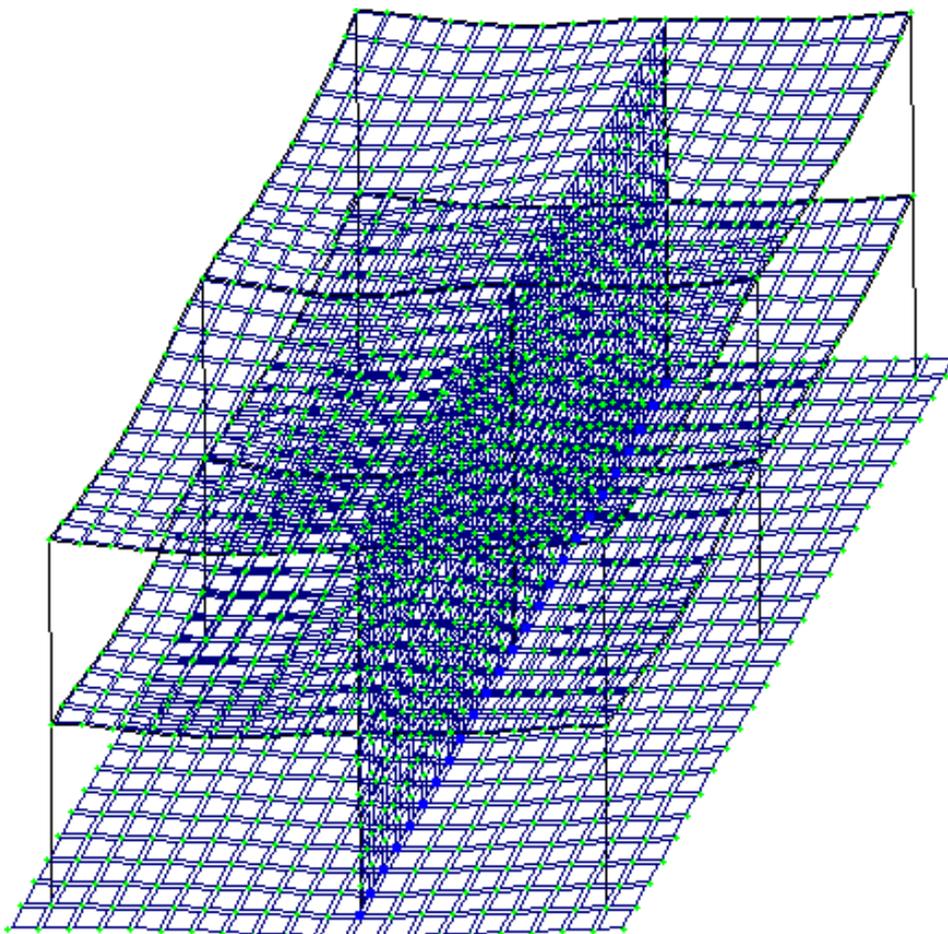


Рис.4.32. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

### Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Для выделения стержневых элементов, в диалоговом окне **ПолиФильтр** перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По виду КЭ** и в раскрывающемся списке выберите строку **Стержни**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для отображения на экране только выделенных стержневых элементов, выполните фрагментацию щелчком по кнопке  – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выведите на экран эпюру **My** щелчком по кнопке  – **Эпюры My** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода эпюры **Qz** щелкните по кнопке  – **Эпюры поперечных сил Qz** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода эпюры **N** щелкните по кнопке  – **Эпюры продольных сил N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Чтобы вывести мозаику усилия **N**, выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

### Смена номера текущего загрузки

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую второму загрузению и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

### Вывод на экран изополей перемещений

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

### Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по  $M_x$ , выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** и после этого щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по  $M_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).
- Для отображения мозаики напряжений по  $N_x$ , щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по  $N_x$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

- Для отображения мозаики напряжений по  $R_z$  (отпор упругого основания), щелкните по кнопке

– **Мозаика напряжений по  $R_z$**  (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

- Чтобы увидеть полную картину отображения мозаики напряжений по  $R_z$  в фундаментной плите, выделите её с помощью функции отметки блока и выполните фрагментацию.

➤ Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, щелкните по кнопке  – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

### Вывод форм колебаний конструкции

- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую четвертому загрузению и щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Выведите первую форму колебаний выбрав команду  – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

- Для вывода второй формы колебаний четвертого загрузения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую второй форме

колебаний и щелкните по кнопке  – **Применить**.

### Просмотр анимации второй формы колебаний

- Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню **Приложения** и выберите пункт

**Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка  на панели быстрого доступа).

- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого загрузения, с помощью команд управления выберите нужный ракурс отображения расчетной схемы и после этого щелкните по

кнопке  – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**).

- В диалоговом окне **Колебания** (рис.4.33) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.

➤ Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

- Для возврата к просмотру и анализу результатов статического и динамического расчетов, закройте окно пространственной модели

или щелкните по кнопке  – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).

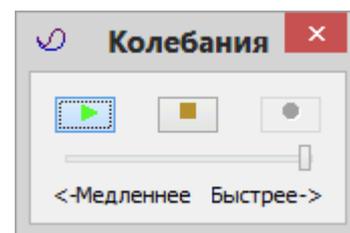


Рис.4.33. Диалоговое окно **Колебания**

### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).

- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.4.34) выделите строку **Усилия**.

➤ При активной строке **Все загрузки** в поле **Выбор загрузений**, щелкните по кнопке  – **Применить**.



По умолчанию стандартные таблицы создаются в формате CSV. Информация, которая выводится

*в данных таблицах, разделена по разным закладкам: исходные данные (например,*

коэффициенты для РСУ), если такие имеются; результаты для стержневых элементов; результаты для пластинчатых элементов и т. д.

При установке флажка **Создать обновляемую таблицу «Книги отчетов»** таблица будет создана только в формате CSV и вставлена в «Книгу отчетов». Таблицу, которая находится в «Книге отчетов», можно в дальнейшем обновлять в случае необходимости и верстать в отчет средствами «Книги отчетов».

Чтобы изменить формат создаваемой таблицы, нужно в диалоговом окне **Стандартные таблицы** щелкнуть по кнопке **Выбрать формат** и в появившемся окне **Формат таблиц** выбрать нужный формат и подтвердить выбор щелчком по кнопке **ОК** (для создания таблиц в текстовом формате нужно включить радио-кнопку **Текстовые**. Для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы "Графический Макетировщик" нужно включить радио-кнопку **RPT**).

Выбранный формат таблиц запоминается и будет использован по умолчанию при дальнейшей работе со стандартными таблицами.

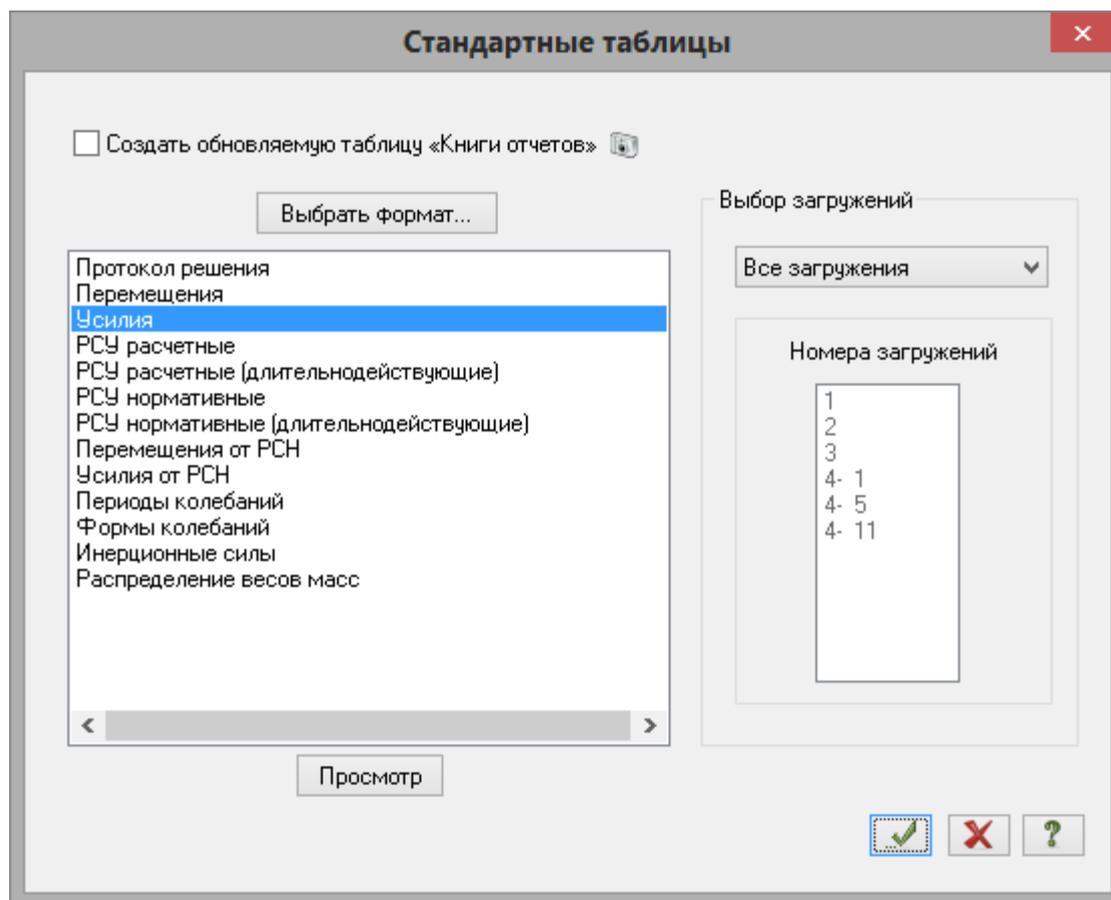


Рис.4.34. Диалоговое окно Стандартные таблицы

- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке – **Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Периоды колебаний**.
- Щелкните по кнопке – **Применить**.

#### Этап 16. Просмотр и анализ результатов конструирования



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование** (для стандартного стиля ленточного интерфейса).

## [Просмотр результатов армирования](#)

➤ Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из пластинчатых конечных элементов, щелкните по кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой пластинчатый элемент.

- В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Арматура продольная** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры).
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади нижней арматуры в пластинах по направлению

оси X1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси X1** (панель **ЖБ: армирование пластин** на вкладке **Конструирование**).

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

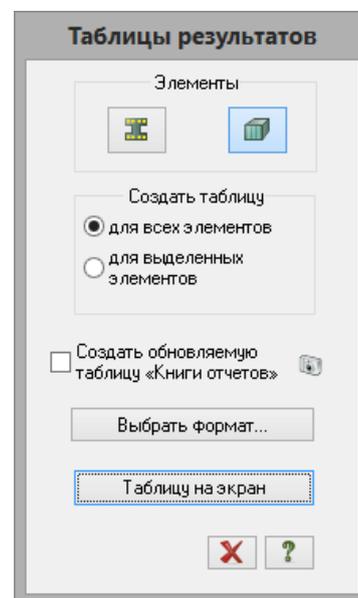
оси Y1, щелкните по кнопке  – **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **ЖБ: армирование пластин** на вкладке **Конструирование**).

## [Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры](#)

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.4.35),

выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).

- В этом окне в поле **Элементы** включите кнопку **Пластины** (по умолчанию в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (добавление создаваемой таблицы в «Книгу отчетов» и выбор формата таблицы осуществляется аналогично стандартным таблицам).



**Рис.4.35.** Диалоговое окно **Таблицы результатов**

## [Вывод на экран мозаик результатов проверки назначенных сечений стальных стержней](#)

- С помощью диалогового окна **ПолиФильтр** выделите все стержневые элементы схемы.
- Выполните фрагментацию выделенных элементов.
- Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по

первому предельному состоянию, щелкните по кнопке  – **Проверка, 1ПС** (панель **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику результатов проверки назначенных сечений стальных стержней по

местной устойчивости, щелкните по кнопке  – **Проверка, МУ** (панель **Сталь: проверка и подбор** на вкладке **Конструирование**).

### Создание таблицы проверки назначенных сечений стальных стержней

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.4.36), выбрав команду  – **Таблицы результатов для стали** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- В этом окне выделите строку **Проверка**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы "Графический Макетировщик" нужно включить радио-кнопку **RPT**. Для создания таблиц в формате Excel нужно включить радио-кнопку **Excel**).

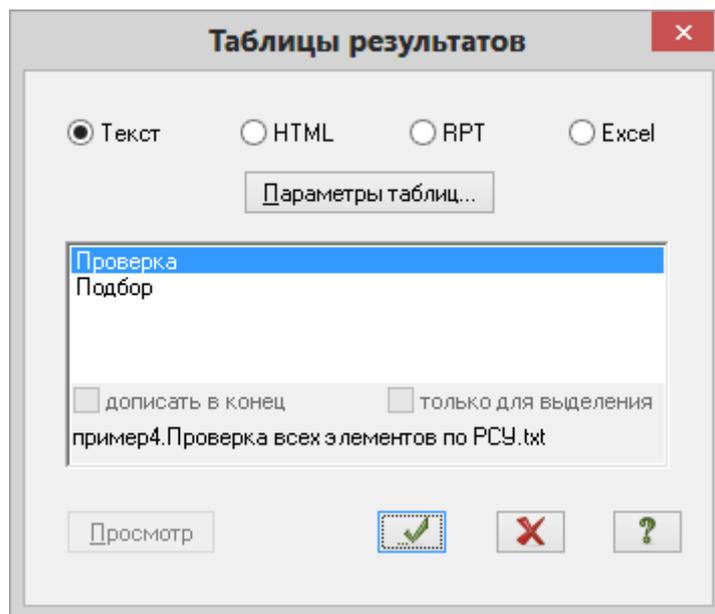


Рис.4.36. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Закреть**.

### Создание таблицы подбора сечений стальных стержней

- В диалоговом окне **Таблицы результатов** выделите строку **Подбор**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

### Смена номера варианта конструирования

- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер варианта конструирования** выберите строку соответствующую второму варианту конструирования.



Для просмотра и анализа результатов по другим вариантам конструирования, нужно вызвать диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.4.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Конструирование**). Чтобы переключиться на другой вариант конструирования, нужно выбрать соответствующую строку в **Списке вариантов конструирования схемы** и щелкнуть по кнопке **Назначить текущим**.

## Расчет металлической башни

### Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы металлической башни;
- показать технику задания ветрового пульсационного воздействия;
- продемонстрировать процедуру расчета нагрузки на фрагмент.

### Исходные данные:

Схема башни показана на рис.5.1. Металлическая башня высотой 16 м. Сечения элементов башни:

- стойки – труба бесшовная горячекатаная, профиль 45х3.5;
- раскосы – труба бесшовная горячекатаная, профиль 25х3.5;

### Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес; постоянная равномерно распределенная  $p = 0.25$  т/м, приложенная на верхние стержни;
- загрузка 2 – гололед;
- загрузка 3 – ветровая статическая нагрузка;
- загрузка 4 – ветровая нагрузка с учетом пульсации.

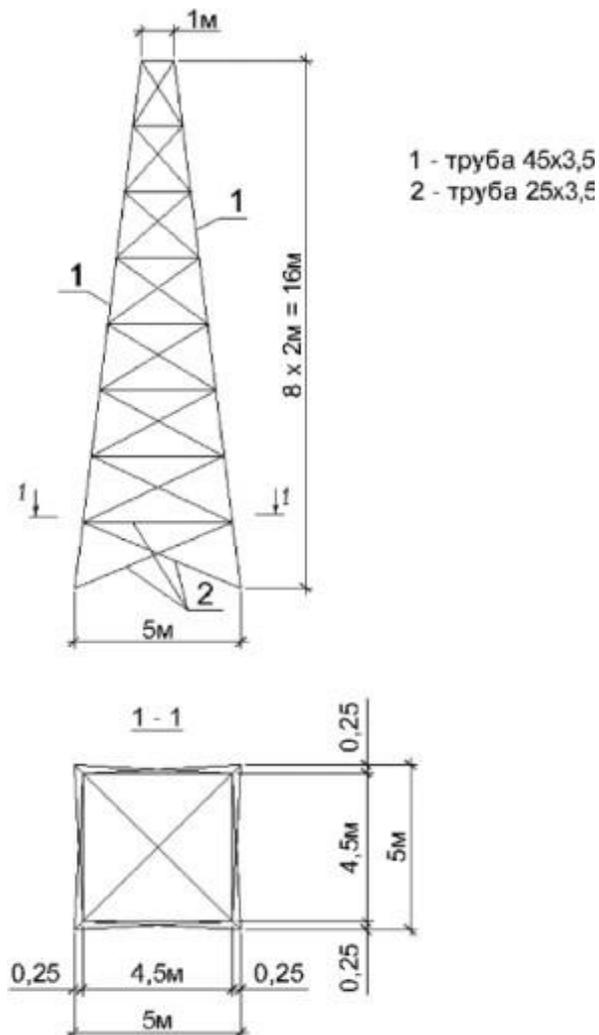


Рис.5.1. Схема башни

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА®-САПР, выполните следующую команду Windows:  
Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2015 ⇒ ЛИРА-САПР 2015.

## Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Новый** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Описание схемы** (рис 5.2) задайте следующие параметры:
  - имя создаваемой задачи – **Пример5**;
  - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **4 –Три степени свободы в узле (X,Y,Z)**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

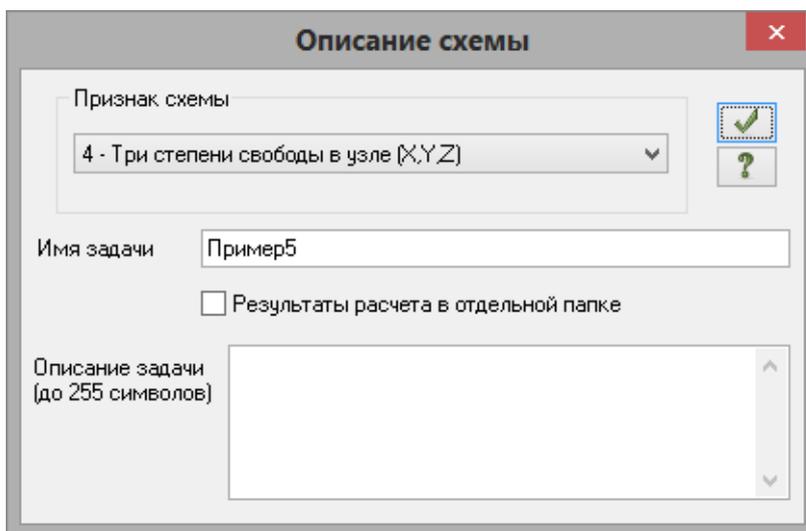


Рис.5.2. Диалоговое окно **Описание схемы**



Диалоговое окно **Описание схемы** также можно открыть с уже выбранным признаком схемы. Для этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду  **4 – Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке

**Новый** выберите команду  **4 – Четвертый признак схемы (Три степени свободы в узле)**. После этого нужно задать только имя задачи.

Установка флажка **Результаты расчета в отдельной папке** в диалоговом окне **Описание схемы** дает возможность сохранять все результаты расчета для конкретной задачи в отдельной папке с именем, которое совпадает с именем задачи. Данная папка создается в каталоге хранения результатов расчета. Это удобно в том случае, если нужно найти результаты расчета для конкретной задачи и последующей передаче файлов результатов расчета или просмотра и анализа этих файлов с помощью проводника или других файловых менеджеров.

## Этап 2. Создание геометрической схемы

### Добавление узлов

- Вызовите диалоговое окно **Добавить узел** (рис.5.3) щелчком по кнопке  – **Добавить узел** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).

➤ В этом диалоговом окне задайте координаты базового узла:

- X Y Z  
0 0 0.

➤ Щелкните по кнопке  – Применить.

➤ Затем введите координаты нижнего левого узла башни:

-2.5

- X Y Z  
-2.5 0.

➤ Щелкните по кнопке  – Применить.

➤ Затем введите координаты верхнего левого узла башни:

- X Y Z  
-0.5 -0.5 16.

➤ Щелкните по кнопке  – Применить.

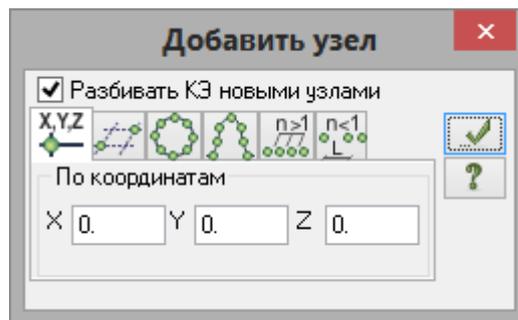


Рис.5.3. Диалоговое окно **Добавить узел**

#### [Вывод на экран номеров узлов](#)

➤ Щелкните по кнопке  – **Флаги рисования** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).

➤ В диалоговом окне **Показать** (рис.5.4) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.

➤ После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

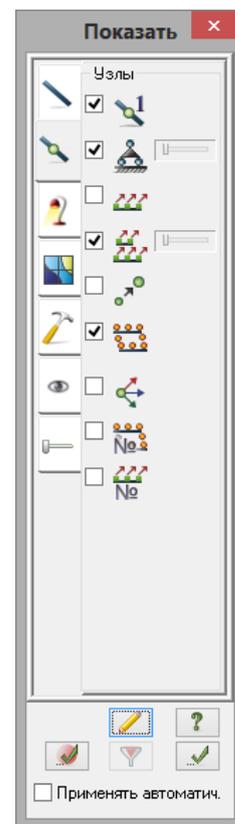


Рис.5.4. Диалоговое окно **Показать**

#### [Добавление стержневых элементов](#)

➤ В диалоговом окне **Добавить узел** перейдите на закладку **Разделить на N равных частей**.

➤ В поле ввода введите значение **N = 8**.

➤ При установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Соединить узлы стержнями** укажите последовательно курсором узлы № 2 и 3 (при этом между ними протягивается резиновая нить).

#### [Копирование элементов схемы](#)

➤ Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.

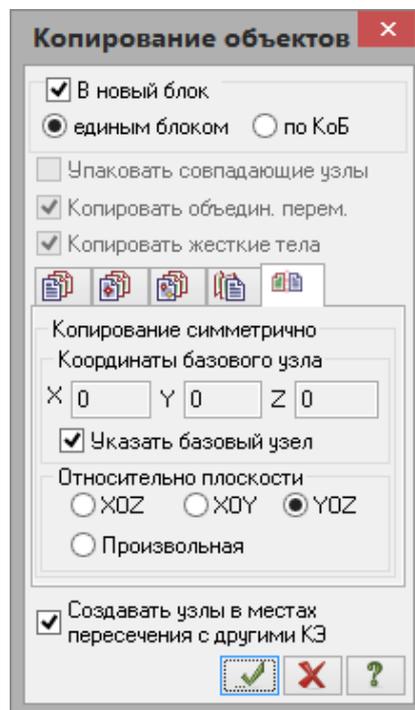
➤ С помощью курсора выделите все элементы схемы.

➤ Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** щелчком по кнопке  – **Копирование** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

➤ В этом окне перейдите на последнюю закладку **Копирование симметрично** (рис.5.5).

- Для указания плоскости, относительно которой будет произведено копирование, включите радиокнопку **YOZ**.

- При установленном флажке **Указать базовый узел**, укажите курсором на схеме узел № 1 (узел окрасился в малиновый цвет).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.



**Рис.5.5.** Диалоговое окно **Копирование объектов**

- Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

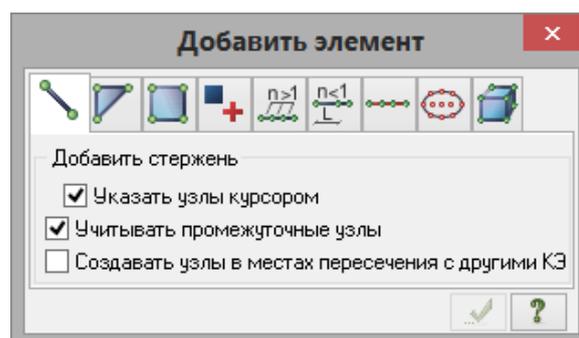


Диалоговое окно **Копирование объектов** также можно сразу открыть при активной закладке

**Копирование симметрично**. Для этого в раскрывающемся списке **Копирование** выберите команду  – **Копирование симметрично** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

#### [Добавление стержневых элементов решетки башни](#)

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) щелчком по кнопке  – **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом диалоговом окне снимите флажок **Создавать узлы в местах пересечения с другими КЭ**.



**Рис.5.6.** Диалоговое окно **Добавить элемент**

- Для добавления стержневых элементов между узлами № 2 и 13; 4 и 11; 4 и 13; 4 и 14; 5 и 13; 5 и 14; и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).

На рис.5.7 представлена полученная схема.

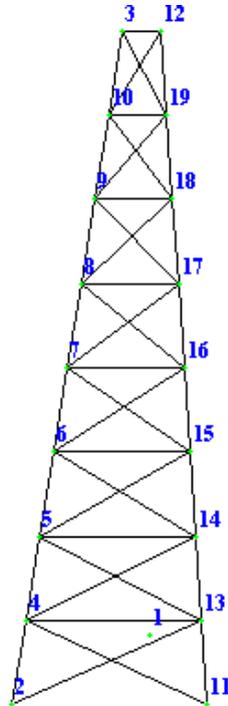


Рис.5.7. Схема части башни

### Этап 3. Задание граничных условий

#### Выделение узлов опирания

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите узлы № 2 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).

#### Задание граничных условий в узлах опирания

- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.5.8).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Y, Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

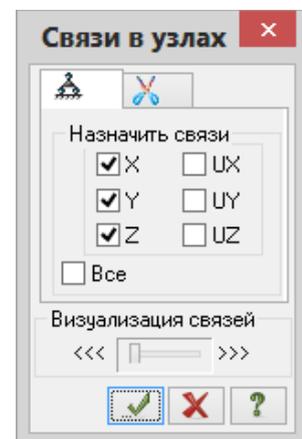
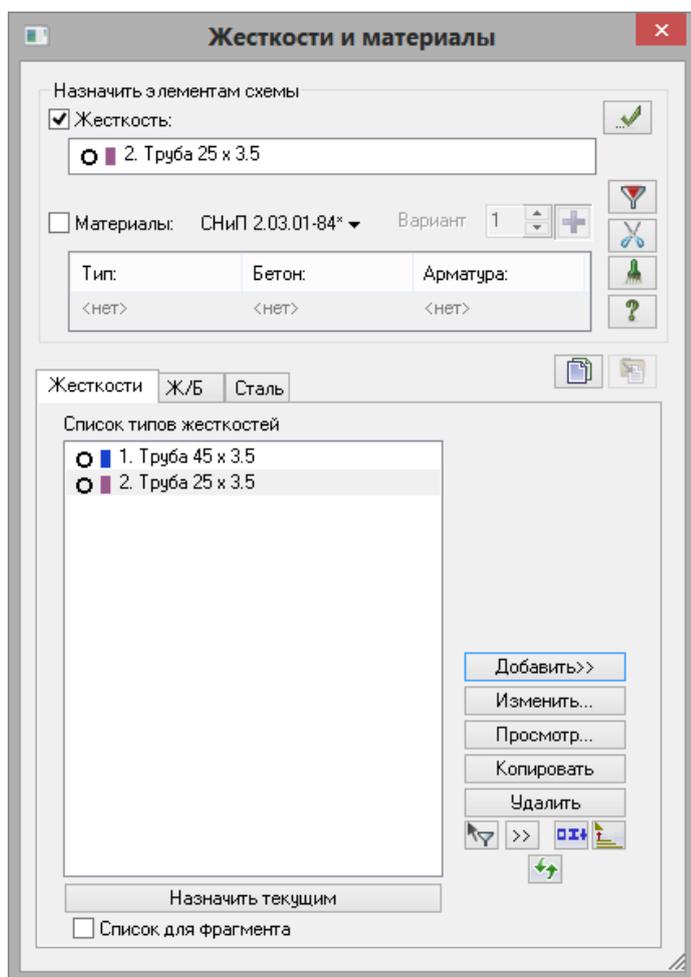


Рис.5.8. Диалоговое окно **Связи в узлах**

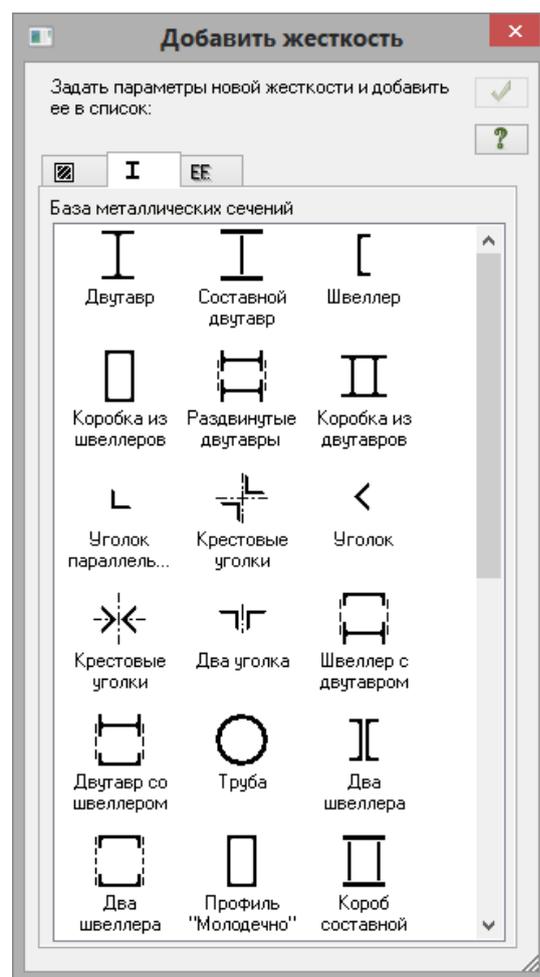
## Этап 4. Задание жестких параметров

### Формирование типов жесткости

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.5.9 а).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жестких характеристик) щелкните по второй закладке **База металлических сечений** (рис.5.9 б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Труба**.



а



б

Рис.5.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.5.10) задайте параметры сечения **Труба** (для стоек):
  - в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
  - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **45 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Труба**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Труба** (для раскосов):
  - в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Труба бесшовная горячекатаная**;
  - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **25 x 3.5**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

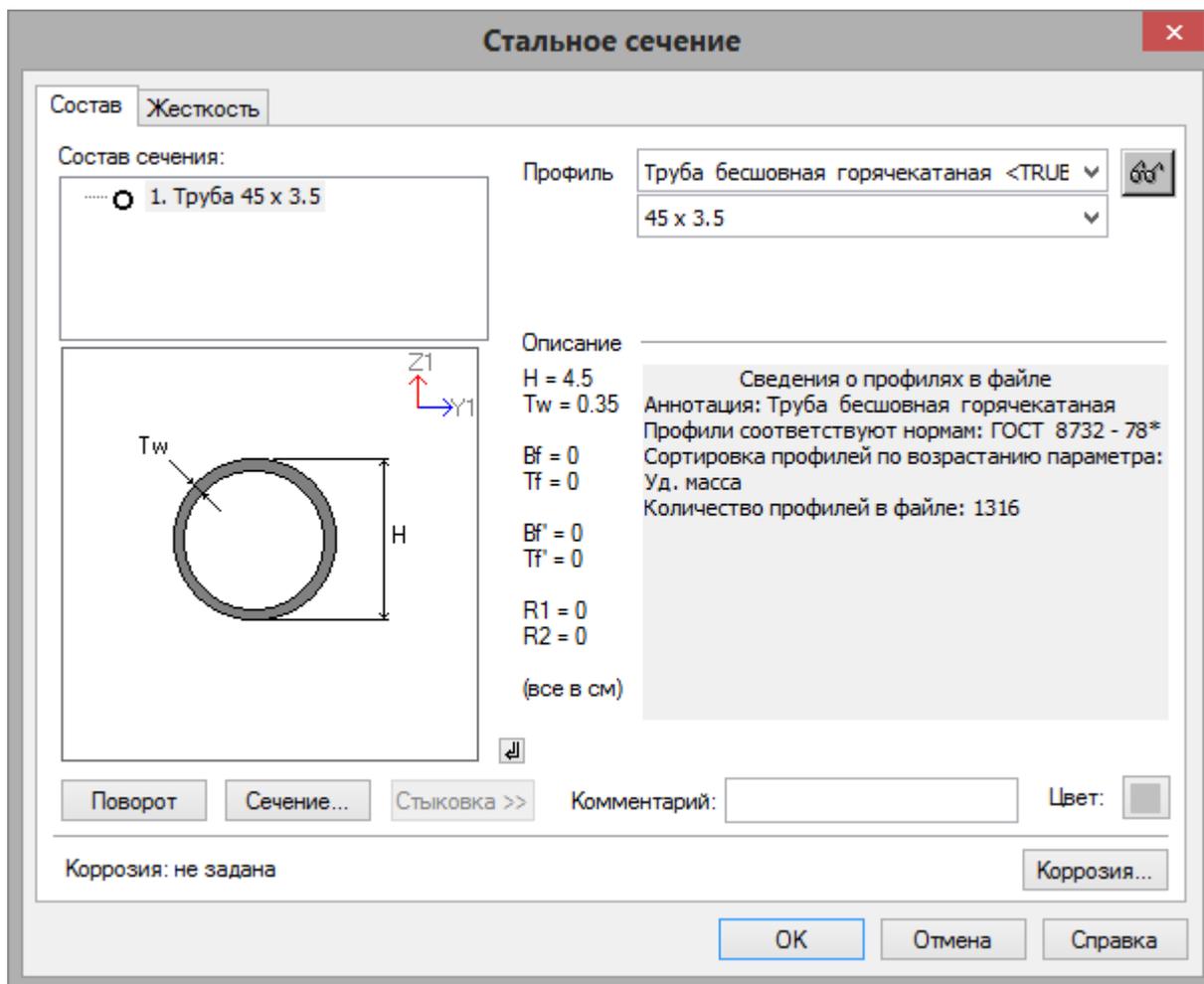


Рис.5.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

#### Вывод на экран номеров элементов

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Назначение жесткостей

- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**, для того чтобы выделить элементы раскосов башни.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в соответствующем поле введите номера элементов **17 – 40** (рис.5.11).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

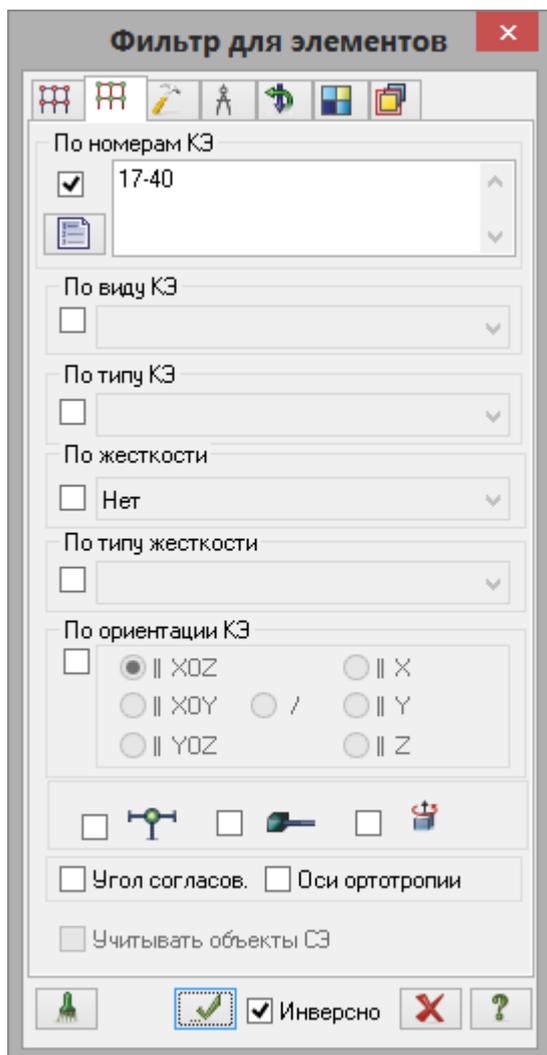


Рис.5.11. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- В этом же окне в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Труба 45 x 3.5**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).
- Для выделения элементов стоек башни, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **1 – 16**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Назначьте текущим тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**.

## Этап 5. Корректировка схемы

### [Копирование существующего фрагмента схемы](#)

- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все узлы и элементы схемы.

- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** на закладке **Копирование поворотом** (рис.5.12), выбрав команду  – **Копирование поворотом** в раскрывающемся списке **Копирование** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне задайте следующие параметры копирования:
  - для того чтобы указать ось, вокруг которой будет произведено копирование, включите радио-кнопку **Z**;
  - введите значение угла поворота **Fi = 90** градусов;
  - задайте количество копий **N = 3**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

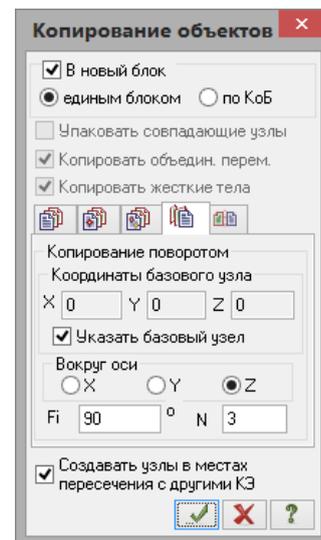


Рис.5.12. Диалоговое окно **Копирование объектов**

### Упаковка схемы

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.5.13).
- В этом окне щелкните по кнопке  – **Применить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных узлов и элементов).

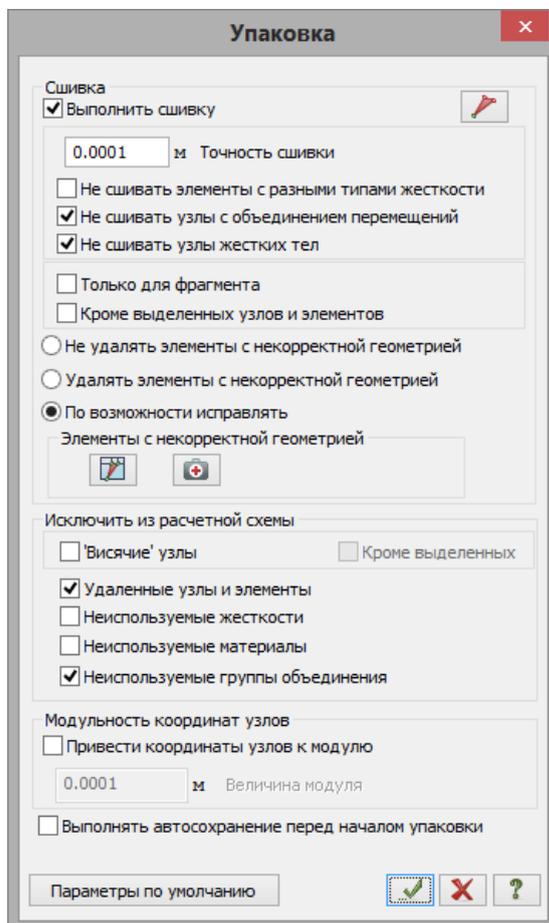


Рис.5.13. Диалоговое окно **Упаковка**



Диалоговое окно **Упаковка** предназначено для управления параметрами упаковки схемы после выполнения операций **Сборка**, **Копирование** и других операций с геометрией.

- Снимите выделение с элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.

#### Отключение отображения номеров элементов на расчетной схеме

- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** снимите флажок **Номера элементов**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Добавление стержневых элементов решетки башни

- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на последнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.5.14) и для выбора секущей плоскости включите радио-кнопку **Произвольная** (по умолчанию установлены флажки **Узлы** и **Элементы** в поле **Включить**, включена радио-кнопка **Сечение плоскостью** в поле **Выбор режима**, а также установлен флажок **Указать узлы плоскости**).
- Укажите курсором на схеме три узла, определяющие диагональ башни (узлы № 2, 17 и 21).
- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** щелкните по кнопке  – **Применить**.

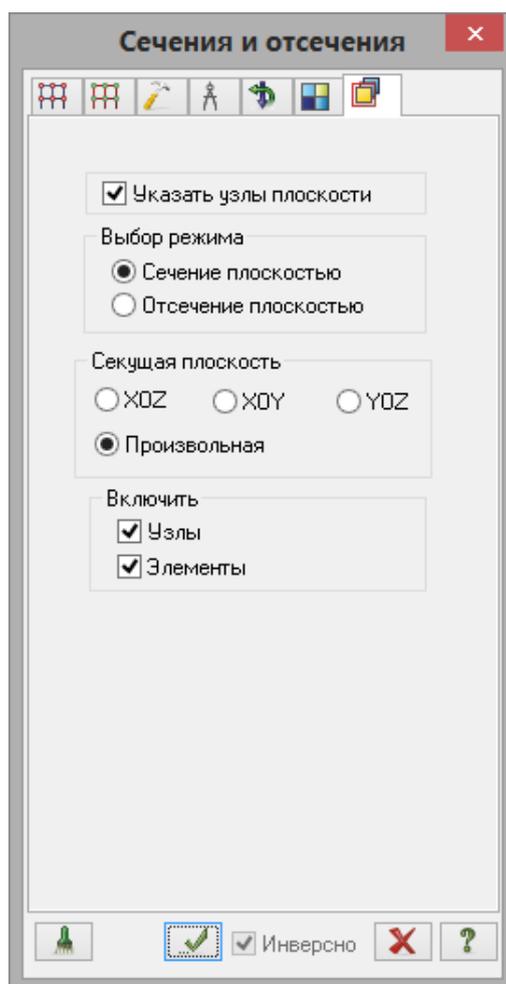


Рис.5.14. Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

- Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы, выполните фрагментацию



щелчком по кнопке

– **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.



кнопке  
**Создание**

На рис.5.1

**Рис.5.15.** Схема части башни в проекции на плоскость XOZ

- Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость XOZ



щелкните по кнопке – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** (рис.5.6) щелчком по



– **Добавить элемент** (панель **Создание** на вкладке

- Для добавления стержневых элементов между узлами № 4 и 21; 5 и 24; 6 и 25 и аналогично до вершины башни, укажите последовательно курсором на эти пары узлов.

ученная расчетная схема части башни в проекции на плоскость XOZ.

- Перейдите в диметрическую фронтальную проекцию представления



расчетной схемы щелчком по кнопке – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после

операции фрагментации, щелкните по кнопке – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

- В диалоговом окне **Сечения и отсечения** установите флажок **Указать узлы плоскости**.

- Укажите курсором на схеме три узла, определяющие другую диагональ башни (узлы № 10, 11 и 32).

- После этого в диалоговом окне **Сечения и отсечения** щелкните по кнопке – **Применить**.

- Выполните фрагментацию щелчком по кнопке – **Фрагментация** на панели инструментов **Панель выбора**.

- Щелкните по кнопке – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.

- Затем в диалоговом окне **Добавить элемент** снимите флажок **Создавать узлы в местах пересечения с другими КЭ**, затем установите флажок **Указать узлы курсором** и укажите последовательно курсором на следующие пары узлов: № 22 и 11, 33 и 23 и аналогично до вершины башни.

- Щелкните по кнопке – **Диметрическая фронтальная проекция** на панели инструментов **Проекция**.

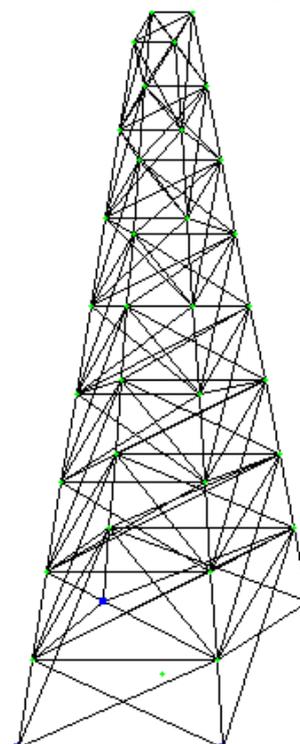
- Щелкните по кнопке – **Восстановление конструкции** на панели инструментов **Панель выбора**.

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**.

- Щелкните по кнопке – **Перерисовать**.

На рис.5.16 представлена полученная расчетная схема башни.

**Рис.5.16.** Расчетная схема башни





Так как в данном окне **Жесткости и материалы** текущим установлен тип жесткости **2. Труба 25 x 3.5**, то всем стержневым элементам, которые добавляются в расчетную схему, назначается данный тип жесткости.

### Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт

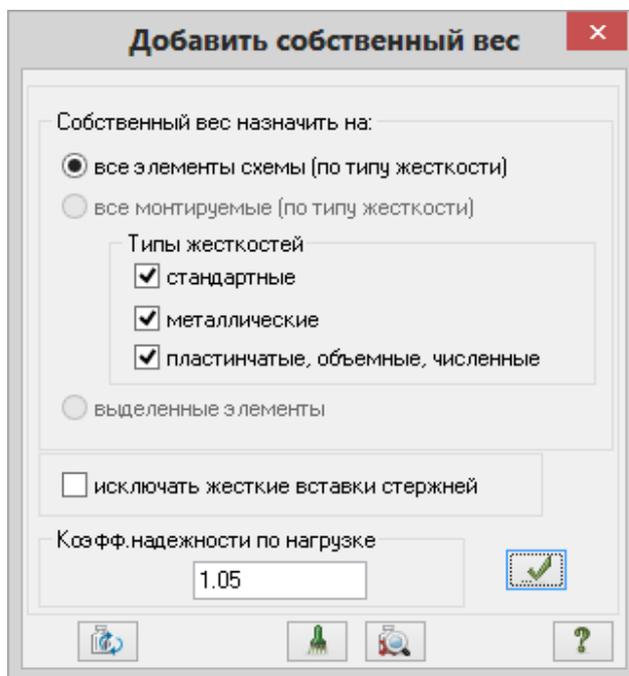
**Сохранить** (кнопка  на панели быстрого ).

- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
  - имя задачи – **Пример5**;
  - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

### **Этап 6. Задание нагрузок**

#### Формирование загрузки № 1

- Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.5.17) щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**, в поле **Коэф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.05** (так как в системе **PC-САПР** (Редактируемый сортамент) погонный вес элементов задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный).
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).



**Рис.5.17.** Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите только горизонтальные элементы верхней площадки башни.

- После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.5.18), выбрав команду  – **Нагрузка на стержни** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.

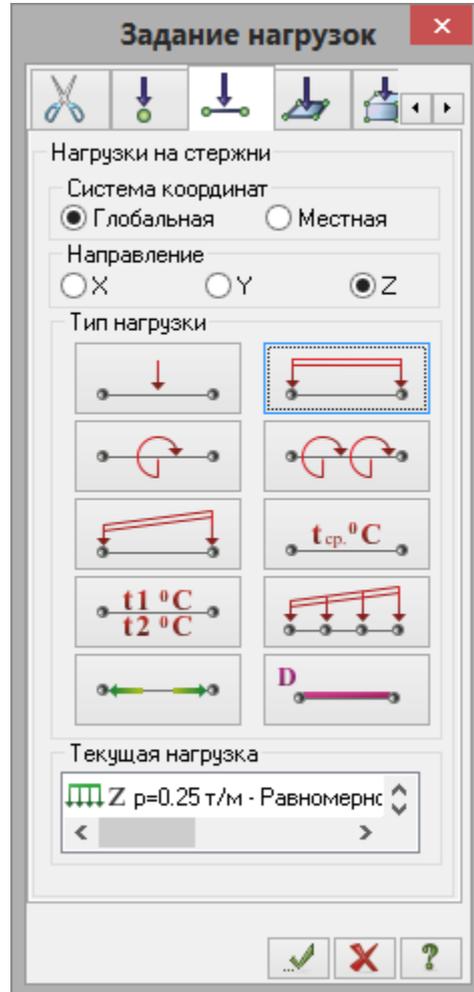


Рис.5.18. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.25$  т/м (рис.5.19).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

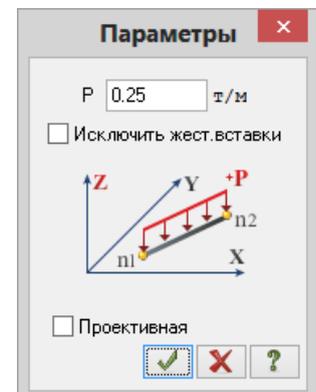


Рис.5.19. Диалоговое окно **Параметры**

#### Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).

- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все элементы башни.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** при текущей нагрузке  $p = 0.25$  т/м по направлению глобальной оси Z щелкните по кнопке  – **Применить**.

### Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния.

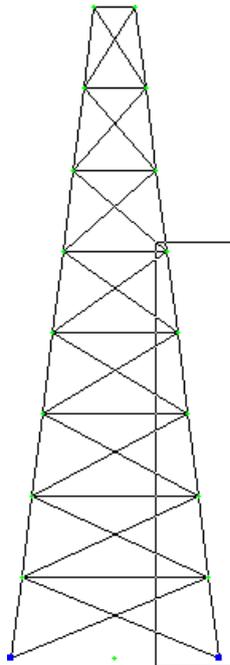
 Ввиду того, что в каждом уровне башни имеется жесткий диск, статическое давление ветра можно задать, как сумму скоростного напора ветра и отсоса.

- Щелкните по кнопке  – **Проекция на XOZ** на панели инструментов **Проекция**.
- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По жесткости** и в раскрывающемся списке выберите строку

#### 1. Труба 45 x 3.5.

- Выделите проекцию пяти нижних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна слева направо, как показано на рис.5.20.

 Ветровая равномерно-распределенная нагрузка прикладывается на высоте до 10 м.



**Рис.5.20.** Выделение элементов растягиванием «резинового окна»

X.

- В диалоговом окне **Задание нагрузок** для изменения направления нагрузки включите радио-кнопку
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.

➤ В этом окне задайте интенсивность нагрузки  $p = 0.1$  т/м.

➤ Щелкните по кнопке  – Подтвердить.

➤ Выделите проекцию трех верхних элементов правой грани башни растягиванием резинового окна.

➤ В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапециевидной нагрузки на группу стержней вызовите диалоговое окно **Неравномерная нагрузка** (рис.5.21).

➤ В этом окне задайте значение нагрузки в начале и в конце ее приложения:  $p_1 = 0.1$  т/м,  $p_2 = 0.12$  т/м.

➤ Для указания направления изменения величины нагрузки включите радио-кнопку **Вдоль оси Z**.

➤ Щелкните по кнопке  – Подтвердить.

➤ Щелкните по кнопке  – Диметрическая фронтальная проекция на панели инструментов Проекция.

➤ Закройте диалоговое окно **Фильтр для элементов** щелчком по кнопке  – Закрывать.

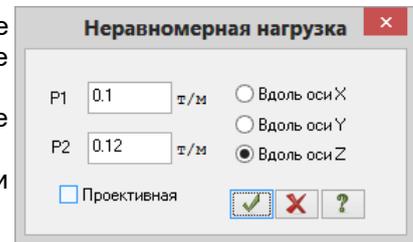
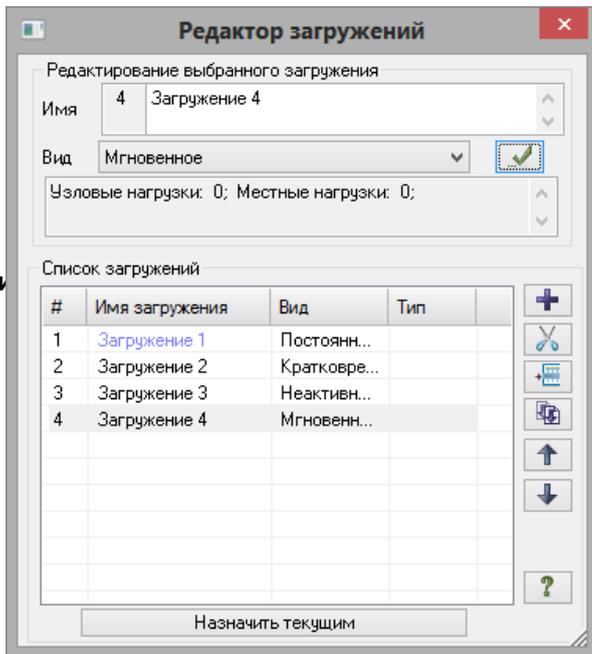


Рис.5.21. Диалоговое окно **Неравномерная нагрузка**

### [Задание расширенной информации о загрузениях](#)

➤ Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.5.22) щелчком по кнопке  – Редактор загрузений (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).



– При

➤ В этом диалоговом окне в списке загрузений выделите строку соответствующую первому загрузению.

➤ Далее в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Постоянное** и щелкните по кнопке 

➤ После этого в списке загрузений выделите строку соответствующую второму загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Кратковременное** и щелкните по кнопке 

**Применить**.

➤ Далее в списке загрузений выделите строку соответствующую третьему загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Неактивное (стат. ветр. для пульсации)** и щелкните по кнопке 

щелкните по кнопке **Применить**.

Рис.5.22. Диалоговое окно **Редактор загрузений**

➤ Чтобы добавить четвертое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.

➤ Для Загрузения 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку **Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

## Задание характеристик для расчета башни на пульсацию ветра

### Этап 7. Формирование динамических нагрузений из статических

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагрузений из статических** (рис.5.23) щелчком по кнопке  – **Учет статических нагрузений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).
- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагрузки (код 1)**, задайте следующие параметры:
  - № динамического нагружения – **4**;
  - № соответствующего статического нагружения – **1**;
  - Коэф. преобразования – **1**.
- Щелкните по кнопке  – **Добавить**.
- Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
  - № динамического нагружения – **4**;
  - № соответствующего статического нагружения – **2**;
  - Коэф. преобразования – **0.9**.
- Щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.

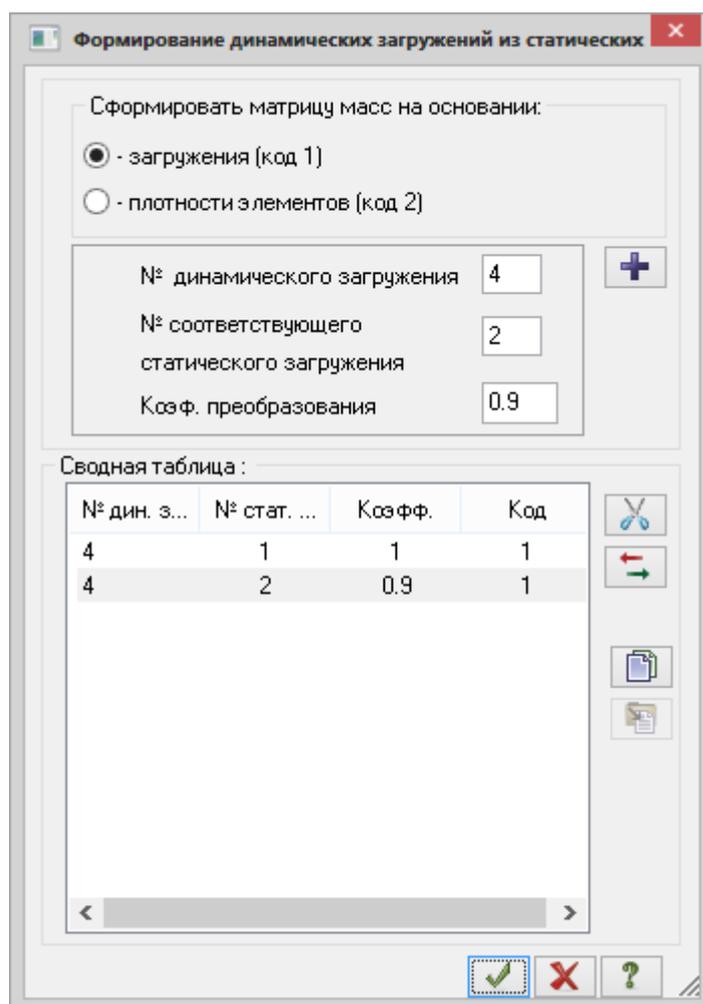


Рис.5.23. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузений из статических**

## Этап 8. Формирование таблицы параметров динамических воздействий

- Вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

(рис.5.24) щелчком по кнопке



– **Таблица динамических загрузок** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**).

- В этом окне задайте следующие параметры:
  - № загрузки – **4**;
  - Наименование воздействия – **Пульсационное (21)**;
  - Количество учитываемых форм колебаний – **8**;
  - № соответствующего статического нагружения – **3**;
  - включите радио-кнопку **Диагональная** (для матрицы масс).
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

#	№	Имя загрузе...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд...
1	4	Загрузка 4	ПУЛЬС	21 8 3 0 0	1.00 3 0.00 0.00 2 5.00 5.00 1 0 0

Рис.5.24. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации** (рис.5.25), при выбранных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, задайте следующие параметры:
  - в раскрывающемся списке **Ветровой район строительства** выберите строку **Район 2**;
  - Длина здания вдоль оси X – **5 м**;
  - Длина здания вдоль оси Y – **5 м**;
  - Логарифмический декремент колебаний – **0.15 (стальные конструкции)**;
  - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

**Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации**

Строительные нормы	СНиП 2.01.07-85*
Поправочный коэффициент	1
Расстояние между поверхностью земли и минимальной аппликатой расчетной схемы	0 м
Ветровой район строительства (табл. 5 СНиП 2.01.07-85*)	Район 2
Длина здания вдоль оси X	5 м
Длина здания вдоль оси Y	5 м
Тип местности (в соотв. со СНиП 2.01.07-85*)	Тип А
Тип здания	TZ = 0
Логарифмический декремент колебаний	0.15 (стальные конструкции)
Признак ориентации обдуваемой поверхности сооружения в расчетной схеме	1 (Ветер вдоль оси X)

Рис.5.25. Диалоговое окно **Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации**

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

### Этап 9. Генерация таблицы РСУ

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель **PCУ** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.5.26).
- В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85\***, задайте следующие данные:
  - в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 1-му нагружению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.05** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**;
  - далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 2-му нагружению. Затем в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину **1.3** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**;
  - далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 4-му нагружению. Затем установите флажок **Учитывать знакопеременность** и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**;
- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

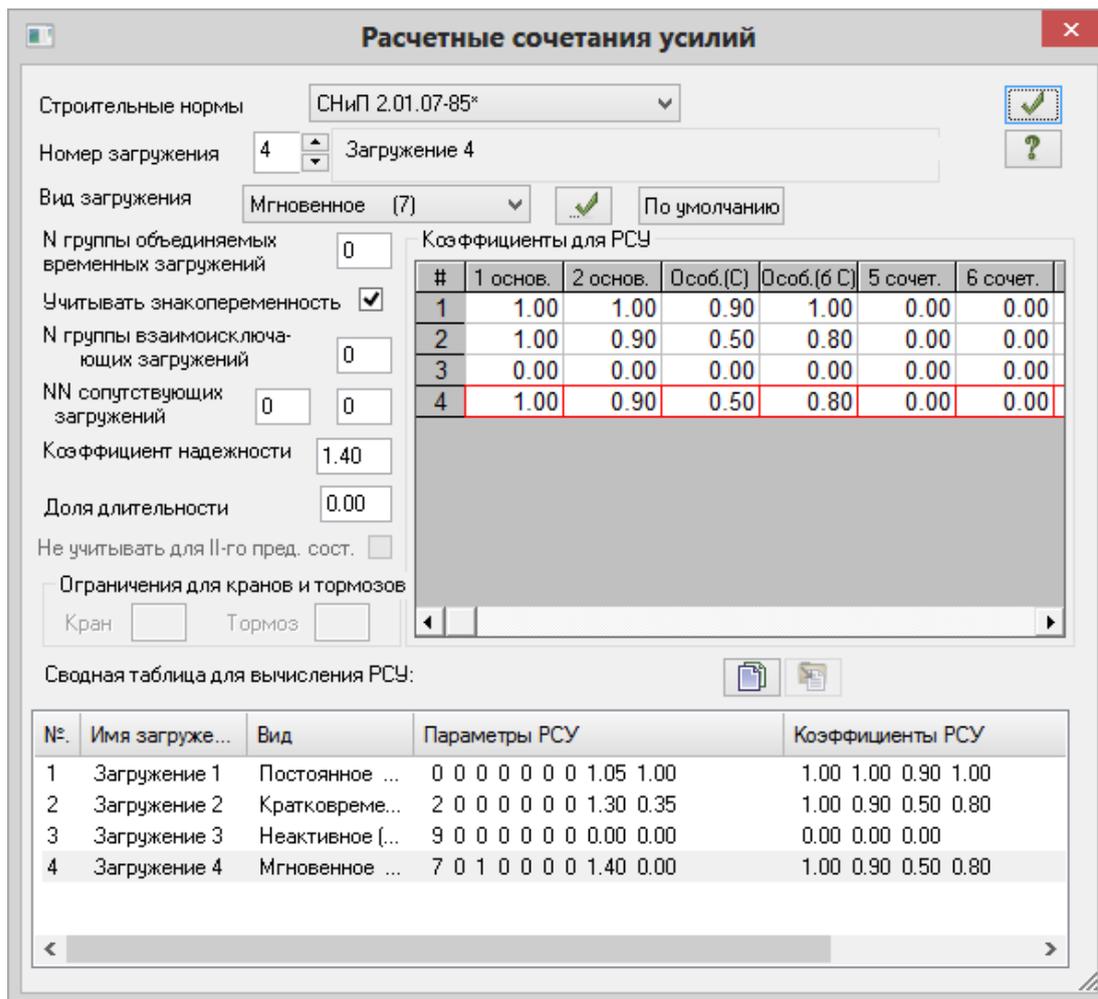


Рис.5.26. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий

### Этап 10. Статический расчет башни

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

### Этап 11. Просмотр и анализ результатов расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов. Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

### Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на третью закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

### [Вывод на экран эпюр внутренних усилий](#)

- Для вывода на экран эпюры продольных сил **N**, щелкните по кнопке  – Эпюры продольных сил **N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Чтобы вывести мозаику усилия **N**, выберите команду  – Мозаика усилий в стержнях в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

### [Смена номера текущего загрузки](#)

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую второму загрузению и щелкните по кнопке  – Применить.

### [Вывод форм колебаний конструкции](#)

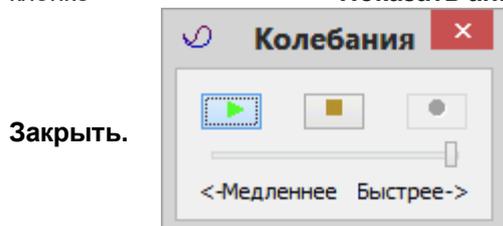
- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую четвертому загрузению и щелкните по кнопке  – Применить.
- Для отображения схемы с учетом перемещений узлов щелкните по кнопке  – Исходная схема (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Для отключения отображения мозаики усилия **N**, щелкните по кнопке  – Мозаика **N** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).
- Выведите первую форму колебаний, выбрав команду  – **Формы колебаний** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Для вывода второй формы колебаний четвертого загрузения, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую второй форме колебаний и щелкните по кнопке  – Применить.

### [Просмотр анимации второй формы колебаний](#)

- Чтобы перейти в режим пространственной модели, откройте меню **Приложения** и выберите пункт

**Пространственная модель (3D-графика)** (кнопка  на панели быстрого доступа).

- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого загрузения, с помощью команд управления выберите нужный ракурс отображения расчетной схемы и после этого щелкните по кнопке  – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**).



Закройте.

- В диалоговом окне **Колебания** (рис.5.27) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.
- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  –
- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели или щелкните по кнопке

Рис.5.27. Диалоговое окно Колебания

 – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).

### [Вывод на экран номеров элементов](#)

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.

- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- При включенной кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**, с помощью курсора выделите опорный элемент башни №1.
- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в выделенном элементе схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.5.28) выделите строку **PCY расчетные**.
- Для создания таблицы в формате HTML, щелкните по кнопке **Выбрать формат**.
- В новом диалоговом окне **Формат таблиц** (рис.5.29) включите радио-кнопку **HTML** и щелкните по кнопке **ОК**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

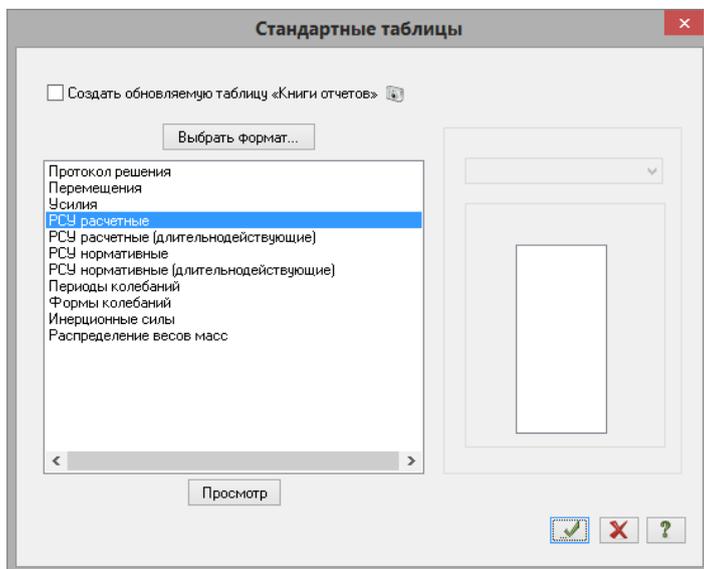


Рис.5.28. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

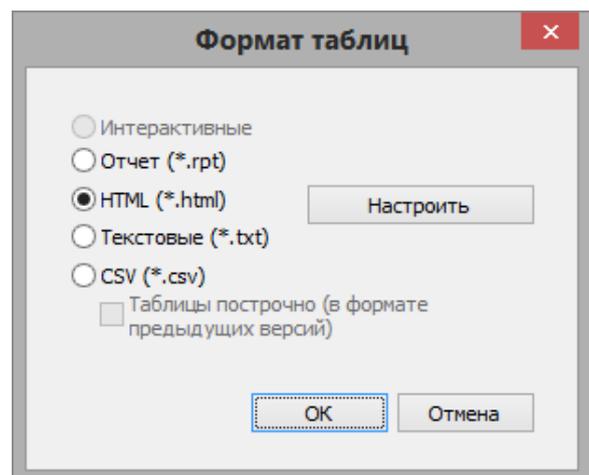


Рис.5.29. Диалоговое окно **Формат таблиц**

 По умолчанию стандартные таблицы создаются в формате CSV. Информация, которая выводится в данных таблицах, разделена по разным закладкам: исходные данные (например, коэффициенты для PCY), если такие имеются; результаты для стержневых элементов; результаты для пластинчатых элементов и т. д.

При установке флажка **Создать обновляемую таблицу «Книги отчетов»** таблица будет создана только в формате CSV и вставлена в «Книгу отчетов». Таблицу, которая находится в «Книге отчетов», можно в дальнейшем обновлять в случае необходимости и верстать в отчет средствами «Книги отчетов».

Чтобы изменить формат создаваемой таблицы, нужно в диалоговом окне **Стандартные таблицы** щелкнуть по кнопке **Выбрать формат** и в появившемся окне **Формат таблиц** выбрать нужный формат и подтвердить выбор щелчком по кнопке **ОК** (для создания таблиц в текстовом формате нужно включить радио-кнопку **Текстовые**. Для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы "Графический Макетировщик" нужно включить радио-кнопку **RPT**).

Выбранный формат таблиц запоминается и будет использован по умолчанию при дальнейшей работе со стандартными таблицами.

- В окне Windows Internet Explorer открывается таблица 5.1.

Таблица 5.1. РАСЧЕТНЫЕ СОЧЕТАНИЯ

ЭЛМ	НС	КРТ	СТ	КС	Г	N	МК	МУ	QZ	MZ	QU	ЗАГРУЖЕНИЯ.
1	1	1	1		A1	-.64635	0	0	.00066	0	0	1,
		2	2		A1	-24.071	0	0	.04043	0	0	1, 2,
		13	1		A1	-26.673	0	0	.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B1	3.7807	0	0	.00066	0	0	1, -4,
		2	2		B1	-28.055	0	0	.04043	0	0	1, 2, 4,
1	2	1	1		A1	-.63883	0	0	-.00066	0	0	1,
		2	2		A1	-23.613	0	0	-.04043	0	0	1, 2,
		14	1		A1	-26.166	0	0	-.04485	0	0	1, 2,
		1	1		B1	3.7882	0	0	-.00066	0	0	1, -4,
		2	2		B1	-27.597	0	0	-.04043	0	0	1, 2, 4,



В приведенной таблице приняты следующие обозначения:

- 1 колонка – **ЭЛМ** – номер элемента на расчетной схеме;
- 2 колонка – **НС** – номер сечения стержневого элемента;
- 3 колонка – **КРТ** – критерий выбора расчетного сочетания усилий;
- 4 колонка – **СТ** – номер столбца коэффициентов расчетных сочетаний усилий в таблице РСУ;
- 5 колонка – **КС** – отметка о крановых и сейсмических воздействиях в случае, если эти воздействия участвуют в РСУ;
- 6 колонка – индексы внутренней группы РСУ – **A1, B1, C1, D1, A2, B2, C2, D2**, различаемые по длительности действия нагрузок, входящих в сочетание.

Внутренние группы для **1ПС** – группы **A1, B1, C1, D1** – формируются на основании критериев, вычисленных по полным расчетным значениям усилий. Индексом **A1** обозначаются РСУ, которые состоят из загрузений продолжительной длительности. Индексом **B1** обозначаются РСУ, которые состоят из всех загрузений независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых. Индексом **C1** обозначаются РСУ, которые включает группу **B1** плюс сейсмическое загрузение. Индексом **D1** обозначаются РСУ, которые включает группу **B1** плюс особое (не сейсмическое) загрузение. Внутренние группы для **2ПС** формируются двояко:

- группы **A2, B2** – на основании критериев, вычисленных по длительной части нормативных (характеристических) усилий.
- группы **C2, D2** – на основании полных нормативных усилий.

Группа **A2** – включает только постоянные и длительные загрузения. Группа **B2** – включает постоянные, длительные и кратковременные загрузения (кроме мгновенного).

Группа **C2** – включает все заданные загрузения независимо от длительности действия кроме сейсмического и прочих особых.

Группа **D2** – включает группу **C2** плюс сейсмическое загрузение.

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Выход**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке  – **Закреть**.
- Для переключения в режим результатов статического расчета, выберите команду  – **Форма перемещений** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

## Этап 12. Расчет нагрузки на фрагмент

### Вывод на экран номеров узлов

- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

### Расчет нагрузки на фрагмент

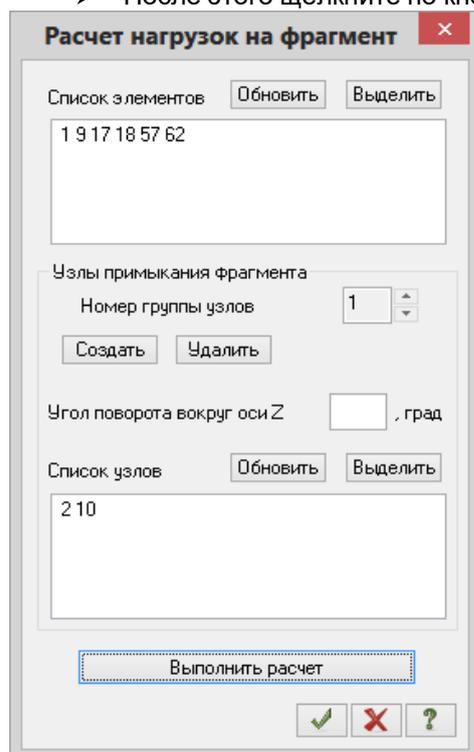


Информацией для расчета нагрузок на фрагмент являются:

- номера узлов, в которых должна быть вычислена нагрузка;
- номера элементов, которые передают нагрузку на эти узлы;
- углы поворота узлов вокруг оси Z глобальной системы координат.

- При включенной кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите узлы №2 и 10.
- Для выделения элементов, которые передают нагрузку на выделенные узлы, щелкните по кнопке  – **Отметить элементы, примыкающие к отмеченным узлам** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Щелкните по кнопке  – **Рассчитать нагрузку на фрагмент** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).

- В диалоговом окне **Расчет нагрузок на фрагмент** (рис.5.30) задайте следующие параметры:
  - В поле ввода **Список элементов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных элементов в соответствующее поле ввода;
  - Для создания новой группы узлов примыкания фрагмента щелкните по кнопке **Создать**;
  - В поле ввода **Список узлов** щелкните по кнопке **Обновить**, для того чтобы внести номера выделенных узлов в соответствующее поле ввода.
- После этого щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.



Расчет нагрузок на фрагмент

Список элементов

1 9 17 18 57 62

Узлы примыкания фрагмента

Номер группы узлов

Угол поворота вокруг оси Z  , град

Список узлов

2 10

Рис.5.30. Диалоговое окно **Расчет нагрузок на фрагмент**

 Данные расчета нагрузки на фрагмент можно также задать перед запуском задачи на расчет после окончания формирования расчетной схемы. При этом процесс выделения узлов и элементов остается таким же, а диалоговое окно **Расчет нагрузок на фрагмент**

вызывается щелчком по кнопке  – **Данные для расчета нагрузки на фрагмент** (панель

**Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**). Ввод данных производится щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

#### Формирование и просмотр таблицы результатов расчета нагрузки на фрагмент

- Для вывода на экран таблицы со значениями нагрузок на фрагмент в узлах, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Нагрузка на фрагмент**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке  – **Закреть**.

#### Корректировка флагов рисования

- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Узлы** снимите флажок **Номера узлов**.
- Далее перейдите на первую закладку **Элементы** и снимите флажок **Номера элементов**.
- После этого перейдите на третью закладку **Общие** и установите флажок **Величины нагрузок**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

#### Вывод на экран значений нагрузки на фрагмент в узлах расчетной схемы

- В строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую первому загрузению и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите выделение с узлов и элементов щелчком по кнопке  – **Отмена выделения** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Для отображения нагрузки на фрагмент в виде сил, выберите команду  – **Силы в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/векторы** (панель **Результат** на вкладке **Расширенный анализ**).
- Выведите на экран значения сил на узлы фрагмента по направлению Z щелчком по кнопке  – **Сила по Z** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).
- Для вывода значений сил на узлы фрагмента по направлению X щелчком по кнопке  – **Сила по X** (панель **Фрагмент** на вкладке **Расширенный анализ**).

## Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной железобетонной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК

### Цели и задачи:

- показать процедуру создания архитектурной и аналитической модели многоэтажного здания в программе **САПФИР**;
- продемонстрировать технологию создания монтажных таблиц 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**;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- выполнить подбор арматуры для элементов безригельного каркаса многоэтажного здания;
- продемонстрировать технологию импорта результатов расчета арматуры, выполненных в **ПК ЛИРА-САПР** в систему **САПФИР-ЖБК**;
- выполнить проектирование монолитной железобетонной плиты перекрытия этажа при помощи системы **САПФИР-ЖБК**.

### Исходные данные:

План первого этажа и разрез показаны на рис.6.1.а, 6.1.б.

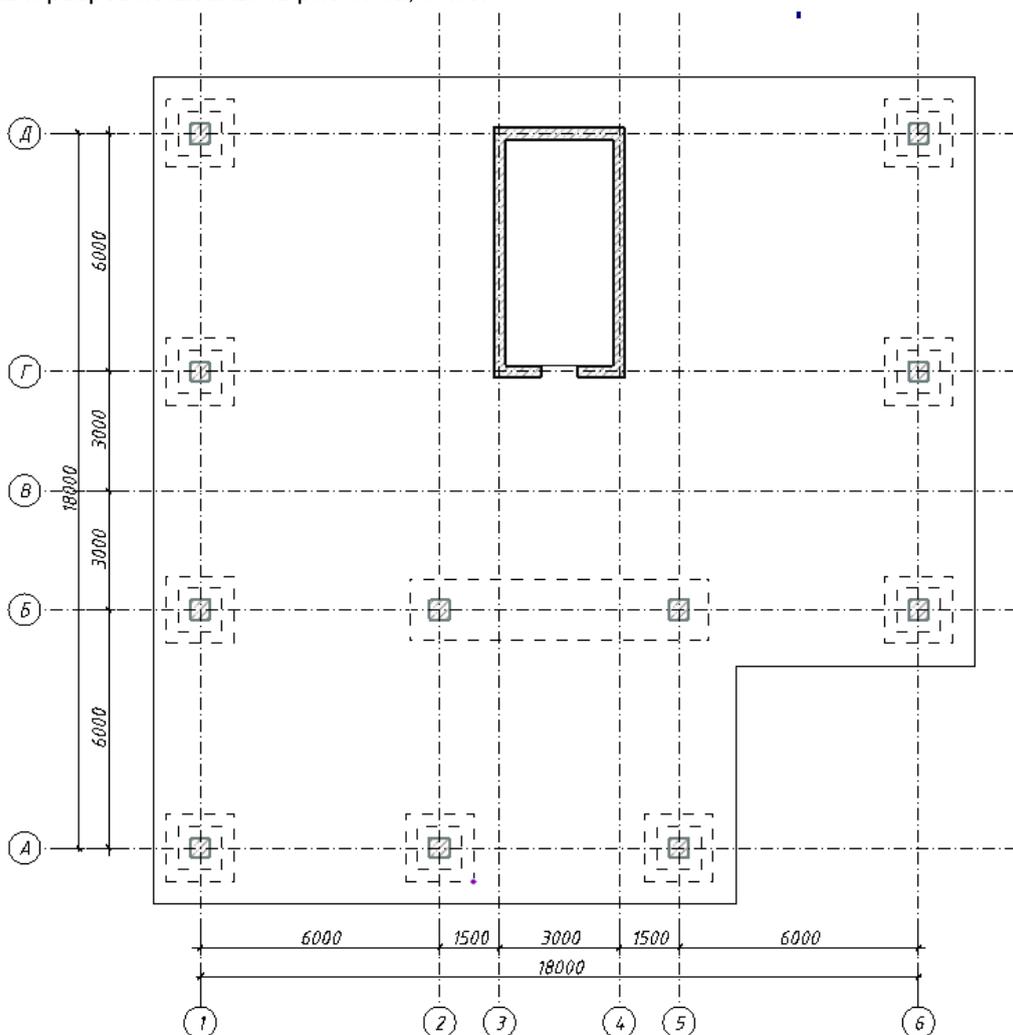
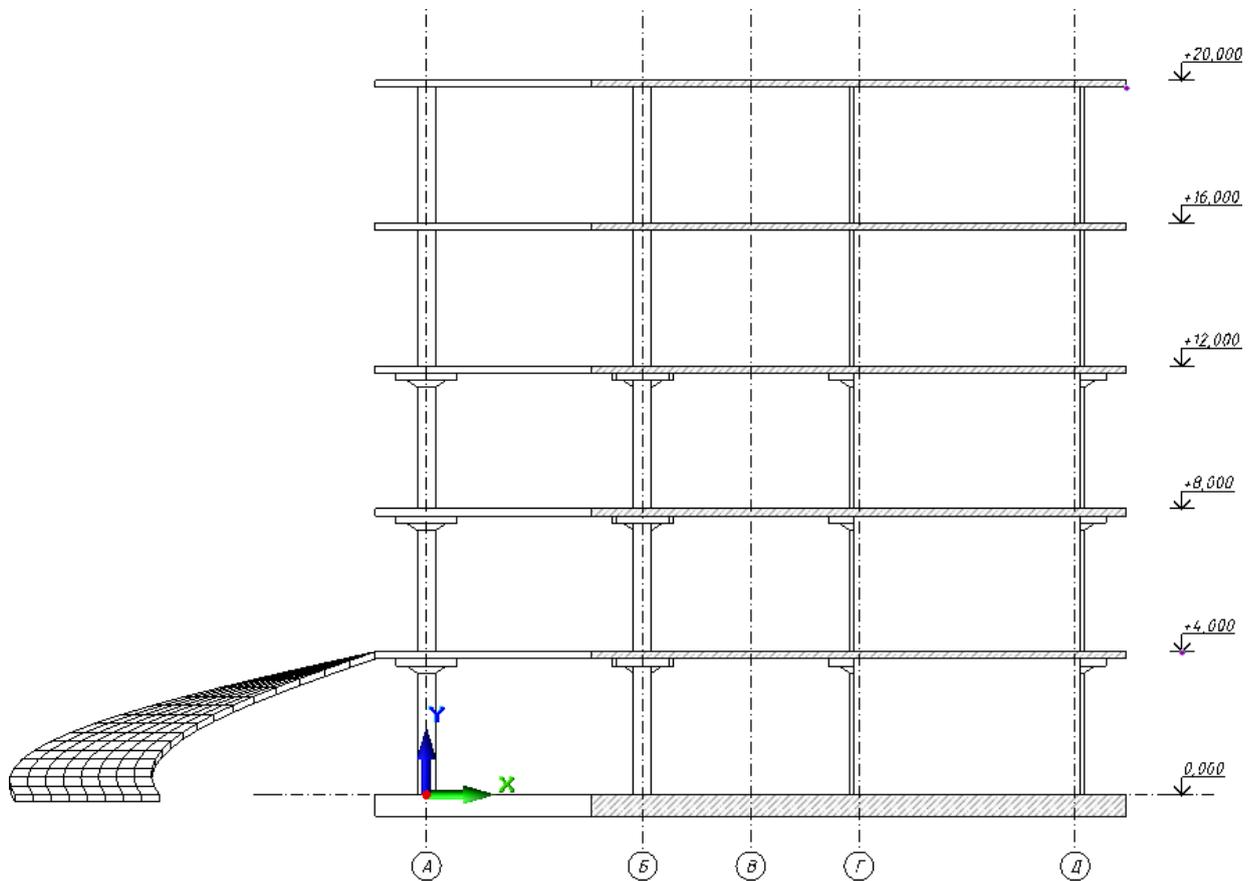


Рис.6.1.а. План первого этажа

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

Нормы расчета элементов – СНиП 2.03.01-84\*. Материал элементов: колонны, капители – бетон Б30, стены, плиты перекрытий, фундаментная плита – бетон В25.

Размеры сечения колонн 0.6x0.8 м. Размеры капители: две ступени,  $b \times h = 0.3 \times 0.2$  м. Толщина плиты перекрытия – 0.2 м. Размер утолщения плиты – 0.2 м. Толщина фундаментной плиты 0.6 м. Толщина стен – 0.2 м.



**Рис.6.1.6.** Разрез здания

Нагрузки:

- Загрузка 1 - нагрузка от ограждающих стен – постоянная равномерно-распределенная по линии  $g_1 = 1.6 \text{ тс/м}$ , приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от перегородки – постоянная равномерно-распределенная по линии  $g_2 = 1.6 \text{ тс/м}$ , приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка конструкций пола – постоянная равномерно распределенная по площади  $g_3 = 0.3 \text{ тс/м}^2$ , приложенная на плиты перекрытия по всем этажам; нагрузка от конструкций покрытия – постоянная равномерно-распределенная по площади  $g_4 = 0.1 \text{ тс/м}^2$ , приложенная на плиту покрытия.
- Загрузка 2 - полезная нагрузка на плиты перекрытия  $g_5 = 0.5 \text{ тс/м}^2$ , нагрузка-штамп на плиты перекрытия  $g_6 = 2.0 \text{ тс/м}^2$ .

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 панели инструментов).



на

## [Настройка свойств проекта](#)

- Вызовите диалоговое окно **Параметры** щелчком по кнопке  - **Свойства проекта** (панель **Проект** на вкладке **Создание**)
- В этом диалоговом окне убедитесь, что в качестве текущего норматива выбран **СНиП 2.03.01-84\***. Остальные параметры оставьте по умолчанию (рис.6.2).
- Щелкните по кнопке **Применить**.

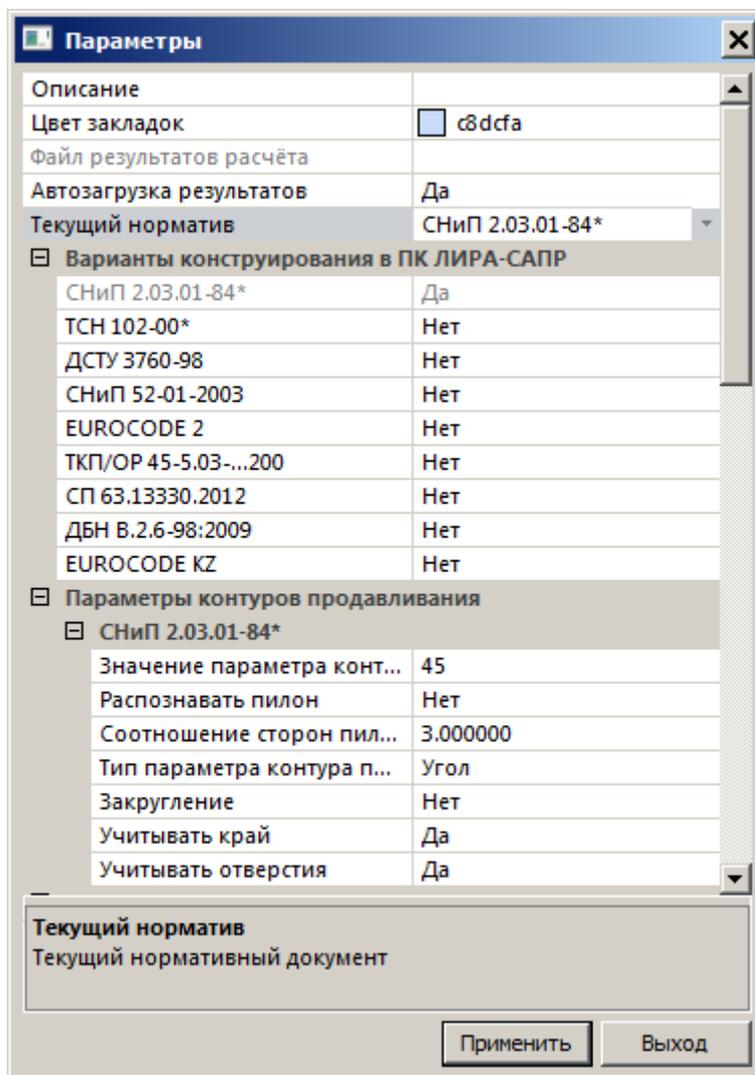


Рис.6.2. Диалоговое окно **Параметры**

## [Визуализация рабочего пространства](#)

- Для настройки визуализации рабочего пространства щелкните по кнопке  **Настройки** **визуализации** на панели инструментов **Визуализация**.
- В открывшемся диалоговом окне **Настройки визуализации** следует задать следующие характеристики (рис.6.3):
  - 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.

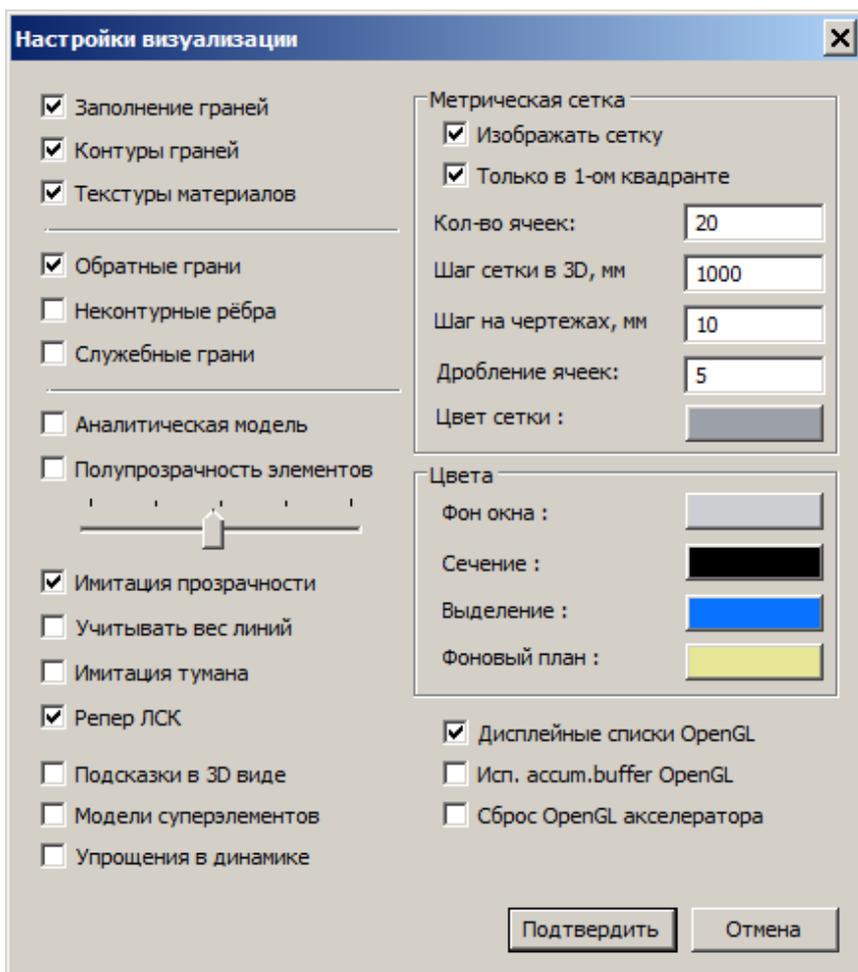


Рис. 6.3. Диалоговое окно **Настройки визуализации**

### 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 – **пример 6**;
  - 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

#### Создание прямоугольной сетки в осях 1–6 и А–Д

- Чтобы вызвать диалоговое окно **Координационные оси** (рис.6.4) выберите команду  - **Оси...** в раскрывающемся списке **Оси** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**).

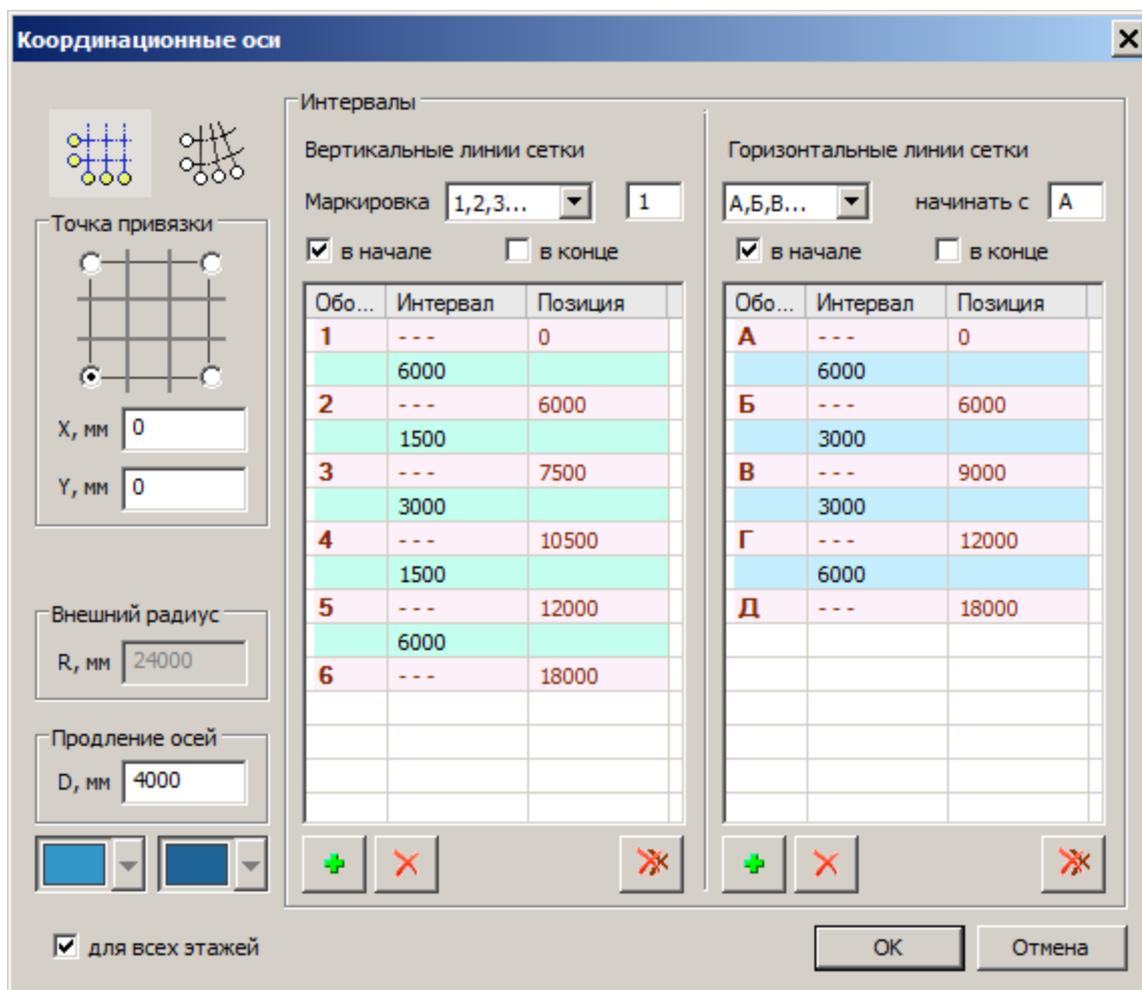


Рис.6.4. Диалоговое окно **Координационные оси**

- 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  $D=4000$ мм;
  - 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 простановка 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.

#### Этап 4. Создание колонн

##### 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.6.5) выберите из списка материал **Бетон Б30**.

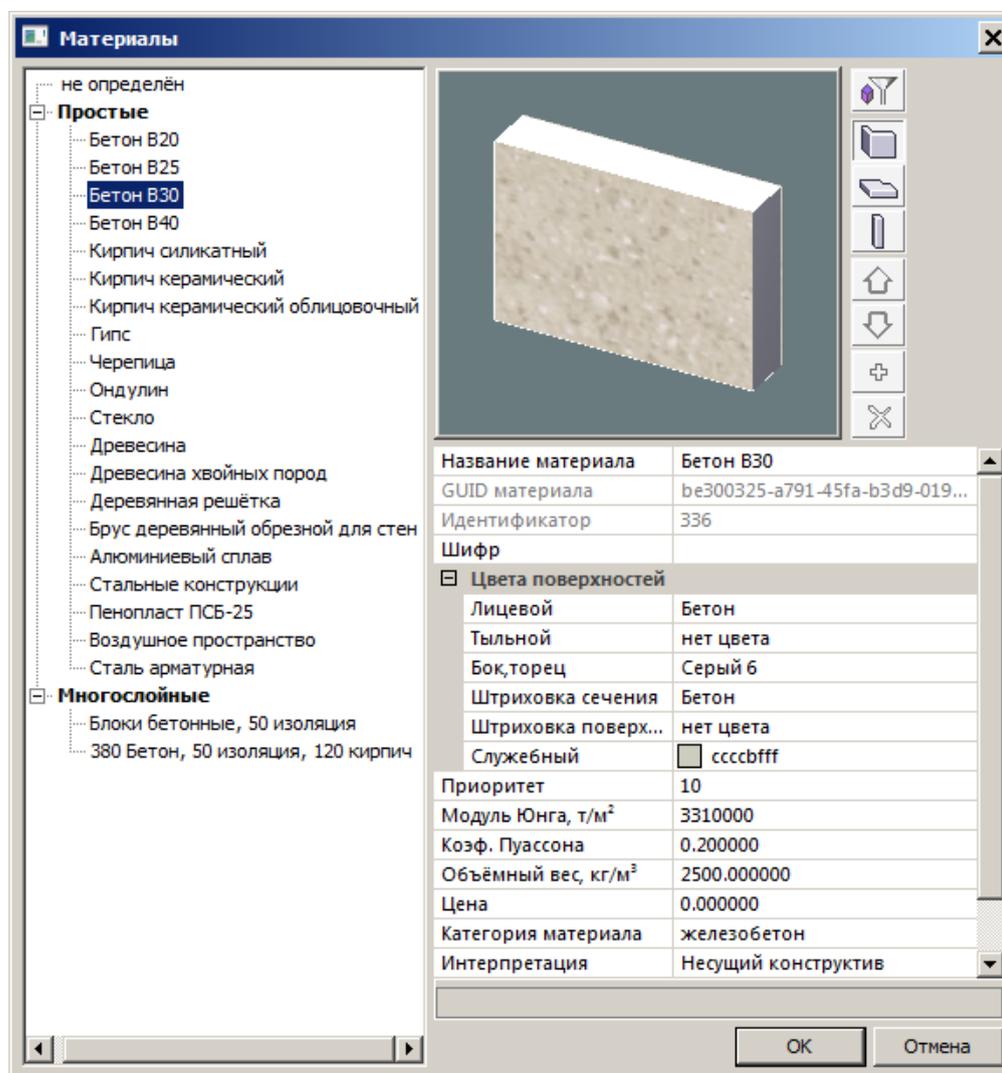
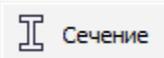


Рис.6.5. Диалоговое окно **Материалы**

- 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.6.6) щелчком по кнопке  в строке свойств инструмента Колонна.
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующие параметры:
  - в списке типов сечений выберите тип **Прямоугольник(S0)**;
  - задайте параметр **b=600мм**;
  - задайте параметр **h=800мм**
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

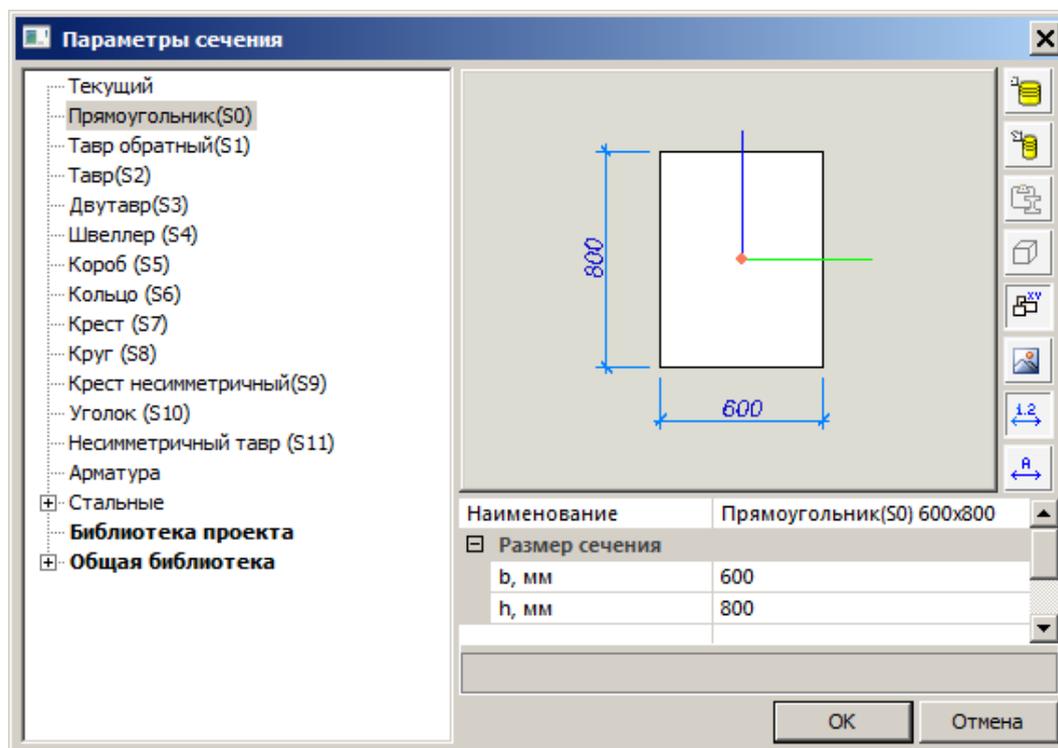


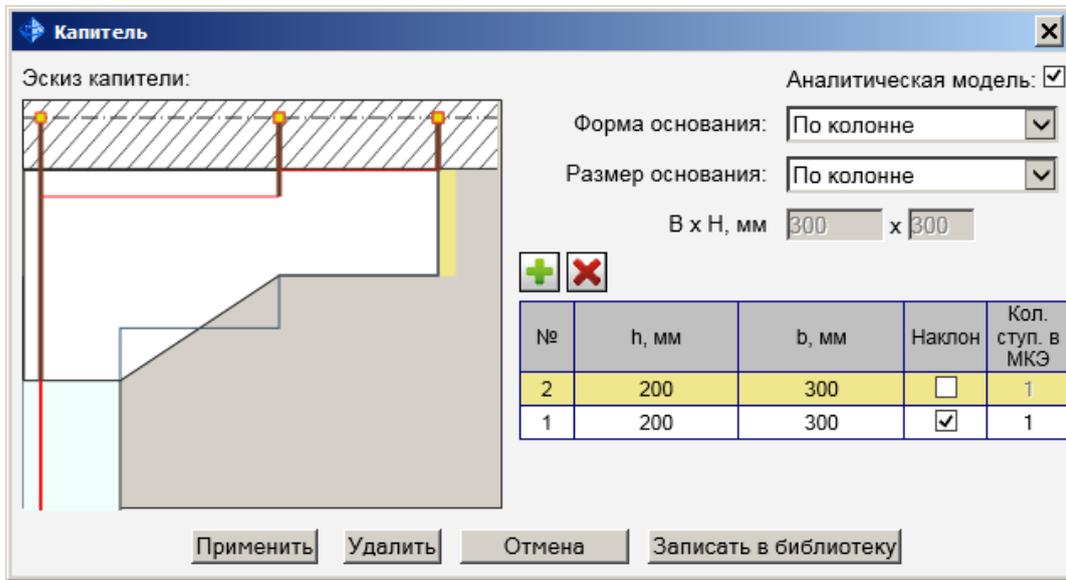
Рис.6.6. Диалоговое окно **Параметры сечения**

- 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**.
- Расположите колонны на пересечениях осей Б-2 и Б-5 (рис.6.8).

### Создание колонн с капителями

- Вызовите диалоговое окно **Капитель** (рис.6.7) щелчком 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**

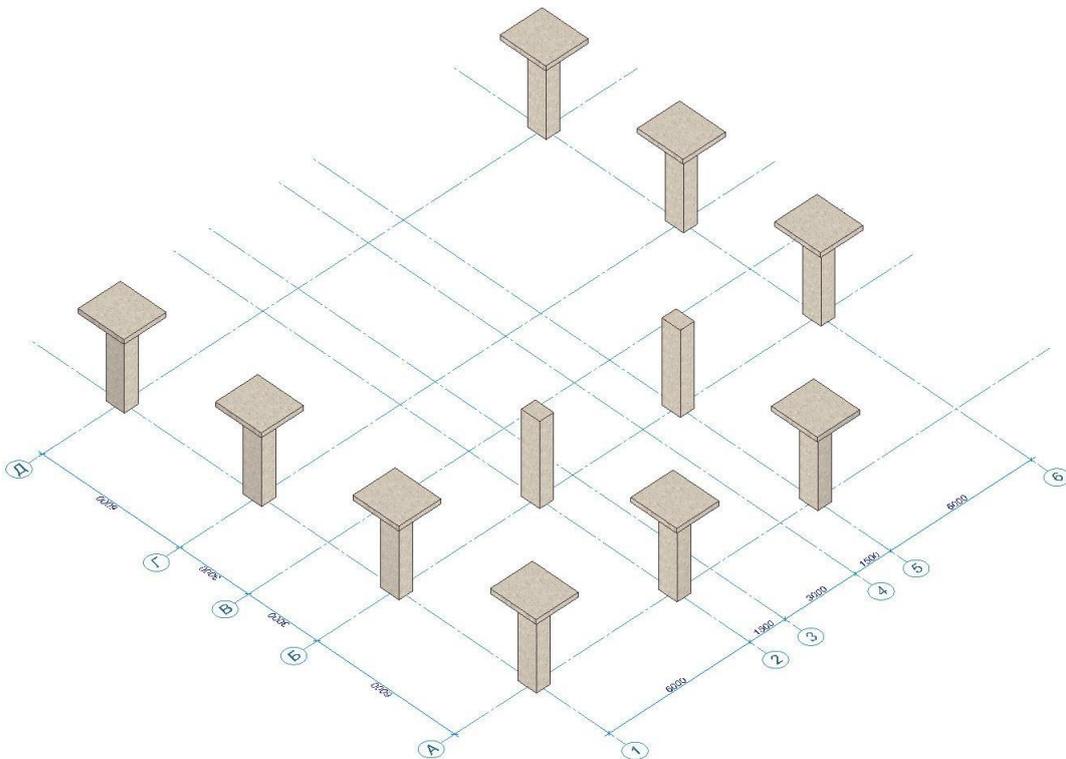
- Установите флажок **Аналитическая модель** для визуализации вида созданной капители в аналитике.
- После этого щелкните по кнопке **Применить**.



**Рис.6.7.** Диалоговое окно **Капитель**

- Расположите колонны как показано на рис.6.8.

*Поворот 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.*



**Рис. 6.8.** Схема расположения колонн

- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы завершить построение колонн.



- разверните список **Прямоугольные** и выберите тип дверей – **Прямоугольный проем**.
- После этого выполните щелчок по кнопке **ОК**.

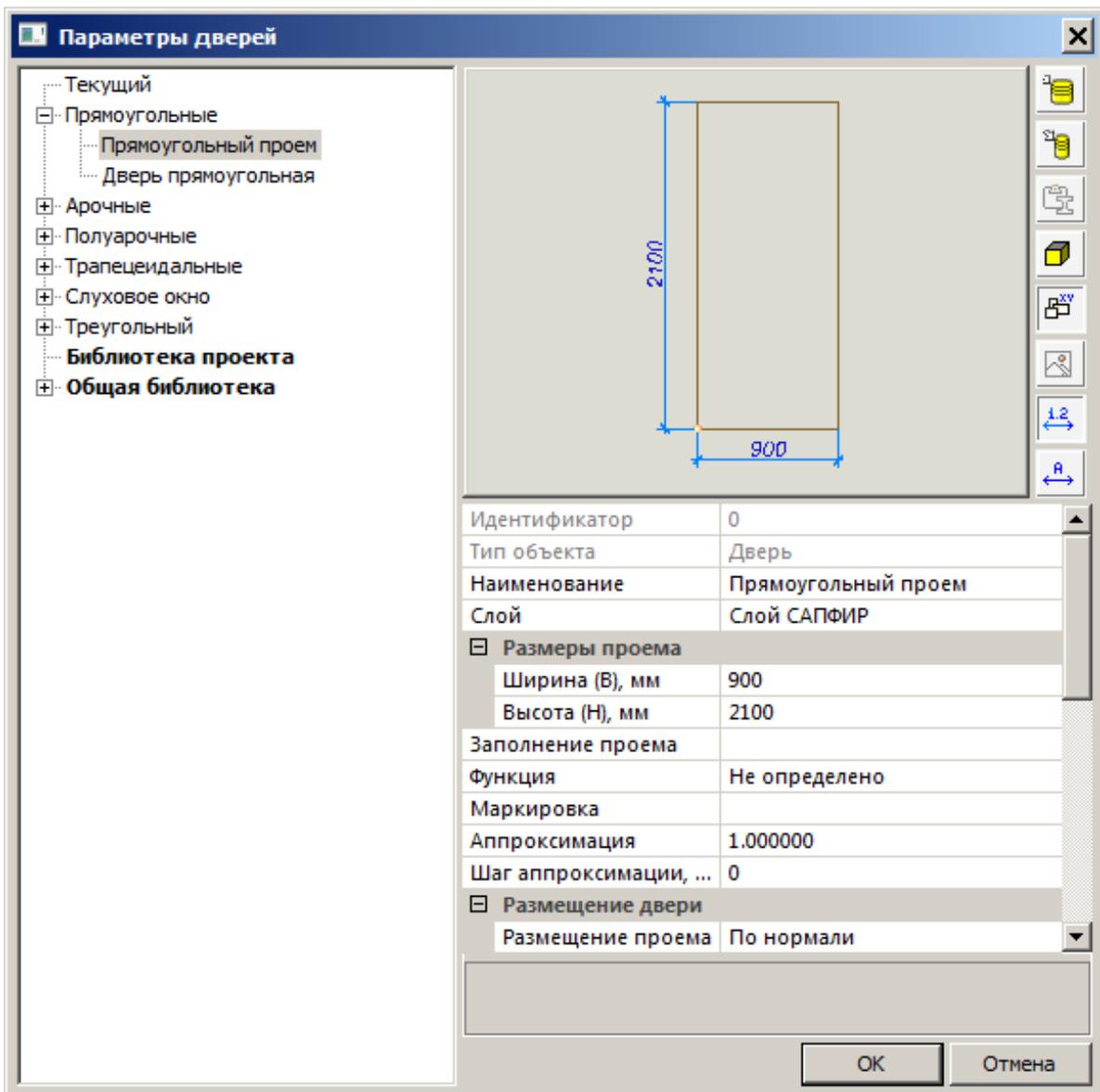


Рис.6.10. Диалоговое окно **Параметры дверей**

- 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 (рис.6.9).



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 и редактирование плиты перекрытия

### Создание плиты перекрытия

- Выполните щелчок по кнопке  - **Плита** в раскрывающемся списке **Плита** (панель **Инструменты построения** вкладка **Создание**)
- Для ввода координат точки, в которую необходимо перенести ЛСК выполните следующие действия:
- В диалоговом окне **Свойства построения: Плита** задайте следующее:
  - **материал** – Бетон Б25;
- После этого щелкните по кнопке  - **Применить**.
- В строке свойств инструмента Плита задайте следующее
  - **способ построения**  – Прямоугольник;
  -  - **Толщина** – 200;
  - **уровень** –  0 от низа этажа;
- Начните построение последовательно вводя 2 точки (начало и конец диагонали прямоугольника):
  - нажмите клавишу **X** на клавиатуре (активируется поле ввода координаты **X** в окне координат) и введите значение **(-1170)**;
  - переключитесь с помощью стрелки вниз на клавиатуре на координату **Y** и введите для нее значение **(-1420)**;
  - подтвердите ввод координат клавишей **Enter** на клавиатуре (введется первая точка диагонали плиты и в динамике будет отрисовываться строящаяся плита);
  - наберите с клавиатуры **19420** (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 **19420**;
  - нажмите клавишу **Enter** для подтверждения ввода координат.



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.

### Перенос обозначений

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

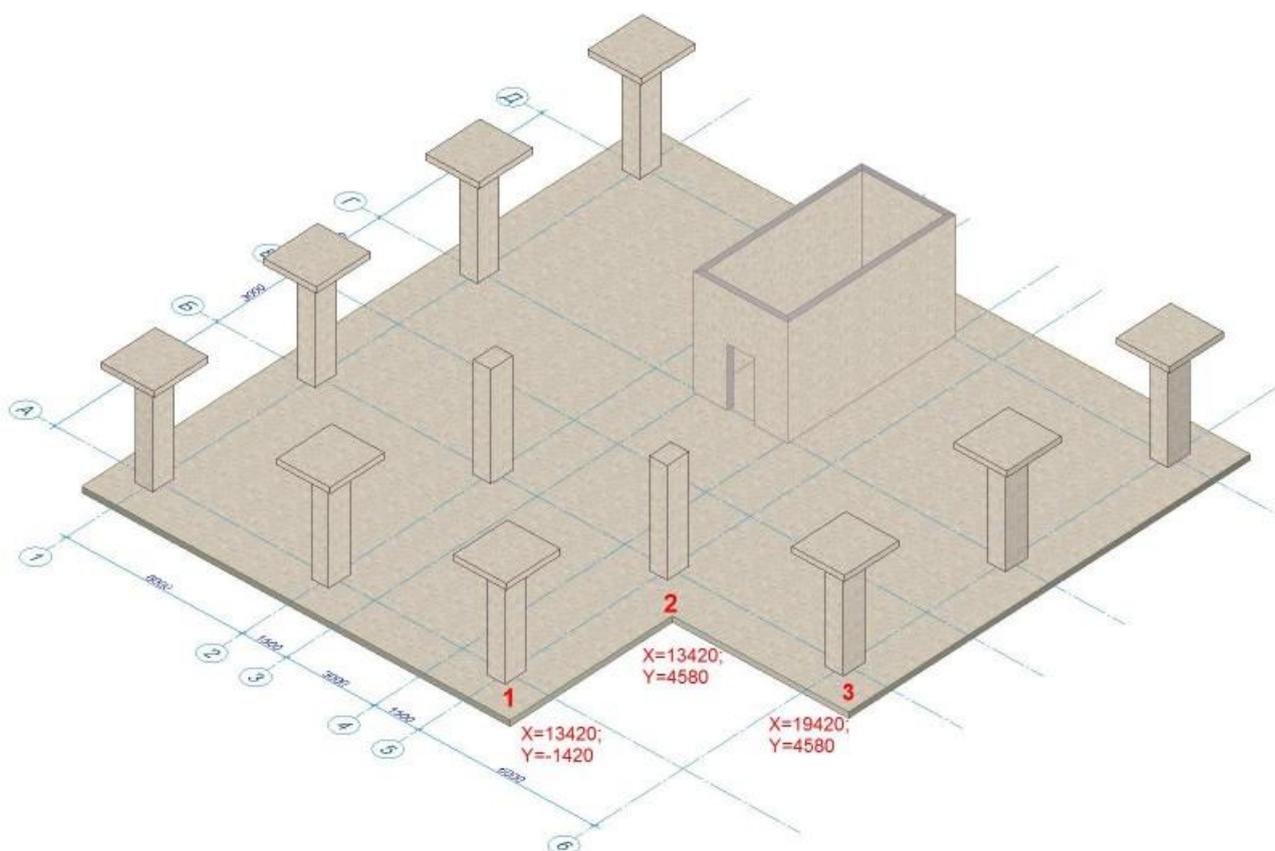


По умолчанию, в САПФИРе активирован режим Автоматического переноса. Кнопка  - **Перенести** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**) нажата. Если кнопка **Перенести** отжата - активируйте ее щелчком.

- 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**.

### Редактирование контура плиты перекрытия

- Выделите плиту перекрытия (автоматически активируется вкладка **Редактирование**).
- Щелкните по кнопке  - **Вставить вершину** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- Поверните модель таким образом, чтобы правый угол плиты оказался на переднем плане (пересечение осей 6 и А).
- Щелкните в грань плиты параллельную оси X (ближнюю к оси А) и удерживая нажатой ЛКМ потяните грань на себя (контур плиты начнет ломаться).
- Введите с клавиатуры координаты точки (**X=13420, Y= - 1420**).
- Нажмите клавишу **Enter** для подтверждения.
- Между созданной вершиной 1 и правым углом плиты вставьте вершину 2 с координатами (**X=13420, Y=4580**) (рис.6.11).
- Перенесите правый угол плиты в точку с координатами (**X=19420, Y=4580**).
- Нажмите **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.



**Рис.6.11.** Контур плиты после корректировки

### Создание отверстия в плите перекрытия

- Чтобы отобразить модель в проекции на горизонтальную плоскость XOY щелкните по кнопке  - **Вид сверху** на панели инструментов **Проекция**.

- Щелкните по кнопке  - **Проем** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**).
- Выделите плиту перекрытия.
- 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 (рис.6.12).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.

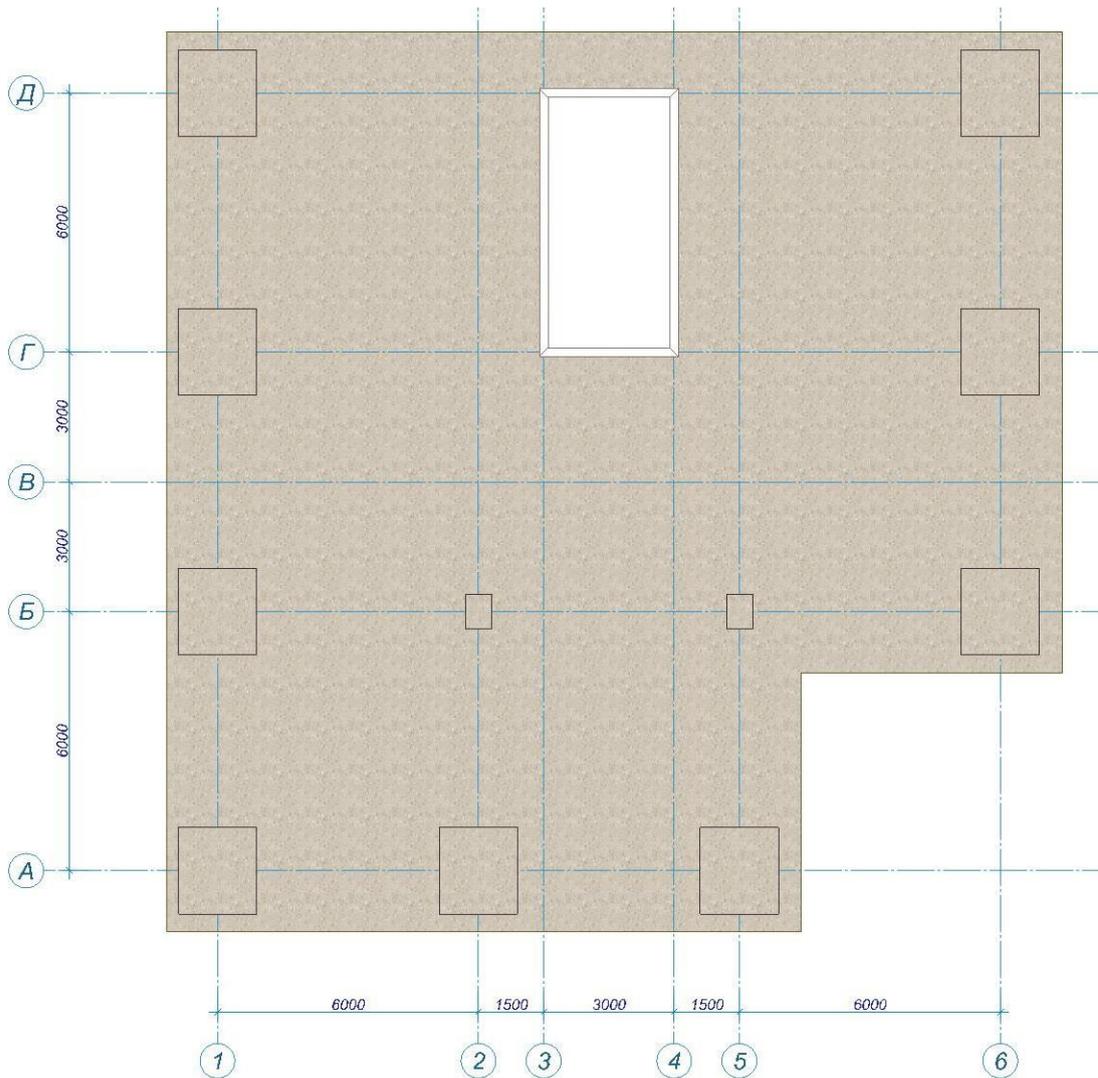


Рис.6.12. Расположение проема в плите перекрытия на виде сверху

### Создание участка другой толщины в плите перекрытия

- Выберите изометрическое отображение модели, выполнив щелчок по кнопке  - **Изометрия** на панели **Проекции**.
- Щелкните по кнопке  - **± ΔH** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**).
- Выделите плиту перекрытия.
- В строке свойств инструмента **± ΔH** задайте следующее:
  - **способ построения**  - Прямоугольник;
  - **глубина** – (-200) мм;
  - **сторона**  - тыльная.
- Введите координаты утолщения:
  - первая точка – (**X=5250, Y=5250**);
  - вторая точка – (**X=12750, Y=6750**).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с плиты.

## Этап 8. Копирование этажей

### Копирование этажей

➤ Вызовите диалоговое окно **Создать новый этаж** (рис.6.13) щелчком по кнопке  - **Этаж** (панель **Проект** на вкладке **Создание**).

➤ В открывшемся диалоговом окне введите следующие данные:

- количество – 4;
- высота этажа – 4000мм;
- копировать элементы;

• щелкните по кнопке  **Фильтр** и снимите флажки со всех элементов, щелкнув по кнопке  -

**Отключить все**;

- установите флажки для элементов, которые будут скопированы: **стена, колонна, перекрытие**;
- щелкните по кнопке **ОК**;
- после этого щелкните по кнопке **ОК**.

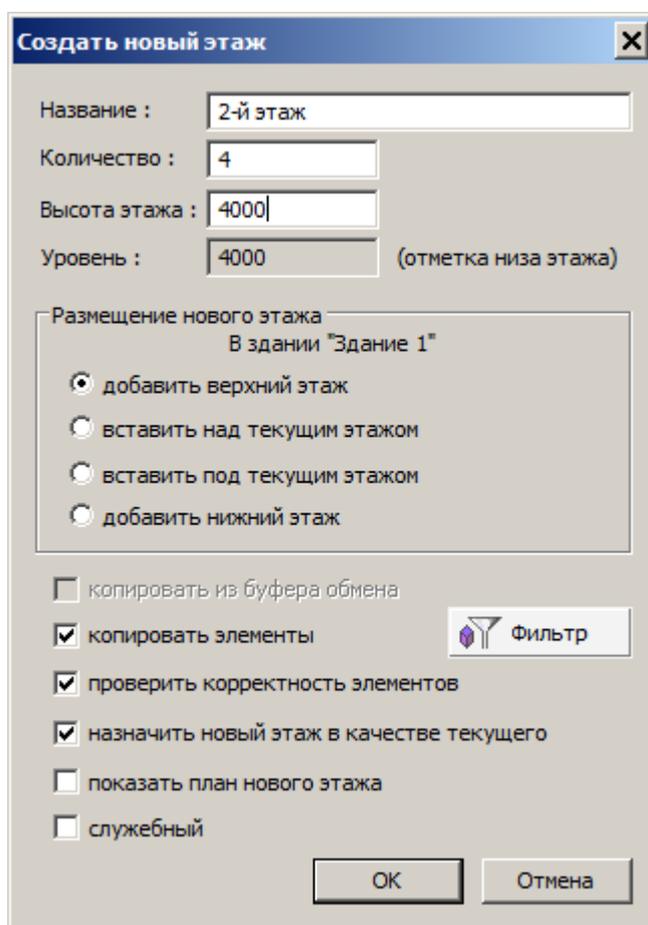


Рис.6.13. Диалоговое окно **Создать новый этаж**



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).

## Корректировка 4-го и 5-го этажей

- В диалоговом окне **Структура** (рис.6.14) щелчком по строке  **4-й этаж +12,000** разверните список элементов 4-го этажа.

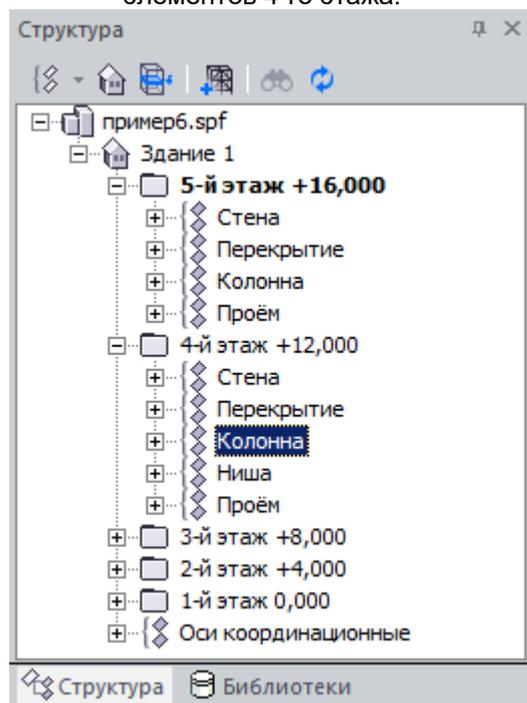


Рис.6.14. Диалоговое окно **Структура**

- Выделите строку **Колонна** и щелкните правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите команду **Выделить** для выделения всех колонн 4-го этажа.

- Щелкните по кнопке  - **Выделить вверх** (панель **Выбор** на вкладке **Редактирование**), чтобы выделить колонны 5-го этажа.
- В диалоговом окне **Параметры 11объектов** задайте следующее:
  - щелкните напротив строки **Капитель**;
  - В открывшемся диалоговом окне **Капитель** выполните щелчок по кнопке **Удалить**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с колонн.
- При нажатой правой кнопке мыши, поверните камеру таким образом, чтобы было видно утолщение в плите пола 5-го этажа.
- Выделите утолщение в плите пола 5-го этажа.

- Щелкните по кнопке  - **Удалить** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- 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.

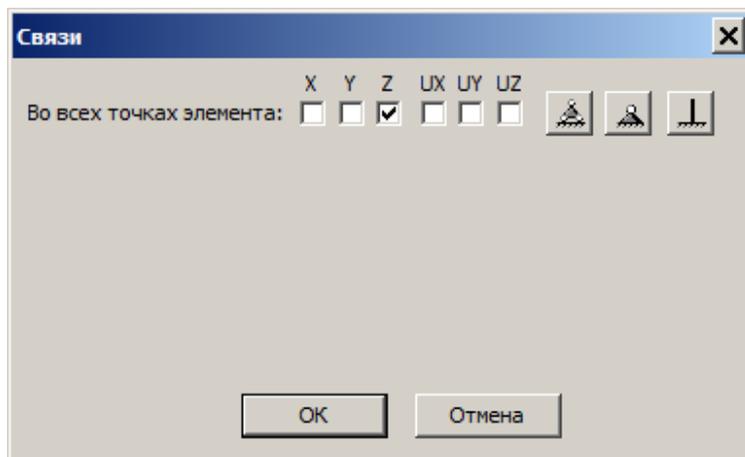
 Теперь в рамках этажа присутствуют две модели плиты в одном уровне, причём одна из них продолжает оставаться выделенной. Поскольку выделен элемент типа **Плита**, строка свойств прикладного инструмента отображает свойства инструмента **Плита**.

- 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**.

### Редактирование фундаментной плиты

- В диалоговом окне **Структура** выделите строку  **1-й этаж 0,000** и щелкните правой кнопкой мыши.
- Выберите команду **Назначить этаж текущим** из контекстного меню (двойной щелчок по строке  **1-й этаж 0,000**).
- Приблизьтесь к плите в уровне низа первого этажа, используя колесо прокрутки.
- Выделите утолщение в плите и проем лестничной клетки, удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Щелкните по кнопке  - **Удалить** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- Выделите плиту в уровне низа первого этажа.
- В строке свойств инструмента Плита введите  - **Толщина 600мм**.
- В диалоговом окне **Свойства** в блоке **Граничные условия** задайте следующее:

- **C1, тс/м** - 1000;
- вызовите диалоговое окно **Связи** (рис.6.15) щелчком напротив строки **Связи**;
- в открывшемся диалоговом окне установите флажок по **Z**;
- щелкните по кнопке **ОК**.



**Рис.6.15.** Диалоговое окно **Связи**

- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с фундаментной плиты.

## **Этап 9. Моделирование пандуса**

### Изменение положения ЛСК в пространстве

- Щелкните правой кнопкой мыши в графической области и выберите из контекстного меню команду **ЛСК повернуть**.

- В открывшемся диалоговом окне **Ввод угла поворота** задайте угол поворота локальной системы координат **270 градусов**.
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно.
- Перенесите ЛСК в левую ближнюю точку плиты, притянувшись к этой точке и воспользовавшись командой контекстного меню правой кнопки мыши **ЛСК в точку (Ctrl+.** на клавиатуре).

### Создание траектории и образующих для пандуса

- Щелкните по кнопке  - **Линия** (панель **Инструменты построения** на вкладке **Создание**).
- В строке свойств инструмента Линия задайте следующее:
  - способ построения  - Отрезок;
  - проконтролируйте, чтобы флажки **Цепочка** и **Замыкать** были сняты
  - **вес линии**  - Основная 6;
  - **цвет** – красный.
- Выполните построение 1-й образующей линии по следующим точкам:
  - начальная точка (**X=0, Y=2000**);
  - конечная точка (**X=0, Y=6000**).
- Выполните построение 2-й образующей линии по следующим точкам:
  - начальная точка (**X=10000, Y=14000**);
  - конечная точка (**X=6000, Y=14000**).
- В строке свойств инструмента Линия задайте следующее:
  - нажмите и удерживайте нажатой кнопку  - **Дуга** до появления раскрывающегося списка;
  - Выберите из раскрывающегося списка способ построения  -**Дуга T1 T3 T2**.
- Выполните построение дуговой траектории по следующим точкам:
  - первая точка траектории (**X=0, Y=2000**) - начальная точка 1-ой образующей;
  - вторая точка траектории (**X=10000, Y=14000**) - начальная точка 2-ой образующей;
  - третья точка траектории (**X=8000, Y=6000**).
- Дважды нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из построения линий.
- Выделите 1-ю образующую.
- Вызовите диалоговое окно **Перемещение объектов**

(рис.6.16) щелчком по кнопке  - **Перенос по координатам** в раскрывающемся списке **Перенести** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).

- В открывшемся диалоговом окне задайте следующее:
  - **приращение Z, мм** – 4000.
- После этого щелкните по кнопке **Выполнить**.

- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с перемещенной линии.

**Рис.6.16.** Диалоговое окно **Перемещение объектов**

### Создание пандуса

- Выделите последовательно траекторию, 1-ю и 2-ю образующие (порядок имеет значение), удерживая нажатой клавишу **Shift** на клавиатуре.
- Переключитесь на вкладку **Создание** и выберите команду  - **1 траектория 2 образующие** в раскрывающемся списке **3D по линии** (панель **Поверхности** на вкладке **Создание**).

➤ Переключитесь на вкладку **Редактирование** и щелкните по кнопке  - **Удалить** (панель **Корректировка**).

- Выделите созданную поверхность.
- В диалоговом окне **Свойства** задайте следующее:

- материал – Бетон Б25;
- интерпретация – Несущий конструктив;
- число участков образующей – 8
- толщина оболочки, мм – 180.

- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с пандуса.
- Щелкните правой кнопкой мыши и выберите из открывшегося контекстного меню команду **ЛСК в абс.0, 0, 0**.

## Этап 10. Моделирование процесса возведения конструкции (МОНТАЖ)

### [Автоматическая генерация монтажных событий](#)

➤ Вызовите диалоговое окно **Монтаж** (рис.6.17) щелчком по кнопке  - **Монтаж** (панель **Автоматическое создание** на вкладке **Создание**).

- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке **Авто**.
- В открывшемся диалоговом окне **Автоматическая генерация событий** выберите способ генерации событий **По типам элементов**, отметив соответствующую радио-кнопку.
- Снимите флажок **Стадии по этажам**.

- Щелкните по кнопке  - **Порядок типов элементов для генерации событий**, чтобы просмотреть в каком порядке будут возводиться элементы.

После этого выполните щелчок по кнопке **Создать** (в диалоговом окне **Монтаж** появится цепочка событий – порядок возведения здания).

### [Назначение монтажных стадий вручную](#)

- Чтобы поменять порядок возведения конструкции в диалоговом окне **Монтаж** щелкните по событию **4,Прочее (1-й этаж)** и удерживая нажатой левую кнопку мыши перетащите его вправо, поменяв местами с событием **5,Перекрытие низ 2-й этаж**.
- Выделите событие **5,Прочее (1-й этаж)** и установите для него флажок **Стадия**.
- Установите флажок **Стадия** как описано в предыдущем пункте для событий: **8,Перекрытие низ (этаж #3)**; **11,Перекрытие низ (4-й этаж)**; **14,Перекрытие низ (5-й этаж)**; **17,Перекрытие верх (5-й этаж)** (рис.6.12).

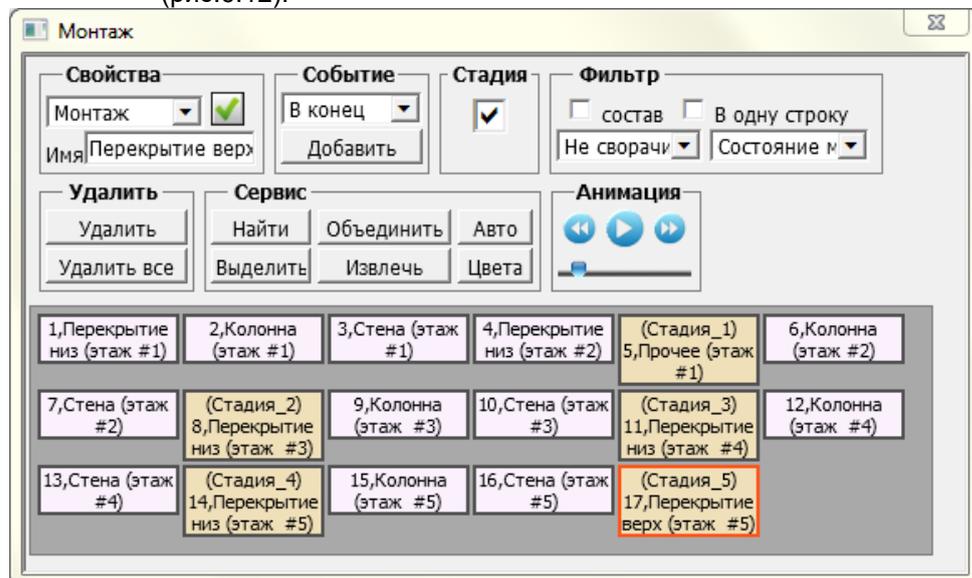


Рис.6.17. Диалоговое окно **Монтаж**

## Просмотр анимации процесса возведения конструкции

- В диалоговом окне **Монтаж** щелкните по первому событию монтажа.
- В поле **Фильтр** выберите из раскрывающегося списка значение **Состояние модели на момент текущего события** для визуализации объектов входящих в текущее событие.
- В поле **Анимация** передвиньте слайдер для задержки отрисовки события чуть правее.
- Щелкните по кнопке **Воспроизвести** для воспроизведения анимации появления событий и стадий (рис.6.18; 6.19).
- Щелкните по кнопке **Остановить** для остановки анимации и закройте диалоговое окно **Монтаж** щелчком по кнопке **X** - **Закреть**.

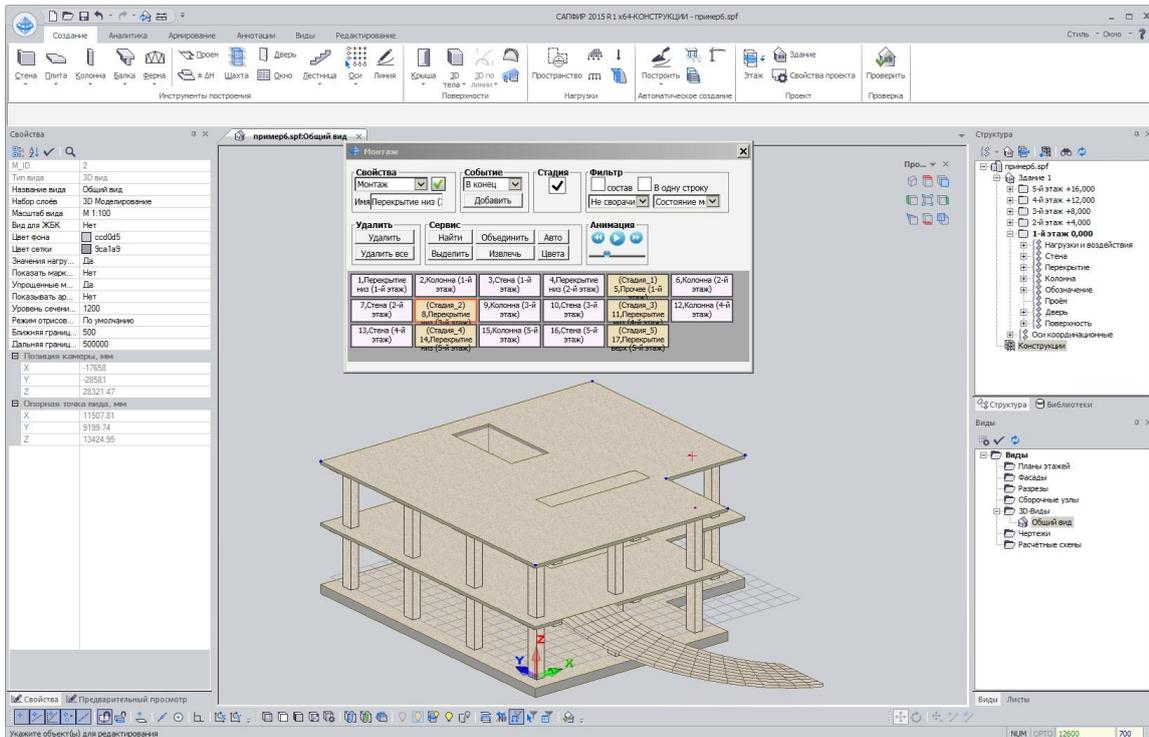


Рис.6.17. Вторая стадия монтажа

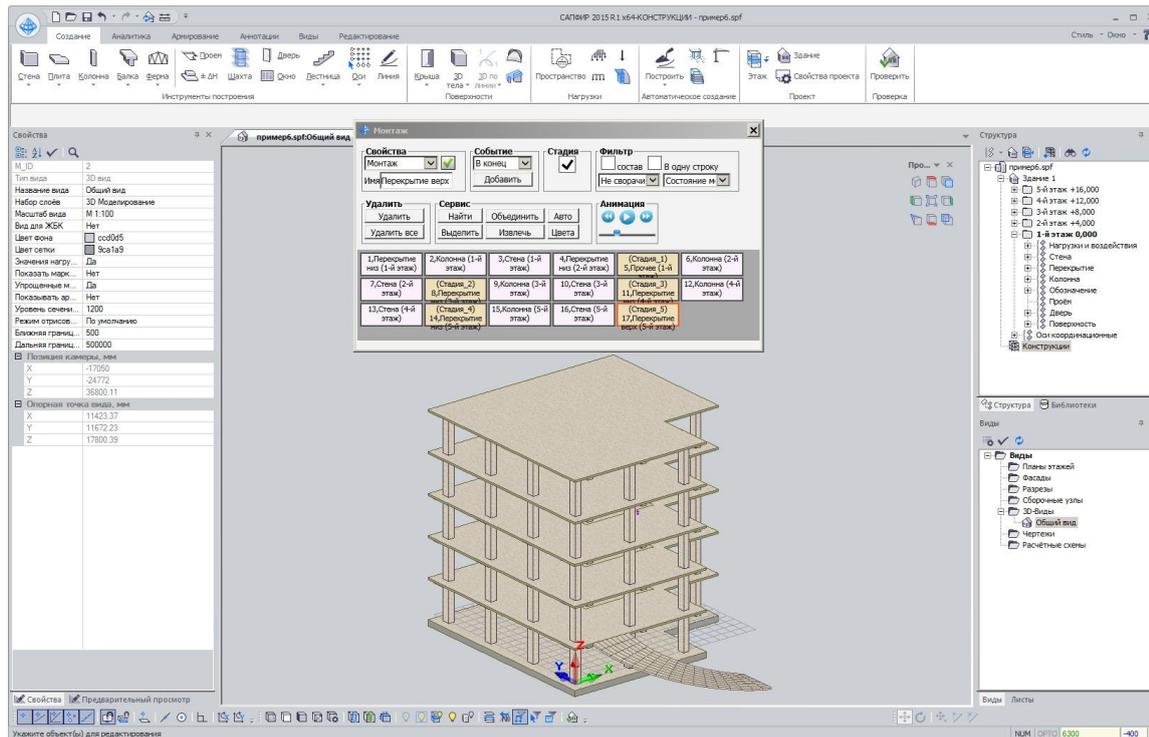


Рис.6.18. Последняя стадия монтажа

## Этап 11. Создание загрузений и назначение нагрузок

### Загрузка №1 (Постоянная нагрузка)

- Щелкните по кнопке  - **Линейная нагрузка** (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 **Нагрузки на плиты**;
  - щелкните еще раз в название загрузения **Нагрузки на плиты** и переименуйте его в **Постоянная нагрузка**;
  - установите для него вид загрузения – **Постоянное**;
  - щелкните по загрузению **Временные нагрузки на плиты** и переименуйте его в **Полезная нагрузка**;
  - установите для него вид загрузения – **Временное длит./Длительное**;
  - выделите строке **Загрузка прочее**;
  - щелкните по кнопке  - **Удалить**;
  - выделите загрузение **Постоянная нагрузка** (сделайте его текущим) (рис.6.19);
  - после этого щелкните по кнопке **ОК**;
  - нагрузка в начале 1.6тс/м<sup>2</sup>;
  - в конце 1.6 тс/м<sup>2</sup>.

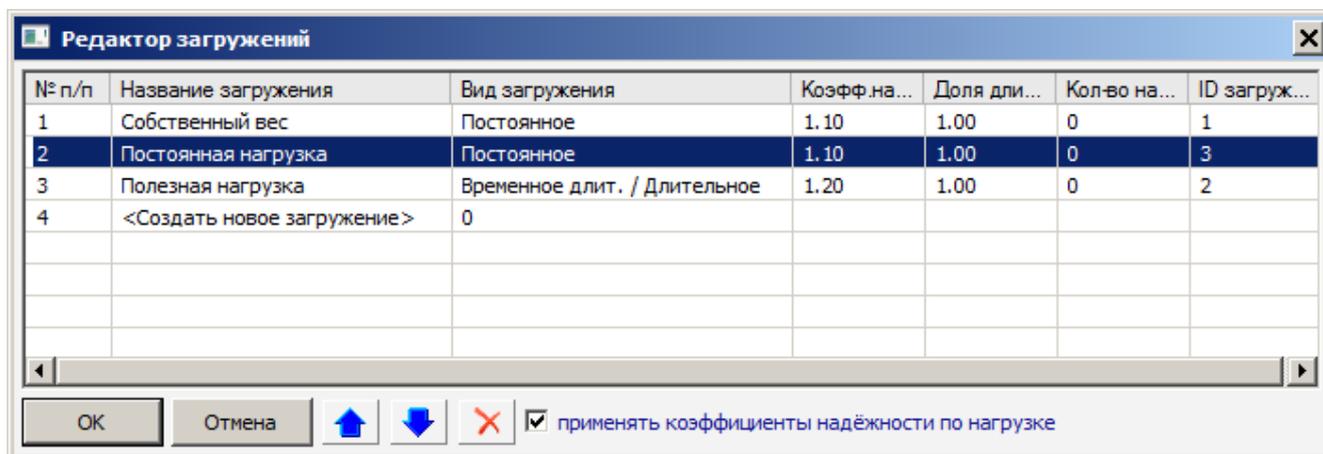


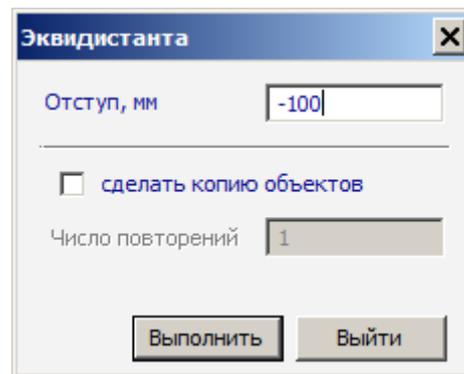
Рис.6.19. Диалоговое окно **Редактор загрузений**

- Щелкните в грань фундаментной плиты, чтобы взять ее осевую линию (по периметру плиты появится легкий зеленый контур).
- Нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения выбранной осевой линии.
- В строке свойств инструмента Нагрузка выберите способ построения  - **Отрезок**.
- Постройте линейную нагрузку по следующим координатам:
  - первая точка (**X=3000, Y=7500**);
  - вторая точка (**X=3000, Y=13500**).
- Щелкните по кнопке  - **Штамп нагрузки** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание**).
- В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:

- способ построения  - Осевая;
  - в начале 0.3тс/м<sup>2</sup>;
  - в конце 0.3тс/м<sup>2</sup>.
- Щелкните в грань фундаментной плиты, чтобы взять ее осевую линию (по периметру плиты появится легкий зеленый контур) и нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из построения нагрузки.

#### Корректировка контура линейной нагрузки

- Выделите линейную нагрузку.
- Вызовите диалоговое окно **Эквидистанта** (рис.6.20) щелчком по кнопке  - **Эквидистанта** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте значение отступа – **100мм**.
- После этого щелкните по кнопке **Выполнить**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из построения нагрузки.



**Рис.6.20.** Диалоговое окно **Эквидистанта**

#### Загрузка №2 (Длительная нагрузка)

- Щелкните по кнопке  - **Штамп нагрузки** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание**).
- В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:
- **загрузка** – Полезная нагрузка;
  - **в начале** – 0.5 тс/м<sup>2</sup>;
  - **в конце** – 0.5 тс/м<sup>2</sup>;
  - **цвет** – зеленый.
- Щелкните в грань фундаментной плиты, чтобы взять ее осевую линию и нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения.
- В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:
- способ построения  - Прямоугольник;
  - в начале – 2тс/м<sup>2</sup>;
  - в конце – 2тс/м<sup>2</sup>;
  - цвет – красный.
- Выполните построение распределенной нагрузки по площади по следующим точкам:
- 1-я точка диагонали (**X=13000, Y=11000**);
  - 2-я точка диагонали (**X=15500, Y=15000**).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из режима построения нагрузки.

#### Тиражирование нагрузок по этажам

- Вызовите диалоговое окно **Фильтровать элементы** (рис.6.21) щелчком по кнопке  - **Фильтр** на панели инструментов **Визуализация**.
- В открывшемся диалоговом окне установите флажок **Нагрузка**.
- Щелкните по кнопке **Выделить**.

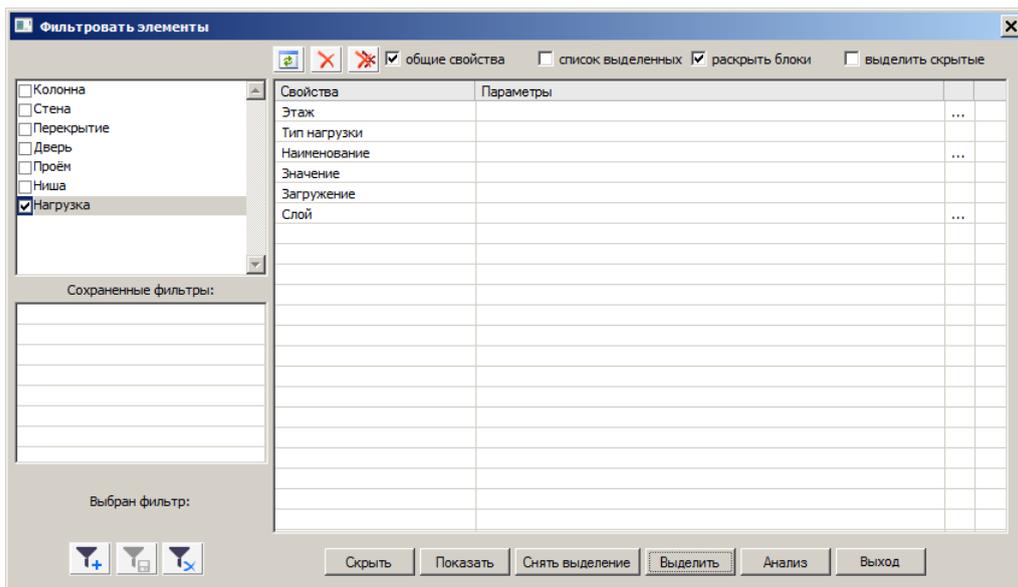


Рис.6.21. Диалоговое окно **Фильтровать элементы**

Shift.

- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  - **Закорить**.
- Вызовите диалоговое окно **Выбор этажей** (рис.6.22) щелчком по кнопке  - **Вставить на выбранные этажи** (панель **Корректировка** на вкладке **Редактирование**).
- В открывшемся диалоговом окне выделите все этажи кроме первого, удерживая нажатой клавишу
- Установите флажок для всех выделенных этажей.



Рис.6.22. Диалоговое окно **Выбор этажей**

- Щелкните по кнопке **ОК** для подтверждения.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с нагрузки.

## Задание нагрузки от покрытия

- В диалоговом окне **Структура** двойным щелчком назначьте  5-й этаж +16,000 текущим.
- Щелкните по кнопке  - **Штамп нагрузки** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание**).
- В строке свойств инструмента Нагрузка задайте следующее:
  - способ построения  - Осевая;
  - загрузка – Постоянная нагрузка;
  - в начале 0.1тс/м<sup>2</sup>;
  - в конце 0.1тс/м<sup>2</sup>;
  - цвет – синий.
- Щелкните в грань плиты покрытия, чтобы взять ее осевую линию и нажмите клавишу **Enter** на клавиатуре для подтверждения.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы выйти из построения нагрузки.



Чтобы визуализировать нагрузку отдельно по каждому загрузению щелкните по кнопке **Фильтр по загрузениям** на панели инструментов **Визуализация**.

## Этап 12. Создание конечно-элементной модели в системе САПФИР-КОНСТРУКЦИИ

### Создание расчетной модели

- Вызовите диалоговое окно **Создать новую расчетную модель** (рис.6.23) щелчком по кнопке  - **Расчетная модель** (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 **пример6.spf:Расчетная модель**).

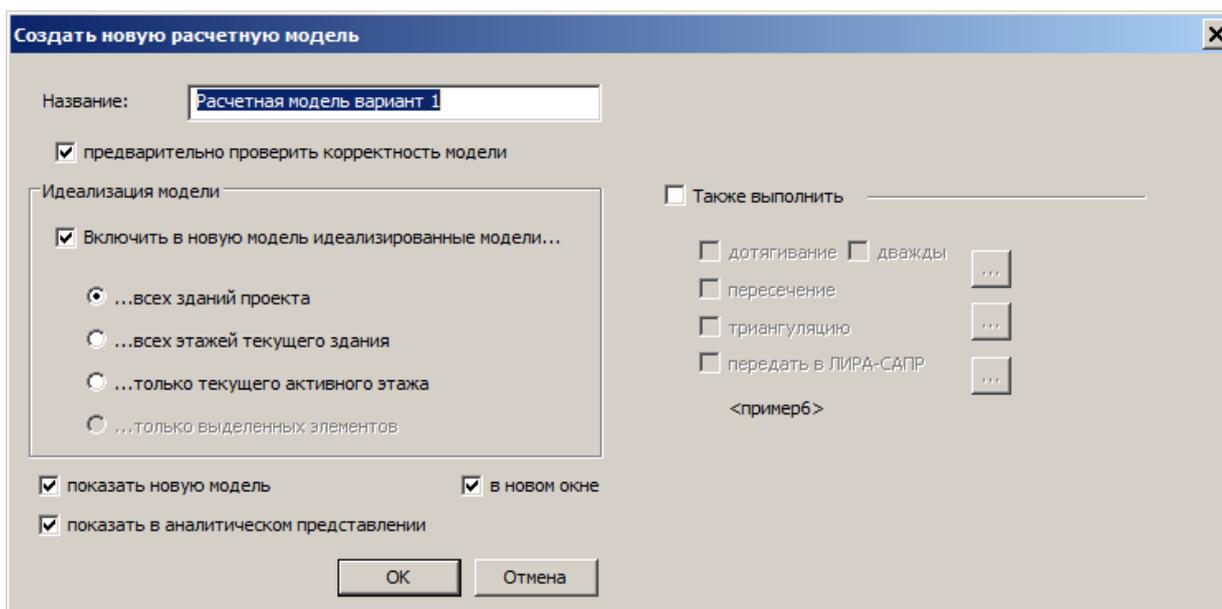


Рис.6.23. Диалоговое окно **Создать новую расчетную модель**



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

### [Корректировка свойств расчетной модели](#)

- Вызовите диалоговое окно **Параметры** (рис.6.24) щелчком по кнопке  - **Свойства расчетной модели** (панель **Расчетная модель: создание** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте **L поиска** – 350мм.
- После этого щелкните по кнопке **ОК**.

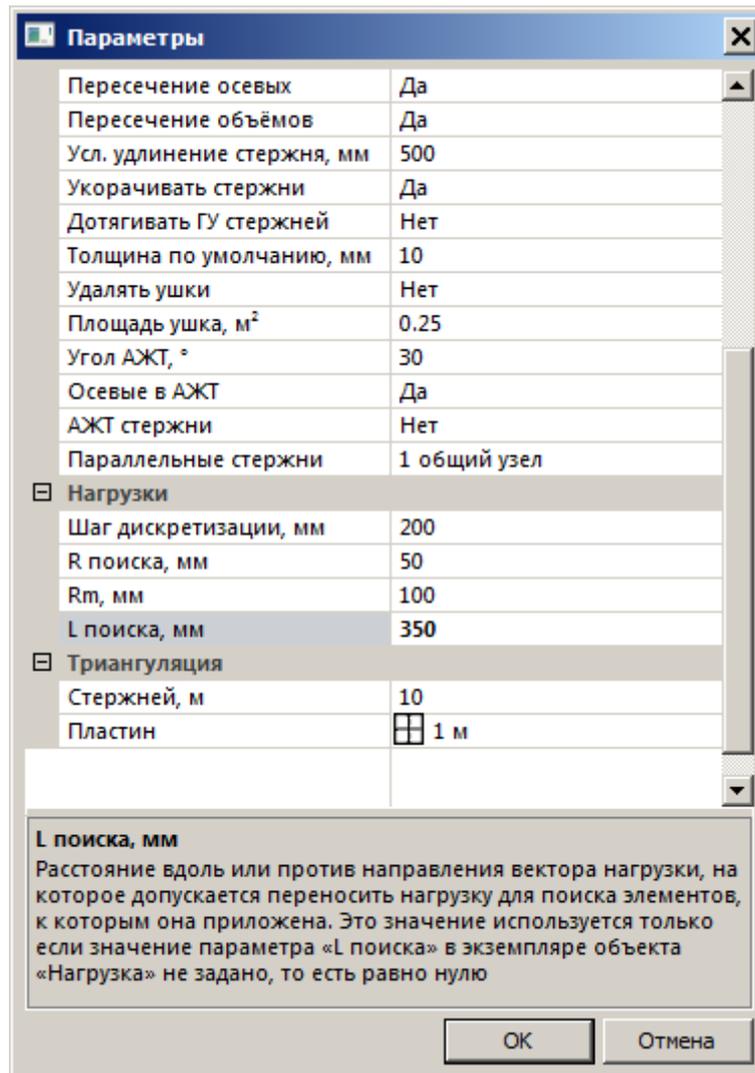


Рис.6.24. Диалоговое окно **Параметры**

### [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 **САФИР** (рис.6.25) щелкните по кнопке **Да**.

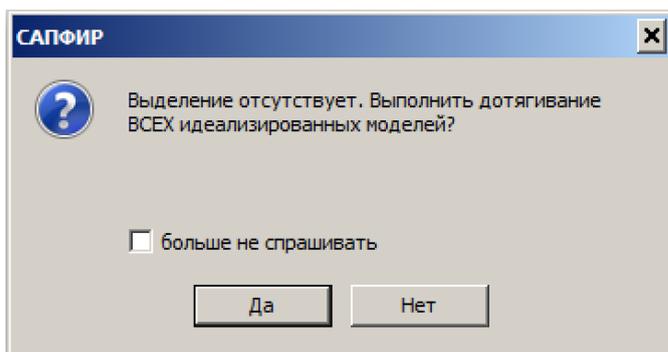


Рис.6.25. Диалоговое окно САПФИР

- Щелкните по кнопке .- Найти пересечения в раскрывающемся списке Пересечь (панель Расчетная модель: триангуляция на вкладке Аналитика).
- В открывшемся диалоговом окне САПФИР (рис.6.26) щелкните по кнопке Да.

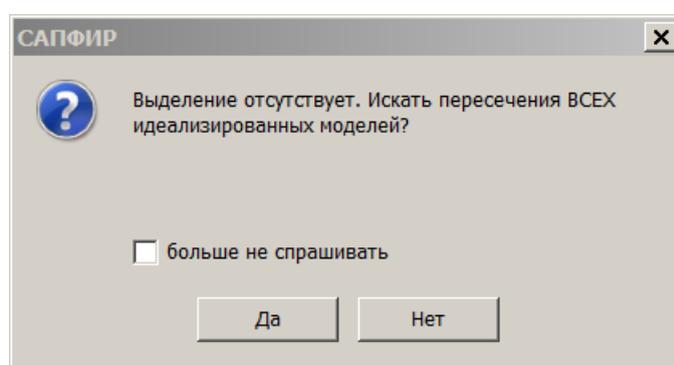


Рис.6.26. Диалоговое окно САПФИР

- Расчетная модель с выполненными пересечениями будет выглядеть следующим образом (рис.6.27)

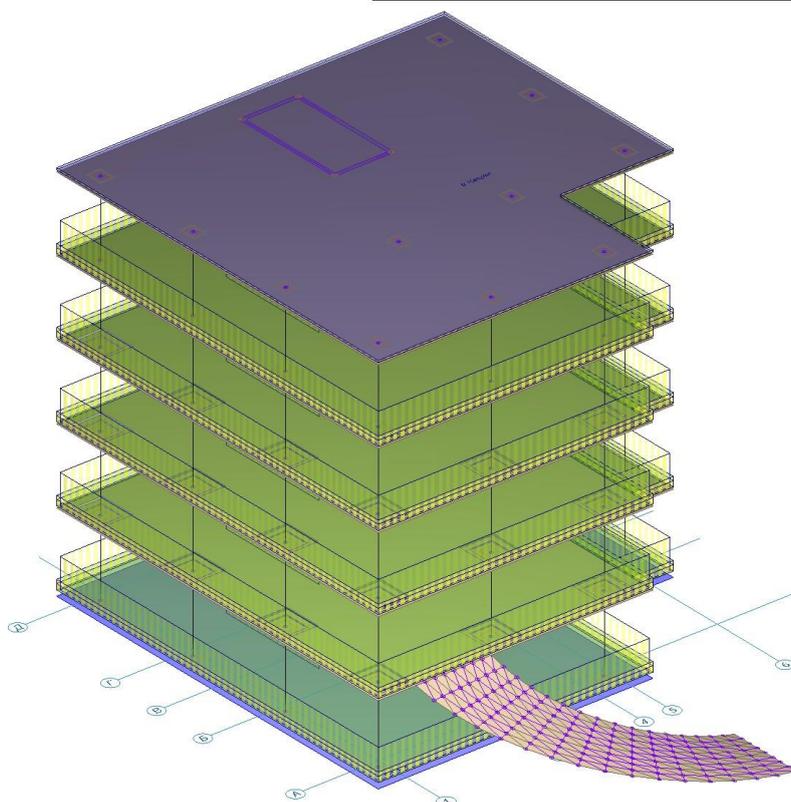


Рис.6.27. Расчетная модель с выполненными пересечениями

## Триангуляция модели

- Вызовите диалоговое окно **Настройки триангуляции** (рис.6.28) щелчком по кнопке  - **Настройки** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующее:
  - **триангуляция пластин** – адаптивная четырехугольная;
  - **шаг, м** – 5.
- После этого щелкните по кнопке **Назначить**.

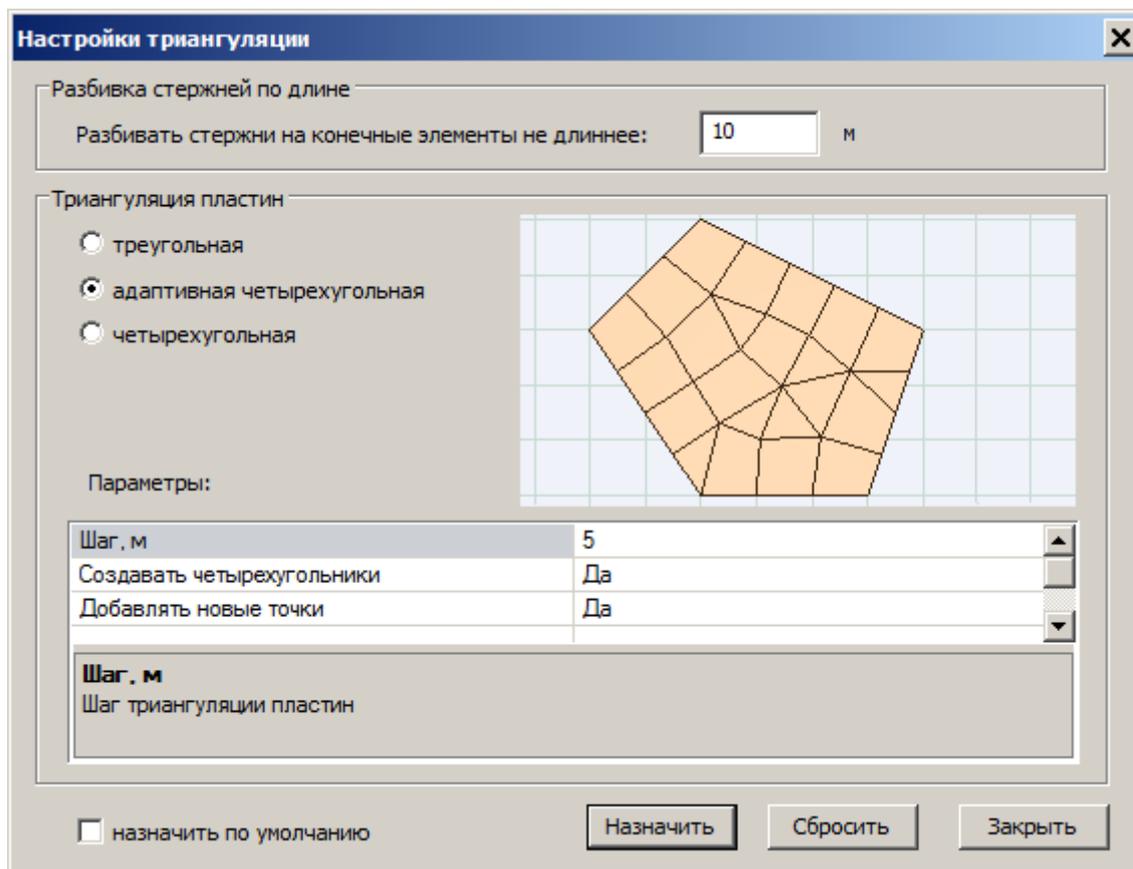


Рис.6.28. Диалоговое окно **Настройки триангуляции**

- Выполните щелчок по кнопке  - **Вид сверху** на панели инструментов **Проекция**.
- Выделите элементы пандуса резиновой рамкой слева направо.
- Для разбивки пандуса на КЭ щелкните по кнопке  - **Создать триангуляционную сеть** в раскрывающемся списке **Сеть** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- Вызовите диалоговое окно **Настройки триангуляции** (рис.6.28) щелчком по кнопке  - **Настройки** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- В открывшемся диалоговом окне измените **шаг, м** на 0.6.
- После этого выполните щелчок по кнопке **Назначить**.
- Щелкните по кнопке  - **Вид слева** на панели инструментов **Проекция**.
- Выделите все элементы модели кроме пандуса резиновой рамкой слева направо.
- Для разбивки на КЭ щелкните по кнопке  - **Создать триангуляционную сеть** в раскрывающемся списке **Сеть** (панель **Расчетная модель: триангуляция** на вкладке **Аналитика**).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с элементов.

## Назначение граничных условий на элементы пандуса

- Переключитесь на проекцию XOY щелчком по кнопке  - **Вид сверху** на панели инструментов

### Проекция.

- Выделите резиновой рамкой справа налево нижний ряд элементов пандуса.
- В диалоговом окне **Параметры 16 объектов** в блоке **Граничные условия** задайте следующее:
  - Вызовите диалоговое окно **Связи** (рис.6.29) щелчком напротив строки **Связи**;
  - в открывшемся диалоговом окне для группы **Снизу** щелкните по кнопке ;
  - щелкните по кнопке **ОК**.

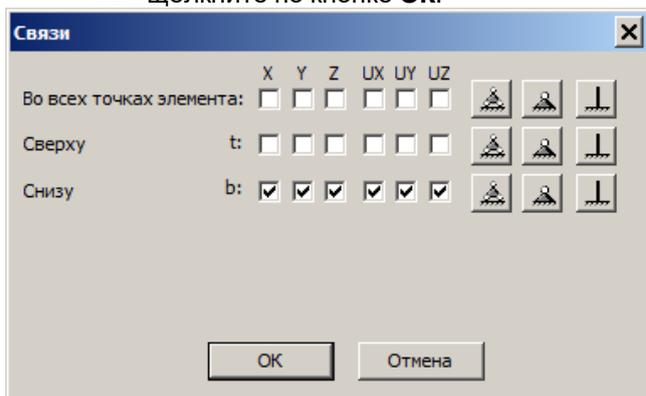


Рис.6.29. Диалоговое окно **Связи**

- После этого щелкните по кнопке  - **Применить к объекту**.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с элементов пандуса.

## Этап 13. Создание файла для ПК ЛИРА-САПР

- Чтобы открыть конечно-элементную схему в ПК ЛИРА-САПР щелкните по кнопке  - **Открыть** в раскрывающемся списке **Открыть** (панель **Расчет в ЛИРА-САПР** на вкладке **Аналитика**).



Программа создаст файл в формате \*.s2l в каталоге C:\Users\Public\Documents\LIRA SAPR\LIRA SAPR 2015\Data и откроет этот файл в системе **ВИЗОР-САПР**.

- После выполнения сохранения файла в окне **Службная информация** появится сообщение **Для части нагрузки не найдены конечные элементы, к которым она приложена. Потеряно 4.58%**. (потерянная часть нагрузки располагается над проемом лестничной клетки).

## Этап 14. Открытие расчетной схемы в ПК ЛИРА-САПР

- При открытии расчетной схемы в ВИЗОР-САПР система выдаст сообщение (рис.6.30).

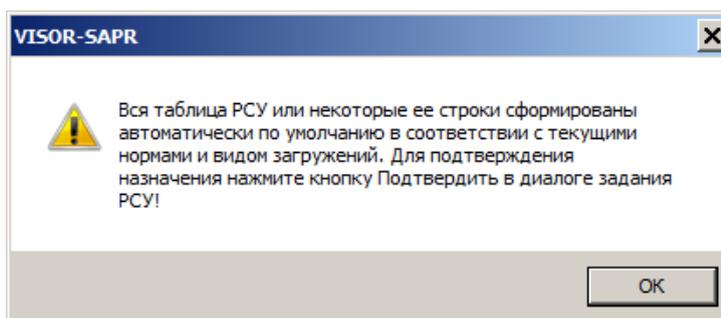
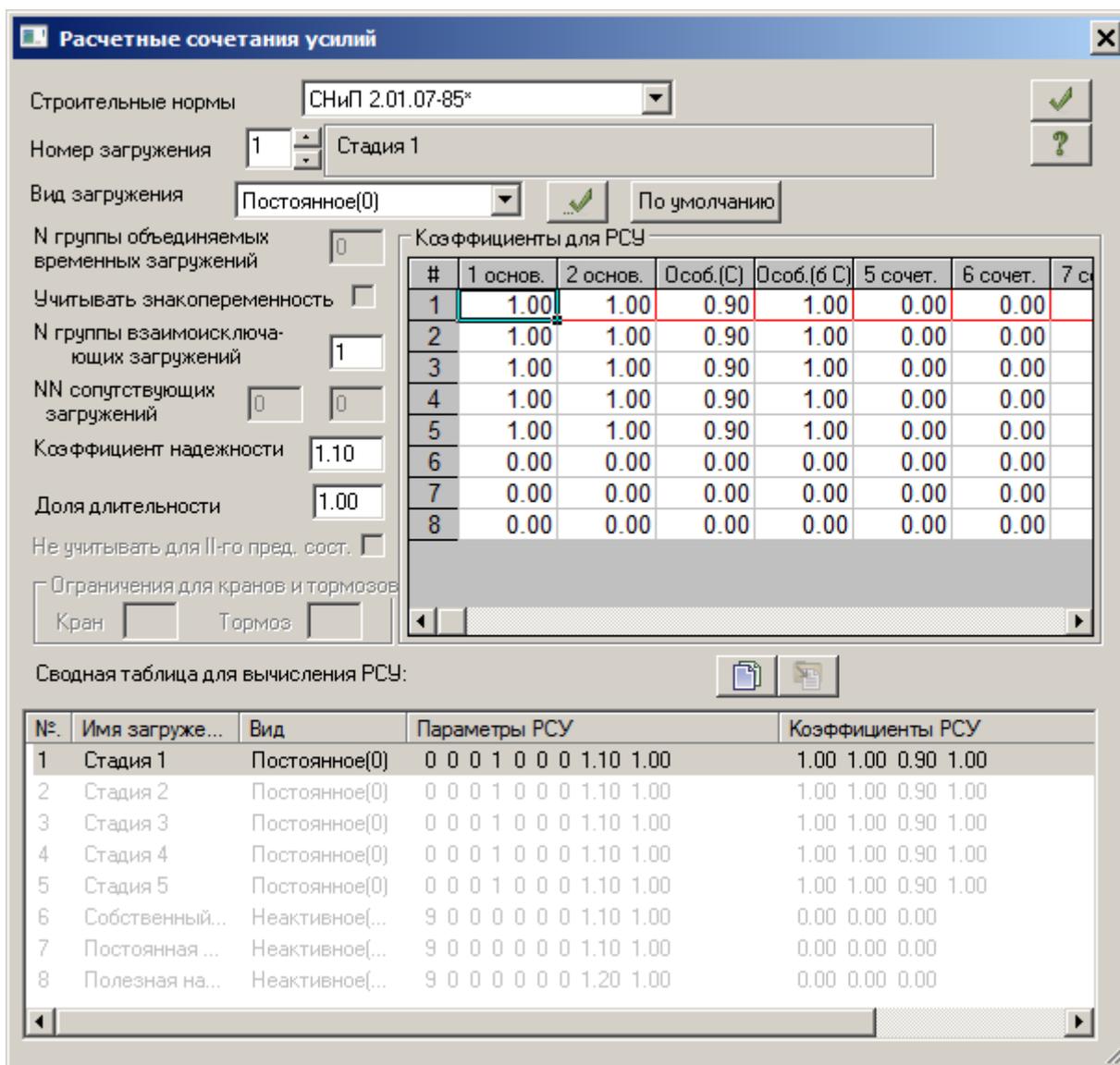


Рис.6.30. Диалоговое окно **VISOR-SAPR**

- Щелкните по кнопке **ОК**.
- В открывшемся диалоговом окне **Расчетные сочетания усилий** (рис.6.31) щелкните по кнопке  - **Подтвердить**.



Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85\*

Номер загрузки: 1 Стадия 1

Вид загрузки: Постоянное(0) По умолчанию

N группы объединяемых временных загрузений: 0

Учитывать знакопеременность:

N группы взаимоисключающих загрузений: 1

NN сопутствующих загрузений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.10

Доля длительности: 1.00

Не учитывать для II-го пред. сост.:

Ограничения для кранов и тормозов: Кран  Тормоз

Кoeffициенты для РСУ

#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(6 С)	5 сочет.	6 сочет.	7 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	
3	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	
4	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	
5	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№.	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ	Кoeffициенты РСУ
1	Стадия 1	Постоянное(0)	0 0 0 1 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Стадия 2	Постоянное(0)	0 0 0 1 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Стадия 3	Постоянное(0)	0 0 0 1 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
4	Стадия 4	Постоянное(0)	0 0 0 1 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
5	Стадия 5	Постоянное(0)	0 0 0 1 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
6	Собственный...	Неактивное(...)	9 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	0.00 0.00 0.00
7	Постоянная ...	Неактивное(...)	9 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	0.00 0.00 0.00
8	Полезная на...	Неактивное(...)	9 0 0 0 0 0 0 1.20 1.00	0.00 0.00 0.00

**Рис.6.31.** Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

 Данный механизм, как правило, используется при конструировании арматуры по РСУ. Так как в текущем примере применяется моделирование последовательности возведения здания, то считать и конструировать мы будем по Усилиям.

## Этап 15. Задание параметров материалов элементам схемы

### Задание материалов для железобетонных конструкций

- Щелчком по кнопке  - **Ж/Б** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.6.32).

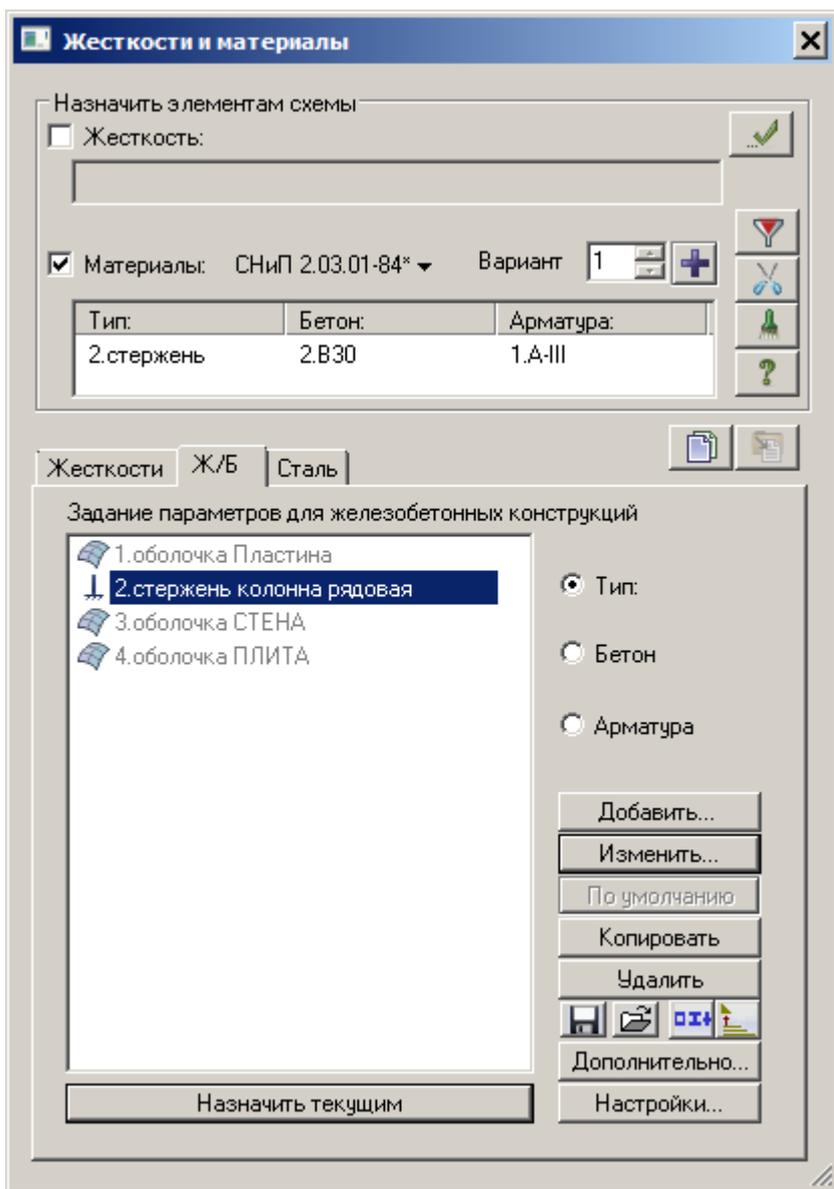


Рис.6.32. Диалоговое окно Жесткости и материалы

- После этого выделите строку **2.стержень колонна рядовая** и щелкните по кнопке **Изменить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.6.33), в котором задайте следующие параметры для колонн:
  - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
  - 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  **$LY = 0.7$** ,  **$LZ = 0.7$** ;
  - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

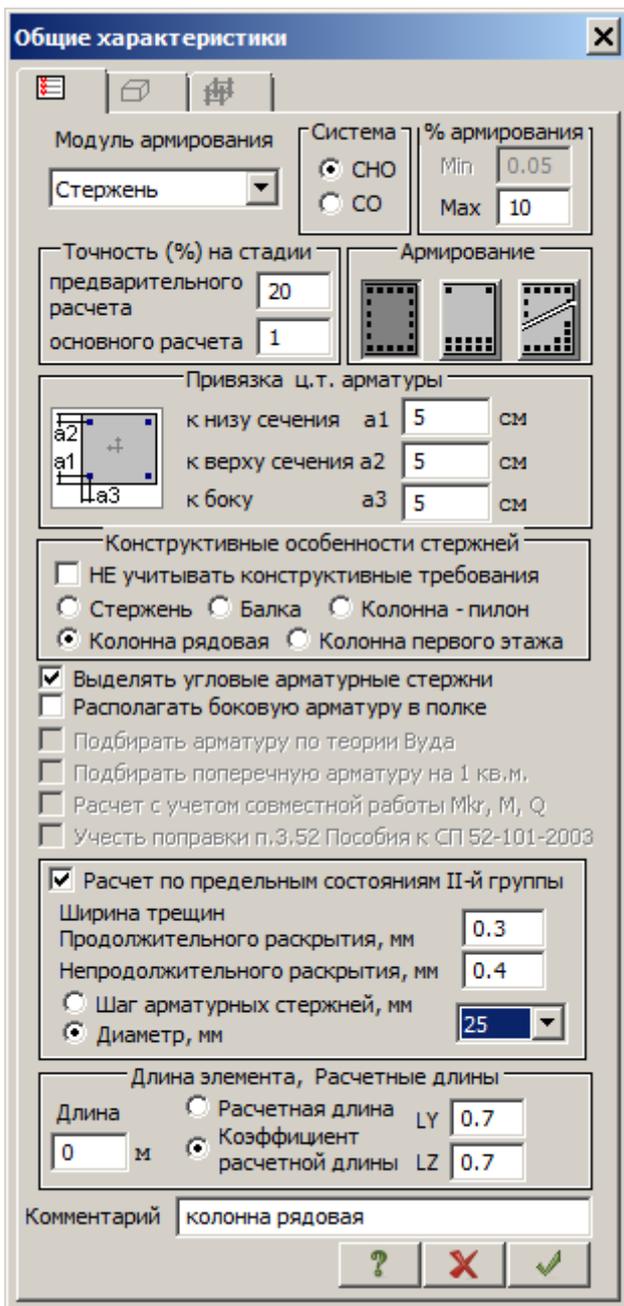


Рис.6.33. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.6.34), в котором в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр арматурных стержней** выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

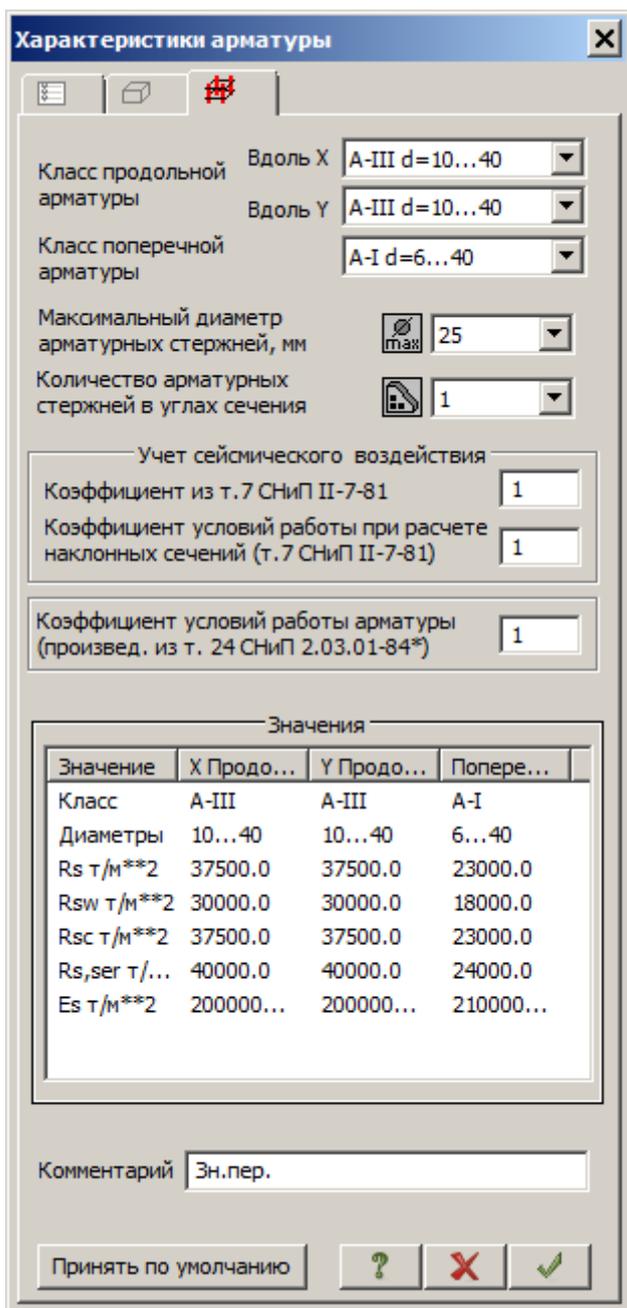


Рис.6.34. Диалоговое окно **Характеристики арматуры**

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

### Этап 16. Согласование местных осей пластин



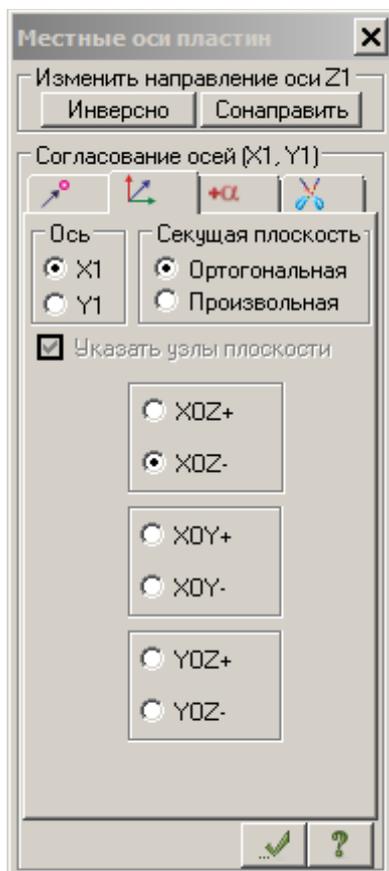
ПК САПФИР автоматически выполняет необходимое согласование осей для плит перекрытия и диафрагм.

- Переключитесь в проекцию XOY щелчком по кнопке - **Вид сверху** на панели инструментов **Проекции**.



- Щелкните по кнопке - **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите с помощью резиновой рамки слева направо элементы пандуса.

- Вызовите диалоговое окно **Местные оси пластин** (рис.6.35) щелчком по кнопке  - **Местные оси пластин** (панель **Редактирование пластин** на вкладке **Пластины**).
- В этом диалоговом окне щелкните на второй закладке **Секущая плоскость**.
- После этого включите радио-кнопку **XOZ-** и щелкните по кнопке  - **Применить**.



**Рис.6.35.** Диалоговое окно **Местные оси пластин**

- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  - **Заккрыть**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения элементов.

### Этап 17. Редактирование монтажной таблицы

- Вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции** (рис.6.36) щелчком по кнопке  – **Стадии монтажа** (панель **Монтаж** на вкладке **Расчет**).
- В этом окне перейдите на закладку **Доп. Загружения**.
- Выделите строку соответствующую пятой стадии монтажа в поле **История**.
- В таблице **Коэффициенты учета дополнительных нагружений** задайте коэф.для 7-го нагружения равным **1** и для 8-го нагружения равным **1**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

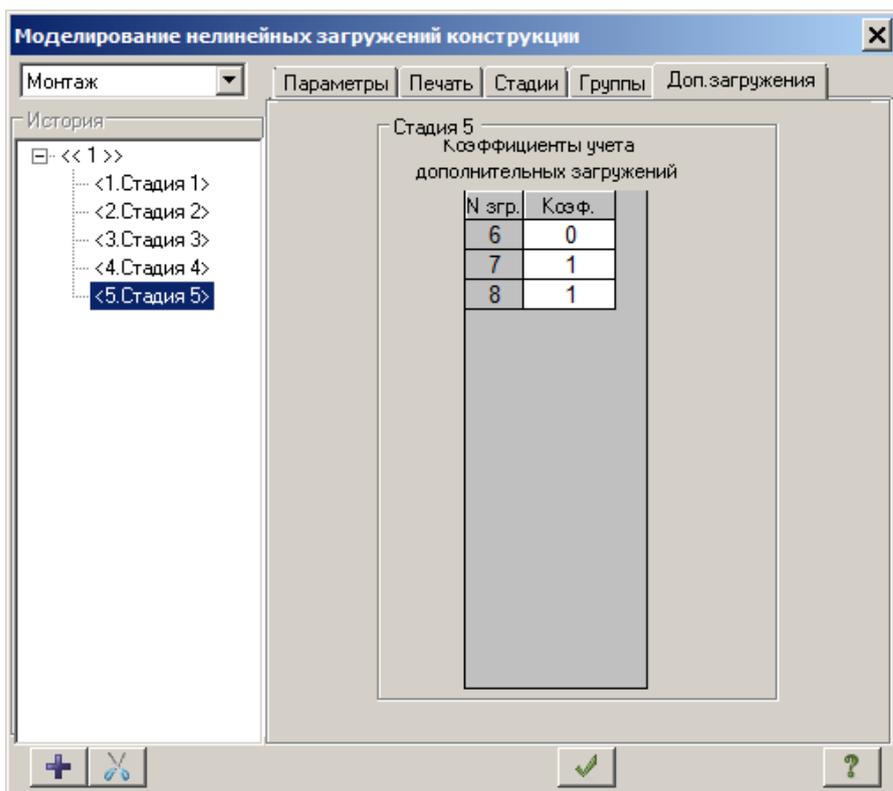


Рис.6.36. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных нагружений конструкции**

### Этап 18. Полный расчет схемы

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

### Этап 19. Просмотр и анализ результатов статического расчета



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов осуществляется на вкладке **Анализ**.

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов для первой стадии монтажа. Для отображения схемы без учета перемещений

узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

### Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру  **$M_y$**  щелчком по кнопке  – **Эпюры  $M_y$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

- Для вывода эпюры  **$Q_z$**  щелкните по кнопке  – **Эпюры поперечных сил  $Q_z$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

- Для вывода эпюры  **$N$**  щелкните по кнопке  – **Эпюры продольных сил  $N$**  (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

- Чтобы вывести мозаику усилия  **$N$** , выберите команду  – **Мозаика усилий в стержнях в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика усилий**** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

### Смена номера текущего загрузки

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую второй стадии монтажа и щелкните по кнопке

– Применить. 

### Вывод на экран изополей перемещений

- Чтобы вывести на экран изополя перемещений по направлению Z, выберите команду  – **Изополя перемещений в глобальной системе** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя**

**перемещений** и после этого щелкните по кнопке  – **Изополя перемещений по Z** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

### Вывод на экран мозаик напряжений

- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по Mx, выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя напряжений** и после этого щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по Mx** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

- Для отображения мозаики напряжений по Nx, щелкните по кнопке  – **Мозаика напряжений по Nx** (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** на вкладке **Анализ**).

### Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).

- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис. 6.37) выделите строку **Усилия**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы «Графический Макетировщик» нужно включить радио-кнопку **RPT**).

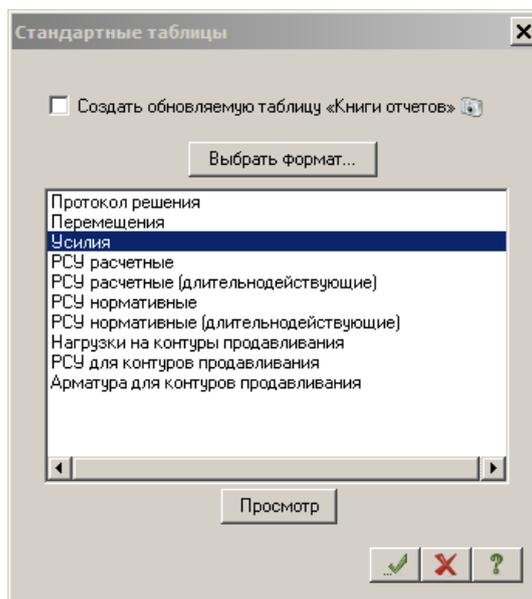


Рис.6.37. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- В новом окне **Выбор загрузений** (рис.6.38), при активной строке **Все загрузения**, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

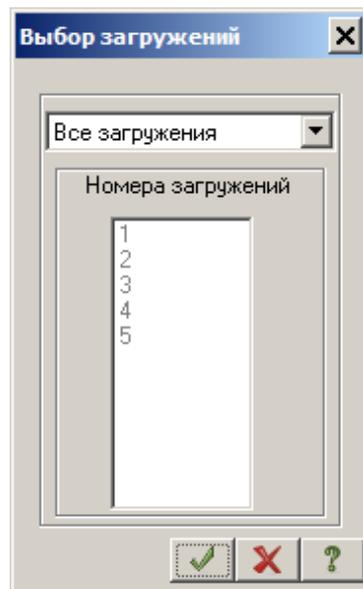


Рис.6.38. Диалоговое окно **Выбор загрузений**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Закреть**.

## Этап 20. Просмотр и анализ результатов конструирования



После расчета задачи, просмотр и анализ результатов конструирования осуществляется на вкладке **Конструирование**.

- Просмотр результатов армирования
- Для просмотра информации о выбранной арматуре в одном из конечных элементов, щелкните по

кнопке  – **Информация об узле или элементе** на панели инструментов **Панель выбора** и укажите курсором на любой пластинчатый элемент.

- В появившемся диалоговом окне перейдите на закладку **Информация о выбранной арматуре** (в этом окне содержится полная информация о выбранном элементе, в том числе и с результатами подбора арматуры).

- Закройте диалоговое окно щелчком по кнопке  – **Закреть**.

- Для установки режима отображения симметричного армирования в сечениях стержней, выберите

команду  – **Симметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем левом угле

сечения стержня AU1, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU1** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле

сечения стержня AU2, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU2** (панель **Стержни** на вкладке **Конструирование**).

- 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**).

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

оси Y1, щелкните по кнопке  
вкладке **Конструирование**).



– **Нижняя арматура в пластинах по оси Y1** (панель **Пластины** на

#### [Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры](#)

- После щелчка по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** с помощью курсора выделите все элементы колонн.
- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.6.39),

выбрав команду



– **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).

- В этом окне в поле **Элементы** включите кнопку **Арматура в стержнях** (по умолчанию в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**, а в поле **Формат таблиц** включена радио-кнопка **Текстовые**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран** (для создания таблиц результатов подбора арматуры в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в других форматах нужно включить соответствующую радио-кнопку).

Рис.6.39. Диалоговое окно  
Таблицы результатов

#### **Этап 21. Экспорт результатов армирования плит перекрытий в САПФИР**

- Для экспорта результатов армирования плит перекрытия в системе **ВИЗОР-САПР** нужно открыть диалоговое окно **Экспорт в САПФИР результатов армирования**. Для этого откройте меню



приложения и выберите пункт – **Экспорт в САПФИР**.

➤ В этом диалоговом окне, при выбранном типе файлов **Результаты армирования для САПФИР (\*.asp)**, заданном имени файла **Пример6** и выбранной папке, в которую будет сохранен файл, созданный в результате экспорта (по умолчанию папка **Data**), щелкните по кнопке **Сохранить**.



*Файл результатов (\*.asp), сформированный ПК ЛИРА-САПР рекомендуется сохранить в папку, где лежит исходный файл модели (\*.spf), с тем же именем **пример6**. Тогда в САПФИРе результаты подгрузятся*

автоматически при нажатии на кнопку



– **Показать результаты** (флажок **Автозагрузка результатов в свойствах проекта**).

#### **Этап 22. Импорт результатов подбора арматуры в систему САПФИР-ЖБК**

Для того чтобы продолжить работу с ПК **САПФИР**, выполните следующие команды Windows:

**Пуск** ⇒ **Программы** ⇒ **LIRA SAPR** ⇒ **ЛИРА-САПР 2015** ⇒ **САПФИР 2015**.

Для того чтобы продолжить работу с примером воспользуйтесь **Меню приложения** ⇒ **Открыть**. В открывшемся диалоговом окне **Открыть** выберите папку, в которую Вы выполняли сохранение задачи (по умолчанию используется папка **Data**). Выделите строку с именем задачи **пример6.spf** и щелкните по кнопке **Открыть**.

#### [Импорт результатов КЭ расчета](#)

- В ПК **САПФИР** при открытой модели **пример6** в диалоговом окне **Виды** выполните двойной щелчок по строке  **Общий вид**.

- Вызовите диалоговое окно **Фильтр видимости объектов** (рис.6.40) щелчком по кнопке  - **Фильтр визуализации** на панели инструментов **Визуализация**.
- В открывшемся диалоговом окне прокрутите список вниз и снимите флажок с объекта **Нагрузка**.
- После этого выполните щелчок по кнопке **ОК**.

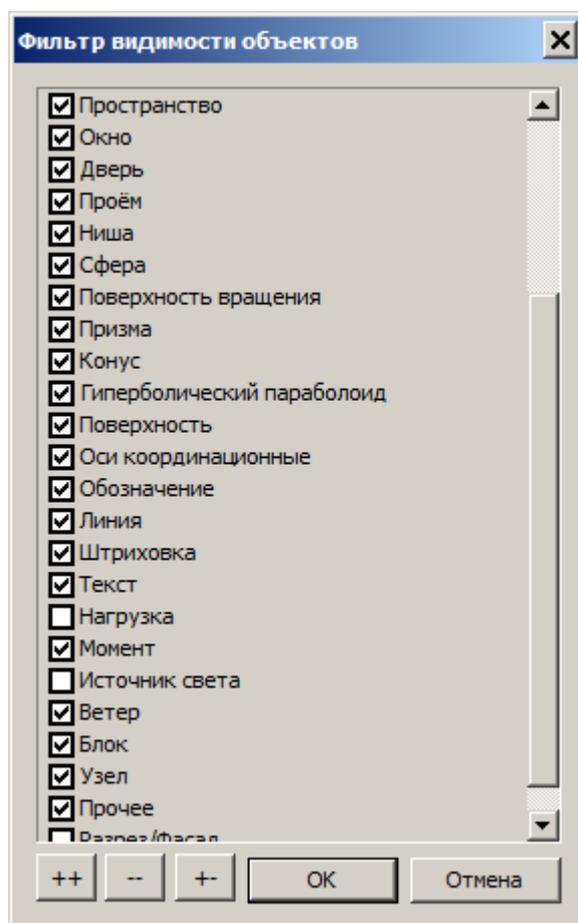


Рис.6.40. Диалоговое окно **Фильтр видимости объектов**

- Для отображения результатов подбора арматуры щелкните по кнопке  - **Показать** (панель **Результаты армирования** на вкладке **Армирование**).

- Во время импорта результатов расчета армирования в окне **Служебная информация** отображаются следующие данные:
  - нормативный документ, согласно которому был проведен расчет – **СНиП 2.03.01-84\***;
  - вид расчета сечений – **PCY**;
  - номер варианта конструирования – **Вариант 1**;
  - 1290 КЭ (из 9964) геометрически соотнесены с армируемыми диафрагмами;
  - 55 стержневых КЭ (из 55) геометрически соотнесены с армируемыми элементами конструкции.

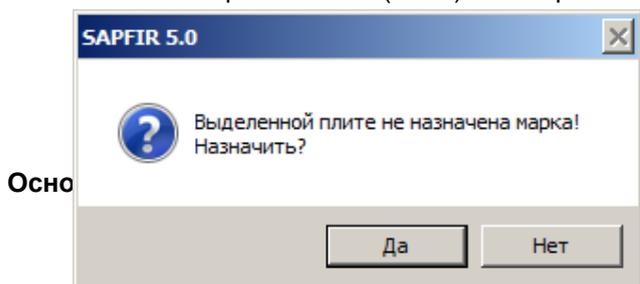


Рис.6.41. Диалоговое окно **SAPFIR 5.0**

- Выделите плиту перекрытия между четвертым и пятым этажами.
- Щелкните по кнопке  - **Заармировать** (панель **Служебная информация**).
- В появившемся диалоговом окне САПФИР (рис.6.41) щелкните по кнопке **Да**.

- В открывшемся диалоговом окне **Маркировка элементов конструкции** (рис.6.42) согласитесь с предложенной маркой Пм-1 щелчком по кнопке **ОК**.

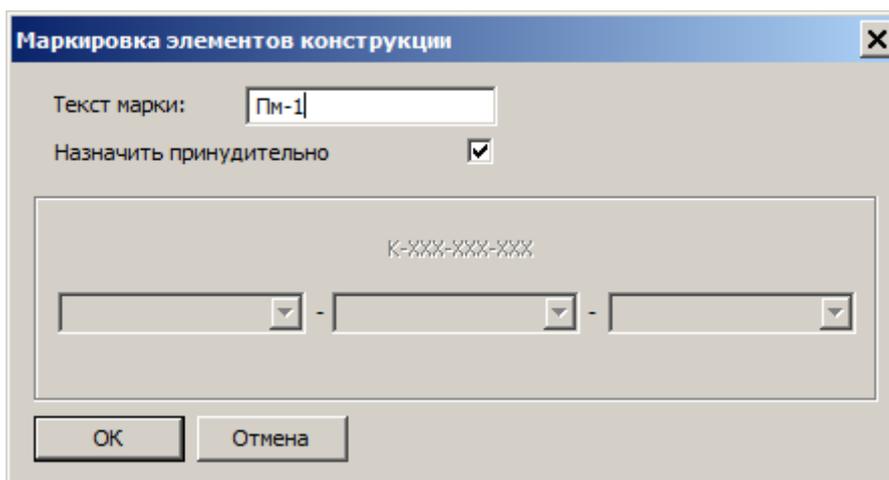


Рис.6.42. Диалоговое окно **Маркировка элементов конструкции**

 Если результаты расчета арматуры не хранятся в той же папке, что и модель, программа предложит Вам загрузить результаты расчета армирования. Найдите папку, в которой хранятся результаты, выберите их и щелкните по кнопке **Открыть**.

- Система откроет новую закладку окна под названием **пример6.spf: Пм-1** с опалубочным чертежом плиты перекрытия и переключится на вид сверху.

#### Настройка шкалы армирования

- Вызовите диалоговое окно **Настройка шкалы армирования** (рис.6.43) щелчком по кнопке  - **Шкала армирования** в раскрывающемся списке **Шкала** (панель **Настройки** на вкладке **Армирование**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующее:
  - щелкните правой кнопкой мыши в области окна и выберите команду **Цвета DT(M) ДАКК**;
  - установите флажок **Для всех**;
  - щелкните по кнопке **ОК**.

№ п/п	Цвет	Диаметр	Шаг, мм	$\Delta S, \text{см}^2/\text{мп}$	$\Sigma S, \text{см}^2/\text{мп}$
Фоновое		ø12	200		<b>5.65</b>
1		ø12	200	5.65	<b>11.31</b>
2		ø16	200	10.05	<b>15.71</b>
3		ø20	200	15.71	<b>21.36</b>
4		ø16	100	20.11	<b>25.76</b>
5		ø25	200	24.54	<b>30.20</b>
6		ø20	100	31.42	<b>37.07</b>
Свыше					<b>max=27.09</b>

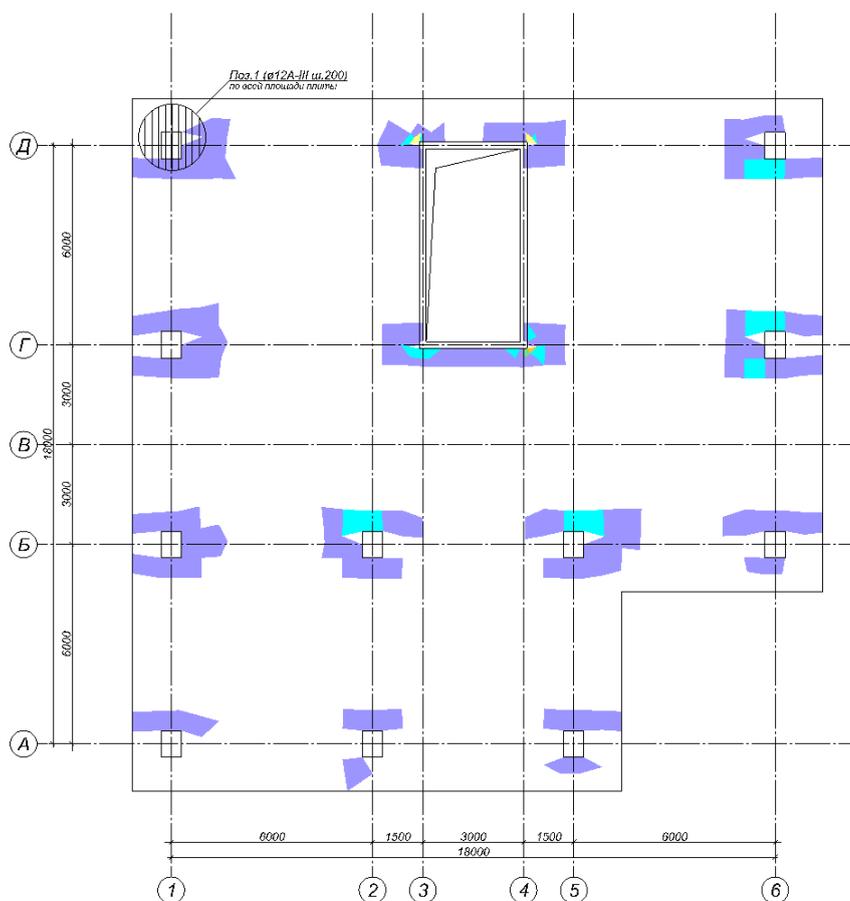
Рис.6.43. Диалоговое окно **Настройка шкалы армирования**



В диалоговом окне **Настройка шкалы армирования** сложная шкала позволяет варьировать диаметрами и шагом для фонового и дополнительного армирования, создавать новые комбинации диаметра и шага арматуры и удалять существующие. Настроенная шкала может быть сохранена в файл и в дальнейшем загружена в другие проекты.

- Выберите визуализацию и раскладку верхнего армирования по Y щелчком по кнопке  - **Верхняя арматура вдоль Y** (панель **Плита** на вкладке **Армирование**).
- Опалубочный чертеж плиты перекрытия с результатами армирования в виде мозаики будет выглядеть следующим образом (рис.6.44)

*Армирование перекрытия Пм-1 на отм.+16,000  
Схема расположения верхней арматуры вдоль цифровых осей*



**Рис.6.44.** Мозаика площадей армирования у верхней грани плиты вдоль оси Y.

### Этап 23. Расположение на схеме участков дополнительного армирования

#### Расчет длины анкеровки

- Вызовите диалоговое окно **Анкеровка и нахлестка ненапрягаемой арматуры** (рис.6.45) щелчком по кнопке  - **Анкеровка и нахлест** (панель **Настройки** на вкладке **Армирование**).
- В открывшемся диалоговом окне задайте следующие данные:
  - выберите из раскрывающегося списка **класс бетона В25**;
  - выберите из раскрывающегося списка **диаметр арматуры 12мм**;
  - щелкните по кнопке **Расчет**.
- После этого щелкните по кнопке **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно.

Нормы: СНиП 2.03.01-84\*

Вид бетона: Тяжелый и мелкозернистый

Мелкозернистый бетон группы Б

Класс бетона: В25 Rb: 14.5 МПа

Класс арматуры: А-III d=6...40 Rs: 365 МПа

Диаметр: 12 мм Профиль арматуры: Периодический

Отношение необходимой по расчету и фактической площади сечения арматуры:

As расч./As факт. 1

As расч. 2.54469 см<sup>2</sup>

As факт. 2.54469 см<sup>2</sup>

Условия работы ненапрягаемой арматуры:

Заделка растянутой арматуры в растянутом бетоне

Заделка сжатой или растянутой арматуры в сжатом бетоне

Стыки арматуры внахлестку в растянутом бетоне

Стыки арматуры внахлестку в сжатом бетоне

$\omega_{an}$  0.7

$\Delta\lambda_{an}$  11

10d 120 мм

Не менее

$\lambda_{an}$  20

$l_{an}$  250 мм

$\lambda_{an}d$  240 мм

По формуле

$\lambda_{an}$  28.6207

$l_{an}$  343.448 мм

Расчет

Длина анкеровки  $l_{an}$  343 мм

OK

Рис.6.45. Диалоговое окно Анкеровка и нахлестка ненапрягаемой арматуры



По умолчанию, все зоны диафрагм получают начальное значение длины анкеровки согласно назначенному диаметру. Значение длины анкеровки берется из таблицы **Набор арматурных стержней** (меню **Настройки**  $\Rightarrow$  **Арматура**). Вы можете создать свой пользовательский набор арматурных стержней и настроек для него, сохранить его в файл. Пользовательский набор может использоваться в дальнейшем в других проектах.

#### [Раскладка прямоугольных зон дополнительного армирования](#)

- Щелкните по кнопке - **Прямоугольный участок** в раскрывающемся списке **Плита** (панель **Основная арматура** на вкладке **Армирование**).
- В строке свойств инструмента Прямоугольный участок выберите из раскрывающегося списка **Ø12 шаг 200мм**.
- В диалоговом окне **Свойства построения: Участок армирования плиты** введите **Длина анкеровки 340мм**.
- После этого щелкните по кнопке - **Применить к объекту**.
- Растяните несколько прямоугольников армирования над опорами таким образом, чтобы покрыть все пятно дополнительного армирования. Для расположения прямоугольного участка дополнительного армирования необходимо указать две вершины диагонали прямоугольника (рис.6.46).
- Щелкните по кнопке - **Недоармирование** в раскрывающемся списке **Мозаика** (панель **Результаты армирования** на вкладке **Армирование**).



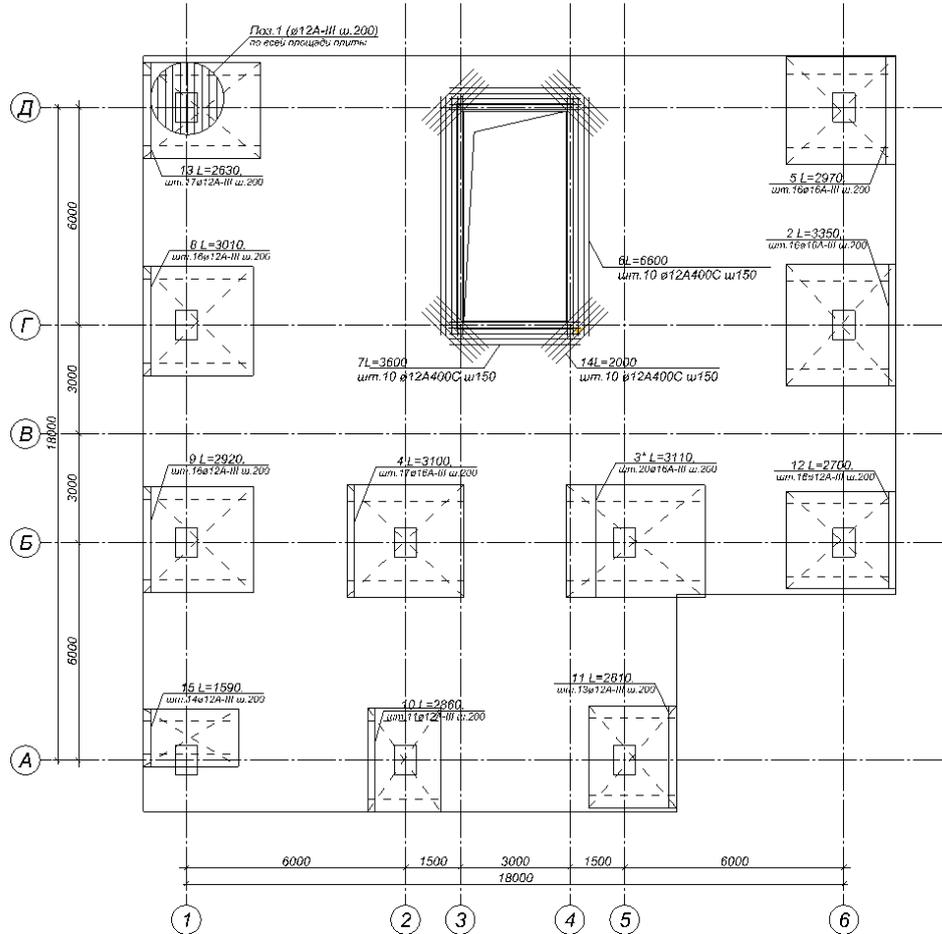
При включенном режиме визуализации **Недоармированные участки**, как только пятно перекрывается дополнительным армированием, оно перестает отображаться на опалубочном чертеже.

- Выделите участок армирования, расположенный у внутреннего угла плиты перекрытия.

- В строке свойств инструмента Прямоугольный участок щелкните по кнопке  - **Обрезать по месту**, чтобы пометить данный участок \* и обозначить, что он будет обрезаться на стройке.
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение с участка армирования.

 При включенном режиме  - **Получить из модели САПФИР-ЖБК** автоматически получает из мозаики или изополей армирования ту интенсивность арматуры (диаметр и шаг), которые необходим по расчету, чтобы покрыть данное пятно армирования.

**Армирование перекрытия Пм-1 на отм.+16.000**  
**Схема расположения верхней арматуры вдоль цифровых осей**



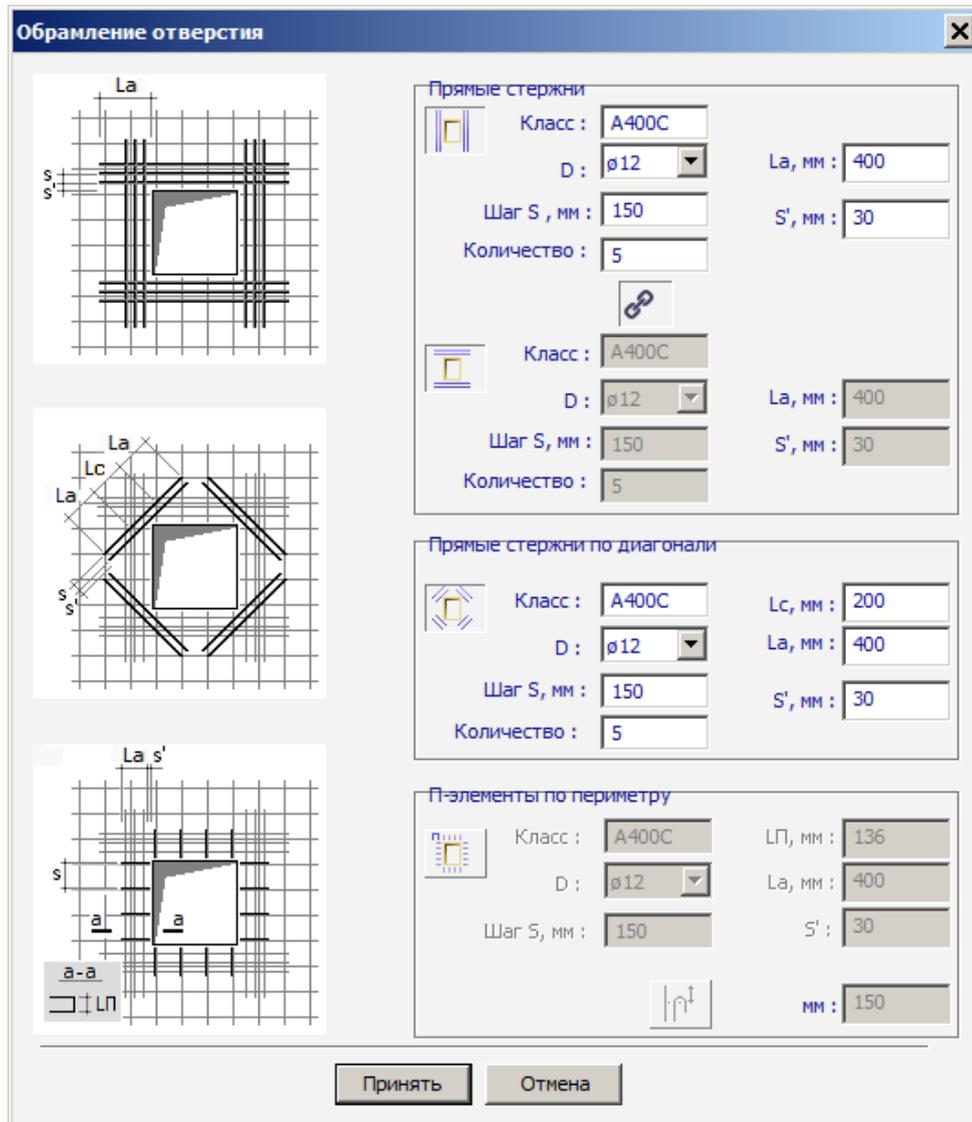
**Рис.6.46.** Схема расположения верхней арматуры по направлению Y

## Этап 24. Обрамление отверстия в плите перекрытия

### Обрамление отверстия

- Выделите отверстие в плите перекрытия.
- Вызовите диалоговое окно **Обрамление отверстия** (рис.6.47) щелчком по кнопке **Обрамление отверстия** в раскрывающемся списке **Обрамление** (панель **Дополнительная арматура** на вкладке **Армирование**). 
- В открывшемся диалоговом окне введите следующие данные:
  - в блоке **Прямые стержни** шаг S, мм – 150;
  - количество – 5;

- щелкните по кнопке  - **одинаковые параметры**;
  - в блоке **Прямые стержни по диагонали шаг S, мм – 150**;
  - **количество – 5**;
  - щелкните по кнопке  - **П-элементы**, чтобы отключить размещение П-элементов.
- После этого щелкните по кнопке **Принять**.



**Рис.6.47.** Диалоговое окно **Обрамление отверстия**

#### Создание марок-выносок для арматуры обрaмления

- Выделите вертикальные стержни обрaмления.
- Щелкните по кнопке  - **Марка-выноска** в строке свойств инструмента Арматурный стержень.
- Создайте выноски для остальных стержней арматуры обрaмления (рис.6.46).
- При необходимости отредактируйте положение выносок, используя команду  - **Перенос вершины** (панель **Корректировка** на вкладке **Армирование**).

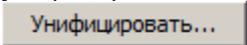




Так как работа зон дополнительного армирования выполнялась не точно по размерам и зависит от выставленного шага длины стержней и шага арматуры (шаг длины стержней и другие параметры, выставленные по умолчанию можно поменять воспользовавшись меню **Настройки** ⇒ **Настройки САПФИР** ⇒ **Армирование**), то количество и длина стержней в таблице **Спецификация арматуры** может отличаться от приведенной в примере. Слияние позиций необходимо выполнять для участков, где это рационально в зависимости от длины стержней.

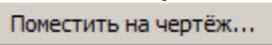
Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса	Униф. Дл.кг	Примечание
1	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=7801 м.п.	-	6926.0	-	Учтён перерасход на на...
2	ГОСТ 10884-94	Ø16А-III, L=3350	16 шт.	84.6	-	
3	ГОСТ 10884-94	Ø16А-III, L=3110	20 шт.	98.2	7.6	
4	ГОСТ 10884-94	Ø16А-III, L=3100	33 шт.	161.5	0.5	2 участка
5	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=6600	20 шт.	117.2	-	
6	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=3600	20 шт.	63.9	53.3	
7	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=3010	32 шт.	85.5	16.8	2 участка
8	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2860	24 шт.	60.9	3.2	2 участка
9	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2700	16 шт.	38.4	2.3	
10	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2630	17 шт.	39.7	1.1	
11	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=2000	40 шт.	71.0	22.4	
12	ГОСТ 10884-94	Ø12А-III, L=1590	14 шт.	19.8	5.1	
ОСп1	ГОСТ 10884-94	Ø10Ат400С, L=1200	588 шт.	435.0	-	100мм высота
Пм-1		B25	75.37 м³			
Итого:				8201.7		в среднем 108.8 кг/м³
					5.1 кг	суммарные затраты на у...

Рис.6.41. Диалоговое окно **Спецификация арматуры**

- Для выполнения слияния трех и более позиций, а также, если необходимо задать длину унифицированных стержней выделите три позиции в таблице и щелкните по кнопке 
- В открывшемся диалоговом окне **Унификация длин стержней** необходимо задать новое значение длины (по умолчанию это значение принимается наибольшим из тех позиций, которые унифицируются)
- Щелкните по кнопке **ОК**, чтобы применить сделанные изменения и закрыть диалоговое окно

#### Спецификация арматуры. Пм-1.

#### Формирование листа чертежа

- Вызовите диалоговое окно **Спецификация арматуры. Пм-1** (рис.6.49) щелчком по кнопке  - **Спецификация** (панель **Документация** на вкладке **Армирование**).
- Вызовите диалоговое окно **Вычертить таблицы ведомостей и спецификаций арматуры** (рис.6.50) щелчком по кнопке  в диалоговом окне **Спецификация арматуры. Пм-1**.

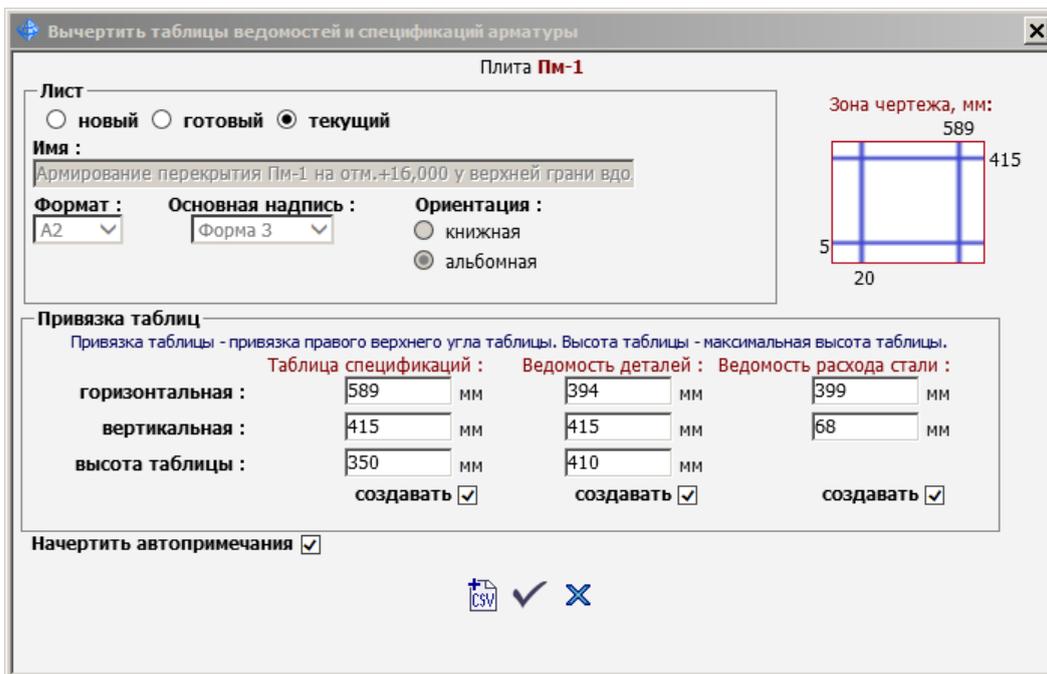
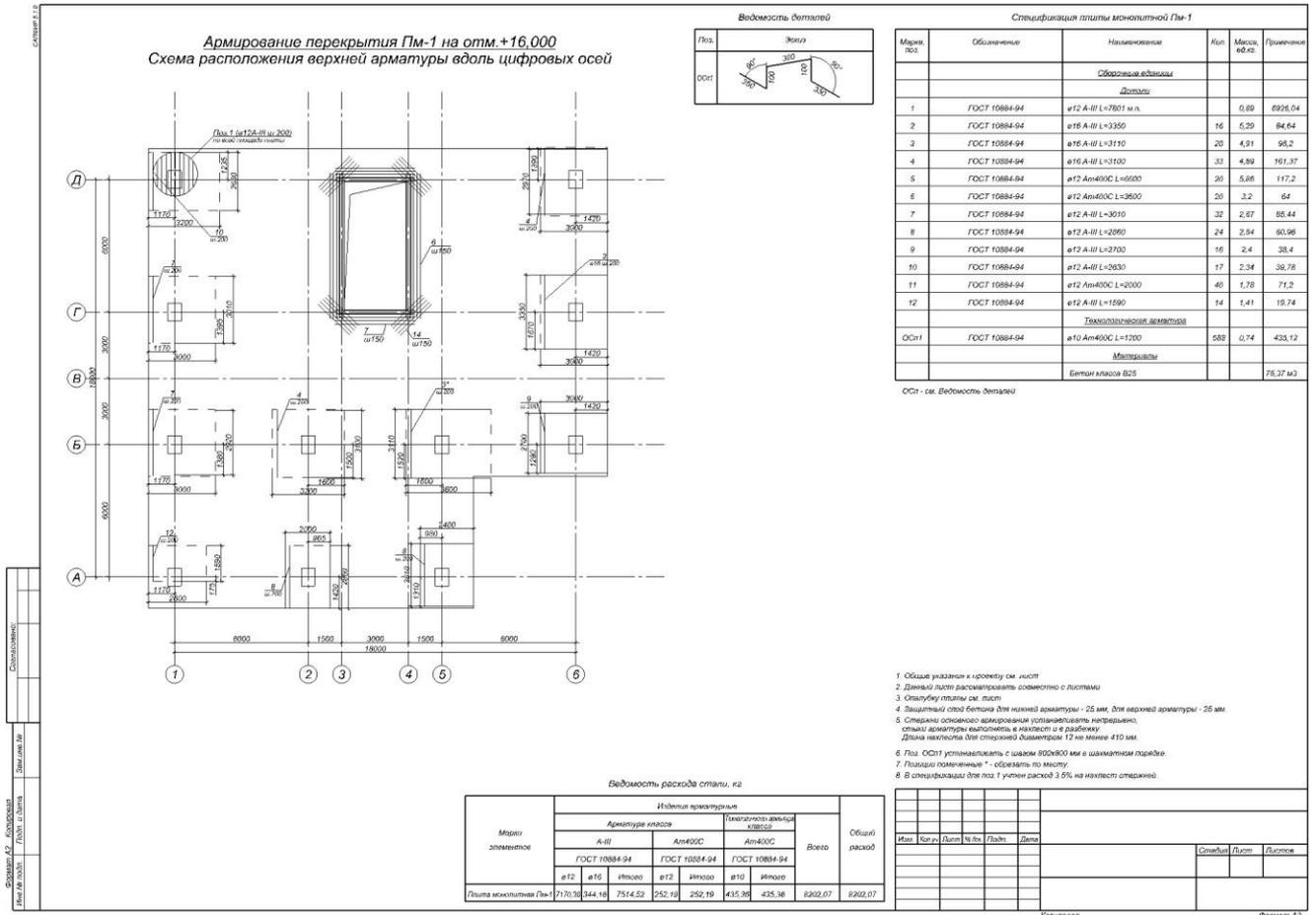


Рис.6.50. Диалоговое окно **Вычертить таблицы ведомостей и спецификаций арматуры**

- В открывшемся диалоговом окне щелкните по кнопке  - **Применить**, чтобы поместить сформированные таблицы спецификаций и ведомости на лист.
- Система откроет новую закладку окна под названием **пример6.spf:Лист 1**, на котором уже будут размещены спецификация плиты, ведомость расхода стали, ведомость деталей и примечания.

#### Размещение схемы армирования на листе чертежа

- Чтобы поместить на лист схему армирования плиты перекрытия, в диалоговом окне **Виды** щелчком разверните древовидный список **Сборочные узлы**.
- В списке **Сборочные узлы** выделите строку **Пм-1** и выполните щелчок правой кнопкой мыши.
- В появившемся контекстном меню выберите команду **Поместить на чертеж**.
- На листе чертежа появится опалубочный чертеж плиты со схемой расположения арматуры.
- Выделите схему расположения арматуры.
- Для выполнения переноса схемы нажмите левую кнопку мыши и удерживая нажатой начните перемещать схему.
- Зафиксируйте положение схемы в свободном пространстве листа выполнив одинарный щелчок левой кнопкой мыши (рис.6.51).
- Нажмите клавишу **Esc** на клавиатуре, чтобы снять выделение со схемы.



**Рис.6.51. Чертеж расположения арматуры в плите перекрытия на отметке +16.000**

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Городецкий А.С. Программа расчета пространственных стержневых систем в неупругой стадии. Вычислительная техника в строительстве и проектировании, вып. II-1. Гипротис Госстора СССР, М.: 1967 – стр. 20-25.
2. Городецкий А.С., Лантух-Лященко А.И., Рассказов А.О. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений, М.: Транспорт 1981. – 176 с.
3. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С., ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР® 2015 Руководство пользователя. Обучающие примеры- –М.: Электронное издание, 2015г., – 460 с.