

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 13.09.2024 15:19:46

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 «Программные комплексы автоматизированного проектирования»

Методические указания по выполнению практических работ для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» профиль «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики»

Курск 2024

УДК 624.012.3

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

Рецензент

Кандидат технических наук Колесников А.Г.

Практические работы по дисциплине «Программные комплексы автоматизированного проектирования» Методические указания по выполнению практических работ для студентов направления 08.04.01 «Строительство» профиль «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики»\Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.В. Осовских, О.Е.Осовских - Курск, 2024.- 119 с. - Библиогр.: с.

Приведены подробные примеры 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 08.04.01 «Строительство» профиль «Строительство объектов тепловой и атомной энергетики»

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист 6.2 Уч.-изд.л. 7.1 Тираж 100 экз. Заказ

Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
Расчет плоской рамы.	6
Расчет плиты.	32
Расчет рамы промышленного здания.	50
Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании.	77
Библиографический список	119

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисциплина «Основы автоматизированного проектирования в строительстве» является обязательной к изучению.

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 плоской рамы

В составе практической работы следует выполнить:

- Этап 1. Создание новой задачи;
- Этап 2. Создание геометрической схемы рамы;
- Этап 3. Задание граничных условий;
- Этап 4. Задание вариантов конструирования;
- Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы;
- Этап 6. Задание нагрузок
- Этап 7. Генерация таблицы РСУ;
- Этап 8. Задание расчетных сечений для ригелей;
- Этап 9. Назначение конструктивных элементов;
- Этап 10. Полный расчет рамы;
- Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета;
- Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования. Конструирование ригеля железобетонной рамы;
- Этап 13. Вызов чертежа балки. Конструирование колонны железобетонной рамы;
- Этап 14. Вызов чертежа колонны.

Расчет плоской рамы

Цели и задачи:

- составить расчетную схему плоской рамы;
- показать процедуру использования вариантов конструирования;
- заполнить таблицу РСУ;
- подобрать арматуру для элементов рамы;
- законструировать неразрезную балку;
- законструировать колонну.

Исходные данные:

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис.1.1. Сечения элементов рамы показаны на рис.1.2.

Материал рамы – железобетон В30.

Нагрузки:

- постоянная равномерно распределенная $g_1 = 2$ т/м;
- постоянная равномерно распределенная $g_2 = 1.5$ т/м;
- постоянная равномерно распределенная $g_3 = 3$ т/м;
- временная длительная равномерно распределенная $g_4 = 4.67$ т/м;
- временная длительная равномерно распределенная $g_5 = 2$ т/м;
- ветровая (слева) $P_1 = -1$ т;
- ветровая (слева) $P_2 = -1.5$ т;
- ветровая (слева) $P_3 = -0.75$ т;
- ветровая (слева) $P_4 = -1.125$ т;
- ветровая (справа) $P_1 = 1$ т;
- ветровая (справа) $P_2 = 1.5$ т;
- ветровая (справа) $P_3 = 0.75$ т;
- ветровая (справа) $P_4 = 1.125$ т.

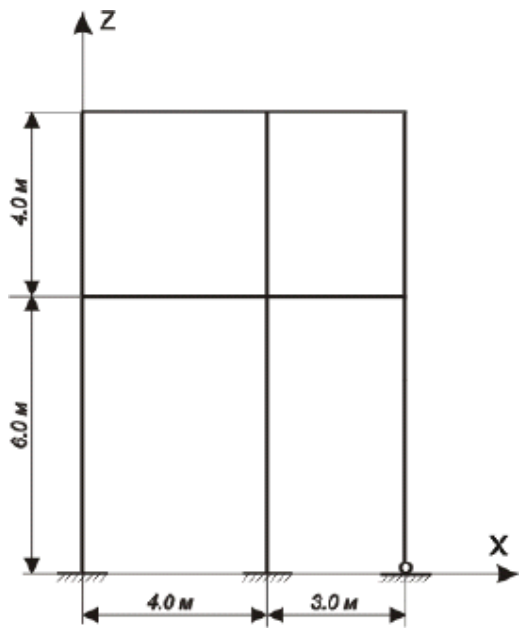


Рис.1.1. Схема рамы

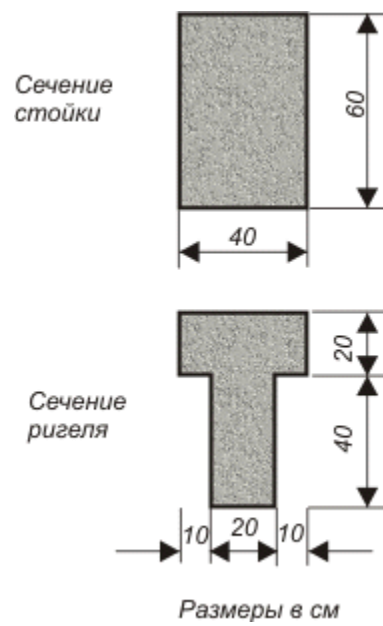


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

Расчет произвести в четырех загрузениях, показанных на рис.1.3.

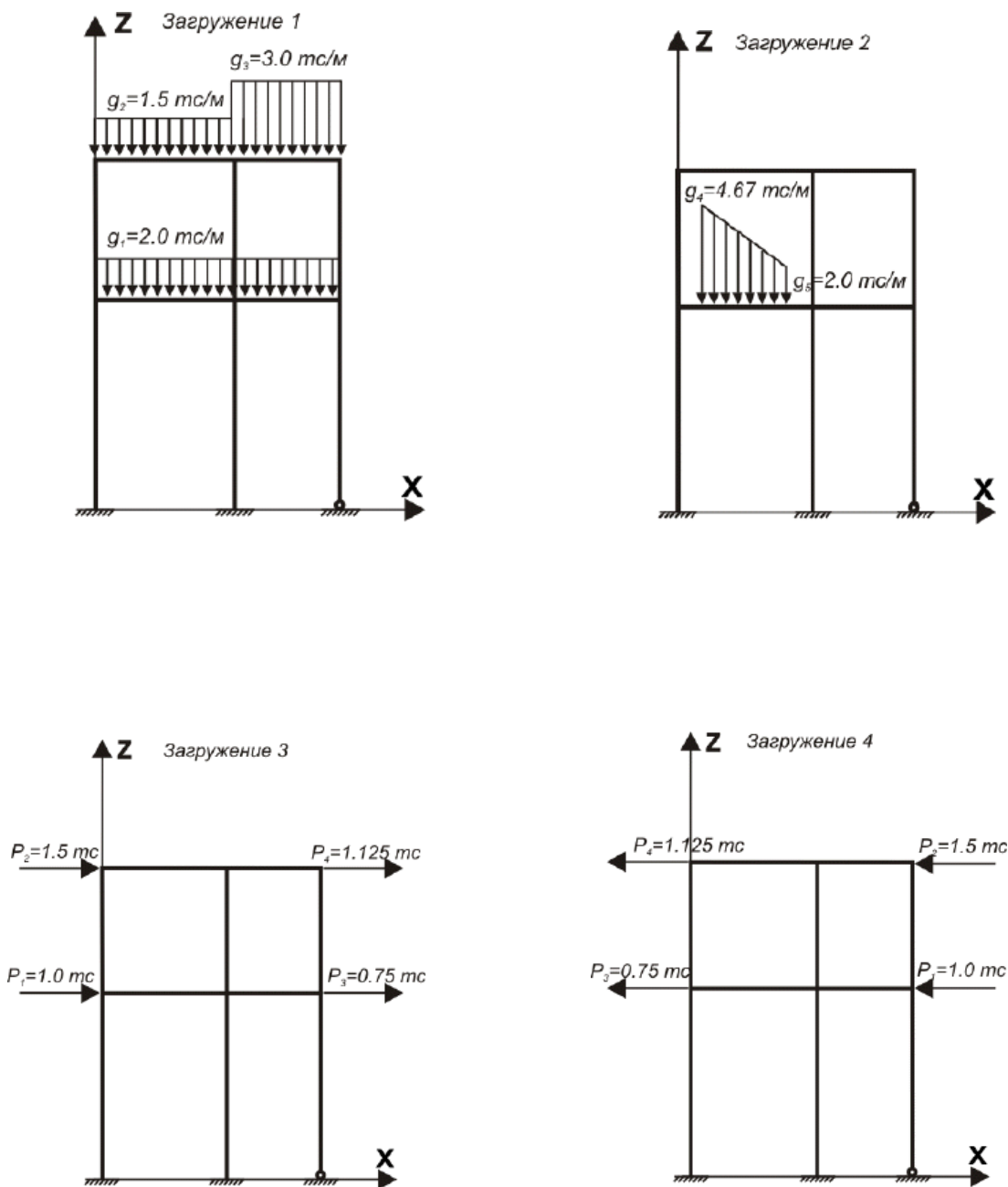




Рис.1.3. Схемы загрузений рамы

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.1.4) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример1**;
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле (перемещения X,Z,Uy) X0Z**.

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

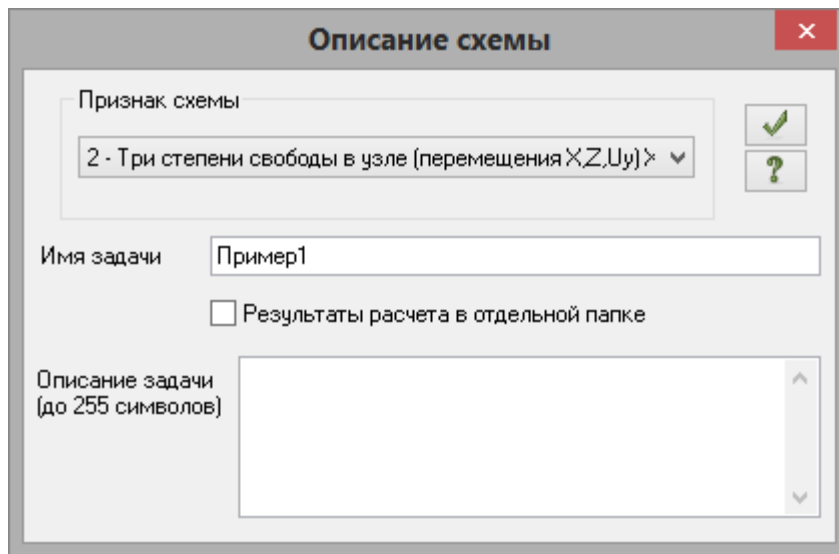





Рис.1.4. Диалоговое окно **Описание схемы**

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

этого в меню приложения в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду  **2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке

Новый выберите команду  **2 – Второй 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 рамы


➤ Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** щелчком по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).

➤ В этом диалоговом окне задайте:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
4	1	6	1
3	1	4	1.

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.1.5).

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

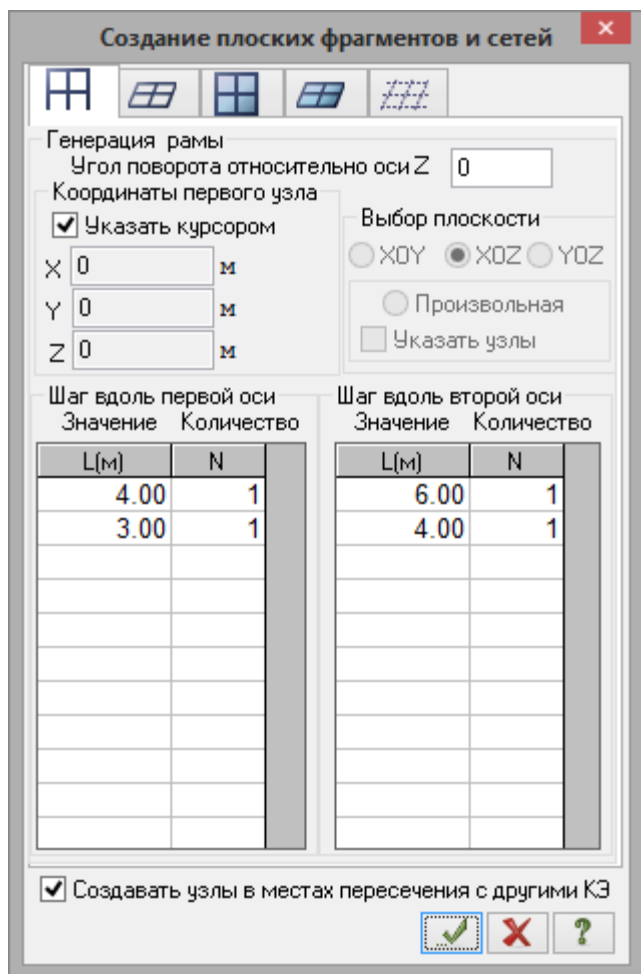



Рис.1.5. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

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 – **Пример1**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание граничных условий

Вывод на экран номеров узлов и элементов

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

На рис.1.6 представлена полученная схема.

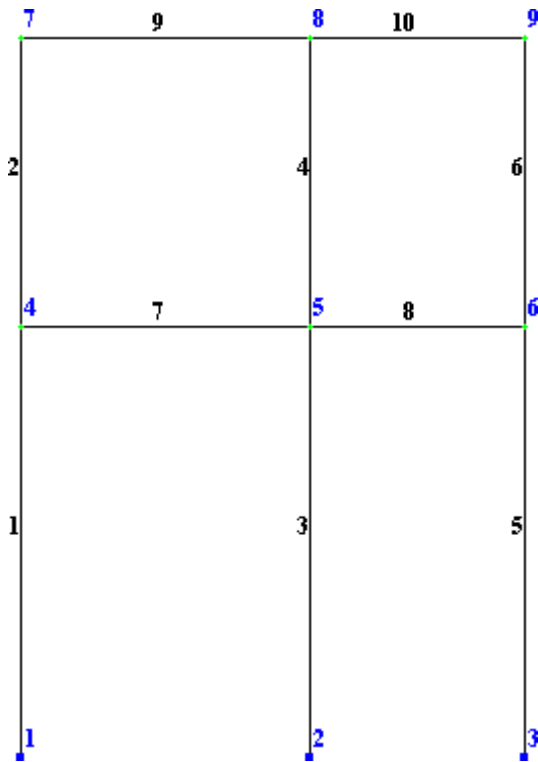



Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы

Выделение узлов № 1 и 2





- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора выделите узлы № 1 и 2 (узлы окрашиваются в красный цвет).



Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием вокруг нужных узлов «резинового окна».

Задание граничных условий в узлах № 1 и 2



- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.1.7).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**X, Z, UY**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).

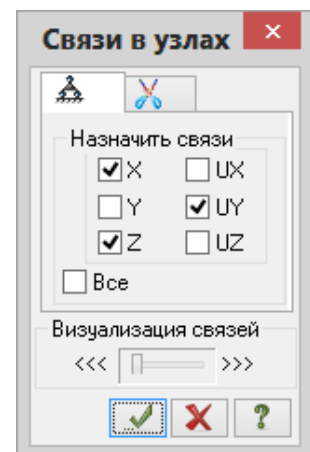






Рис.1.7. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Задание граничных условий в узле № 3

- Выделите узел № 3 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X, Z**). Для этого необходимо снять флажок с направления **UY**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Этап 4. Задание вариантов конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.1.8) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования схемы** (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**.

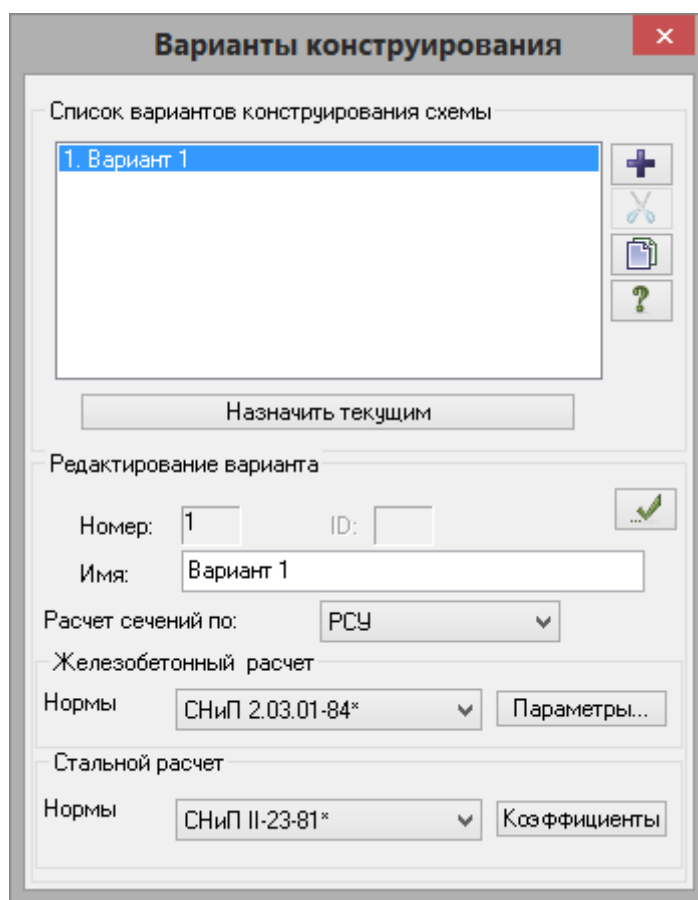


Рис.1.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

- Закройте диалоговое окно **Варианты конструирования** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы


Формирование типов жесткости




Для расчета необходимо задать жесткостные параметры элементов. Их количество зависит от типа конечных элементов. К этим параметрам относятся: площади поперечных сечений, моменты инерции сечений, толщина плитных и оболочечных

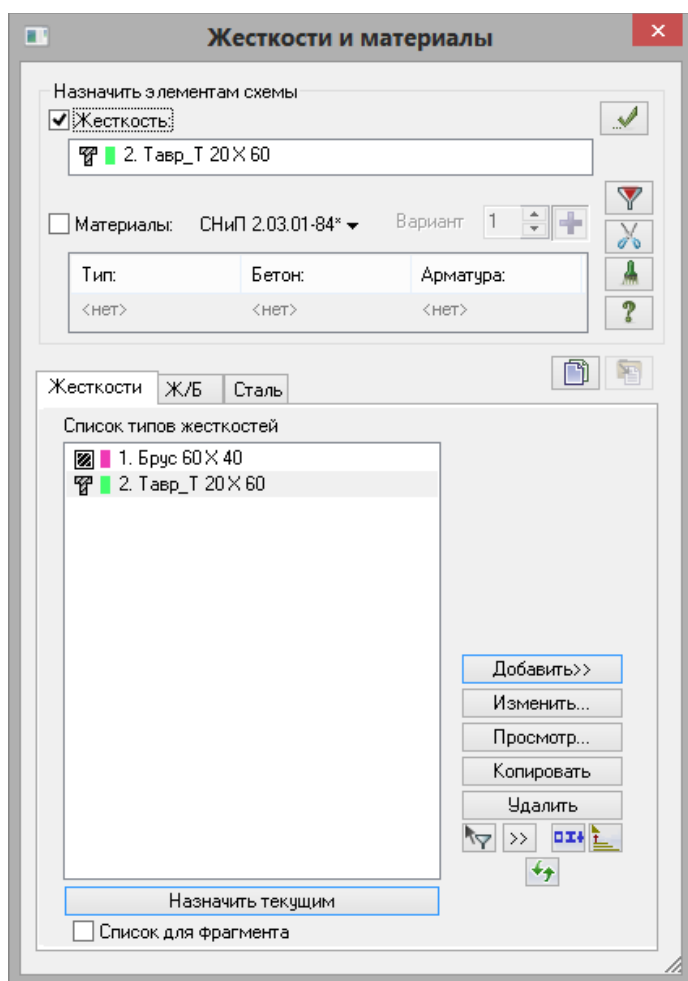
элементов, модули упругости и сдвига, коэффициенты постели упругого основания. Общая схема задания жесткостных характеристик такова:

- вводятся числовые данные жесткостных характеристик. Каждый набор характеристик мы будем называть **типом жесткости** или просто **жесткость**. Каждому типу жесткости будет присвоен порядковый номер;
- один из типов жесткости назначается **текущим**;
- отмечаются элементы, которым будет присвоена текущая жесткость;

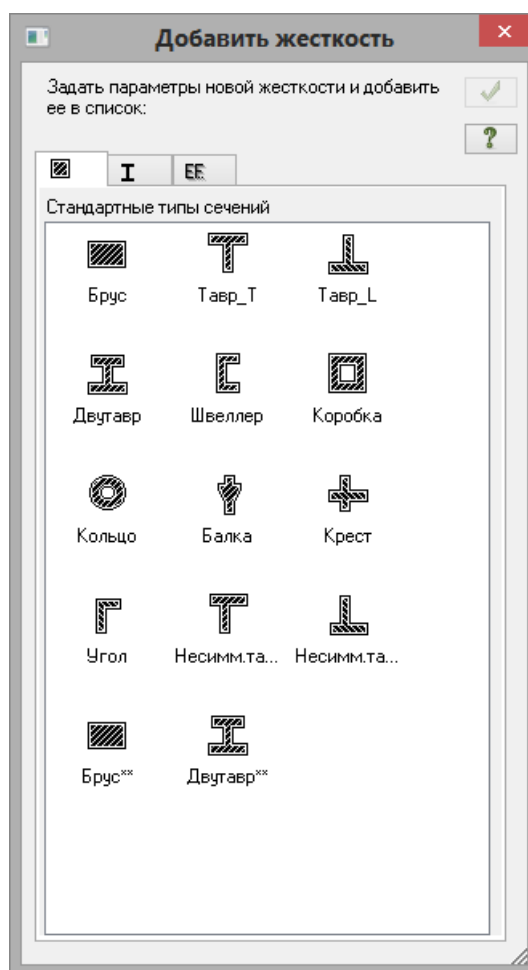
- кнопкой  – **Применить** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

Диалоговое окно **Добавить жесткость**, которое вызывается щелчком по кнопке **Добавить** диалогового окна **Жесткости и материалы** при активной закладке **Жесткости**, имеет три закладки графического меню, и предоставляет доступ к **библиотеке жесткостных характеристик**. По умолчанию открывается закладка **Стандартные типы сечений**. Две других закладки содержат: диалоговые окна для задания характеристик из базы типовых сечений стального проката и диалоговые окна для задания параметров пластин и объемных элементов, а также численных жесткостных параметров, соответствующих некоторым типам конечных элементов; здесь же находятся кнопки выбора типа **нестандартного** и **тонкостенного сечений**.

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис. 1.9,а).
- В этом окне щелчком по кнопке **Добавить** вызовите диалоговое окно **Добавить жесткость**, для того чтобы вывести список стандартных типов сечений (рис. 1.9,б).




а



б

Рис.1.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Брус** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).
- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис. 1.10) задайте параметры сечения **Брус**:
 - модуль упругости – $E = 3e6$ т/м² (при английской раскладке клавиатуры);
 - геометрические размеры – $V = 60$ см; $H = 40$ см.
- Чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

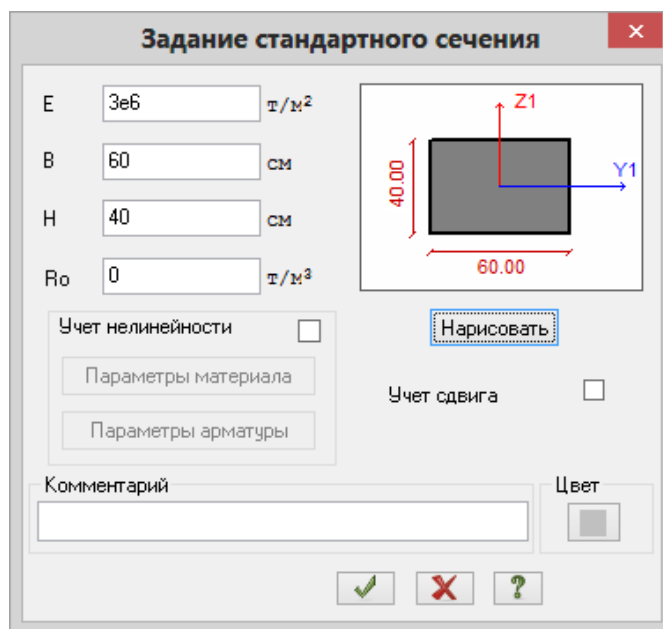



Рис.1.10. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- Далее в диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Тавр_Т**.
- В новом окне **Задание стандартного сечения** задайте параметры сечения **Тавр_Т**:
 - модуль упругости – $E = 3e6$ т/м²;
 - геометрические размеры – $V = 20$ см; $H = 60$ см; $V1 = 40$ см; $H1 = 20$ см.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

[Задание материалов для железобетонных конструкций](#)



*Режим **Железобетонные конструкции** предназначен для подбора арматуры и конструирования железобетонных стержневых и пластинчатых элементов. Проверка и конструирование сечений выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.03.01-84, ТСН102-00, ДСТУ 3760-98, СП 63.13330.2012, ДБН В.2.6-98:2009 и другие. Исходные данные для работы системы задаются в процессе формирования расчетной схемы (задание материалов для железобетонных конструкций можно произвести непосредственно в режиме **Железобетонные конструкции**. После этого нужно производить расчет армирования).*

Данные, характеризующие применяемые материалы и условия работы проектируемого элемента, вводятся с помощью диалоговых окон.

*Для подбора арматуры по первой и второй группам предельных состояний используются четыре модуля армирования: **стержень**; **балка-стенка**; **плита**; **оболочка**.*

- 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.1.11), в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Стержень**;
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Симметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Колонна рядовая** и снимите флажок **Не учитывать конструктивные требования**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
 - в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры $LY = 0.7$, $LZ = 0.7$;
 - в строке **Комментарий** задайте **Колонны**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.1.11. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- Система возвращается к диалоговому окну **Жесткости и материалы**, в котором снова щелкните по кнопке **Добавить**.


- В новом окне **Общие характеристики** задайте параметры для балок:
 - в поле **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Балка** и снимите флажок **Не учитывать конструктивные требования**;

- в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы** включите радио-кнопку **Диаметр**;
- в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **25 мм**;
- в строке **Комментарий** задайте **Балки**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

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


- 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).


Назначение жесткостей и материалов элементам рамы


- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **2.Тавр_Т 20х60**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **2.стержень**, класс бетона – **1.В25** и класс арматуры – **1.А-III**).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).





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

- 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).

- 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** включите радио-кнопку **Тип** и в списке типов общих свойств материалов для железобетонных конструкций выделите курсором строку **1.стержень Колонны**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип общих свойств материалов записывается в строке редактирования **Материалы** поля **Назначить элементам схемы**. Можно назначить текущий тип общих свойств материалов двойным щелчком по строке списка).
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по первой закладке **Жесткости** и в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Брус 60х40**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим** (при этом выбранный тип жесткости записывается в строке редактирования **Жесткость** поля **Назначить элементам схемы**).

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

Этап 6. Задание нагрузок



Выбор загрузки

Допускается задание до 300 загрузок. Каждому загрузке присваивается номер, произвольное имя и вид. Загрузка может содержать любое количество нагрузок. Номер, имя и вид загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Редактор загрузок** (рис.1.12), которое вызывается щелчком по кнопке



№ – Редактор загрузок (панель

Нагрузки на вкладке **Создание и редактирование**). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загрузка 1**. Вид загрузки позволяет автоматически формировать таблицу РСУ с параметрами, принятыми по умолчанию. Взаимосвязь между загрузками задается в таблице РСУ.

Задание нагрузок

Нагрузки на узлы и элементы задаются с помощью диалогового окна **Задание нагрузок** (рис.1.13), которое вызывается после выбора одной из команд раскрывающегося списка **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). Диалоговое окно содержит закладки для задания нагрузок на **узлы, стержни, пластины, объемные элементы и суперэлементы**, а также для задания нагрузок для расчета на **динамику во времени**. По умолчанию принимается, что **нагрузки принадлежат одному и тому же текущему загрузке**, номер которого был задан заранее. Окно содержит также закладку для **корректировки или удаления нагрузок текущего загрузки**.

В окне содержатся радио-кнопки для задания систем координат – **глобальной, местной (для элемента), локальной (для узла)** и **направления воздействия – X, Y, Z**, а также кнопки для задания **статической нагрузки** (коричневый цвет), **заданного смещения** (желтый цвет) и **динамического воздействия** (розовый цвет) – меню этих кнопок изменяется в зависимости от типа загружаемого конечного элемента. При нажатии этих кнопок вызывается диалоговое окно для задания параметров нагрузки. Приложенные нагрузки и воздействия заносятся в поле списка нагрузок – **Текущая нагрузка**.

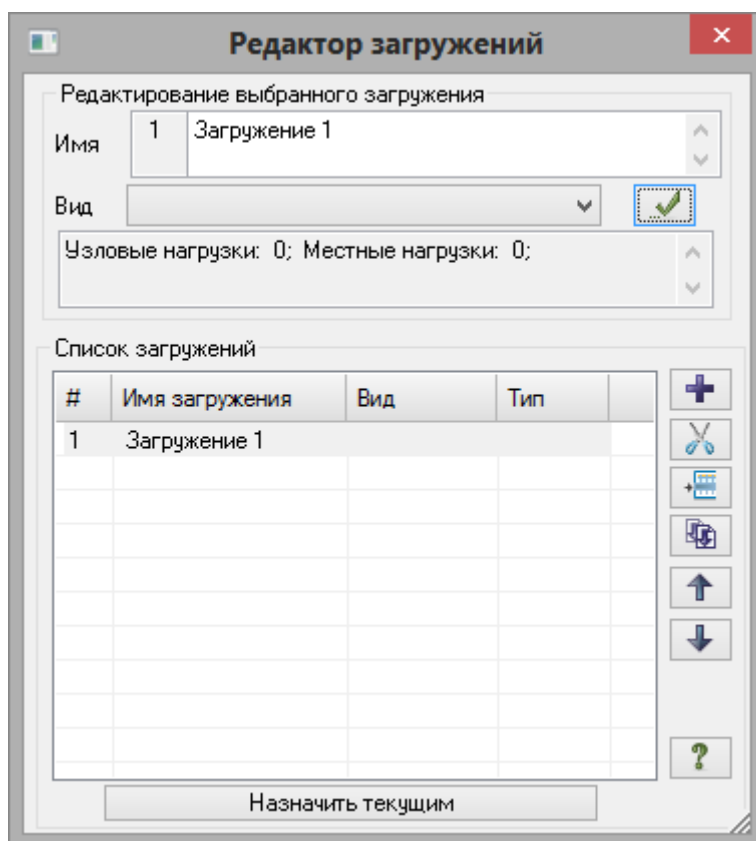










Рис.1.12. Диалоговое окно Редактор загрузок



Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.1.12) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Для Загружения 1 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид строку Постоянное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить второе загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 2 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид строку Временное длит. / Длительное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить третье загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 3 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид строку Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы добавить четвертое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке  – **Добавить загрузение (в конец)**.
- Для Загружения 4 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид строку Мгновенное** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Чтобы перейти к формированию первого загрузения, в поле **Список загрузений** выделите первую строку **1. Загружение 1** и щелкните по кнопке **Назначить текущим** (можно назначить текущее загрузение двойным щелчком по строке списка).



Задание расширенной информации о загрузениях можно также после формирования загрузений. В этом случае нужно задать только вид загрузения.

Формирование загрузения № 1

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.1.13) 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**.

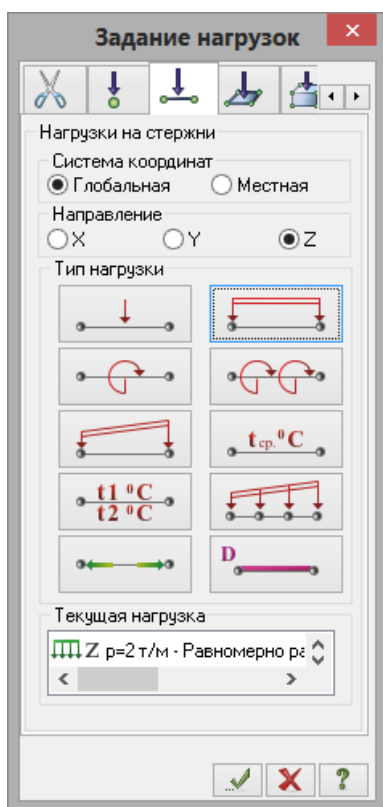


Рис.1.13. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

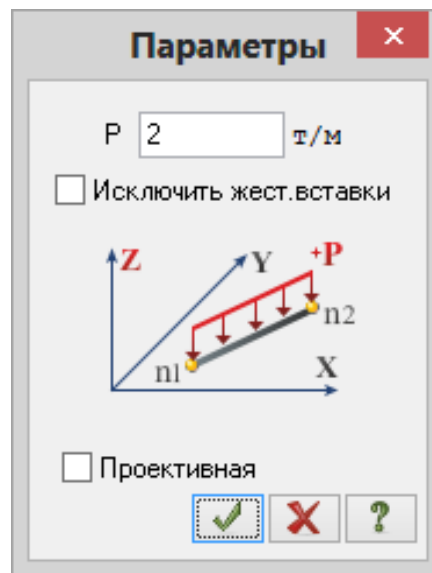







Рис.1.14. Диалоговое окно **Параметры**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 2$ т/м (рис.1.14).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить** (после подтверждения величины нагрузки происходит автоматическое назначение этой нагрузки на выделенные элементы).
- Выделите элемент № 9.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность $p = 1.5$ т/м.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите элемент № 10.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность $p = 3$ т/м.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

[Формирование загрузки № 2](#)

- Смените номер текущего загрузения щелчком по кнопке  – **Следующее загрузение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) или с помощью диалогового окна **Редактор загрузений**.
- Выделите элемент № 7.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапециевидной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте параметры: $P1 = 4.67$ т/м, $A1 = 0.5$ м, $P2 = 2$ т/м, $A2 = 3.5$ м (рис.1.15).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

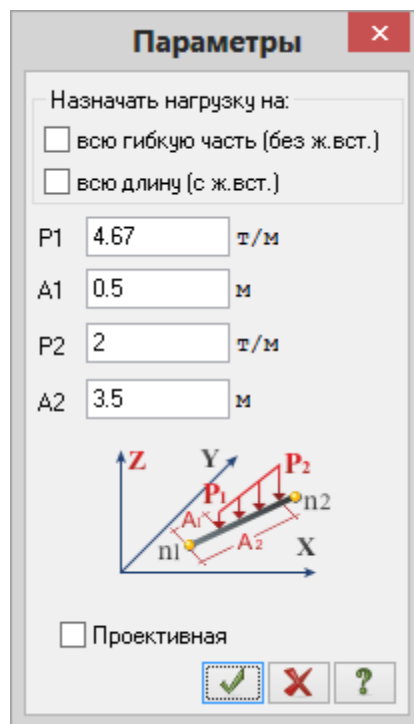








Рис.1.15. Диалоговое окно **Параметры** (трапециевидная нагрузка) [Формирование загрузки](#)

№ 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния или с помощью диалогового окна **Редактор нагружений**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите узел № 4.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах**.
- Затем радио-кнопками укажите систему координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **X**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне введите значение **P** = –1 т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите узел № 7.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне введите значение **P** = –1.5 т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:
 - в узле № 6 – **P3** = –0.75 т;
 - в узле № 9 – **P4** = –1.125 т.

[Формирование загрузки № 4](#)


- Смените номер текущего нагружения на **4**.
- Выделите узел № 4.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне введите значение **P** = 0.75 т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

- Аналогично предыдущим операциям задайте нагрузки:
 - в узле № 6 – $P1 = 1$ т;
 - в узле № 9 – $P2 = 1.5$ т;
 - в узле № 7 – $P4 = 1.125$ т.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Этап 7. Генерация таблицы РСУ






В соответствии со строительными нормами расчет армирования, подбор и проверка металлических сечений производится по наиболее опасным сочетаниям усилий. Поэтому для дальнейшей работы в режиме **Железобетонные и стальные конструкции** нужно производить расчет РСУ или РСН. Вычисление расчетных сочетаний усилий (PCY) производится по критерию экстремальных значений напряжений в характерных точках сечений элементов на основании правил, установленных нормативными документами (в отличие от вычисления РСН, где вычисления производятся непосредственным суммированием соответствующих значений перемещений узлов и усилий в элементах). Подробное описание таблицы РСУ смотрите в конце примера.

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель РСУ на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис. 1.16).



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис. 1.12) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Далее нужно только изменить параметры для третьего и четвертого загрузений.

- 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 загрузению. Затем в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузений** задайте **1** и щелкните по кнопке  – **Применить**;
 - далее в сводной таблице для вычисления РСУ выделите строку соответствующую 4-му загрузению. Затем в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загрузений** задайте **1** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

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

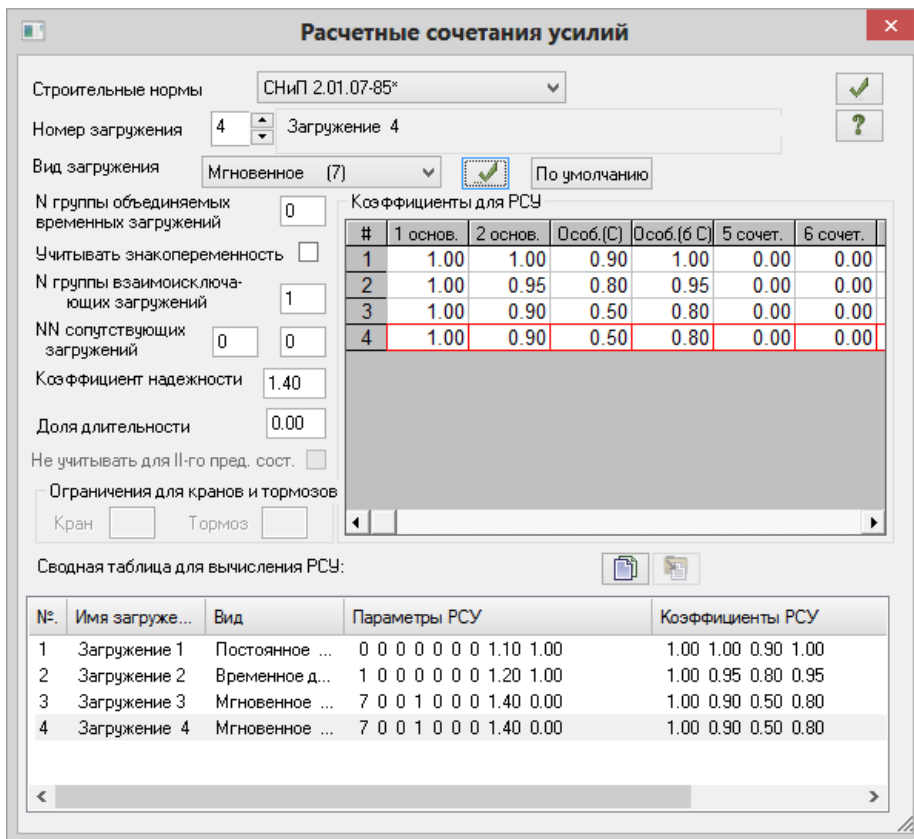


Рис.1.16. Диалоговое окно Расчетные сочетания усилий Этап 8. Задание расчетных

сечений для ригелей

- Выделите на схеме все горизонтальные элементы.



После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.

- Щелчком по кнопке – **Расчетные сечения стержней** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.1.17).
- В этом окне задайте количество расчетных сечений **N = 5**.
- Щелкните по кнопке – **Применить** (чтобы выполнить конструирование изгибаемого элемента, требуется вычислить усилия в трех или более сечениях).

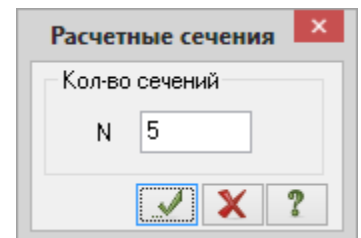


Рис.1.17. Диалоговое окно Расчетные сечения

Этап 9. Назначение конструктивных элементов

Создание конструктивного элемента БАЛКА

- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы**



(рис.1.18) щелчком по кнопке **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ** (конструктивный элемент БАЛКА назначается для того, чтобы учесть, что это именно неразрезная балка).

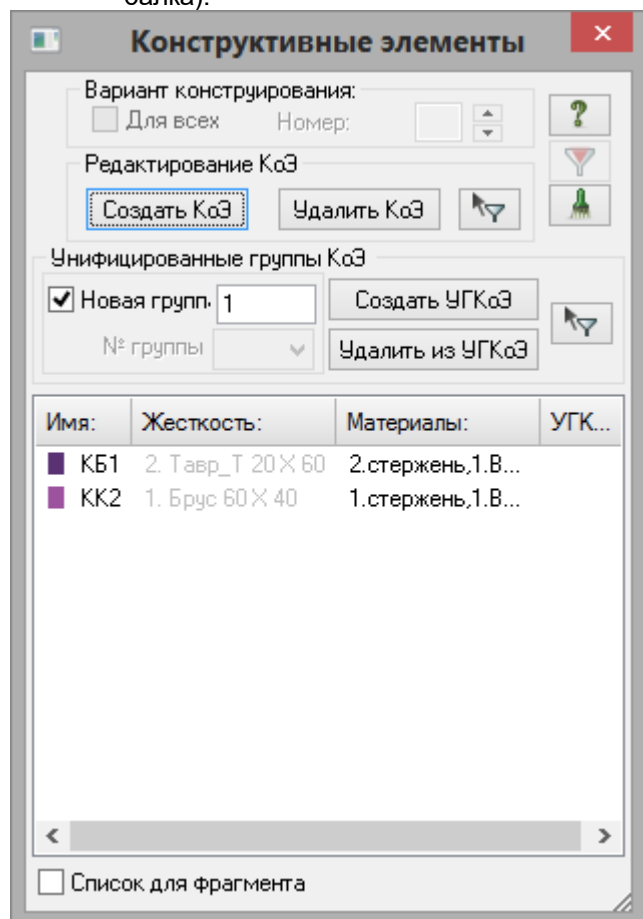




Рис.1.18. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

Создание конструктивного элемента КОЛОННА

- Щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите вертикальные элементы № 1 и 2.
- В диалоговом окне **Конструктивные элементы** в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ** (конструктивный элемент КОЛОННА назначается для того, чтобы учесть, что это именно сплошная колонна).

Этап 10. Полный расчет рамы

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

Этап 11. Просмотр и анализ результатов статического расчета



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

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.1.19). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по

кнопке



– Исходная схема (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

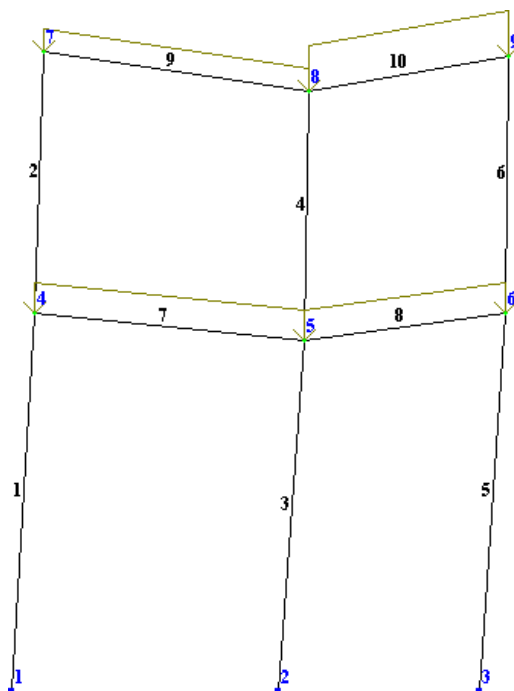


Рис.1.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов [Вывод на экран эпюр внутренних](#)

[усилий](#)

- Выведите на экран эпюру **M_y** (рис.1.20) щелчком по кнопке **M_y** – Эпюры **M_y** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

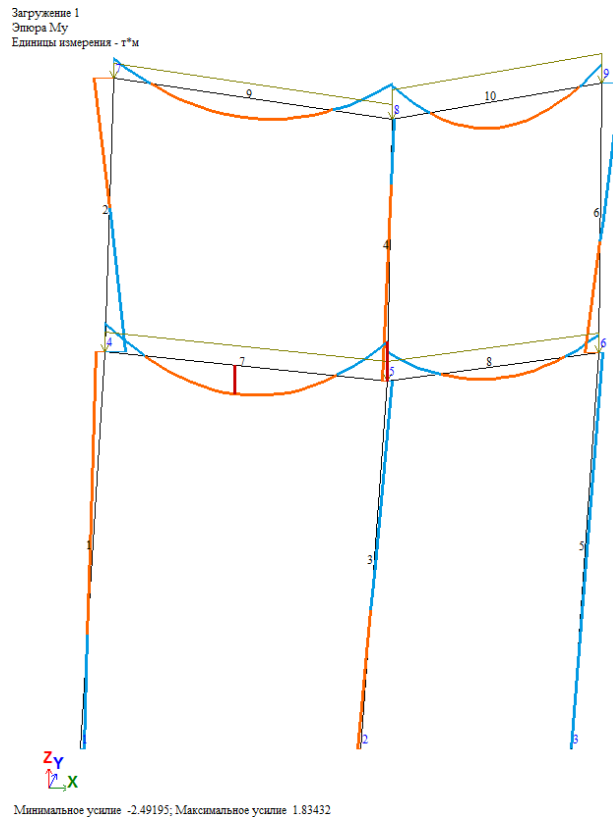


Рис.1.20. Эпюры изгибающих моментов M_y

➤ Для вывода эпюры Q_z (рис.1.21), щелкните по кнопке **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Q_z – Эпюры поперечных сил Q_z (панель

➤ Чтобы вывести мозаику усилия Q_z , выберите команду



– **Мозаика усилий в стержнях** в раскрывающемся списке **Эпюры/мозаика** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

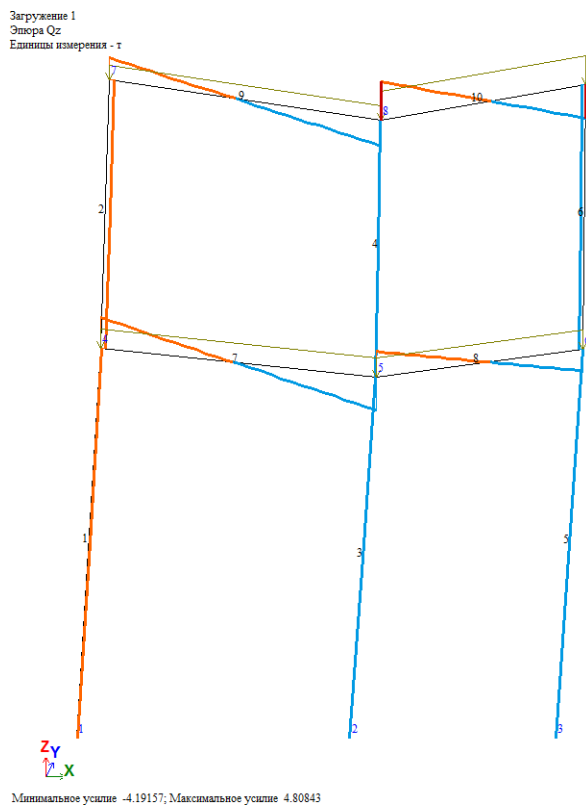




Рис.1.21. Эпюры поперечных сил Q_z

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: 

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.1.22) выделите строку **PCY расчетные**.
- 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 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.

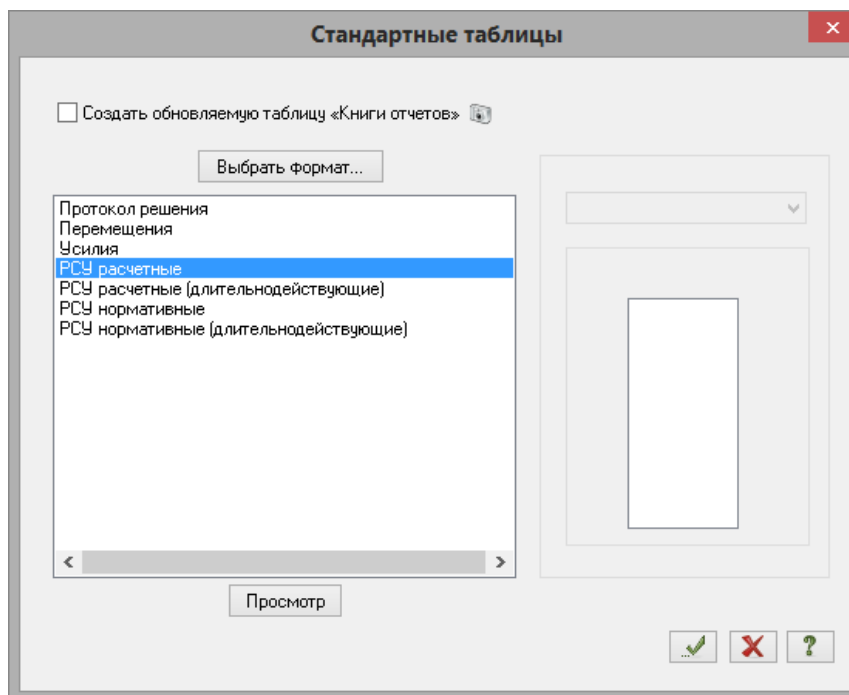





Рис.1.22. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**


- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.


Этап 12. Просмотр и анализ результатов армирования


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


Просмотр результатов армирования

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

- Для установки режима отображения симметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Симметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).


- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем левом угле сечения стержня AU1, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU1** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).

- Чтобы посмотреть мозаику отображения площади продольной арматуры в нижнем правом угле сечения стержня AU2, щелкните по кнопке  – **Угловая арматура AU2** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).

- Для установки режима отображения несимметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Несимметричное армирование** в раскрывающемся списке **Армирование** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.1.23),

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

- В этом окне по умолчанию в поле **Элементы** включена кнопка **Стержни**, 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).

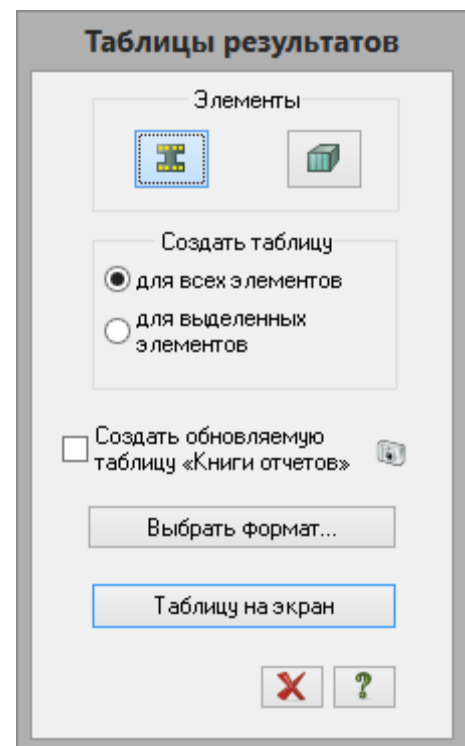






Рис.1.23. Диалоговое окно **Таблицы результатов**





Конструирование ригеля железобетонной рамы

Этап 13. Вызов чертежа балки

- Для того чтобы получить автоматизированное конструирование балок, щелкните по кнопке  – **Конструирование балки** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).
- Укажите курсором на элемент № 7 (загружается модуль **БАЛКА**).
- Выполните полный расчет балки с помощью меню **Расчет** (кнопка  на панели инструментов).
- Выведите эпюру материалов, воспользовавшись пунктом меню **Результаты** ⇒ **Эпюра материалов** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы посмотреть чертеж балки, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Чертеж** (кнопка  на панели инструментов).

Конструирование колонны железобетонной рамы

Этап 14. Вызов чертежа колонны

- Для того чтобы получить автоматизированное конструирование колонн, щелкните по кнопке  – **Конструирование колонны** (панель **ЖБ: армирование стержней** на вкладке **Конструирование**).
- Укажите курсором на элемент № 1 (загружается модуль **КОЛОННА**).
- Выполните полный расчет колонны с помощью меню **Расчет** (кнопка  на панели инструментов).
- Выведите эпюру материалов, воспользовавшись пунктом меню **Результаты** ⇒ **Эпюра материалов** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы посмотреть чертеж колонны, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Чертеж** (кнопка  на панели инструментов).

Расчетные сочетания усилий

В программном комплексе предусмотрено автоматизированное формирование расчетных сочетаний усилий (PCY), соответствующее нормативным документам, действующим в проектировании объектов строительства.

Определение PCY заключается в нахождении экстремальных значений тех компонентов напряженно-деформированного состояния (НДС), которые служат критериями наибольшей опасности этого НДС. При этом учитываются особенности НДС конечных элементов различного типа, а количество рассматриваемых PCY существенно сокращается.

В качестве критериев опасности PCY для стержневых элементов приняты экстремальные значения нормальных и касательных напряжений, вычисленные в характерных точках приведенного прямоугольного сечения, а также экстремальные значения усилий в сечении.

Для элементов плоского напряженного состояния, плит и оболочек в качестве критерия приняты напряжения, определяемые по методу Вуда-Армера.

Критерием для объемных КЭ приняты экстремальные значения напряжений. Общие правила формирования таблицы PCY заключаются в следующем:

- параметры расчетных сочетаний задаются для каждого из загружений задачи;
- каждое PCY относится к одному из предусмотренных нормативными документами видов сочетаний;
- реализовано 9 видов загружений, с помощью которых программно обеспечивается их корректная логическая взаимосвязь. При этом существует возможность учета знакопеременности, взаимоисключения и сопутствия загружений. Каждому из видов загружений присвоен номер:

- (0) – постоянное;
- (1) – временное длительное;
- (2) – кратковременное;
- (3) – крановое;
- (4) – тормозное;
- (5) – сейсмическое;
- (6) – особое (кроме сейсмического);
- (7) – мгновенное;
- (9) – неактивное (ветровое статическое при учете пульсации ветра).

Эта классификация несколько отличается от нормативной. Так, например, снеговое нагружение или гололед не выделены в отдельную группу. Но пользователь может по своему усмотрению назначить им вид нагружения – либо длительное, либо кратковременное, что и оговорено в нормах.

- программным комплексом автоматически (по умолчанию) генерируются параметры, соответствующие текущему виду нагружения. Однако, пользователь может по своему усмотрению изменить любой из параметров;
- все операции по формированию РСУ выполняются с помощью диалогового окна **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.16);
- данные для формирования РСУ могут быть введены до расчета, в режиме формирования расчетной схемы, или после расчета, в режиме визуализации результатов расчета.



Внимание. Термин **нагружение** используется в следующих случаях:

Номер нагружения – уникальный номер, заданный пользователем для определенной группы нагрузок, действующих на схему одновременно;

Вид нагружения – наименование вида нагружения, установленное в ПК ЛИРА-САПР.

Параметры РСУ

Таблица РСУ должна быть составлена для всех нагружений, принятых в задаче. Поэтому первым параметром РСУ в верхней части диалогового окна помещен счетчик. Порядок следования номеров нагружений может быть произвольным.

Каждое нагружение может иметь название.

Номер нагружения устанавливается в первый столбец заполняемой таблицы. Полностью вы ее видите в нижней части диалогового окна, а частично – в списке поля **Коэффициенты для РСУ**. Список можно прокручивать по строкам и по столбцам.

Все параметры, определяющие РСУ, разделены на две группы: собственно **Параметры РСУ** и **Коэффициенты РСУ**.

Параметры РСУ включают:

- **Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f** . Коэффициенты, формируемые по умолчанию, имеют такие значения:
 - постоянные нагружения $\gamma_f = 1.1$;
 - временные длительные $\gamma_f = 1.2$;
 - кратковременные $\gamma_f = 1.2$;
 - крановые и тормозные $\gamma_f = 1.1$;
 - мгновенные $\gamma_f = 1.4$;
 - особые $\gamma_f = 1.0$.
- **Доля длительности ψ_g** . Коэффициент, показывающий, какая часть нагрузки в рассматриваемом нагружении принимается как длительно действующая. По умолчанию генерируются такие значения:
 - постоянное и длительно действующие нагружения $\psi_g = 1.0$;

- кратковременные $\psi_g = 0.35$;
- крановые загрузки $\psi_g = 0.6$;
- прочие загрузки $\psi_g = 0.0$;
- **Сопутствующие загрузки.** Имеются в виду загрузки (не более двух), которые могут рассматриваться совместно с основным грузом. Например, если основным является груз вертикальными крановыми нагрузками, то сопутствующим является груз горизонтальным тормозным воздействием.

Этот параметр РСУ, равно как и последующие два, введены для учета логических связей между грузами.

- **№ группы взаимоисключающих грузов.** Этим параметром вводятся ограничения на те грузы, которые в одно сочетание не могут входить одновременно. Такими, например, являются грузы **Ветер справа** и **Ветер слева**;
- **Учитывать знакопеременность.** Установленный флажок означает, что в РСУ следует учесть вероятность изменения знака основного усилия сочетания. К таким усилиям относятся, например, сейсмические.

На логические связи между грузами все же налагаются некоторые ограничения:

- а) грузы видов **0** и **3** не могут быть знакопеременными;
- б) объединение грузов допускается для видов **1, 2, 7**;
- в) груз вида **4** (тормозный) может сопутствовать только грузу вида **3** (крановый);
- г) грузы видов **1, 2, 5, 6, 7** могут быть объявлены сопутствующими для грузов **1, 2, 5, 6, 7** в любой комбинации;
- д) двойное содействие (содействие одного и того же груза двум другим и более) допускается;
- е) никакое сопутствующее груз не может быть включено в группы объединения и взаимоисключения;
- ж) допускается вводить до 9 групп объединения или взаимоисключения;
- з) динамический груз не может быть сопутствующим.

Коэффициенты РСУ

Для каждого РСУ рассматриваются четыре сочетания: два основных, особое при наличии сейсмического груза и особое при наличии особого (не сейсмического) груза (см. рис.1.16). В каждую строку соответственно рассматриваемому РСУ заносятся коэффициенты усилий в сочетаниях $\psi_i, i = 1,2,3$.

В зависимости от вида груза значения коэффициентов генерируются по умолчанию (см. табл.1.1).

Таблица 1.1. Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид груза	Основные сочетания		Особое сочетание при наличии сейсмического	Особое сочетание без наличия сейсмического
	1-е	2-е		
Постоянное	1.0	1.0	0.9	1
Длительно действующее	1.0	0.95	0.8	0.95
Кратковременное	1.0	0.90	0.5	0.8
Крановое	1.0	0.90	0.0	0.0
Тормозное	1.0	0.90	0.0	0.0
Сейсмическое	0	0	1.0	0.0
Особое (кроме сейсмического)	0	0	0	1.0
Мгновенное	1.0	0.9	0.5	0.8
Ветровое статическое	0	0	0	0

Сводная таблица для вычисления РСУ приведена в нижней части диалогового окна.

Обратите внимание на то, что для ветрового статического нагружения все коэффициенты по умолчанию равны нулю. Это связано со спецификой формирования нагружения ветровой нагрузкой с учетом пульсации.

Сводная таблица заполняется автоматически, по мере заполнения полей ввода в основной части окна. В таблице 13 столбцов. На рис.1.24 приведены наименования каждого из столбцов и, в качестве примера, строка №1 из сводной таблицы.

№ и название нагружения	Параметры РСУ									Коэффициенты РСУ			
	Вид нагружения	№ группы объединяемых временных нагружений	Знакопеременные	№ группы взаимоисключающих нагружений		№ сопутствующих нагружений	№ сопутствующих нагружений	Коэффициент надежности	Доля длительности		1-е основное	2-е основное	Особое при наличии сейсмике
1	0	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00

Рис.1.24. Столбцы сводной таблицы для вычисления РСУ

Сводная таблица доступна для редактирования. Любой из ее параметров можно корректировать, установив курсор на текстовое поле параметра.

Расчет плиты

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы плиты;
- показать технику задания нагрузок и составления РСУ;
- показать процедуру использования вариантов конструирования для подбора арматуры.

Исходные данные:

Железобетонная плита размером 3 x 6 м, толщиной 150 мм. Дальняя сторона плиты свободно оперта по всей длине, ближняя – свободно оперта своими концами на колонны. Длинные стороны плиты – свободны.

Расчет производится для сетки 6 x 12.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес плиты;
- загрузка 2 – сосредоточенные нагрузки $P = 1\text{т}$, приложенные по схеме рис.2.1, загрузка 2;
- загрузка 3 – сосредоточенные нагрузки $P = 1\text{т}$, приложенные по схеме рис.2.1, загрузка 3.

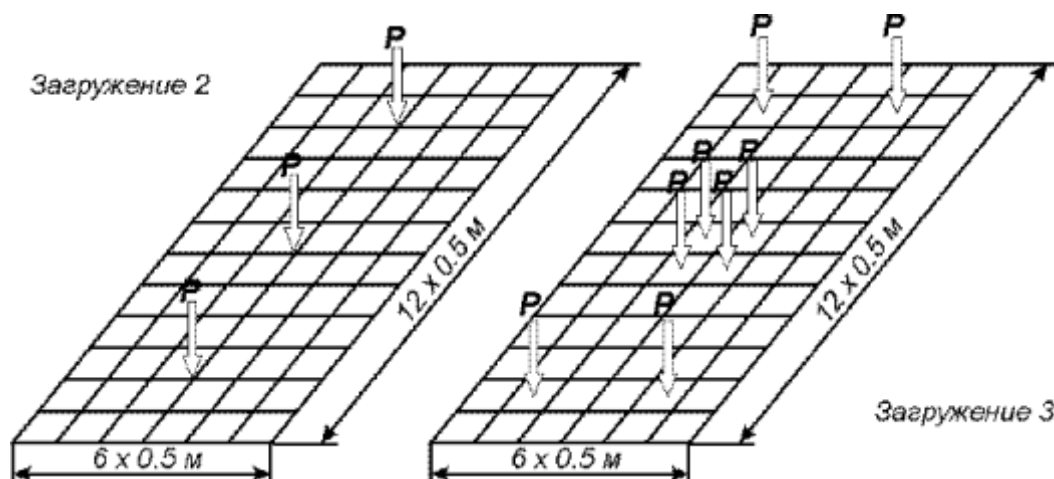




Рис.2.1. Расчетная схема плиты

Для того чтобы начать работу с 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.2.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример2**;
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **3 – Три степени свободы в узле (перемещения Z,Ux,Uy) X0Y**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

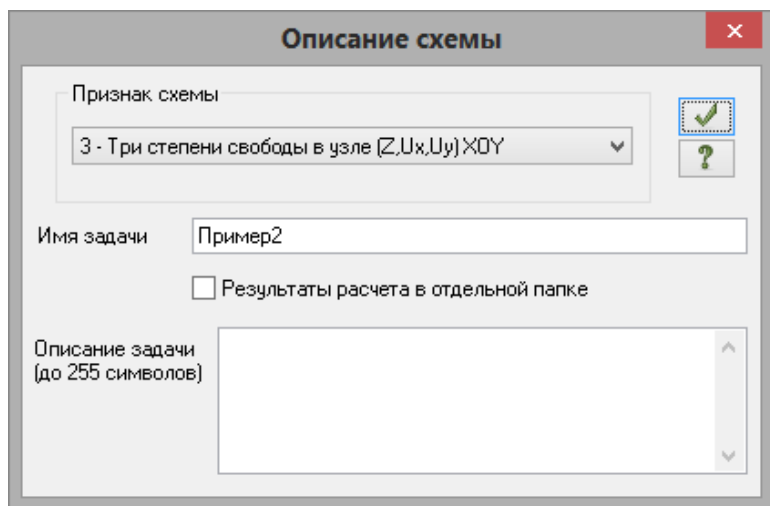





Рис.2.2. Диалоговое окно **Описание схемы**


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

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** и

сетей на закладке **Генерация плиты**, выбрав команду  – **Генерация плиты** в раскрывающемся списке **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке


Создание и редактирование) или щелкните по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).

- В таблице диалогового окна задайте шаг конечно-элементной сетки вдоль первой и второй осей:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м)	N	L(м)	N
0.5	6	0.5	12

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.2.3).

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

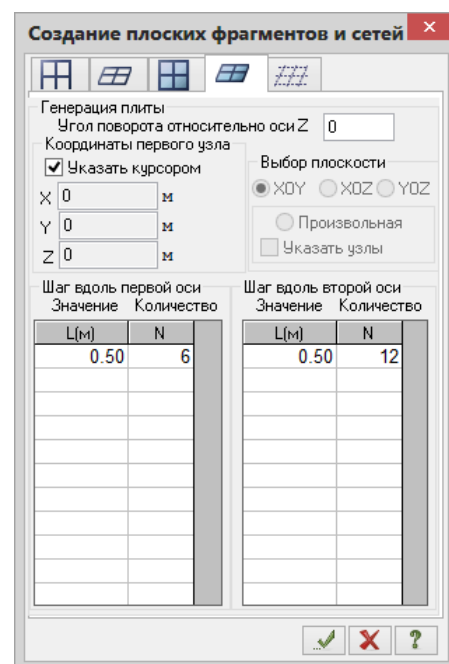



Рис.2.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

[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 – **Пример2**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 3. Задание граничных условий




[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.2.4) перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.

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

Полученная схема представлена на рис.2.5.

Рис.2.4.
Диалоговое окно
Показать

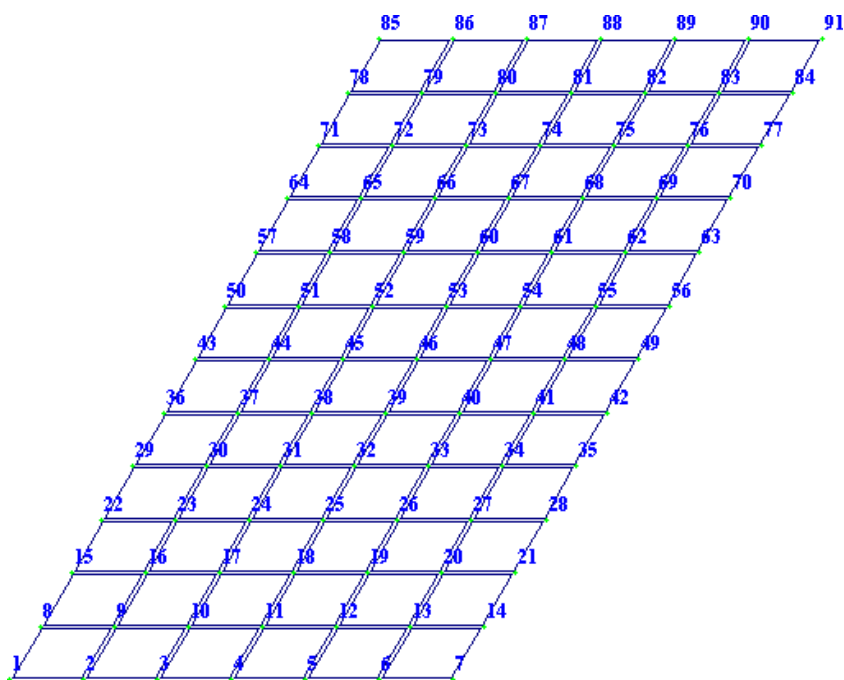



Рис.2.5. Нумерация узлов расчетной схемы плиты

Выделение узлов опирания

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора выделите узлы опирания № 1, 7, 85 – 91 (узлы окрашиваются в красный цвет).



Отметка узлов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием «резинового окна» вокруг группы узлов.

Задание граничных условий в узлах опирания




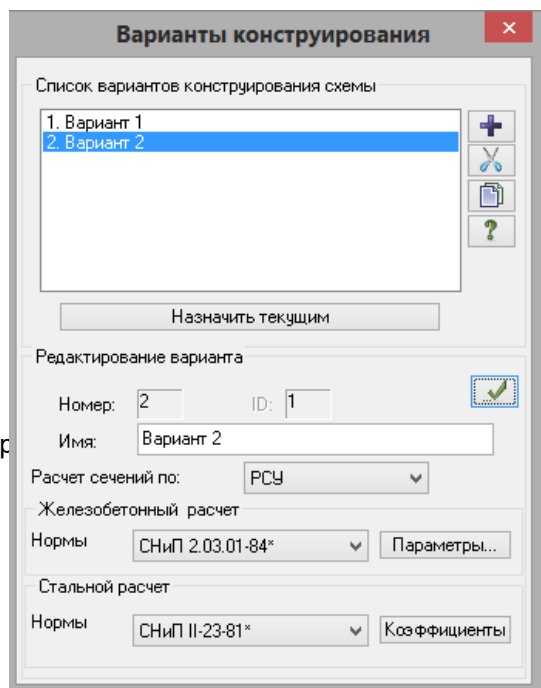
- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.2.6).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.



Рис.2.6. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Этап 4. Задание вариантов конструирования



выбер



- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.2.7) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования (подбор арматуры по теории Карпенко):
 - в раскрывающемся списке **Расчет сечений по:**
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.2.7. 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, PCH 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.2.8,а).

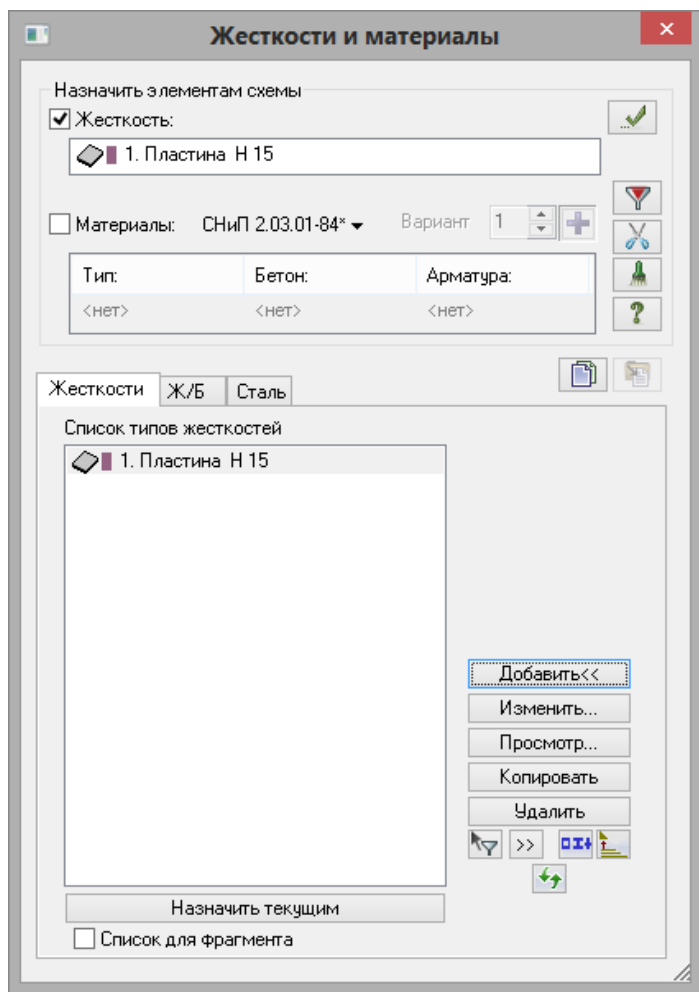
Создание второго варианта конструирования

- Для создания второго варианта конструирования щелкните по кнопке  - **Создать новый вариант конструирования схемы**.
- Далее задайте параметры для второго варианта конструирования (подбор арматуры по теории Вуда):
 - в раскрывающемся **списке Расчет сечений** по: выберите строку **PCY**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- 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  – **Заккрыть**.

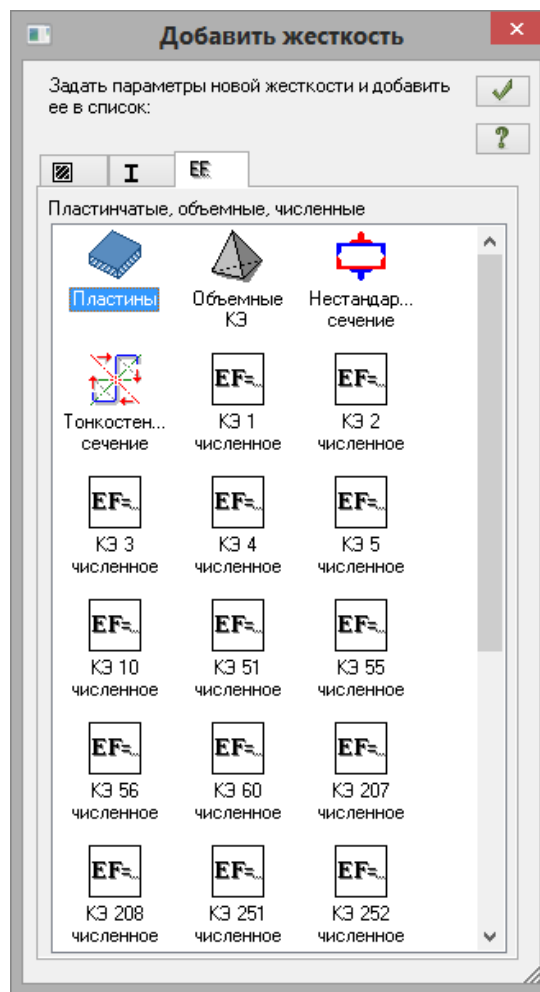
Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам плиты

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.2.8,а).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в появившемся окне **Добавить жесткость** (библиотеке жесткостных характеристик) щелкните по третьей закладке численного описания жесткости (рис.2.8,б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Пластины** (на экран выводится диалоговое окно для задания жесткостных характеристик выбранного типа сечения).



а



б

Рис.2.8. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

➤ В диалоговом окне **Задание жесткости для пластин** задайте параметры сечения **Пластины** (рис.2.9):

- модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (при английской раскладке клавиатуры);
- коэф. Пуассона – $\nu = 0.2$;
- толщина – $H = 15 \text{ см}$;
- удельный вес материала – $R_0 = 2.75 \text{ т/м}^3$.

➤ Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке **Подтвердить**.

➤ Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

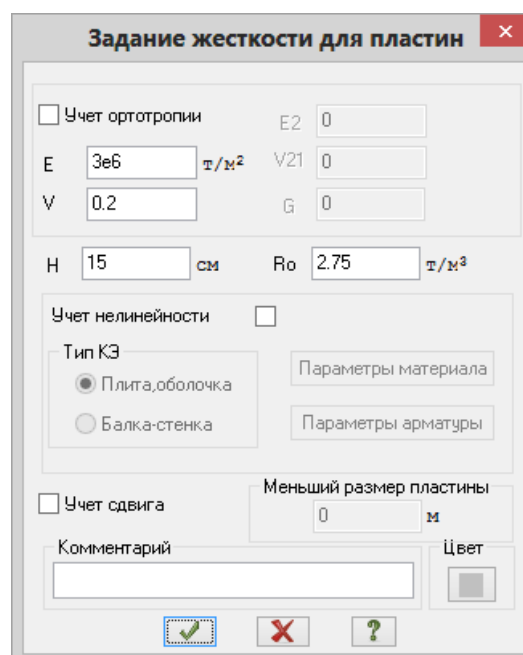


Рис.2.9. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

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** (рис.2.10).

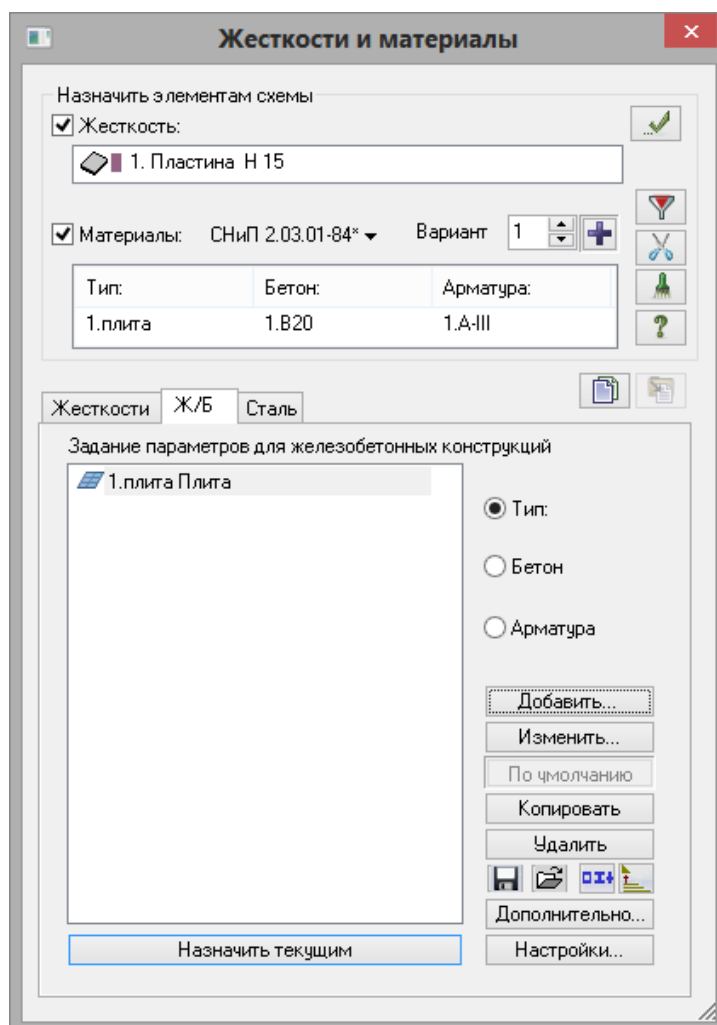


Рис.2.10. Диалоговое окно **Жесткости и материалы**



- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.2.11), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Плита**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Плита**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Рис.2.11. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Бетон** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики бетона** (рис.2.12), в котором задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B20**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Характеристики бетона

Класс бетона

Вид бетона

Марка легкого бетона по средней плотности D

Случайные эксцентриситеты

По высоте сечения EY

см

По ширине сечения EZ

см

Условия твердения

естественное твердение
 тепловая обработка
 автоклавная обработка

Условия эксплуатации конструкции

обычные условия
 благоприятные для нарастания прочности бетона

Коэффициенты условий работы

Произведение коэффициентов из т. 15 СНиП 2.03.01-84* (кроме Yb2 и Yb4)

Значения

	Значение
Class	B20
Rb	1170.00 т/м**2
Rbt	91.80 т/м**2
Rbn	1530.00 т/м**2
Rbtn	143.00 т/м**2
Eb	2750000.00 т/м**2

Комментарий

Рис.2.12. Диалоговое окно **Характеристики бетона**

- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Арматура** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Характеристики арматуры** (рис.2.13), в котором для ввода данных щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Характеристики арматуры ✕

Класс продольной арматуры: Вдоль X
 Вдоль Y

Класс поперечной арматуры:

Максимальный диаметр арматурных стержней, мм:

Количество арматурных стержней в углах сечения:

Учет сейсмического воздействия

Коэффициент из т. 7 СНиП II-7-81:

Коэффициент условий работы при расчете наклонных сечений (т. 7 СНиП II-7-81):

Коэффициент условий работы арматуры (произвед. из т. 24 СНиП 2.03.01-84*):

Значения

Значение	X Продо...	Y Продо...	Попере...
Класс	A-III	A-III	A-I
Диаметры	10...40	10...40	6...40
Rs т/м**2	37500.0	37500.0	23000.0
Rsw т/м**2	30000.0	30000.0	18000.0
Rsc т/м**2	37500.0	37500.0	23000.0
Rs,ser т/...	40000.0	40000.0	24000.0
Es т/м**2	200000...	200000...	210000...


Комментарий:


Рис.2.13. Диалоговое окно **Характеристики арматуры**



[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**.
- После этого включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики** (рис.2.11), в котором задайте следующие параметры для пластинчатых элементов:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **Плита**;
 - установите флажок **Подбирать арматуру по теории Вуда**;
 - в строке **Комментарий** задайте **Плита Вуд**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке – **Подтвердить**.

Назначение жесткостей и материалов элементам плиты

- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **1.Пластина Н 15**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **2.плита**, класс бетона – **1.В20** и класс арматуры – **1.А-III**).
- С помощью курсора выделите все элементы схемы (выделенные элементы окрашиваются в красный цвет).


 *Отметка элементов выполняется с помощью одиночного указания курсором или растягиванием «резинового окна» вокруг группы элементов.*


- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).
- 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 для первого варианта конструирования, снимите флажок **Жесткость** в поле **Назначить элементам схемы**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке общих свойств материалов для железобетонных элементов выделите курсором строку **1.плита Плита**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- С помощью курсора выделите все элементы схемы.
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1




- Для задания нагрузки от собственного веса плиты, щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.2.14).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы** и заданном коэф. надежности по нагрузке равном **1**, щелкните




по кнопке  – **Применить** (в соответствии с заданным объемным весом R_0 элементы загружаются нагрузкой от собственного веса).

Формирование загрузки № 2

Рис.2.14. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

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



- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите узлы № 18, 46 и 74.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки в узлах** (рис.2.15) выбрав команду  – **Нагрузка на узлы** в раскрывающемся списке **Нагрузки на узлы и элементы** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне для закладки **Нагрузки в узлах** по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**.
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В появившемся окне введите значение **P = 1 т** (рис.2.16).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

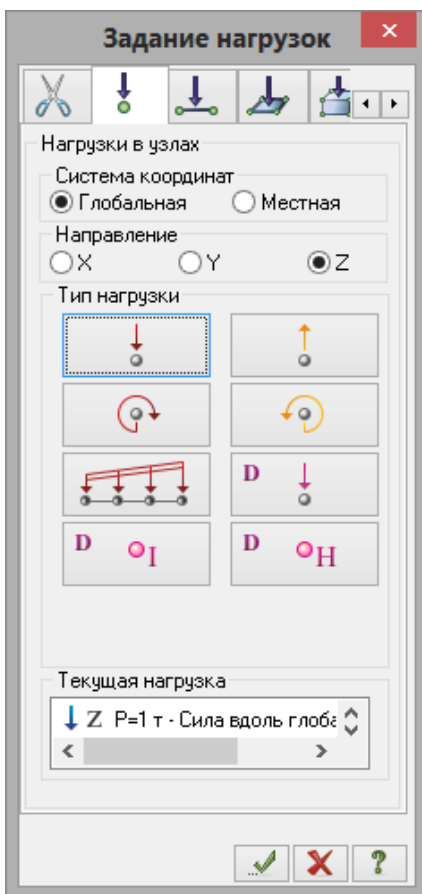


Рис.2.15. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

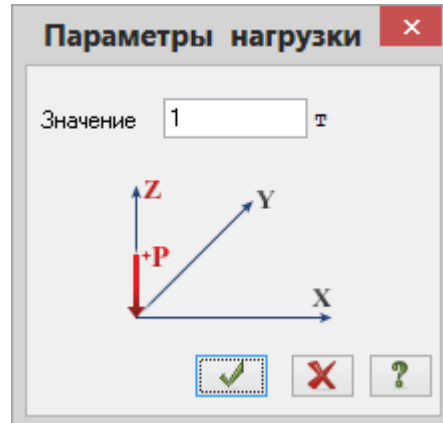




Рис.2.16. Диалоговое окно **Параметры нагрузки**


[Формирование загрузки № 3](#)


- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния.
- Для вывода на экран номеров элементов, в диалоговом окне **Показать** (рис.2.4) перейдите на первую закладку **Элементы** и установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- Выделите элементы № 14, 23, 30, 31, 42, 43, 50, 59.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** (рис.2.15) перейдите на закладку **Нагрузки на пластины** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте параметры:

- $P = 1 \text{ т}$;
- $A = 0.25 \text{ м}$;
- $B = 0.25 \text{ м}$.

➤ Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.2.17) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- 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  – **Применить**.


- После этого в списке загрузений выделите строку соответствующую второму загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

Временное длит. / Длительное 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

Временное длит. / Длительное и щелкните по кнопке

 – **Применить**.

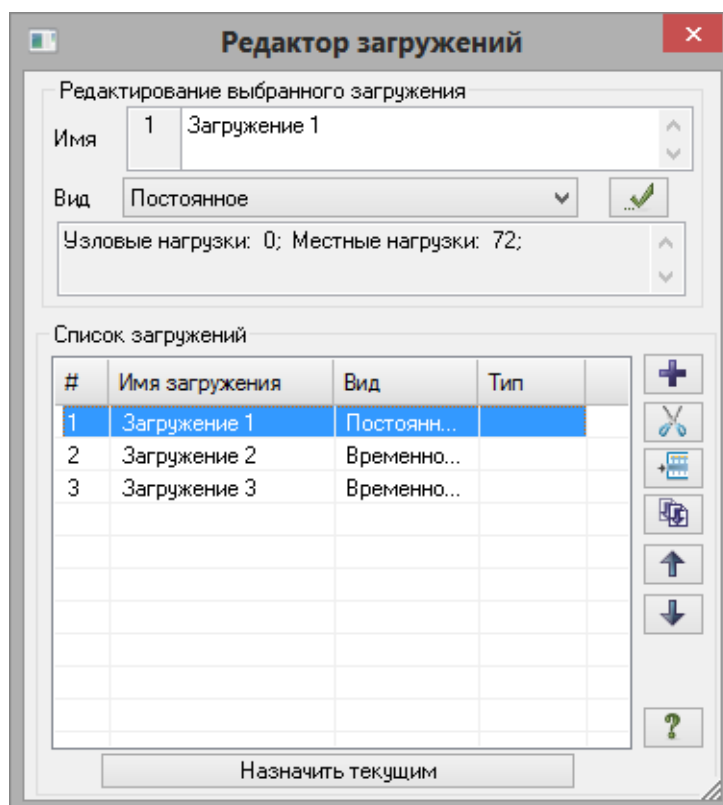




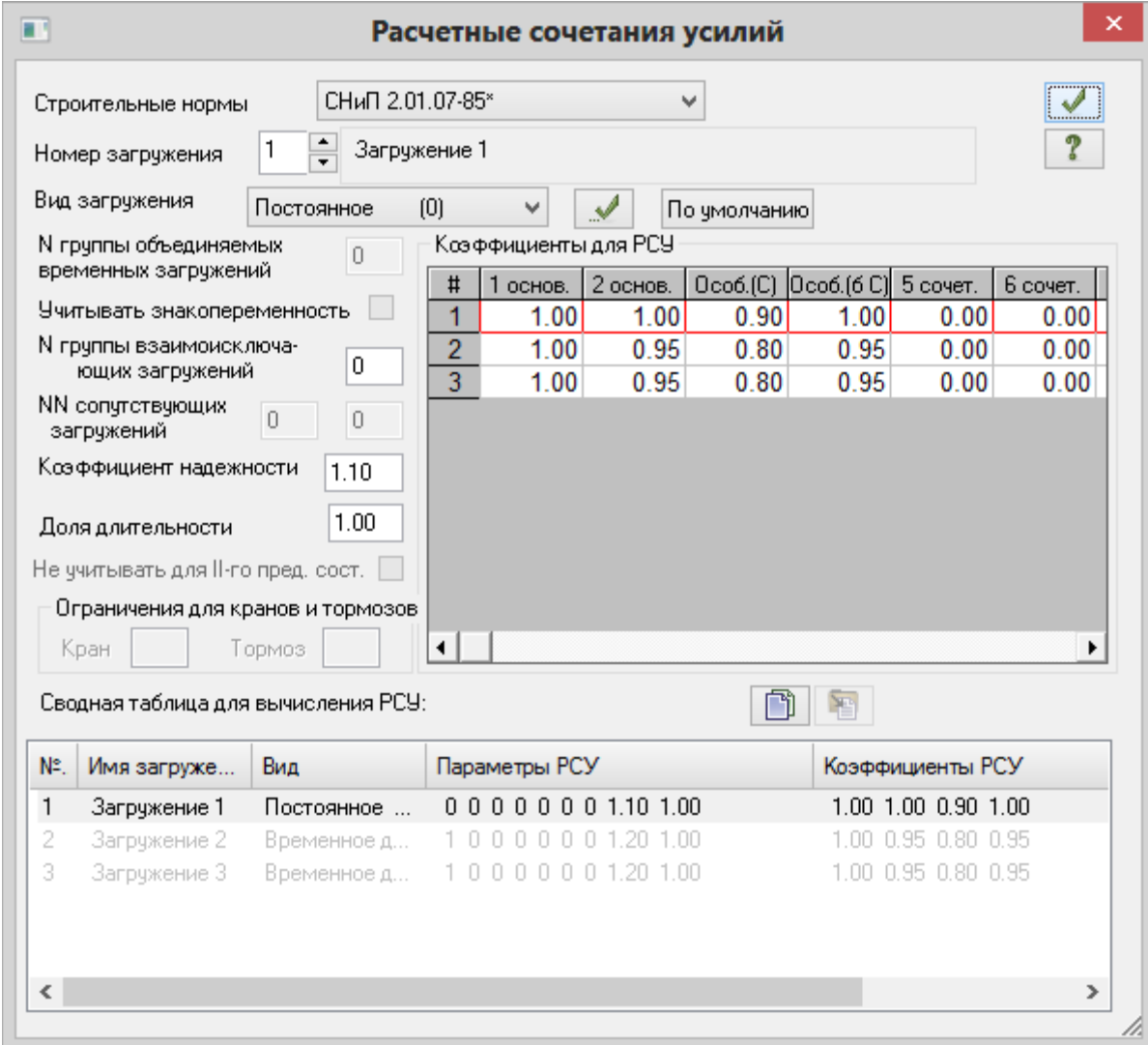
Рис.2.17. Диалоговое окно **Редактор загрузений** **Этап 7. Генерация таблицы РСУ**

- Щелчком по кнопке  – **Таблица РСУ** (панель **РСУ** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.2.18).



Так и загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис.2.17) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Для данной задачи нужно только подтвердить назначенные параметры.


- В этом окне, для подтверждения назначения параметров, принятых по умолчанию для каждого загрузения, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.



Расчетные сочетания усилий

Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85*

Номер загрузения: 1 Загрузение 1

Вид загрузения: Постоянное (0)  По умолчанию

Кoeffициенты для РСУ


#	1 основ.	2 основ.	Особ.(С)	Особ.(б С)	5 сочет.	6 сочет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00
3	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№.	Имя загрузе...	Вид	Параметры РСУ	Кoeffициенты РСУ
1	Загрузение 1	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузение 2	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
3	Загрузение 3	Временное д...	1 0 0 0 0 0 1.20 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95

Рис.2.18. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** **Этап 8. Полный расчет**

плиты

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

Этап 9. Просмотр и анализ результатов статического расчета



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

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.2.19). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по



кнопке

– **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

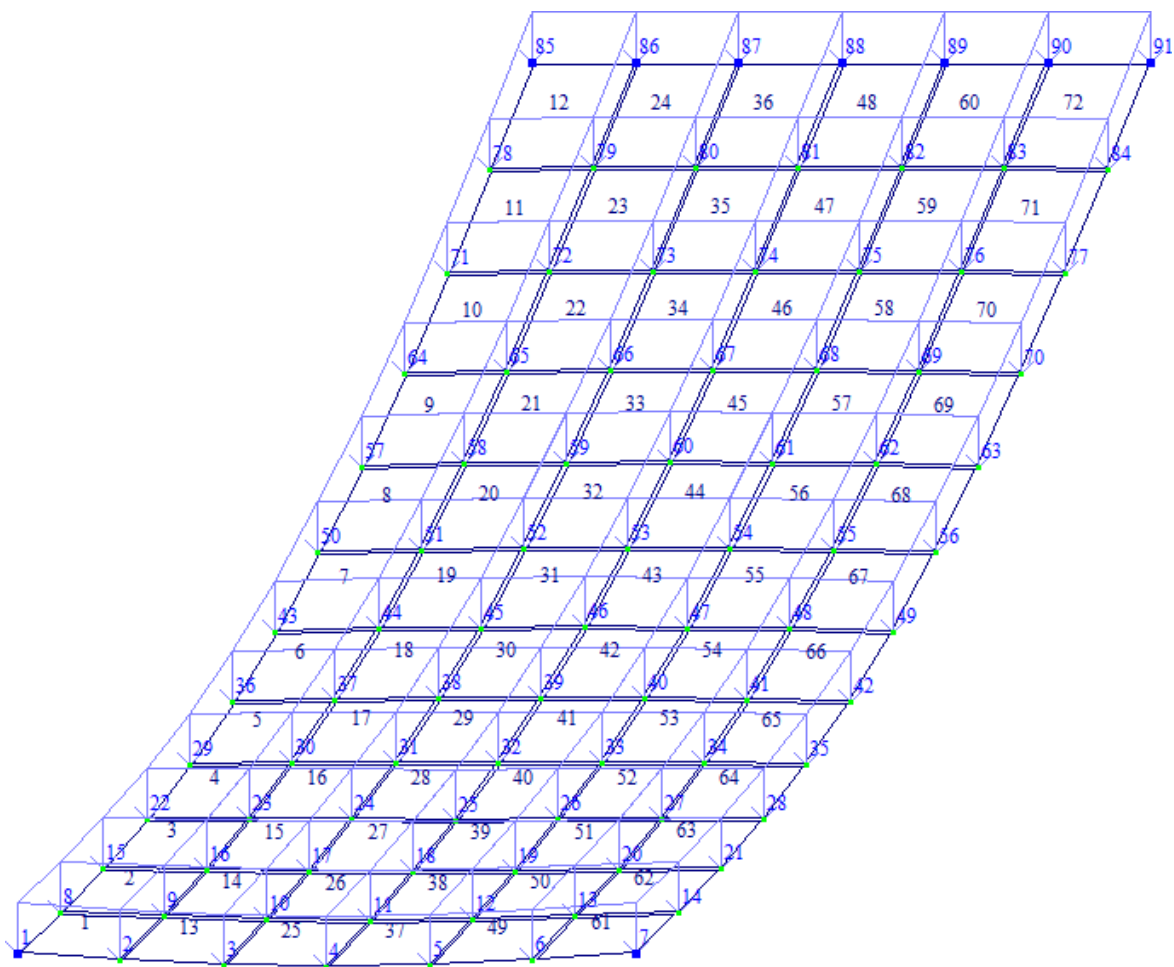




Рис.2.19. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

- Для отображения схемы без номеров элементов, номеров узлов и приложенных нагрузок в диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** снимите флажок **Номера элементов**.
- После этого перейдите на закладку **Узлы** и снимите флажок **Номера узлов**.
- Далее перейдите на закладку **Общие** и снимите флажок **Нагрузки**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.


[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 вкладки **Анализ**).

Z – Изополя перемещений по Z (панель Деформации на

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 M_y , щелкните по кнопке  Мозаика напряжений по M_y (панель **Напряжения в пластинах и объемных КЭ** 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.

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.2.20) выделите строку **PCY расчетные**.
- 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 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.

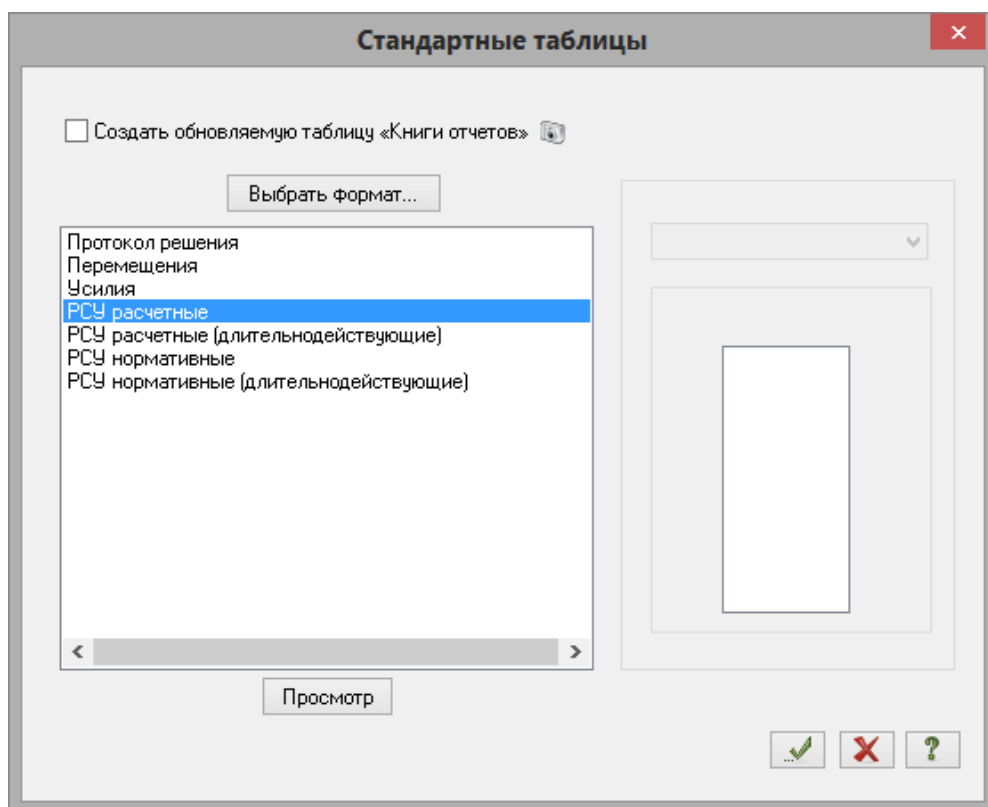


Рис.2.20. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

Этап 10. Просмотр и анализ результатов армирования



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

Просмотр результатов армирования

- Для просмотра информации о подобранной 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.2.21), 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)..

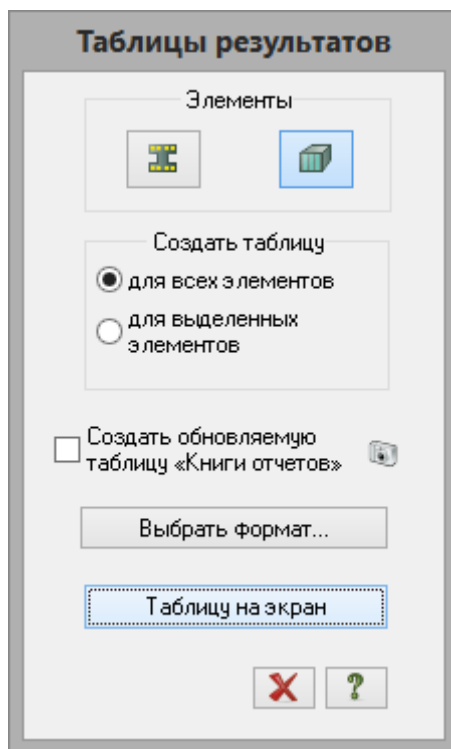


Рис.2.21. Диалоговое окно Таблицы результатов

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.2.7) 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 рамы промышленного здания

Цели и задачи:

- произвести расчет плоской рамы на динамические воздействия;
- произвести расчет устойчивости конструкции;
- составить таблицу РСН;
- выполнить подбор и проверку стальных сечений элементов рамы.

Исходные данные:

Схема рамы и ее закрепление показаны на рис.3.1. Сечения элементов:

- крайние колонны – коробка из швеллеров № 24;
- средние колонны – швеллер № 24;
- балка настила – двутавр № 36;
- верхний пояс фермы – два уголка 120 x 120 x 10;
- нижний пояс фермы – два уголка 100 x 100 x 10;
- стойки и раскосы фермы – два уголка 75 x 75 x 6.

Нагрузки:

- загрузка 1 – нагрузка от собственного веса элементов схемы,
- загрузка 2 – нагрузка от оборудования,
- загрузка 3 – ветровая нагрузка,
- загрузка 4 – гармоническое динамическое воздействие,
- загрузка 5 – сейсмическое воздействие.

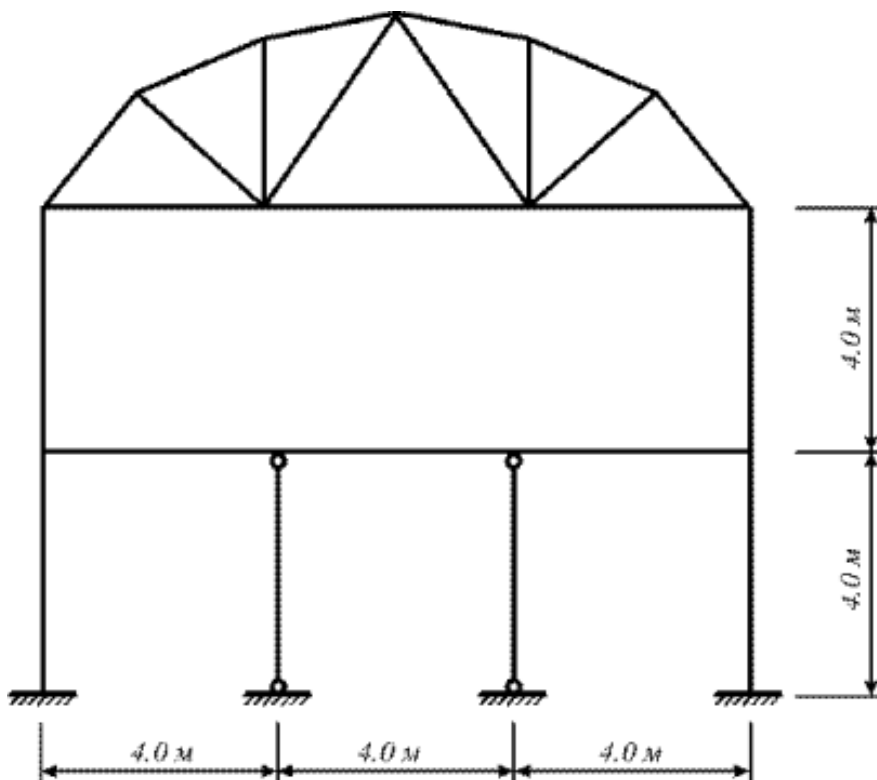




Рис.3.1. Расчетная схема поперечника здания

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.3.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример3**;
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **2 – Три степени свободы в узле (перемещения X,Z,Uy) X0Z**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

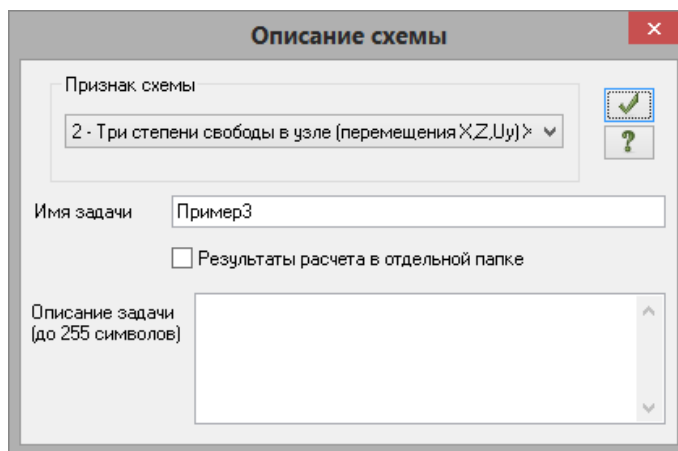




Рис.3.2. Диалоговое окно **Описание схемы**


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

этого в меню **Приложения** в раскрывающемся списке пункта **Новый** выберите команду  **2 – Второй признак схемы (Три степени свободы в узле)** или на панели быстрого доступа в раскрывающемся списке

Новый выберите команду  **2 – Второй 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 рамы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** щелчком по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В таблицу ввода значений введите параметры рамы:

	Шаг вдоль первой оси:	Шаг вдоль второй оси:	
L(м)	N	L(м)	N
4	3	4	2.

- Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.3.3).

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

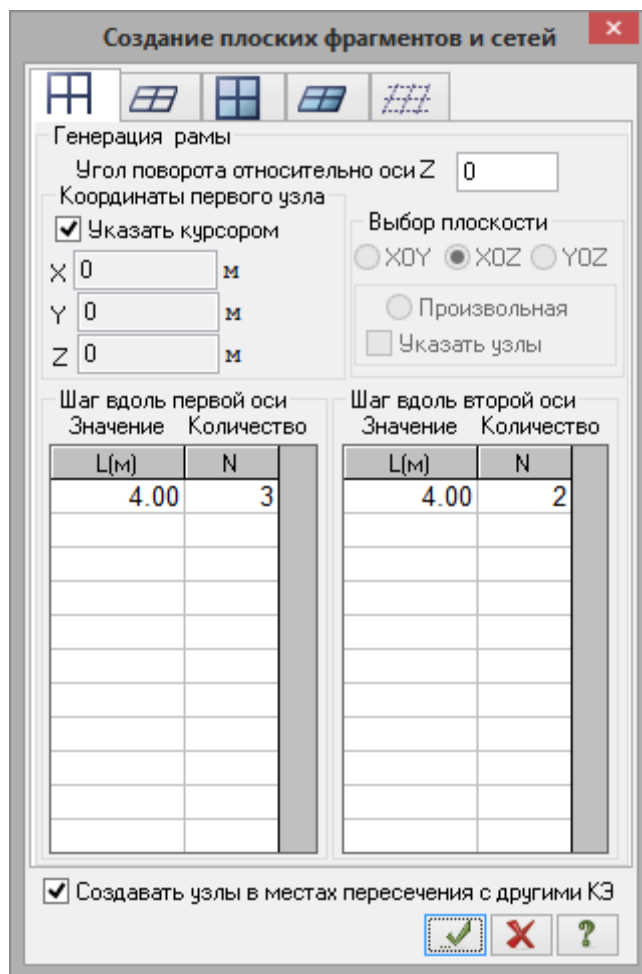


Рис.3.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**



[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 – **Пример3**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.



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


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



Корректировка схемы

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора** (по умолчанию находится в нижней области рабочего окна).
- С помощью курсора выделите узлы № 10 и 11 (узлы окрашиваются в красный цвет).

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

- Щелчком по кнопке  – **Удаление выбранных объектов** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) удалите выделенные узлы (обратите внимание, что при удалении узлов автоматически удаляются прилегающие к ним элементы).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка элементов** в раскрывающемся списке **Отметка элементов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите элементы № 3 и 5 (элементы окрашиваются в красный цвет).

 *После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.*

- Щелчком по кнопке  – **Шарниры** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Шарниры** (рис.3.4).
- В этом окне с помощью установки соответствующих флажков укажите узлы и направления, по которым снимается жесткость связи одного из концов стержня с узлом схемы:
 - 2-й узел – **UY**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

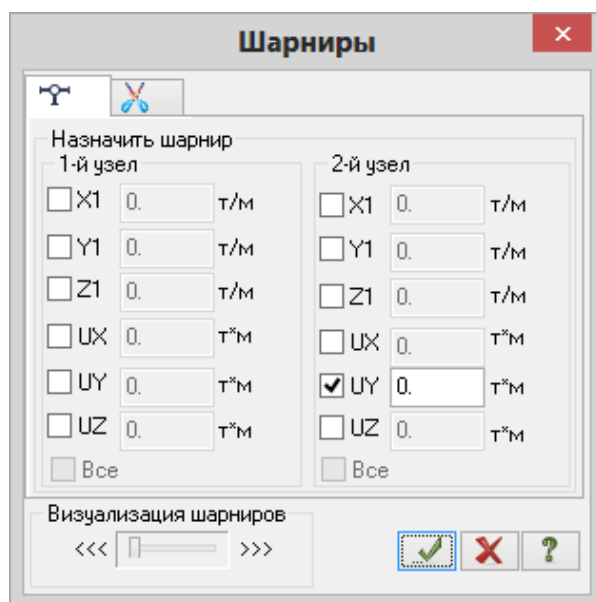




Рис.3.4. Диалоговое окно **Шарниры**

[Установка фермы на раму](#)

- Щелчком по кнопке  – **Генерация ферм** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Создание плоских ферм**.
- В этом окне щелкните по кнопке с конфигурацией арочной (сегментной) фермы.
- Далее выберите ферму по очертанию решетки, щелкнув по первой слева в верхнем ряду кнопке.
- После этого задайте параметры фермы (рис.3.5):
 - $L = 12$ м;
 - $Kf = 6$.
- Для просмотра геометрических размеров фермы в диалоговом окне, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- При установленном флажке **Указать узел привязки** укажите курсором на узел № 9 (в окне автоматически отобразятся координаты этого узла).
- Для установки фермы на раму, щелкните по кнопке  – **Применить**.

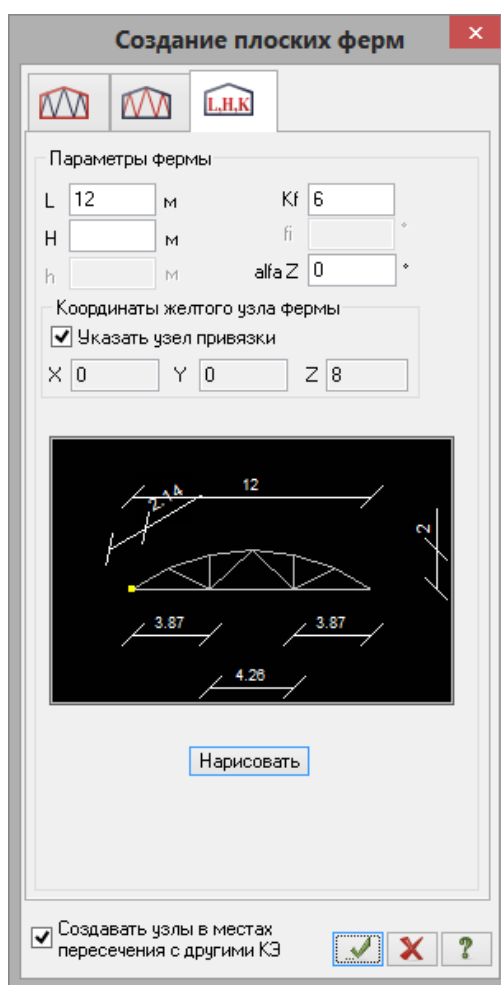




Рис.3.5. Диалоговое окно **Создание плоских ферм**

[Упаковка схемы](#)

- Щелчком по кнопке  – **Упаковка схемы** (панель **Редактирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.3.6).
- 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).

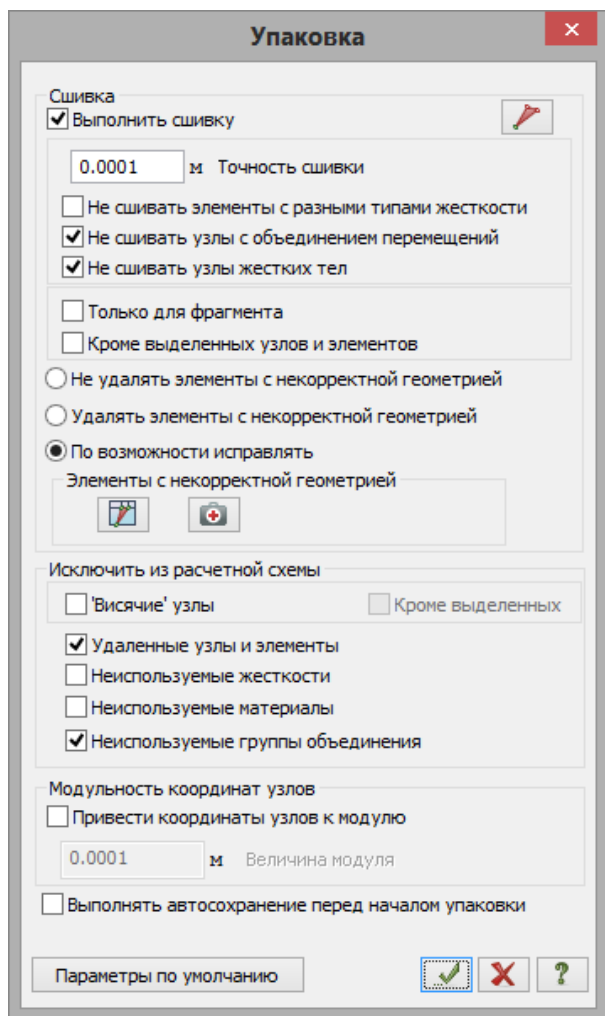


Рис.3.6. Диалоговое окно Упаковка

Получим геометрическую схему, показанную на рис.3.7.

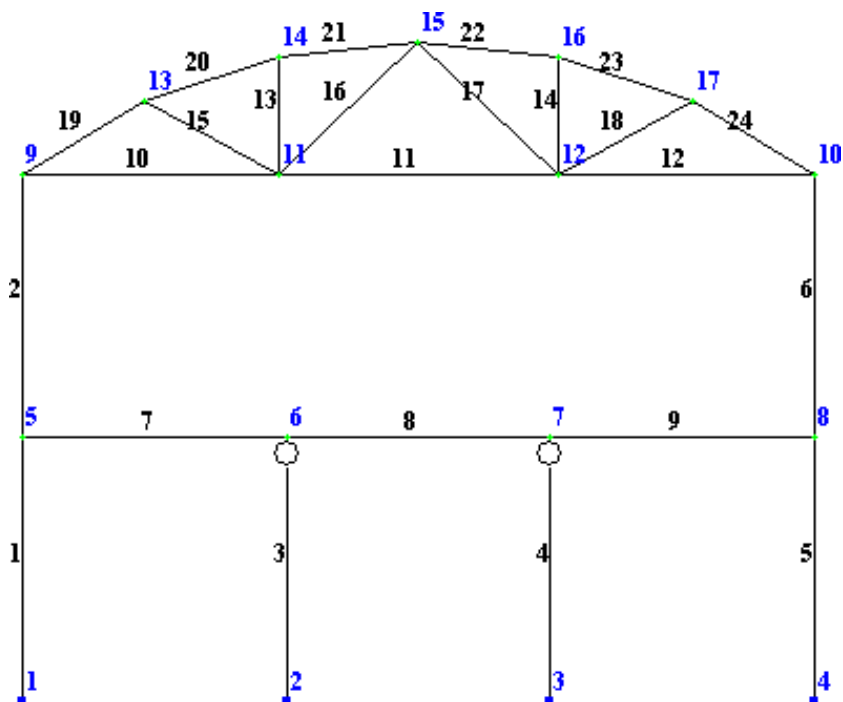








Рис.3.7. Расчетная схема рамы с номерами узлов и элементов

Этап 3. Задание граничных условий

- При активной кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, выделите узлы № 1 и 4.
- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах**.
- В этом окне с помощью установки флажков, отметьте направления по которым запрещены перемещения узлов (**X, Z, UY**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить** (узлы окрашиваются в синий цвет).
- Выделите узлы № 2, 3 и закрепите эти узлы по направлениям **X** и **Z** (для этого флажок с направления **UY** нужно снять).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Этап 4. Задание вариантов конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.3.8) 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 **РСН**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

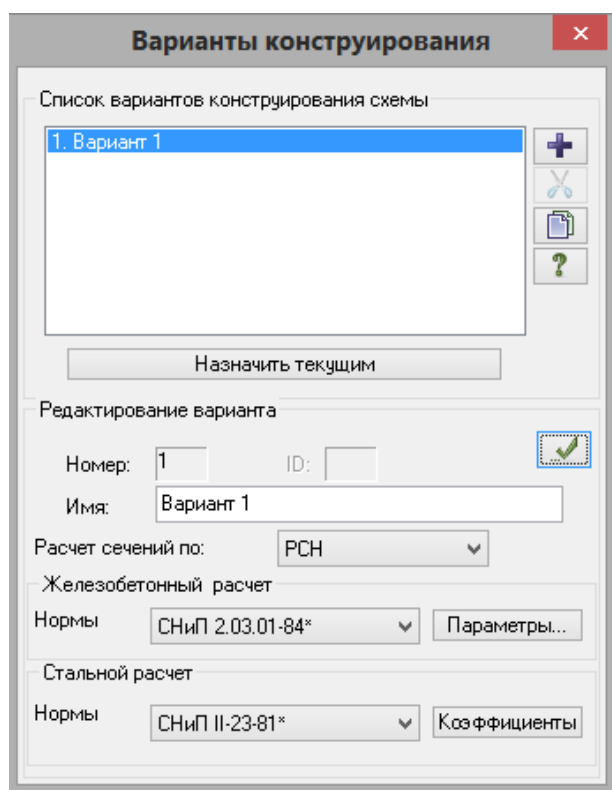



Рис.3.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

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

Этап 5. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам рамы

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.3.9,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.3.9,б).
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.

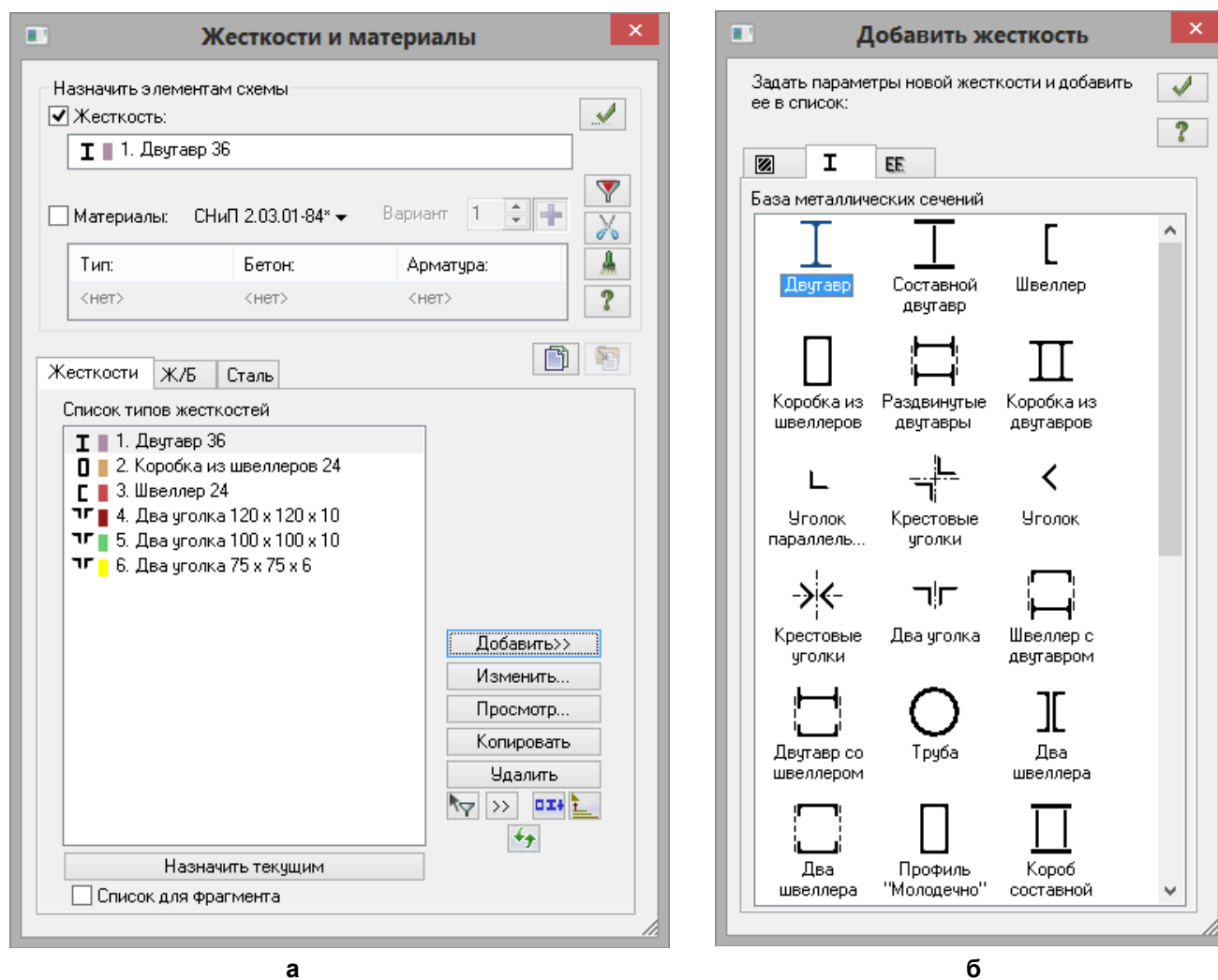


Рис.3.9. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.3.10) задайте параметры сечения **Двутавр**:
 - в раскрывающемся списке – **Профиль** сначала выберите позицию – **Двутавр с непараллельными гранями полок**;
 - после этого в следующем списке выберите строку профиля – **36**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.

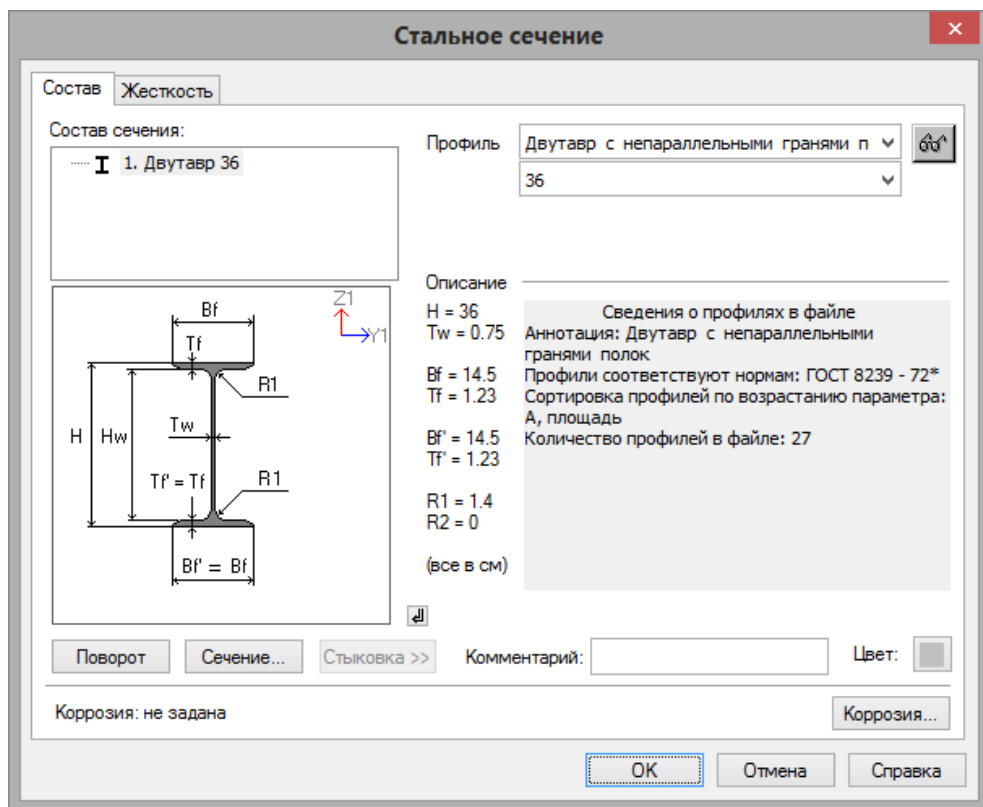


Рис.3.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

- В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Коробка из швеллеров**.
- В новом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Коробка из швеллеров**:
 - Профиль – **Швеллер с уклоном внутренних граней полок**;
 - Строка профиля – **24**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Швеллер**.
- В новом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Швеллер**:
 - Профиль – **Швеллер с уклоном внутренних граней полок**;
 - Строка профиля – **24**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Добавить жесткость** выберите тип сечения **Два уголка**.
- В появившемся окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Два уголка**:
 - Профиль – **Уголок равнополочный**;
 - Строка профиля – **120 x 120 x 10**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткостей с помощью курсора выделите строку **4. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Дважды щелкните по кнопке **Копировать**.
- После этого в списке типов жесткостей выделите строку **5. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В новом окне **Стальное сечение** задайте:
 - Строка профиля – **100 x 100 x 10**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке типов жесткости выделите строку **6. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Изменить**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте:
 - Строка профиля – **75 x 75 x 6**.
- Подтвердите ввод щелчком по кнопке **ОК**.
- Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке **Добавить**.

Задание материалов для стальных конструкций



Режим **Стальные конструкции** предназначена для подбора и проверки сечений стержневых стальных элементов в соответствии со СНиП II.23-81, СП 16.13330.2011, ДБН В.2.6-163:2010, Eurocode 3.1.1 ENV 1993-1-1:1992 и LFRD 2nd edition (AISC). Расчет выполняется на одно или несколько расчетных сочетаний усилий (PCY), нагрузок (PCH) или усилий, полученных из статического расчета конструкций. Выполняются также проверки элементов плоского напряженного состояния.

Производится подбор и проверка следующих типов сечений:

- элементы ферм и связей, работающие на центральное сжатие и растяжение;
- балки, подверженные поперечному изгибу;
- колонны, подверженные сжатию с изгибом.

Подбор и проверка может производиться в двух режимах:

- сквозной режим, в процессе которого производится расчет для всех указанных пользователем элементов в автоматическом режиме;
- локальный режим, в процессе которого пользователь может производить многовариантное проектирование – изменять размеры сечения, менять марку стали, варьировать расстановку ребер жесткости и т.п.

Результатами расчета являются размеры сечений элементов и коэффициент использования несущей способности сечений элементов (в процентном выражении), проверяемых в соответствии с требованиями выбранных норм.

- 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 36** 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.3.11), в котором в раскрывающемся списке **Таблица сталей** выберите строку **Стали по СНиП II-23-81***, **фасон**, а в раскрывающемся списке **Сталь** выберите класс стали **C235** (будет использоваться для всех элементов).
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Номер	1
Комментарий	Материал
Сечение	
Таблица сталей	Стали по СНиП II-23-...
Сталь	C235
Сокращенный сортамент	Нет

Сталь
Сталь поперечного сечения стержня

ОК Отмена

Рис.3.11. Диалоговое окно **Параметры** (для материалов)

- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** включите радио-кнопку **Дополнительные характеристики** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Параметры** (рис.3.12) задайте параметры для балок:
 - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Балка**;
 - в поле **Данные для расчета на общую устойчивость** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
 - задайте коэффициент длины балки для проверки общей устойчивости $K_b = 0.33$;
 - в раскрывающемся списке **Раскрепление сжатого пояса** выберите строку **два и более, делят пролет на равные части**;
 - в поле **Расчет по прогибу** задайте максимально допустимый прогиб – **1/250**;
 - 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
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/250
Консоль	<input type="checkbox"/>
Данные для расчета на общую устойчивость	
K_b	0.33
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Консоль	<input type="checkbox"/>
Балка с одной осью симметрии	<input type="checkbox"/>
Раскрепление сжатого пояса	два и более, делят п...
Комментарий	
Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.3.12. Диалоговое окно **Параметры** (для балок)

- Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** (рис.3.13) 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 Фb **Kb = 0.85**;
 - в поле **Комментарий** задайте **Колонны**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Параметры	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	2
Комментарий	Колонны
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
Предельная гибкость	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Расчетные длины	
Kz	1
Ky	1
Kb	0.85
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Комментарий Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	
<input type="button" value="ОК"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.3.13. Диалоговое окно **Параметры** (для колонн)

- Снова щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** (рис.3.14) задайте параметры для верхнего пояса фермы:
 - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
 - в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;

- задайте коэффициент длины относительно оси Z1 $K_z = 1$;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 $K_y = 1$;
 - в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**;
 - в поле **Комментарий** задайте **Верхний пояс**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.





Нормы проектирования	
Нормы проектирования	СНиП II-23-81*
Номер	3
Комментарий	Верхний пояс
Тип элемента	
Ферменный	<input checked="" type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
Дополнительный Ус=0.8	<input type="checkbox"/>
Предельная гибкость	
элемент пояса или опорный раскос фермы	<input checked="" type="radio"/>
неопорный элемент решетки фермы	<input type="radio"/>
одиночный элемент структурной конструкц...	<input type="radio"/>
прочий	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60a
На растяжение	300
Расчетные длины	
Kz	1
Ky	1
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>
Комментарий	
Произвольный текст, характеризующий этот набор дополнительных характеристик	

Рис.3.14. Диалоговое окно **Параметры** (для верхнего пояса фермы)



- Еще раз щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** задайте параметры для нижнего пояса фермы:
 - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
 - в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 $K_z = 0.33$;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 $K_y = 0.33$;
 - в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **элемент пояса или опорный раскос фермы**;



- в поле **Комментарий** задайте **Нижний пояс**;
- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Снова щелкните по кнопке **Добавить** в диалоговом окне **Жесткости и материалы**.
- В новом окне **Параметры** задайте параметры для решетки фермы:
 - в поле **Тип элемента** включите радио-кнопку **Ферменный**;
 - в поле **Расчетные длины** установите флажок **использовать коэффициенты длины**;
 - задайте коэффициент длины относительно оси Z1 $K_z = 1$;
 - коэффициент длины относительно оси Y1 $K_y = 1$;
 - в поле **Предельная гибкость** включите радио-кнопку **неопорный элемент решетки фермы**;
 - в поле **Комментарий** задайте **Решетка**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

Назначение жесткостей и материалов элементам рамы

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **1. Балки** (при этом в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **1. Двуглавр 36**).
- 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).
- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите горизонтальные элементы № 7, 8 и 9 (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).
- 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 **2. 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. Коробка из швеллеров 24**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Отметка вертикальных стержней** на панели инструментов

Панель выбора.

- С помощью курсора выделите вертикальные элементы схемы № 1, 2, 5 и 6 (крайние колонны).
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Швеллер 24**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- С помощью курсора выделите вертикальные элементы схемы № 3 и 4 (средние колонны).
- Затем в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.

- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **4. Два уголка 120 x 120 x 10**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- После этого в диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по третьей закладке **Сталь** и в списке дополнительных характеристик для стальных конструкций выделите курсором строку **3. Верхний пояс**.
- Щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- Щелчком по кнопке  – **ПолиФильтр** на панели инструментов **Панель выбора** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** (рис.3.15), для того чтобы выделить элементы верхнего пояса.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По номерам КЭ** и в соответствующем поле введите номера элементов **19–24**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

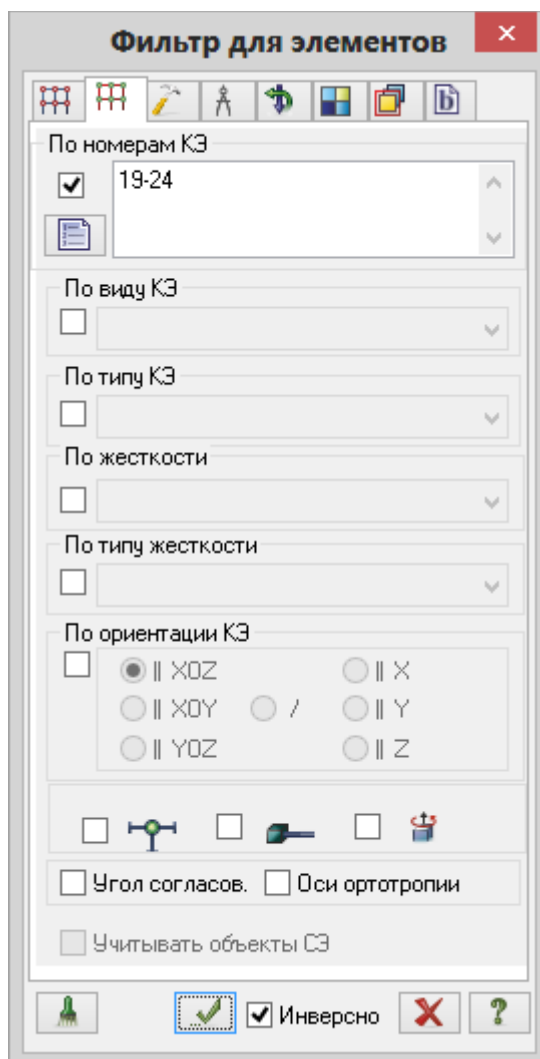








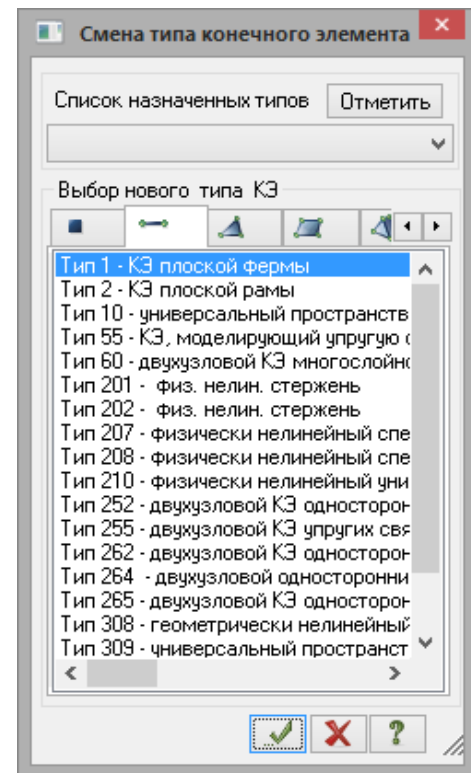


Рис.3.15. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.
- Назначьте текущими дополнительные характеристики для стальных конструкций **4. Нижний пояс** и тип жесткости **5. Два уголка 100 x 100 x 10**.
- Для выделения элементов нижнего пояса фермы, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **10–12**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.
- Назначьте текущими тип жесткости **6. Два уголка 75 x 75 x 6** и дополнительные характеристики для стальных конструкций **5. Решетка**.
- Для выделения элементов решетки фермы, в диалоговом окне **Фильтр для элементов** введите номера элементов **13–18**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение**, в котором щелкните по кнопке **Нет**.
- Закройте диалоговое окно **Фильтр для элементов** щелчком по кнопке  – **Закреть**.


Этап 6. Смена типа конечных элементов для элементов фермы

- Выделите все элементы фермы.
- Щелчком по кнопке  – **Смена типа КЭ** (панель **Схема** на вкладке **Расширенное редактирование**) вызовите диалоговое окно **Смена типа конечного элемента** (рис.3.16).
- В этом окне в списке типов конечных элементов выделите строку **Тип 1 – КЭ плоской фермы**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.




Этап 7. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.3.17) 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-SAPR** (Редактируемый сортament) 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).

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.

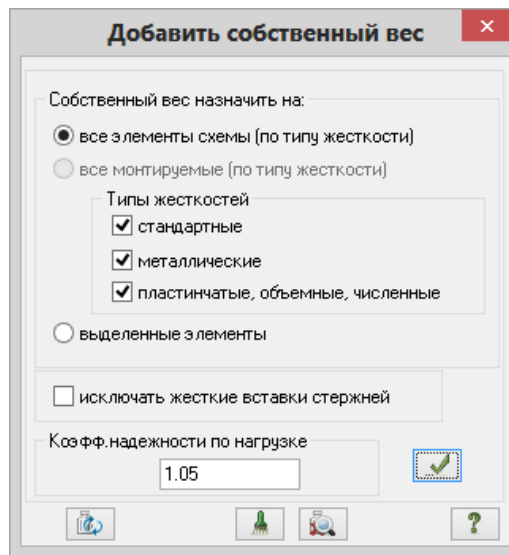



Рис.3.17. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

- После этого вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.3.18), 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**.

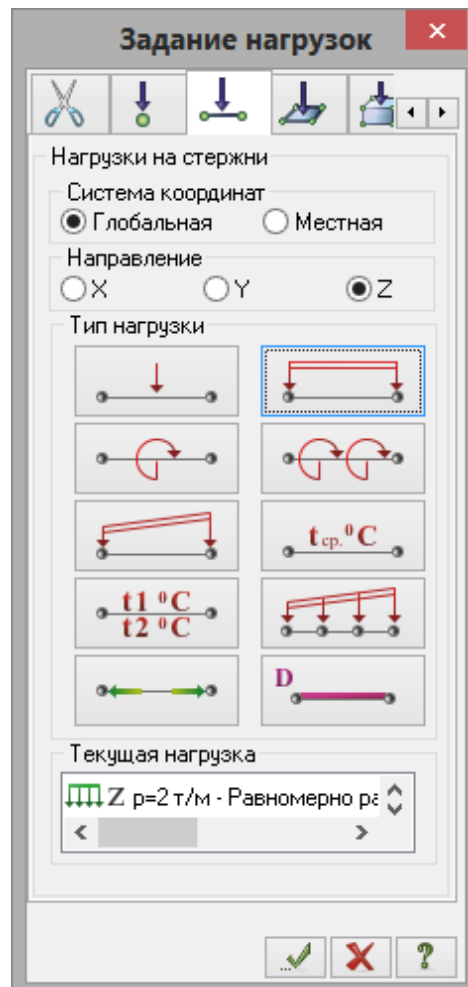


Рис.3.18. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 2$ т/м (рис.3.19).

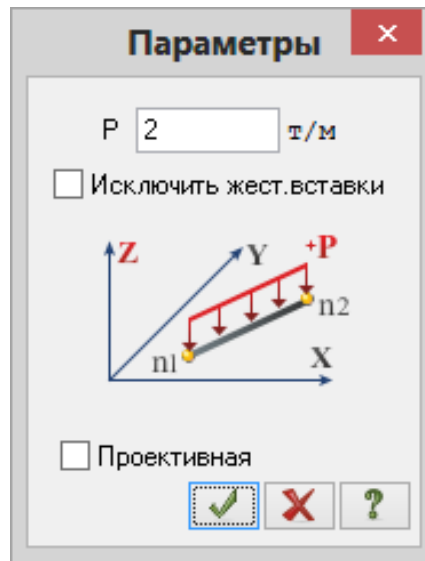







Рис.3.19. Диалоговое окно **Параметры**

- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**.
- Выделите узлы опирания фермы на колонну № 9 и 10.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** перейдите на вторую закладку **Нагрузки в узлах** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).
- Щелчком по кнопке сосредоточенной силы вызовите диалоговое окно **Параметры нагрузки**.
- В этом окне задайте величину нагрузки $P = 12$ т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите остальные узлы верхнего пояса № 13 – 17 и задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной $P = 24$ т аналогично описанным выше операциям.


Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения, щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- Выделите элементы № 7, 8, 9 и задайте на эти элементы равномерно распределенную нагрузку интенсивностью $p = 2$ т/м аналогично первому нагружению.
- Выделите узлы № 9 и 10, задайте на эти узлы сосредоточенную силу величиной $P = 2$ т аналогично первому нагружению.
- Выделите узлы № 13 – 17 и аналогично первому нагружению задайте на них сосредоточенную силу величиной $P = 4$ т.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния.
- Выделите узлы № 5 и 10, задайте на них сосредоточенную силу вдоль глобальной оси **X** величиной $P = -1.5$ т аналогично первому нагружению.
- Выделите узел № 9 и задайте на этот узел силу вдоль глобальной оси **X** величиной $P = -2$ т.
- Выделите узел № 8 и задайте на него силу вдоль глобальной оси **X** величиной $P = -1.125$ т.

Формирование загрузки № 4 (Задание узловой гармонической нагрузки)

- Смените номер текущего загрузки на **4**.
- Выделите узел № 6.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок**, щелчком по кнопке гармонической нагрузки, вызовите диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле** (рис.3.20.).
- В этом окне задайте следующие параметры:
 - Дополнительная масса в узле – **2 т**;
 - Направление нагрузки – **X**;
 - Закон действия нагрузки – **cos**;
 - Амплитуда воздействия – **0.1 т**.
- Подтвердите введенную информацию щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

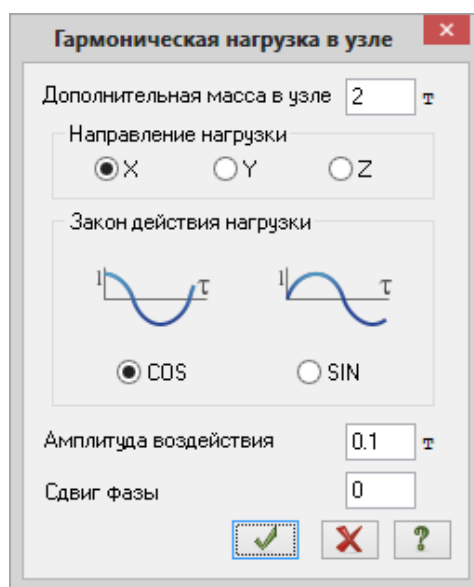




Рис.3.20. Диалоговое окно **Гармоническая нагрузка в узле**

- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.

Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.3.21) щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- 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

 – **Применить**.

- После этого в списке загрузений выделите строку соответствующую второму загрузению, а затем в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся списке **Вид** строку

Временное длит. / Длительное 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

Мгновенное и щелкните по кнопке

 – **Применить**.

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


Особое / Эпизодическое и щелкните по кнопке



- Чтобы добавить пятое загрузение, в поле **Список загрузений** щелкните по кнопке **Добавить загрузение (в конец)**.



- Для Загрузения 5 в поле **Редактирование выбранного загрузения** выберите в раскрывающемся

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

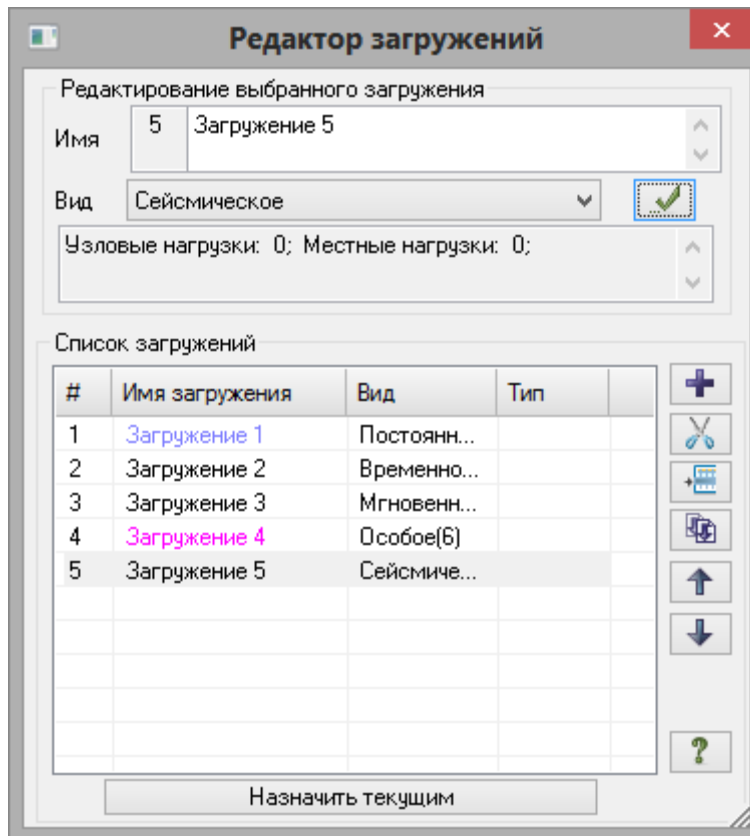



Рис.3.21. Диалоговое окно Редактор загрузений

Задание характеристик для расчета рамы на динамические воздействия

Этап 8. Формирование динамических загрузений из статических

Формирование таблицы учета статических загрузений для гармонического воздействия

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических загрузений из статических** (рис.3.22)

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

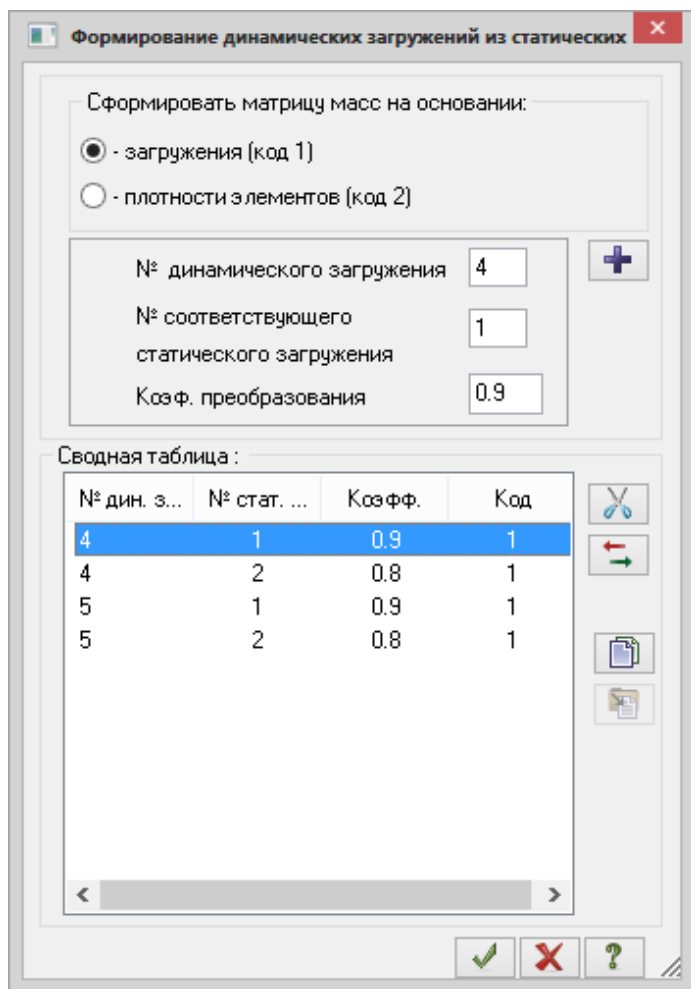



Рис.3.22. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**

➤ 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**;
- Козф. преобразования – **0.9**.

➤ Далее щелкните по кнопке  – **Добавить**.

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


- № динамического нагружения – **4**;
- № соответствующего статического нагружения – **2**;
- Козф. преобразования – **0.8**.

➤ Щелкните по кнопке  – **Добавить**.

Формирование таблицы учета статических нагрузок для сейсмического воздействия

➤ Для формирования третьей строки сводной таблицы, в диалоговом окне **Формирование динамических нагрузок из статических** задайте следующие параметры:

- № динамического нагружения – **5**;
- № соответствующего статического нагружения – **1**;
- Козф. преобразования – **0.9**.

➤ Далее щелкните по кнопке  – **Добавить**.

- Для формирования четвертой строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **5**;
 - № соответствующего статического нагружения – **2**;
 - Коэф. преобразования – **0.8**.


- Закончив, щелкните по кнопкам  – **Добавить** и  – **Подтвердить**.



Указанные статические нагружения формируют веса масс для динамических воздействий.

Этап 9. Формирование таблицы параметров динамических воздействий

Задание данных для четвертого нагружения

- Щелчком по кнопке  – **Таблица динамических нагружений** (панель **Динамика** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23).
- В этом окне, задайте следующие параметры:
 - № нагружения – **4**;
 - Наименование воздействия – **Гармоническое зональное (28)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – **10**.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

The dialog box contains the following fields and controls:


- № строки характеристик:** 1
- № нагружения:** 4
- Наименование воздействия:** Гармоническое зональное (28)
- Количество учитываемых форм колебаний:** 10
- № соответствующего статического нагружения:** (empty)
- Матрица масс:** Диагональная, Согласованная
- Параметры:** (button)

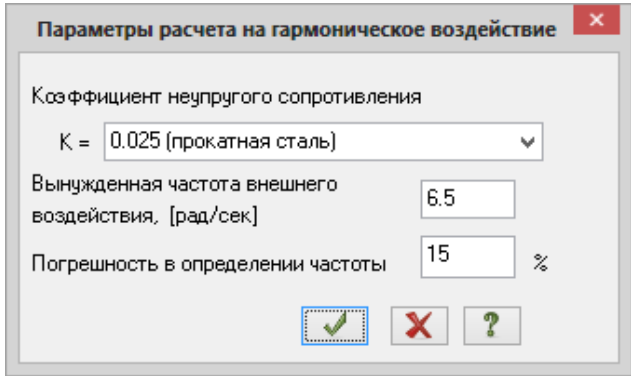
Below the fields is a table titled "Сводная таблица для расчета на динамические воздействия":

#	№	Имя загрузки...	Тип	Параметры...	Параметры динамического возд
1	4	Загружение 4	ГАРМ	28 10 0 0 0	0.025 6.500 0.150
2	5	Загружение 5	СЕЙСМ	35 5 0 0 0	1.00 3 0.00 1 1 7 0.120 1.00 1.00
3					

Рис.3.23. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на гармоническое воздействие** (рис.3.24) задайте следующие параметры:
 - коэффициент неупругого сопротивления – **K = 0.025** (прокатная сталь);

- вынужденная частота внешнего воздействия – **6.5** рад/сек;
 - погрешность в определении частоты – **15%**.
- Подтвердите введенные данные щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.



Параметры расчета на гармоническое воздействие


Коэффициент неупругого сопротивления
 K = 0.025 (прокатная сталь)

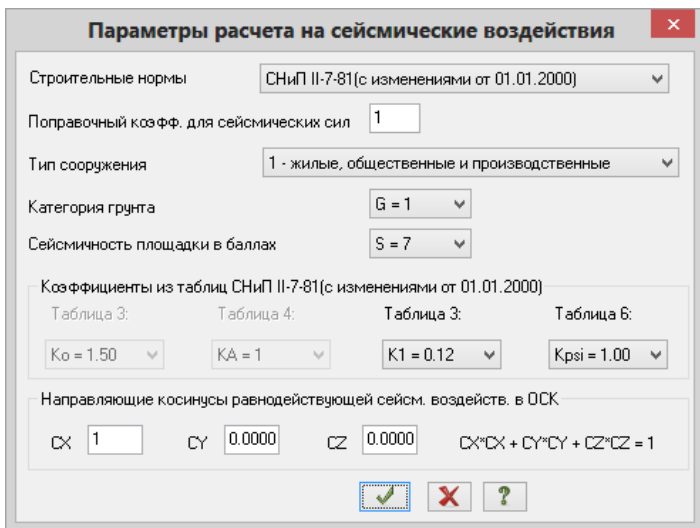
Вынужденная частота внешнего воздействия, [рад/сек] 6.5

Погрешность в определении частоты 15 %

Рис.3.24. Диалоговое окно **Параметры расчета на гармоническое воздействие**

Задание данных для пятого нагружения

- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** (рис.3.23) задайте:
- № загрузки – **5**;
 - Наименование воздействия – **Сейсмическое /01.01.2000/СП 14.13330.2011/(35)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – **5**.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.
- В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.3.25) задайте следующие параметры:
- в раскрывающемся списке коэффициентов по табл. 3 СНиП II-7-81* выберите строку **K1 = 0.12**;
 - направляющие косинусы равнодействующей сейсмического воздействия в общей системе координат – **CX = 1**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.



Параметры расчета на сейсмические воздействия

Строительные нормы: СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта: G = 1

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

Коэффициенты из таблиц СНиП II-7-81(с изменениями от 01.01.2000)

Таблица 3: K₀ = 1.50 Таблица 4: K_A = 1 Таблица 3: K₁ = 0.12 Таблица 6: K_{psi} = 1.00

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК

CX: 1 CY: 0.0000 CZ: 0.0000 CX²CX + CY²CY + CZ²CZ = 1

Рис.3.25. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

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

Этап 10. Задание расчетных сечений элементов ригелей

- Выделите горизонтальные элементы № 7 – 9.



После выделения узлов или элементов расчетной схемы для ленточного вида интерфейса выводятся контекстные вкладки ленты. Каждая из контекстных вкладок содержит операции, которые относятся к выделенным объектам или выбранной команде. Контекстная вкладка закрывается по завершении работы с командой или снятии выделения с объектов. Контекстные вкладки, предназначенные для работы с узлами или элементами схемы, содержат команды только по созданию и редактированию схемы и не могут быть вызваны из вкладок **Анализ**, **Расширенный анализ**, **Конструирование**.



- Щелчком по кнопке  – **Расчетные сечения стержней** (панель **Редактирование стержней** на контекстной вкладке **Стержни**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.3.26).
- В этом окне задайте количество расчетных сечений **N = 5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для того чтобы выполнить расчет по второй группе предельных состояний, нужно задать не менее трех расчетных сечений).




Рис.3.26. Диалоговое окно
Расчетные сечения

Этап 11. 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.

Создание конструктивного элемента БАЛКА

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.
- Для создания конструктивных элементов вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы** (рис.3.27) щелчком по кнопке  – **Конструктивные элементы** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В появившемся диалоговом окне в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.


Создание конструктивного элемента ФЕРМА

- Выделите элементы № 10, 11 и 12.
- В диалоговом окне **Конструктивные элементы** в поле **Редактирование КоЭ** щелкните по кнопке **Создать КоЭ**.

Этап 12. Назначение раскреплений в узлах изгибаемых элементов

- Выделите элементы № 7, 8 и 9.



- Щелчком по кнопке  – **Раскрепления для прогибов** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** (рис.3.28).

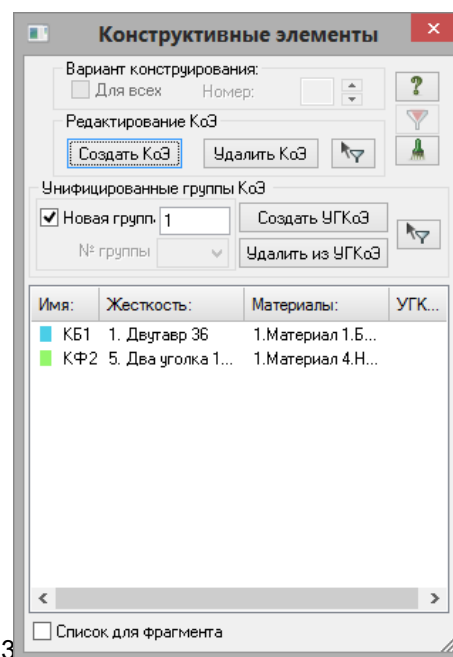



Рис.3.27. Диалоговое окно
Конструктивные элементы

- В этом окне выберите в раскрывающемся списке строку **Создать в узлах с несоосными элементами**.
- Щелкните по кнопке – **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).
- Далее, при установленных флажках раскреплений – **Y1, Z1**, щелкните по кнопке  – **Применить** (прогиб сечений элемента определяется относительно линии, соединяющей раскрепления на его концах).

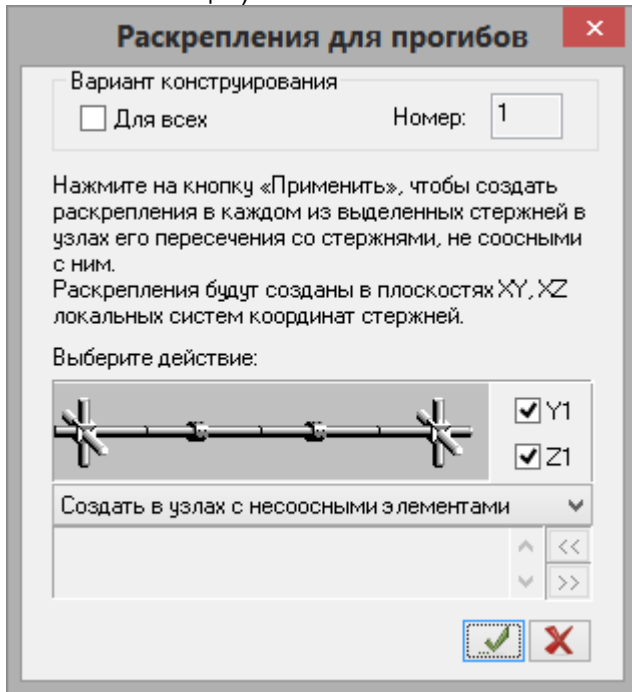




Рис.3.28. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

- Закройте диалоговое окно **Раскрепления для прогибов** щелчком по кнопке  – **Закреть**.

Этап 13. Генерация таблицы РСН

- Щелчком по кнопке  – **РСН** (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.3.29).

 Так как вид загружений задавался в диалоговом окне **Редактор загружений** (рис.3.21) таблица РСН сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загружения. Далее нужно только изменить параметры для четвертого и пятого загружений, а также задать сочетания.

- В этом окне, при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85***, для четвертого и пятого загружений после двойного щелчка мыши по ячейке **Знакоперемен.** задайте **+/-**.

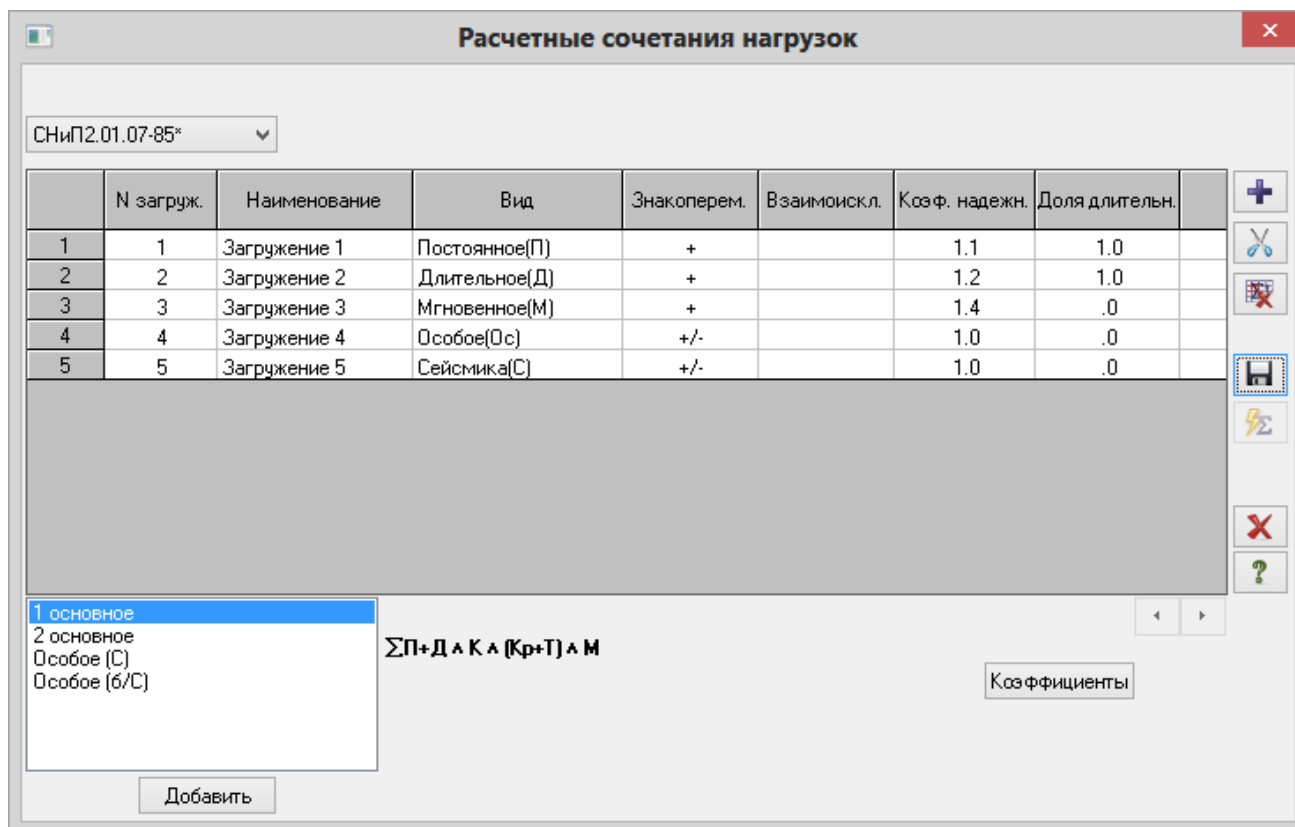


Рис.3.29. Диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок**

➤ Для задания сочетаний выполните следующие действия:

- в списке сочетаний выделите строку **1 основное** и после этого щелкните по кнопке **Добавить**;

Добавить;

- затем в списке сочетаний выделите строку **2 основное** и после этого щелкните по кнопке

Добавить;

- далее в списке сочетаний выделите строку **Особое (С)** и после этого щелкните по кнопке
- далее в списке сочетаний выделите строку **Особое (б/С)** и после этого щелкните по кнопке **Добавить** (в таблице появляются столбцы с величинами коэффициентов в соответствии с применяемыми формулами сочетаний по СНиП 2.01.07-85).



➤ После этого щелкните по кнопке  - **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные данные.

➤ Закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке  – **Закреть**.



Вычисление расчетных сочетаний нагрузжений (РСН) производится непосредственным суммированием соответствующих перемещений узлов и усилий (напряжений) в элементах по правилам, установленным нормативными документами (в отличие от вычисления РСУ, где в качестве критерия для определения опасных сочетаний используются экстремальные значения напряжений в характерных точках сечений стержневых элементов).

Этап 14. Задание параметров для расчета рамы на устойчивость

➤ Для выполнения расчета рамы на устойчивость от сочетаний РСН, вызовите диалоговое окно

Устойчивость (рис.3.30) щелчком по кнопке  - **Устойчивость** (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**).

➤ В этом окне задайте следующие параметры:

- установите флажок **Выполнять расчет устойчивости**;

- для выбора вида расчета включите радио-кнопку **По РСН**;
- в поле **Загрузки** установите флажок **Все сочетания**;
- в поле **Количество вычисляемых форм потери устойчивости** задайте количество форм равное

3.

- Подтвердите ввод данных щелчком по кнопке  – **Подтвердить**.

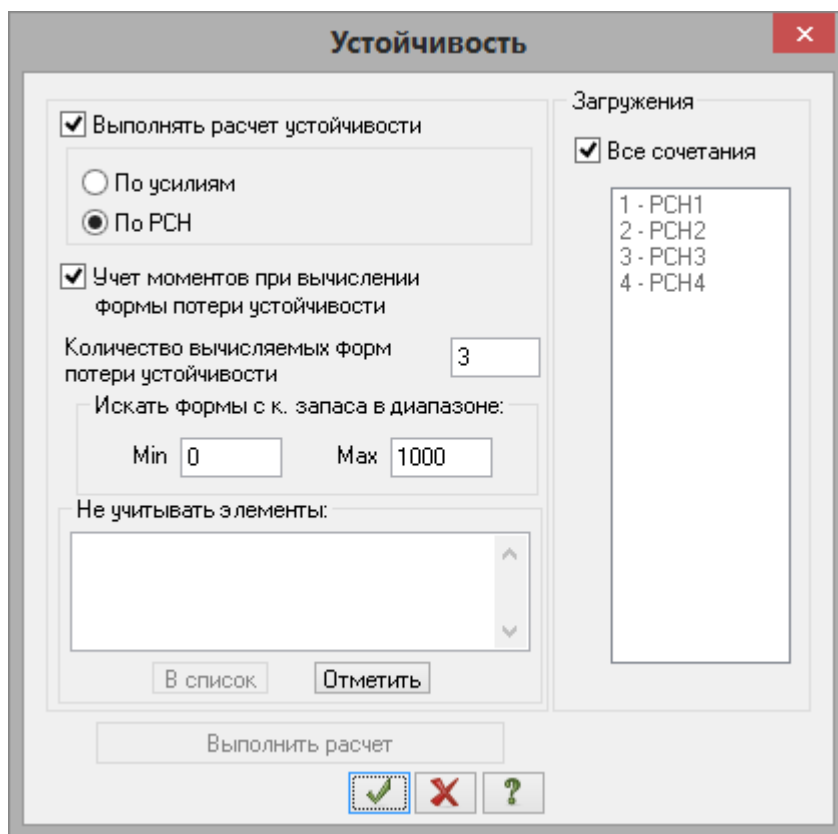



Рис.3.30. Диалоговое окно **Устойчивость** **Этап 15. Полный расчет рамы**


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

Этап 16. Просмотр и анализ результатов статического и динамического расчетов



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 (рис.3.31). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по

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

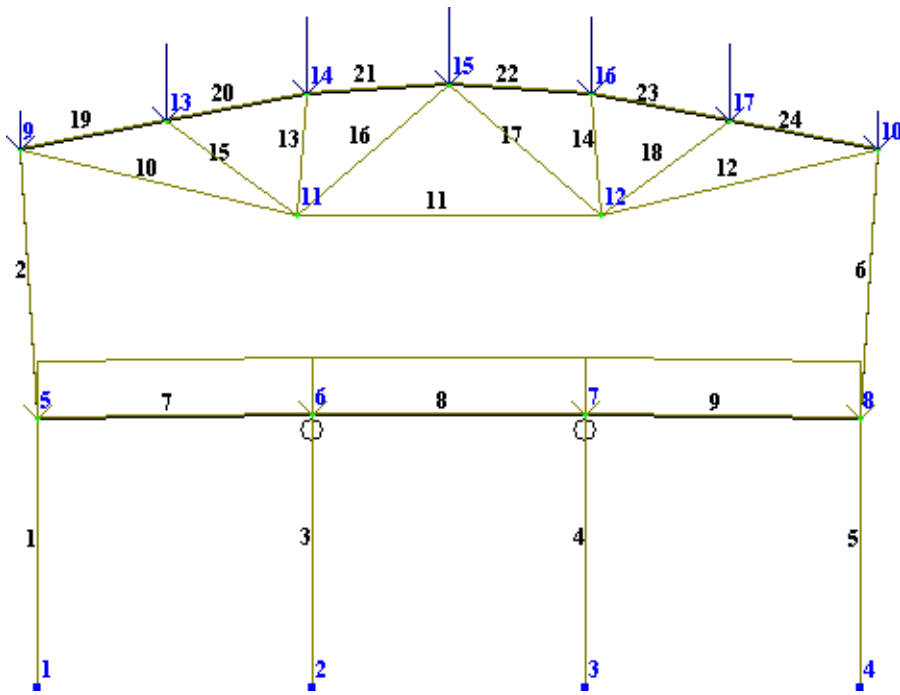


Рис.3.31. Расчетная схема с учетом перемещений узлов [Вывод на экран эпюр](#)


[внутренних усилий](#)


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

[Вывод форм колебаний конструкции](#)

- В строке состояния (находится в нижней области рабочего окна) 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 отображения формы колебаний щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

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



форме колебаний и щелкните по кнопке

 – Применить.

[Просмотр анимации третьей формы колебаний пятого загрузения](#)

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

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

- Для просмотра анимации третьей формы колебаний пятого нагружения, щелкните по кнопке  – **Показать анимацию колебаний** (панель **Анимация** на вкладке **3D Вид**).
- В диалоговом окне **Колебания** (рис.3.32) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.

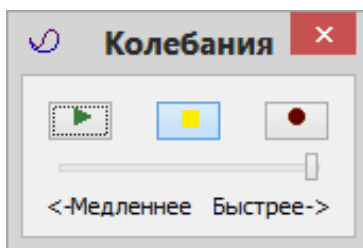






Рис.3.32. Диалоговое окно **Колебания**

- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Для возврата в режим визуализации результатов статического и динамического расчетов, закройте окно пространственной модели или щелкните по кнопке  – **Конечноэлементная модель** (панель **Возврат** на вкладке **3D Вид**).

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).
- В появившемся диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.3.33) выделите строку **Периоды колебаний**.
- 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

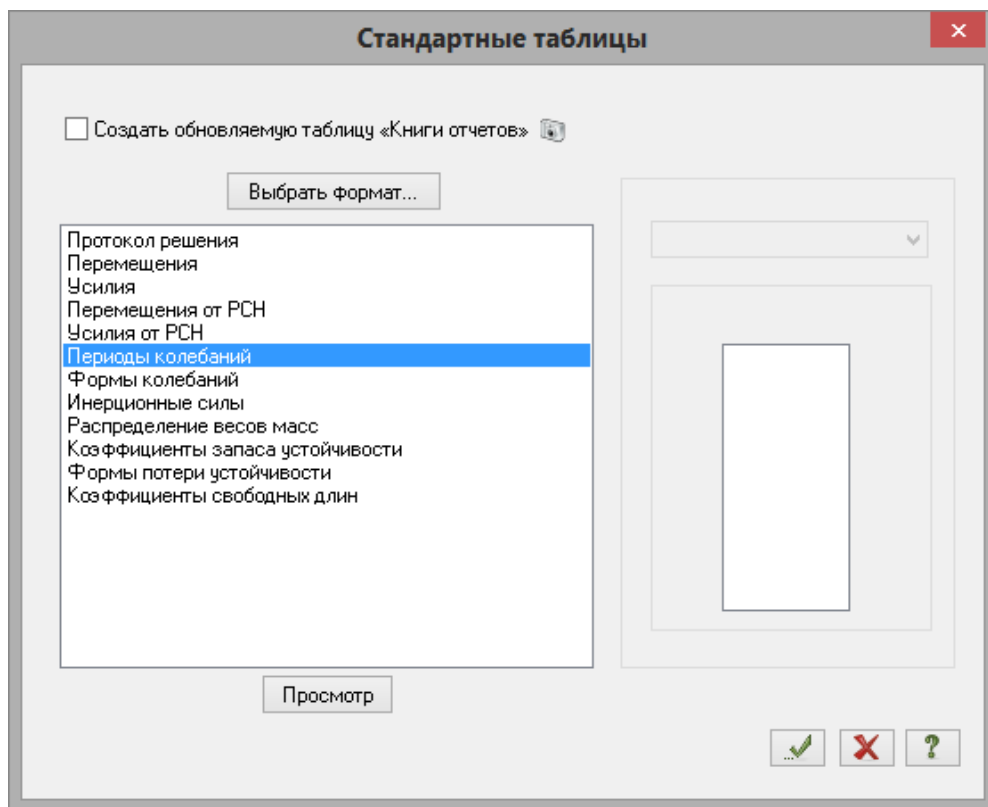


Рис.3.33. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке – **Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями распределения весов масс в узлах расчетной схемы, в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Распределение весов масс**.
- При активной строке **Все загрузки** в поле **Выбор загрузений**, щелкните по кнопке – **Применить**.
- Закройте диалоговое окно **Стандартные таблицы** щелчком по кнопке – **Заккрыть**.

[Анализ результатов расчета по РСН](#)


- Для переключения в режим результатов статического расчета, выберите команду – **Форма перемещений** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Переключитесь на визуализацию результатов расчета по РСН щелчком по кнопке – **Перейти к анализу результатов по РСН** в строке состояния.
- Вывод на экран эпюр внутренних усилий и создание таблиц результатов расчета по РСН осуществляется аналогично описанным ранее действиям.
- Для переключения номера РСН, в строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую нужному сочетанию и щелкните по кнопке

– **Применить**.

[Создание таблицы коэффициентов запаса устойчивости](#)

- Для вывода на экран таблицы со значениями коэффициентов запаса устойчивости, в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Коэффициенты запаса устойчивости**.
- Щелкните по кнопке – **Применить**.

Анализ результатов расчета рамы на устойчивость

- Выведите на экран форму потери устойчивости, выбрав команду  – **Форма потери устойчивости** в раскрывающемся списке **НДС схемы** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).
- Для переключения номера РСН, в строке состояния в раскрывающемся списке **Сменить номер загрузки** выберите строку соответствующую нужному сочетанию и щелкните по кнопке

– **Применить:** 

- Для вывода следующей формы потери устойчивости, в строке состояния в раскрывающемся списке **Номер формы (составляющей, периода)** выберите строку соответствующую нужной форме потери

устойчивости и щелкните по кнопке

 – **Применить.**

- Чтобы вывести на экран коэффициенты свободных длин, щелкните по кнопке **Lu** – **Коэффициенты по Lu** (панель **Устойчивость** на вкладке **Расширенный анализ**).



Lu –

Этап 17. Просмотр и анализ результатов конструирования





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

Вывод на экран мозаик результатов проверки назначенных сечений стальных стержней

- 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

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.3.34), 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**).

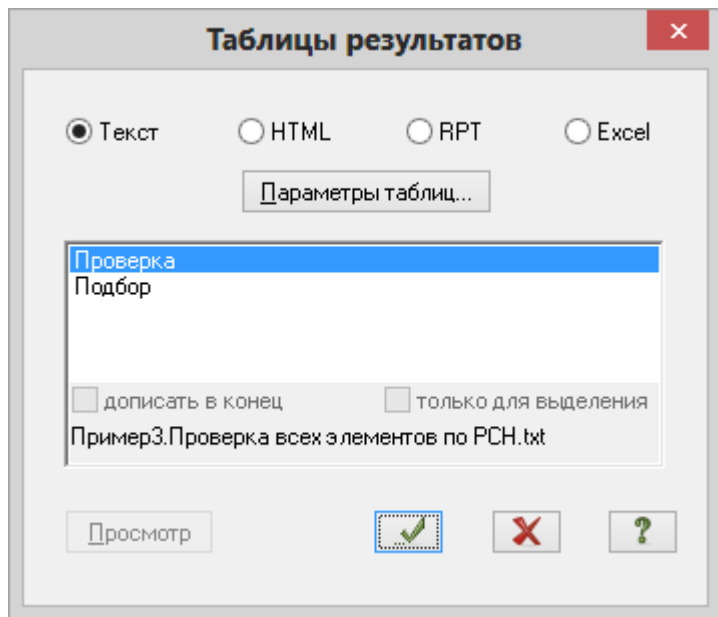



Рис.3.34. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

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

[Создание таблицы подбора сечений](#)

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

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 $C1 = 1000 \text{ т/м}^3$.

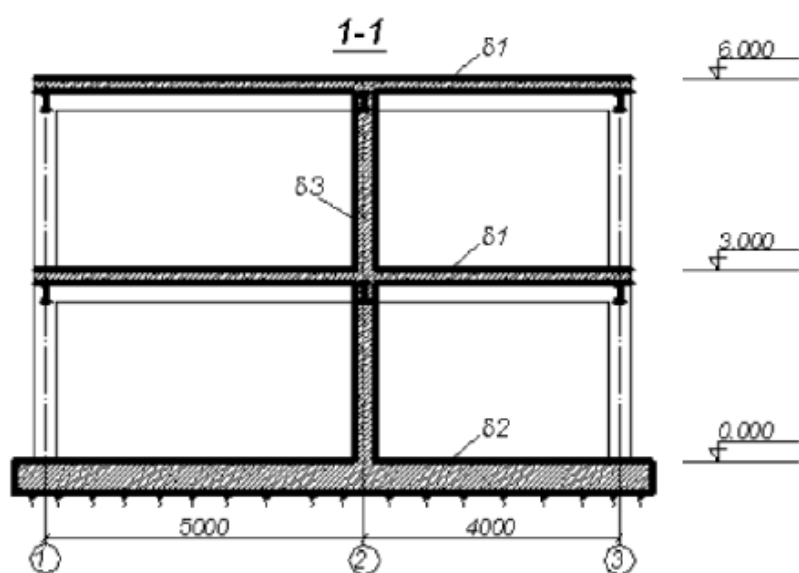
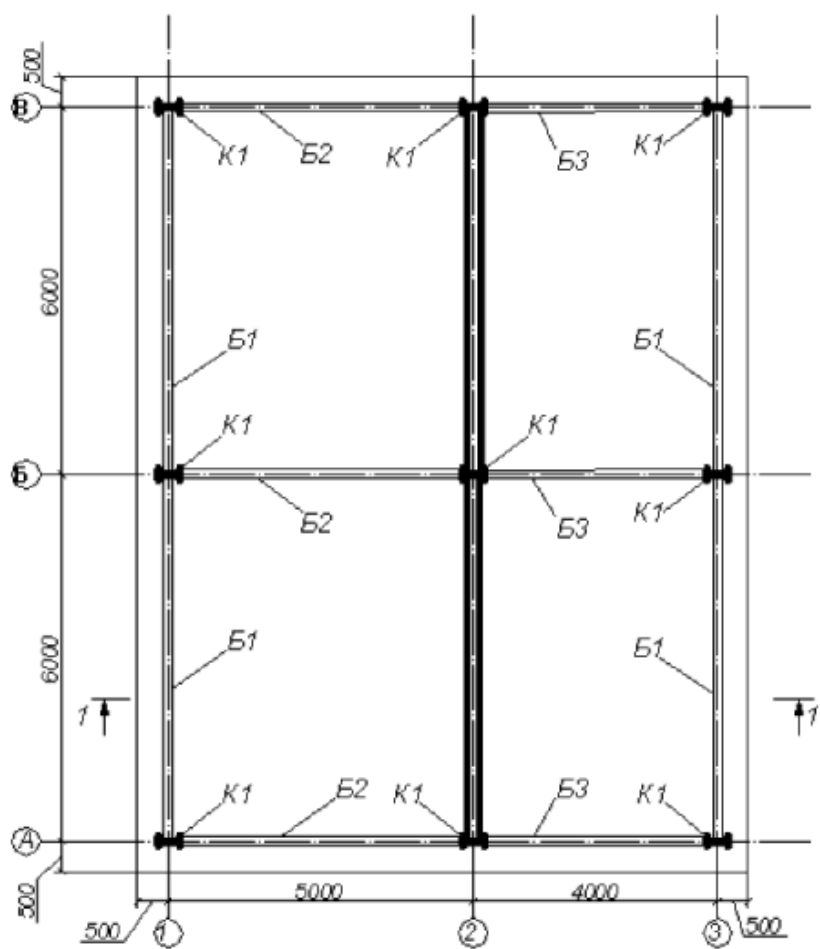
Материал рамы – сталь, материал плит и диафрагмы - железобетон В30. Расчет производится для сетки 18 x 24.

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
 delta 1 - 200 MM
 delta 2 - 500 MM
 delta 3 - 300 MM

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**.

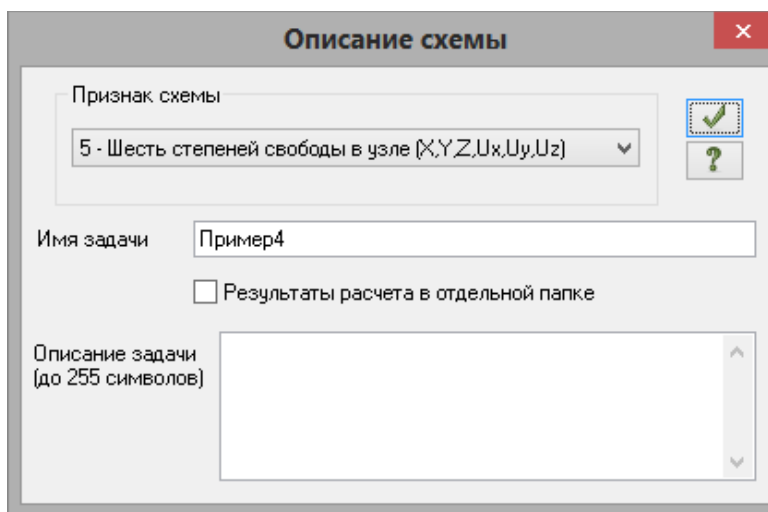




Рис.4.2. Диалоговое окно **Описание схемы**


 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**.

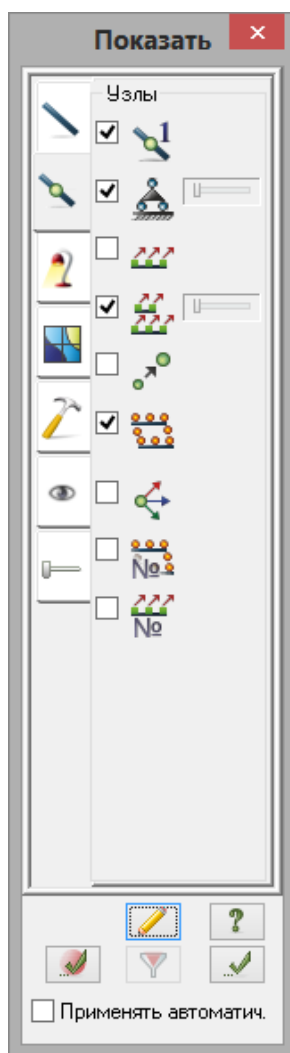



Рис.4.4. Диалоговое окно **Показать**

[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.

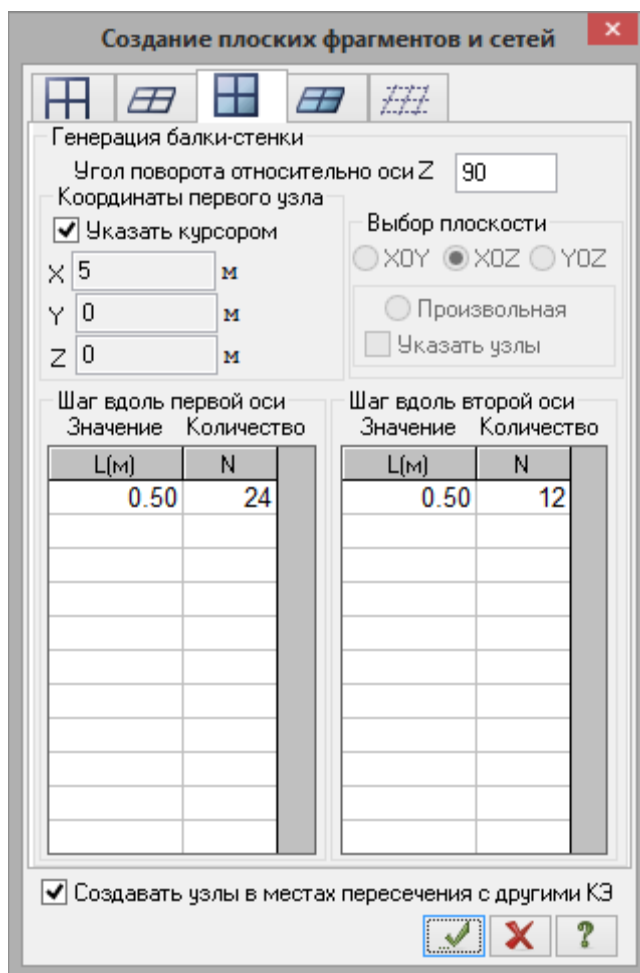






Рис.4.5. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**


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).

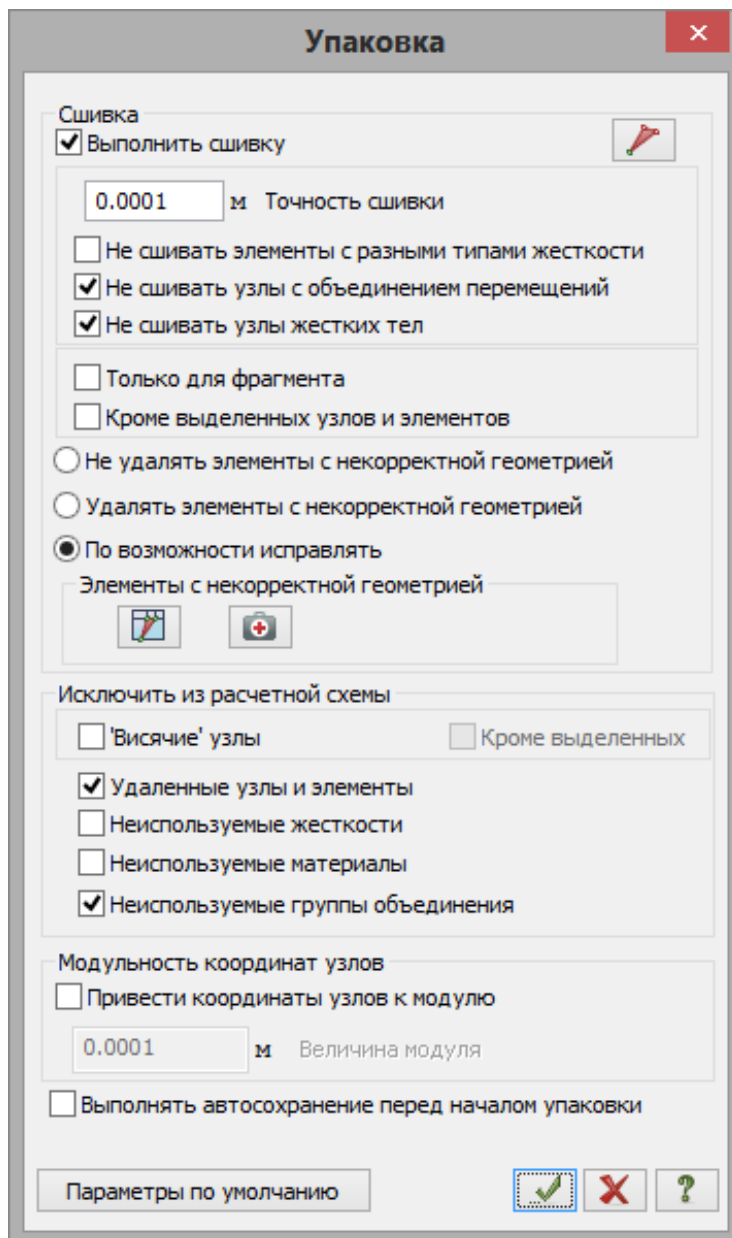


Рис.4.6. Диалоговое окно **Упаковка**

На рис.4.7 представлена полученная расчетная схема.

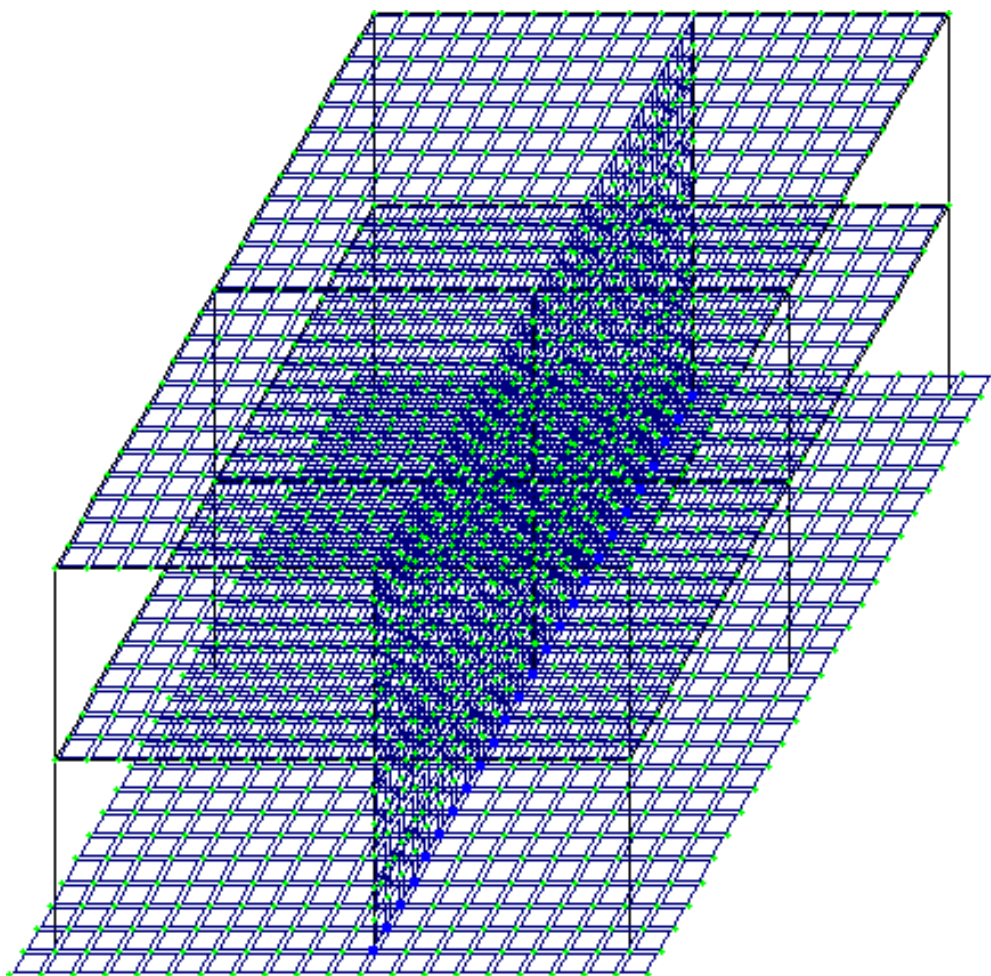



Рис.4.7. Расчетная схема каркаса

[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**.

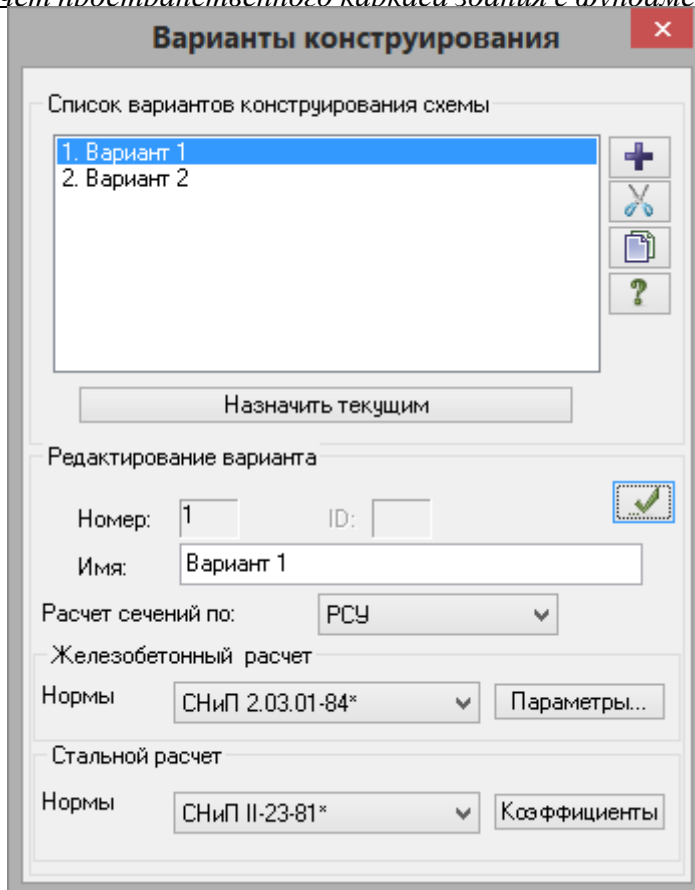




Рис.4.8. Диалоговое окно **Варианты конструирования**





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**.

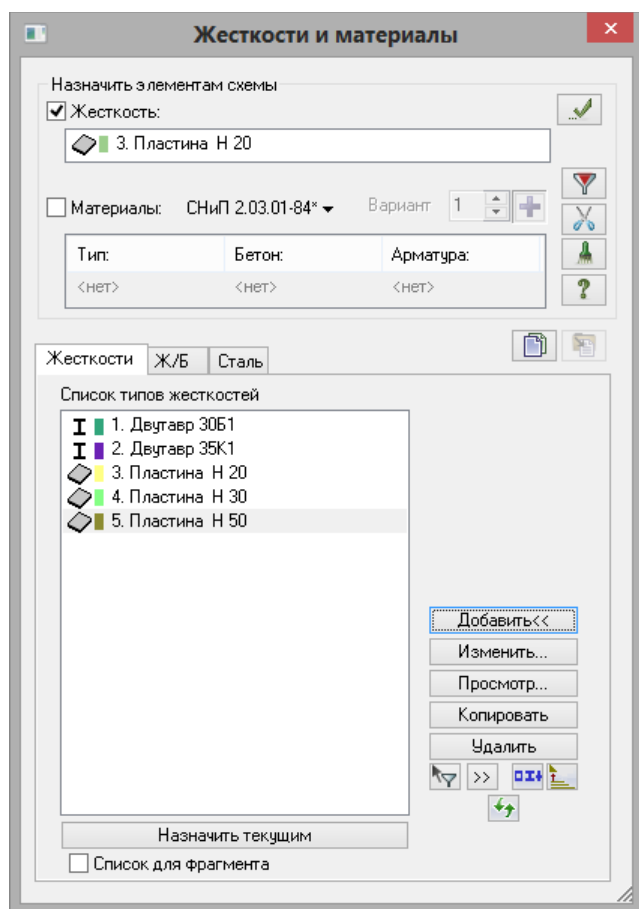
Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом

- 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**.

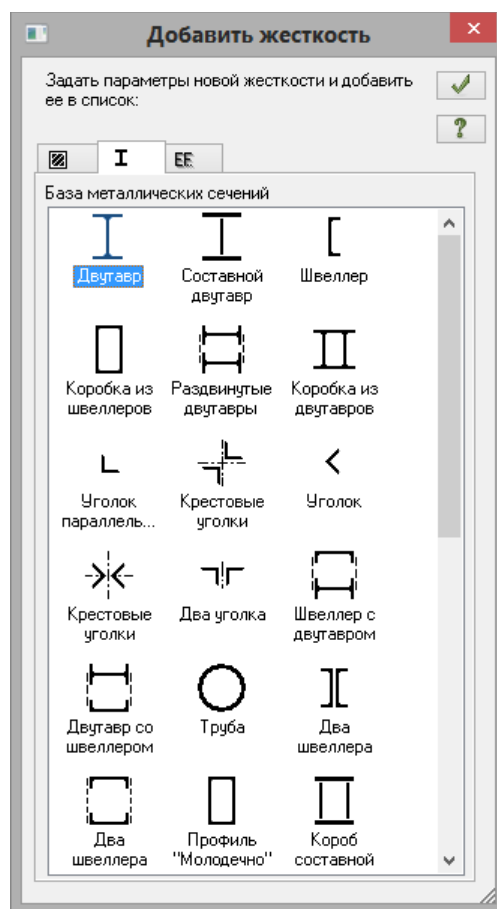
Этап 4. Задание жесткостных параметров и параметров материалов элементам схемы

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**.

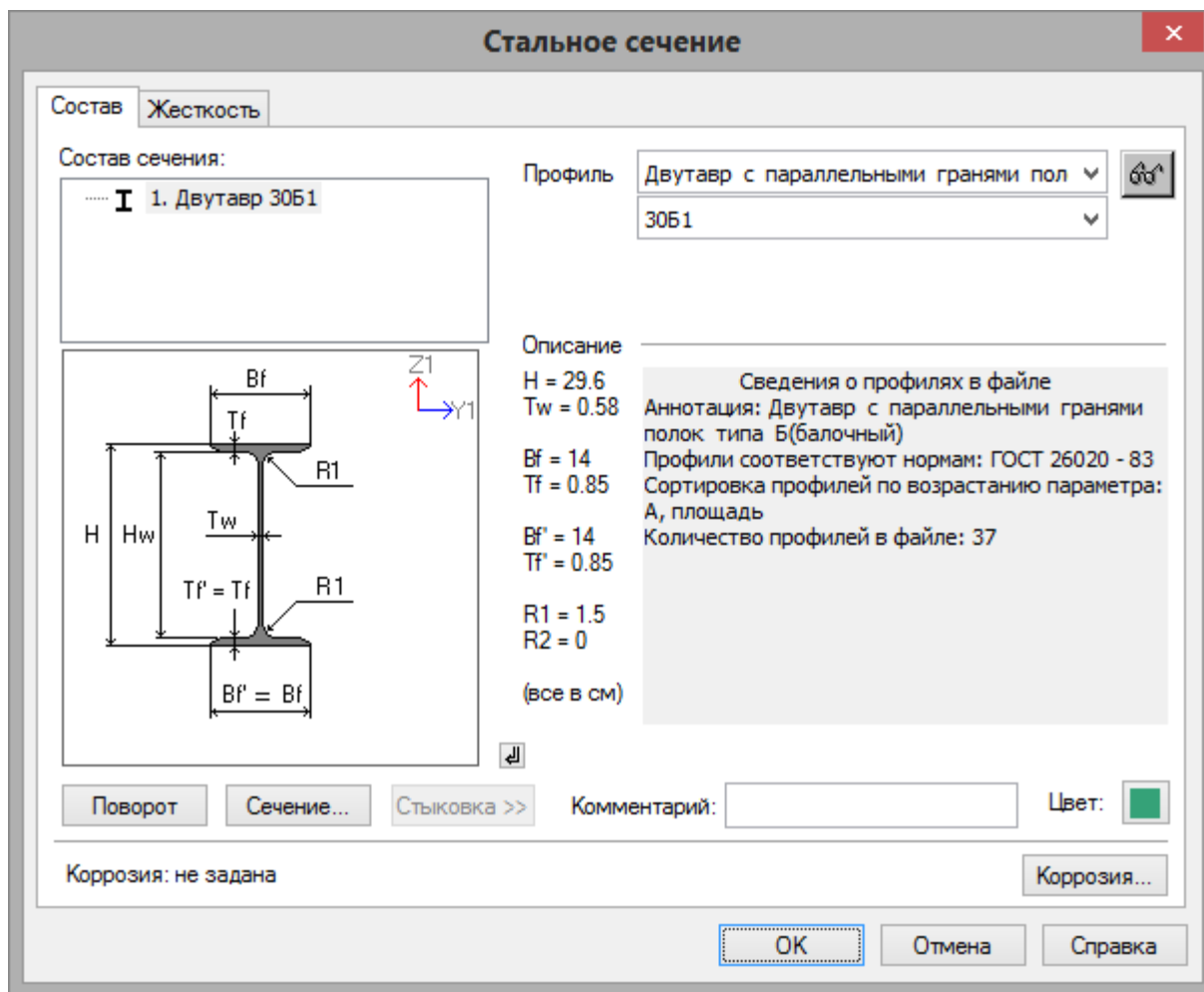


Рис.4.10. Диалоговое окно **Стальное сечение**

- 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 **ОК**.


- 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**.

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**.

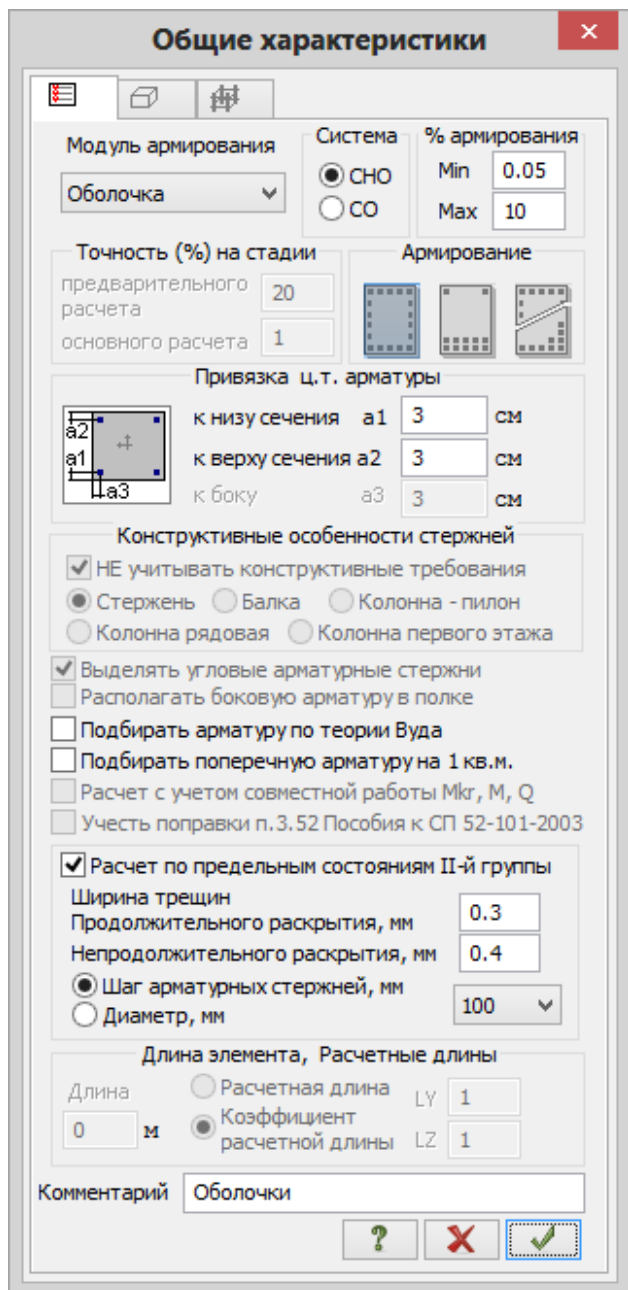



Рис.4.12. Диалоговое окно **Общие характеристики**

- 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
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input checked="" type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	0.95
Ус прочности	1
Уп	1
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Чистый изгиб	<input type="checkbox"/>
Ребра жесткости	
устанавливать ребра	<input type="checkbox"/>
шаг ребер, м	0
Расчет по прогибу	
Длина пролета L, м	Авто
Максимально допустимый прогиб	1/400
Консоль	<input type="checkbox"/>
Данные для расчета на общую устойчивость	
Lef b, м	0
использовать коэффициенты длины	<input type="checkbox"/>
Комментарий 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
Тип элемента	
Ферменный	<input type="radio"/>
Колонна	<input checked="" type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
Коэффициенты условий работы и надежности	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
Предельная гибкость	
основная колонна	<input checked="" type="radio"/>
неосновная колонна	<input type="radio"/>
прочая	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60а
На растяжение	300
Расчет производится	
в пределах упругости	<input checked="" type="radio"/>
с учетом пластичности	<input type="radio"/>
Расчетные длины	
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**.

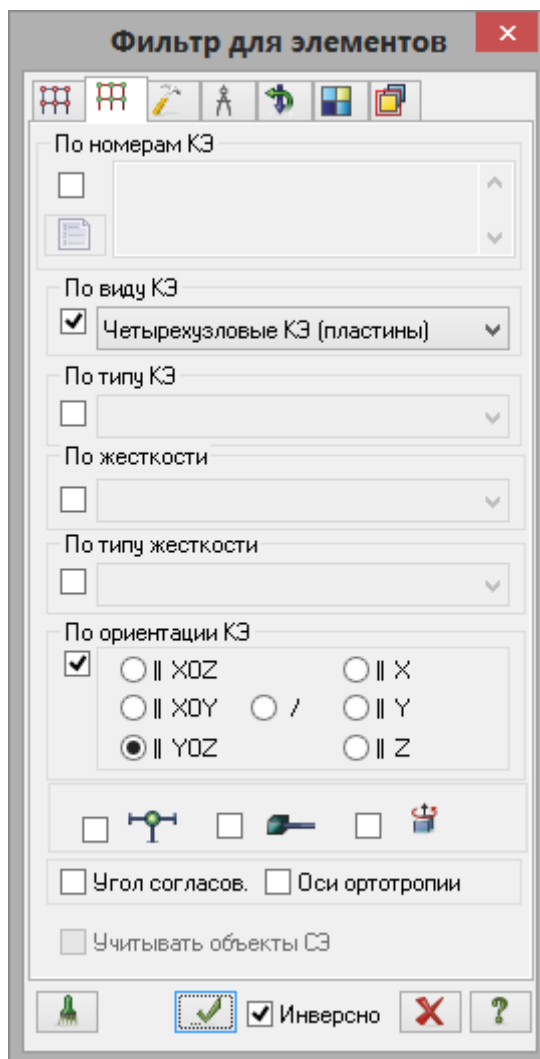






Рис.4.16. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- 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.

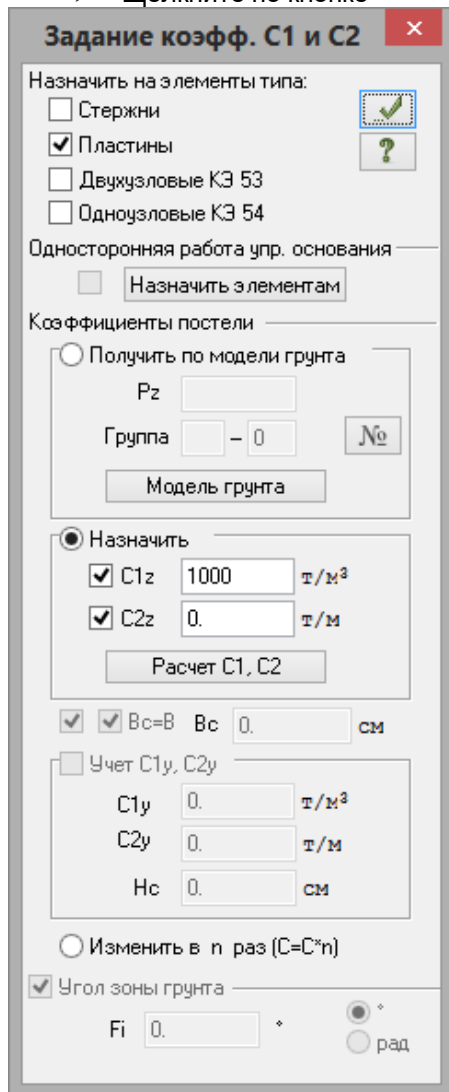


Рис.4.17. Диалоговое окно **Задание коэфф. С1 и С2**


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

Этап 6. Задание граничных условий



Во избежание геометрической изменяемости в плоскости ХОУ, 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.

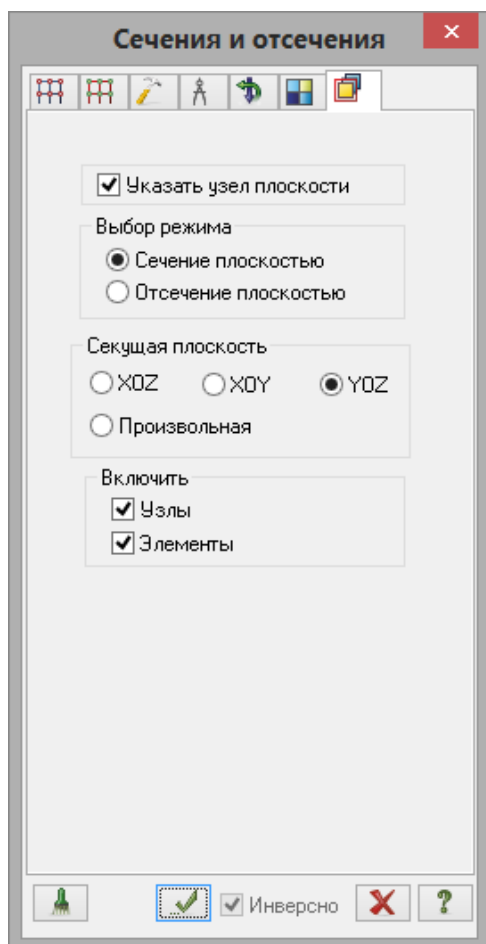






Рис.4.18. Диалоговое окно **Сечения и отсечения**

➤ 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**.

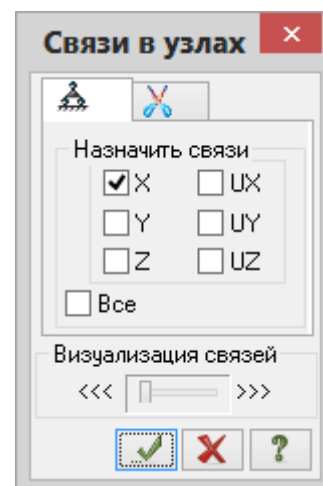





Рис.4.19. Диалоговое окно **Связи в узлах**

- 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).

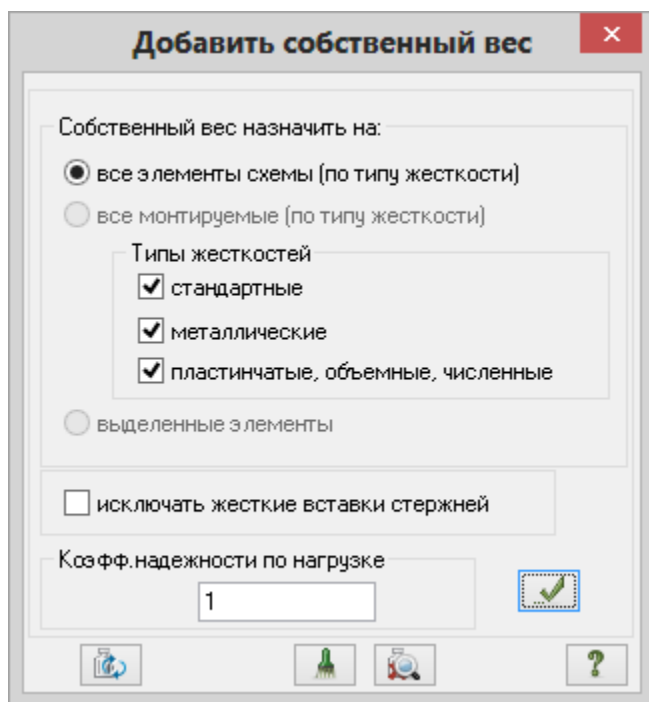




Рис.4.22. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

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**.

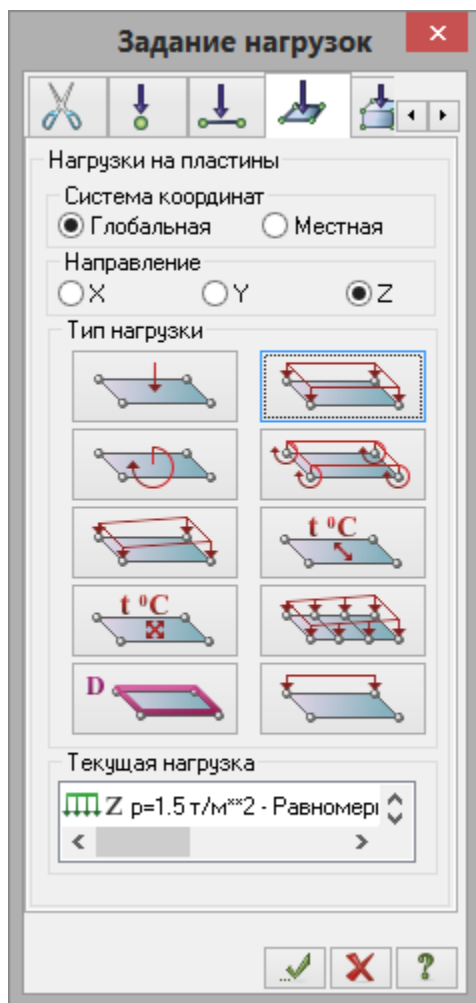



Рис.4.21. Диалоговое окно **Задание нагрузок**

- 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**.

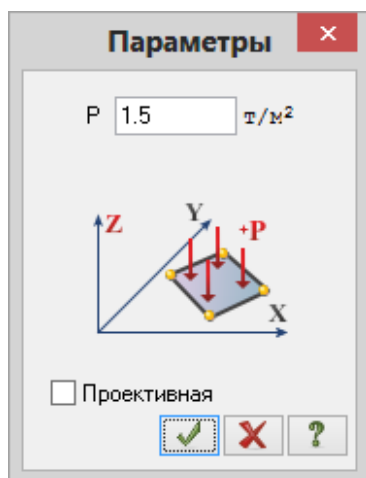


Рис.4.22. Диалоговое окно **Параметры**

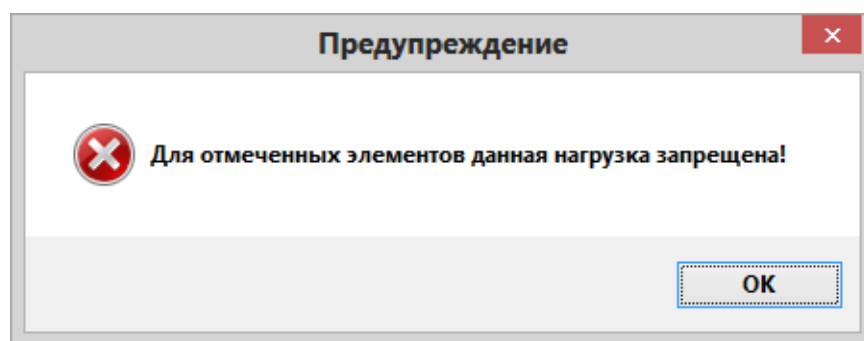




Рис.4.23. Диалоговое окно **Предупреждение**

- 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.**

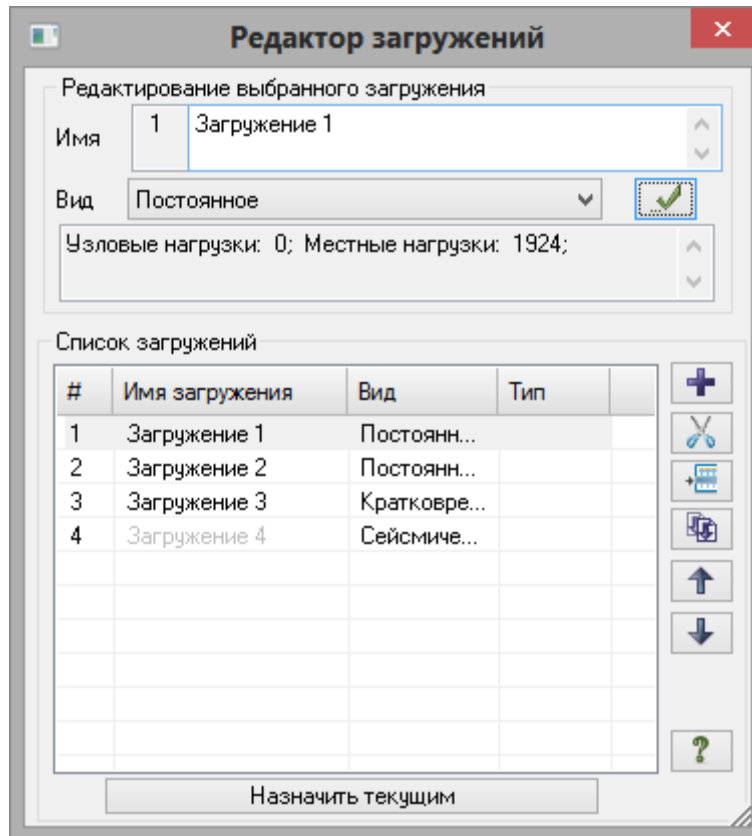


Рис.4.24. Диалоговое окно **Редактор загрузений** **Задание характеристик для расчета**

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**.

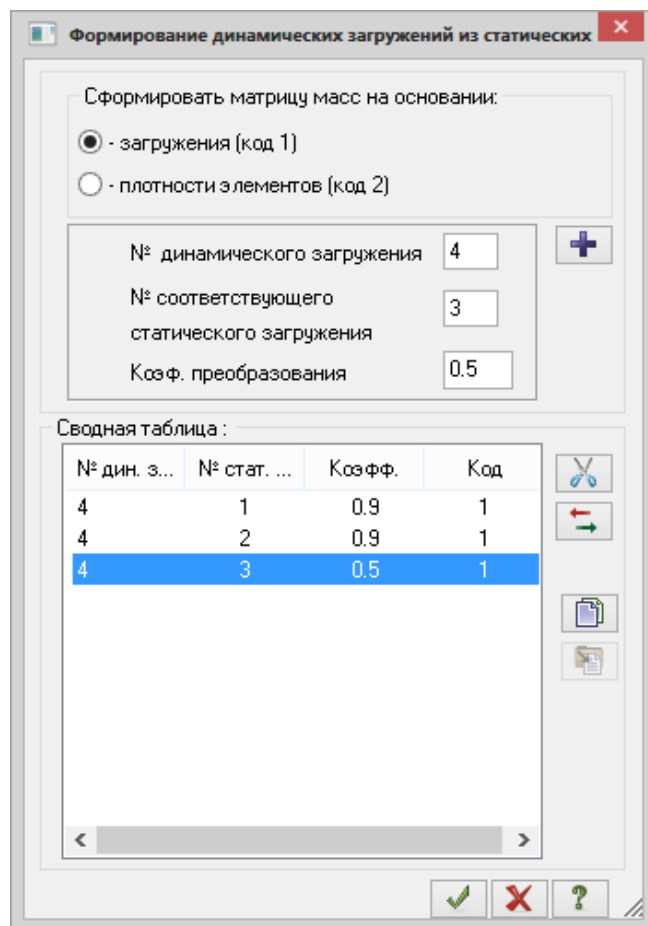



Рис.4.25. Диалоговое окно **Формирование динамических нагружений из статических** **Этап 9**.

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**.

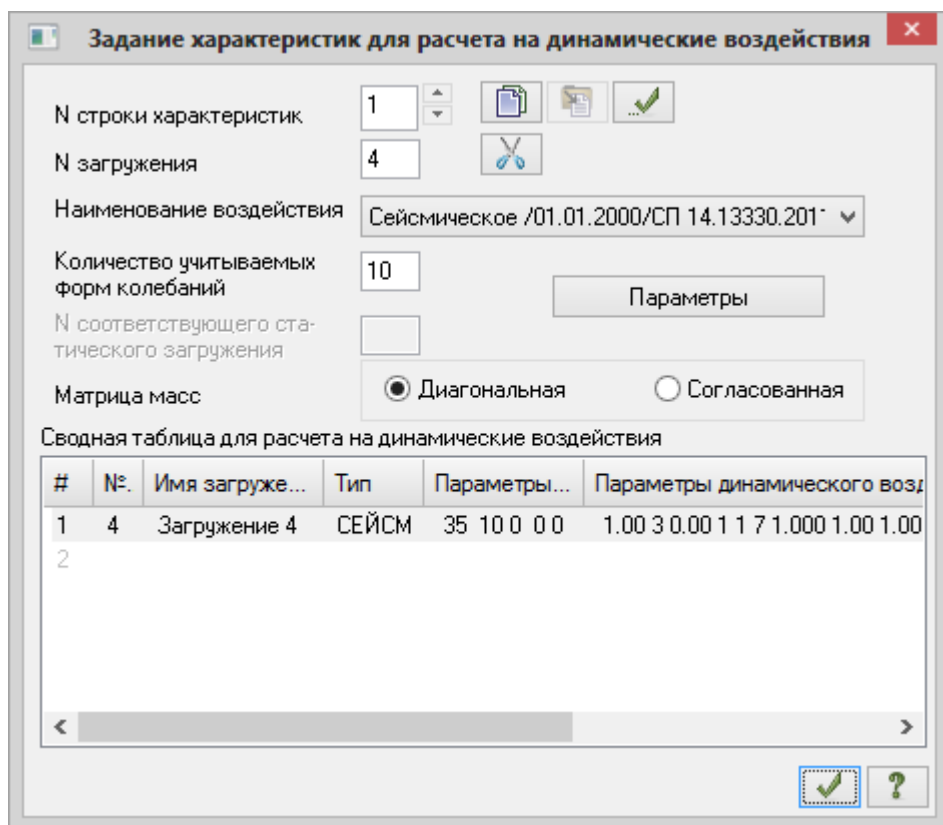


Рис.4.26. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- 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**.

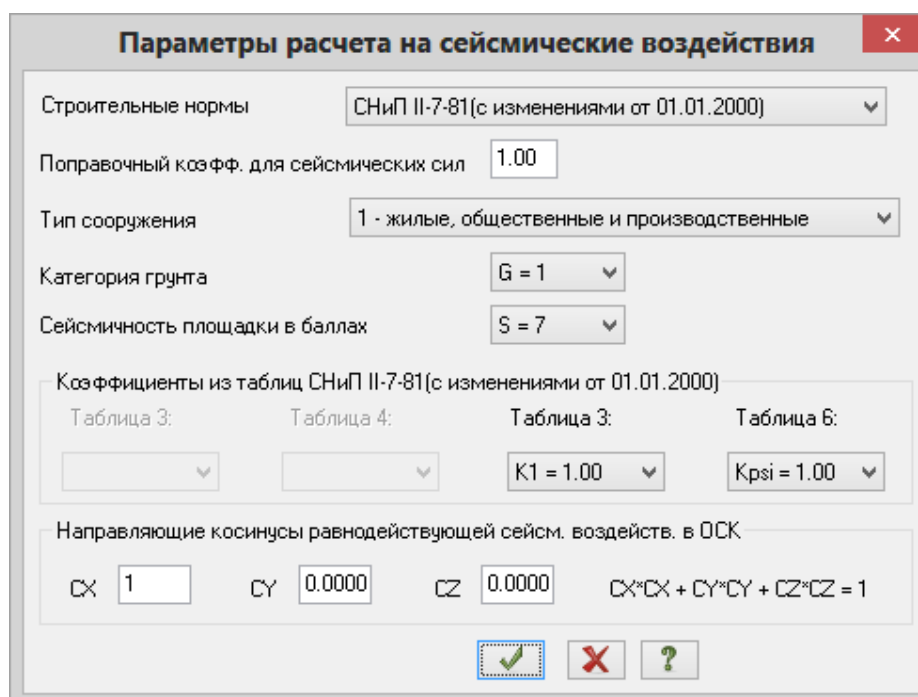






Рис.4.27. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

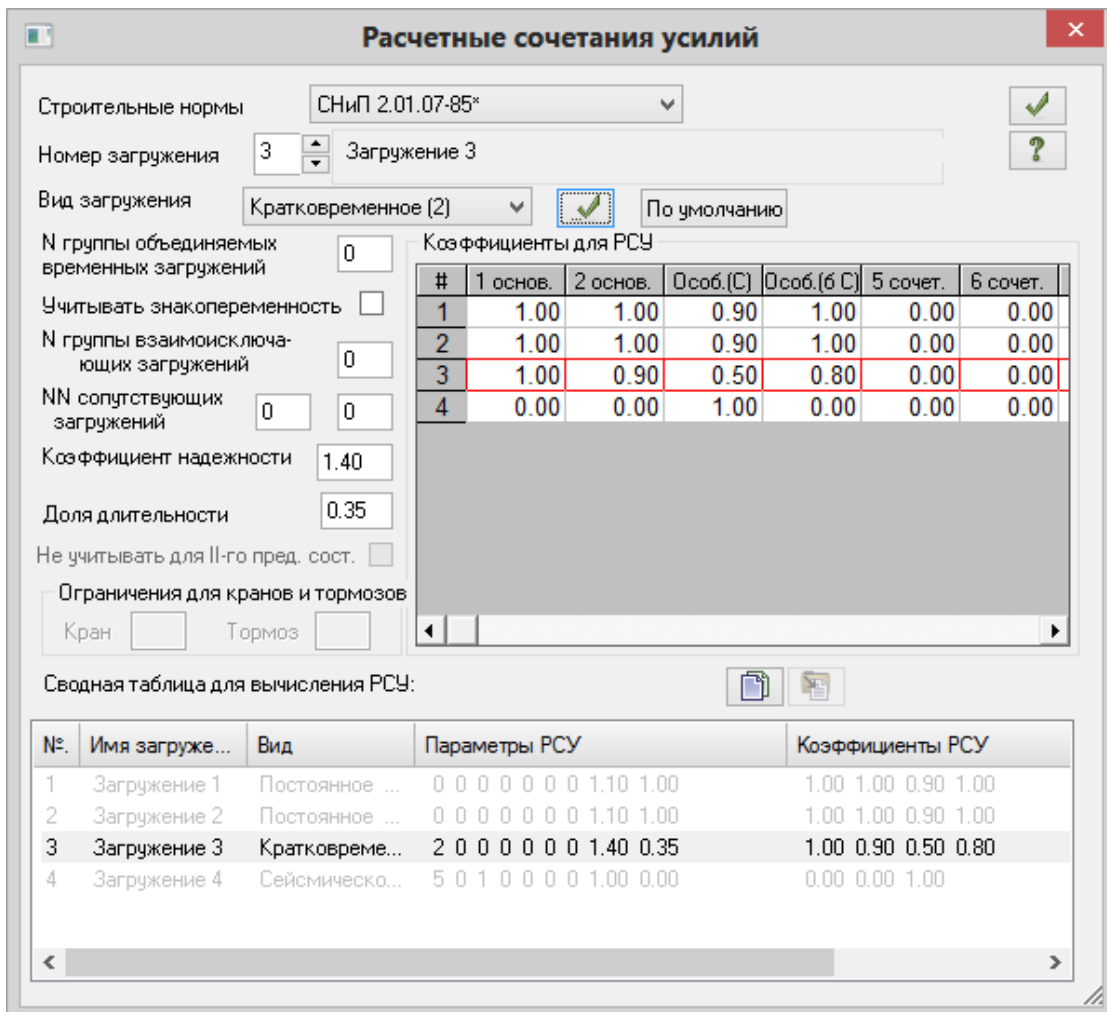
- В диалоговом окне **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия** щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

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 нагрузений** (рис.4.24) таблица РСУ сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого нагружения. Далее нужно только изменить параметры для третьего нагружения.

- 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 нагружению. 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 Загрузка 3

Вид загрузки: Кратковременное (2) По умолчанию

N группы объединяемых временных нагружений: 0

Учитывать знакопеременность:

N группы взаимоисключающих нагружений: 0

NN сопутствующих нагружений: 0 0

Коэффициент надежности: 1.40

Доля длительности: 0.35

Не учитывать для II-го пред. сост.:

Ограничения для кранов и тормозов: Кран Тормоз


#	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	Загрузка 1	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Загрузка 2	Постоянное ...	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Загрузка 3	Кратковремен...	2 0 0 0 0 0 1.40 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
4	Загрузка 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**.

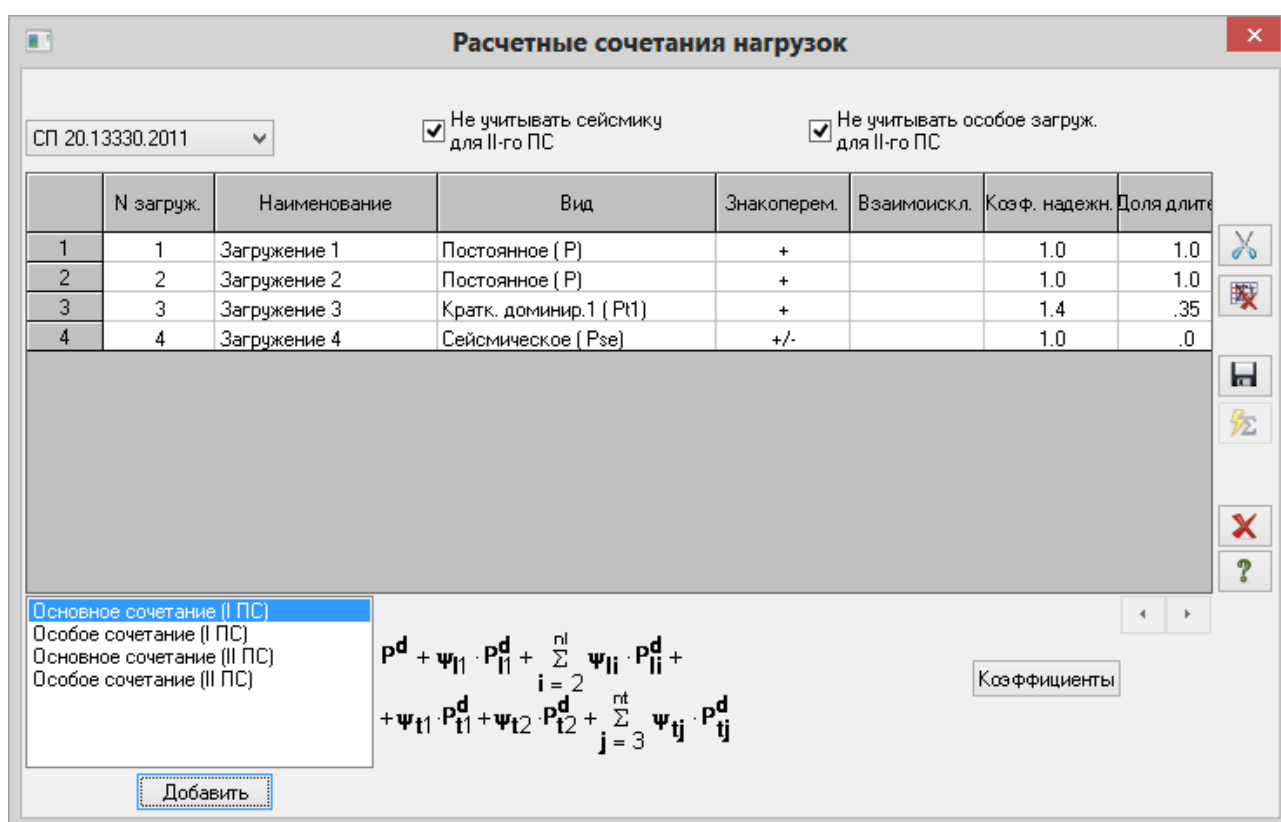




Рис.4.29. Диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок**


- 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**.

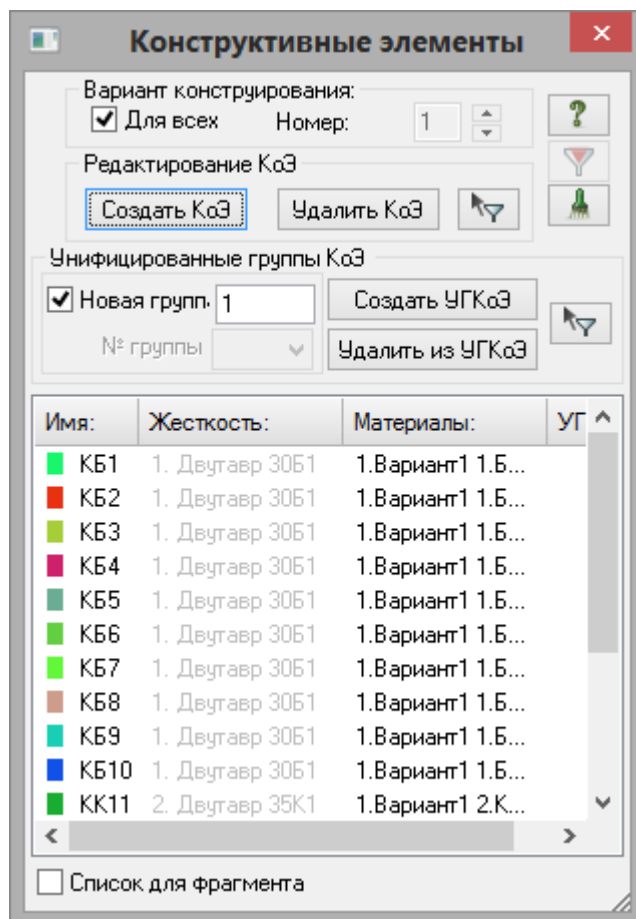










Рис.4.30. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

- 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).

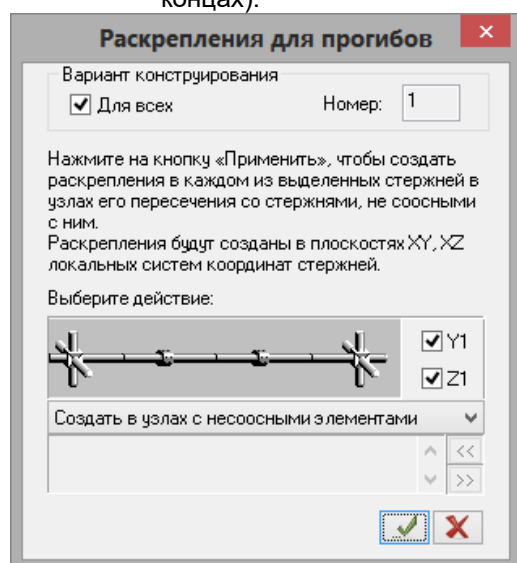





Рис.4.31. Диалоговое окно **Раскрепления для прогибов**

- 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).

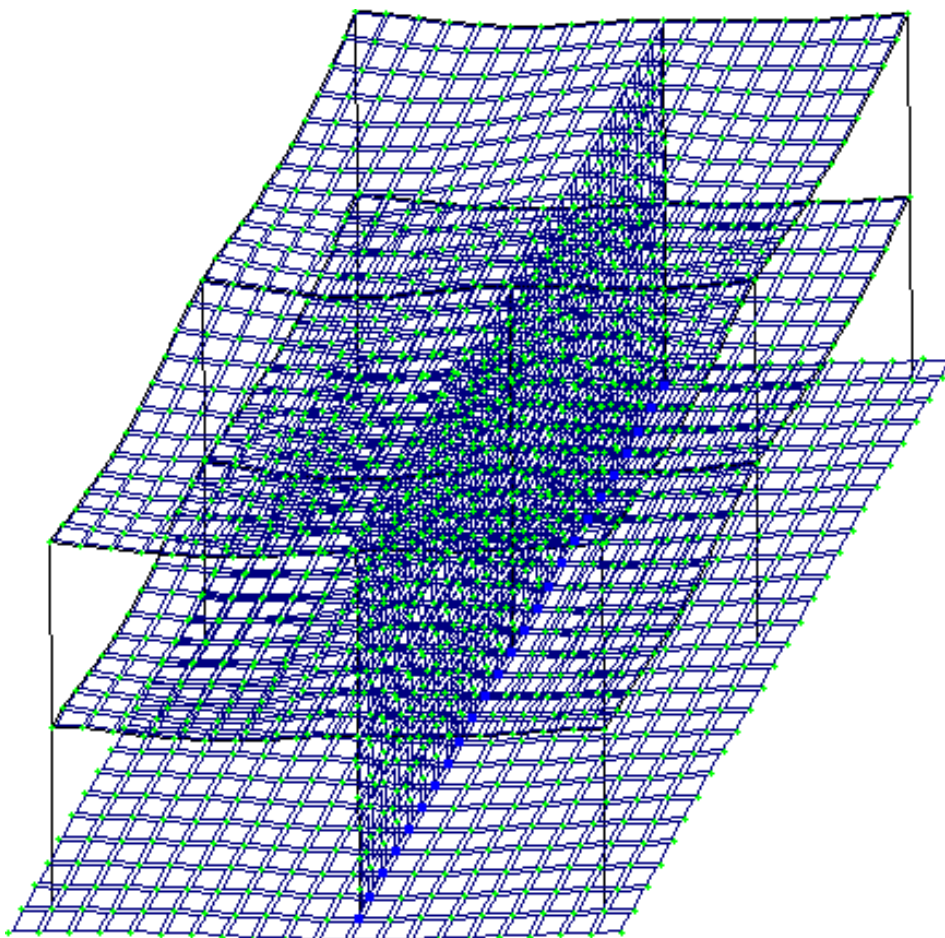










Рис.4.32. Расчетная схема с учетом перемещений узлов



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 **Mx**, выберите команду  – **Мозаика напряжений** в раскрывающемся списке **Мозаика/изополя** 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**).

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

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

- Чтобы увидеть полную картину отображения мозаики напряжений по Rz 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**).

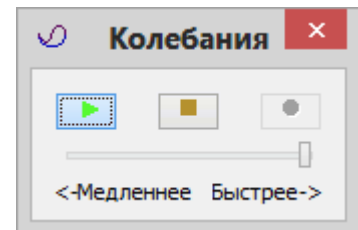


Рис.4.33. Диалоговое окно **Колебания**

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.

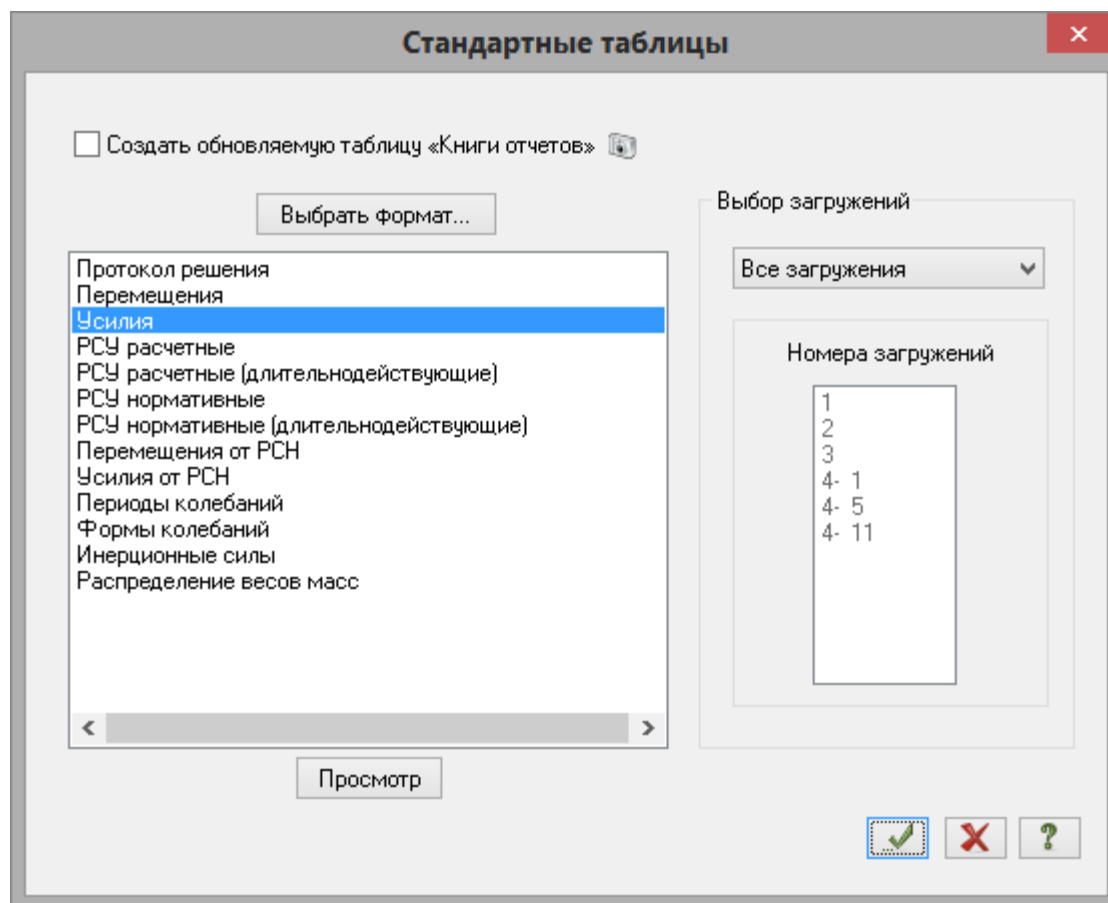


Рис.4.34. Диалоговое окно Стандартные таблицы


- 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).

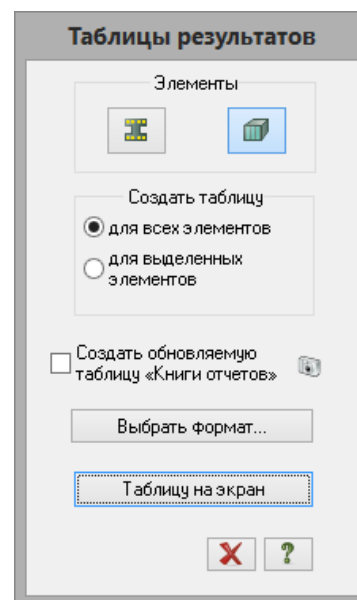



Рис.4.35. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

[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**).

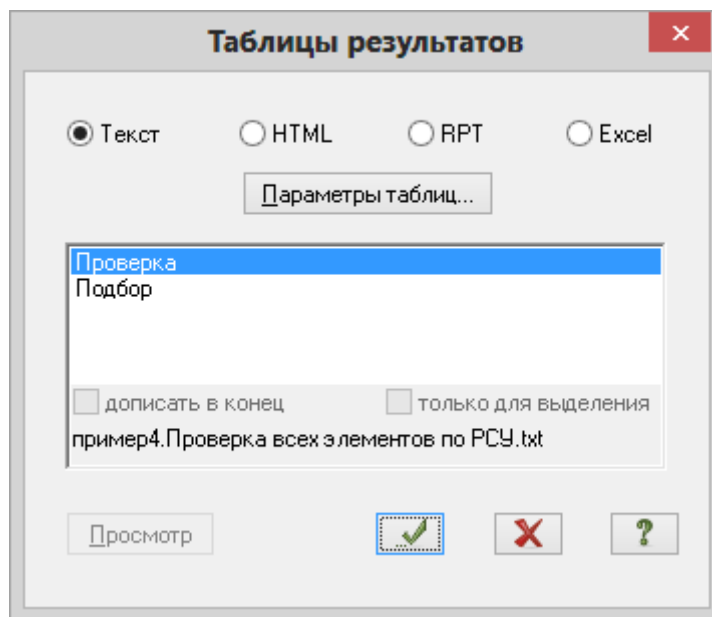



Рис.4.36. Диалоговое окно **Таблицы результатов**

- 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**.

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.