

Пример 19. Расчет двухпролетной балки с использованием системы «Инженерная нелинейность»

Цели и задачи:

- продемонстрировать технологию проведения расчета используя систему "Инженерная нелинейность".

Исходные данные:

Схема балки и ее закрепление показаны на рис.19.1.

Сечение элементов балки показаны на рис.19.2.

Материал балки – железобетон В25.

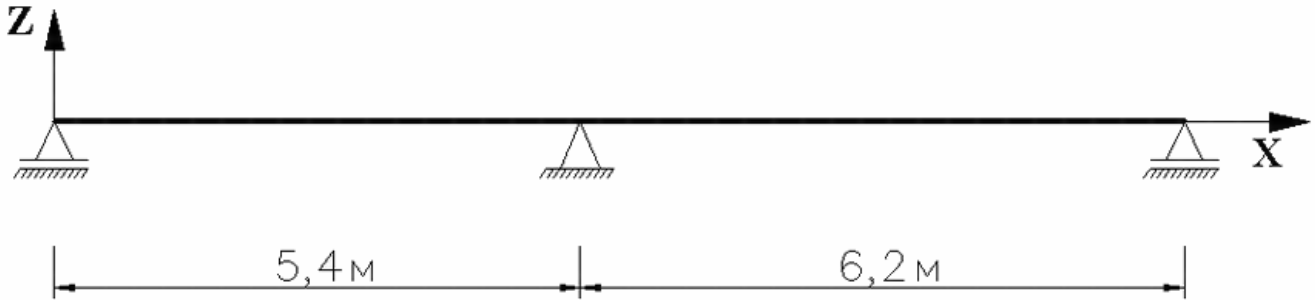


Рис.19.1. Схема балки

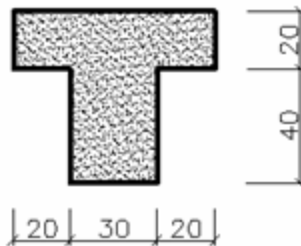


Рис.19.2. Сечение элементов балки

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес (рис.19.3);

Загрузка 1

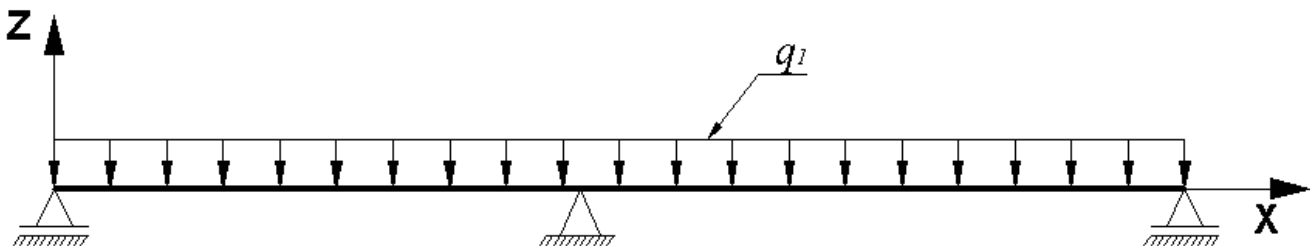


Рис.19.3. Схема загрузки балки (Загрузка 1)

- загрузка 2 – равномерно распределенная $q_2 = 0.3$ т/м (рис.19.4);

Загрузка 2

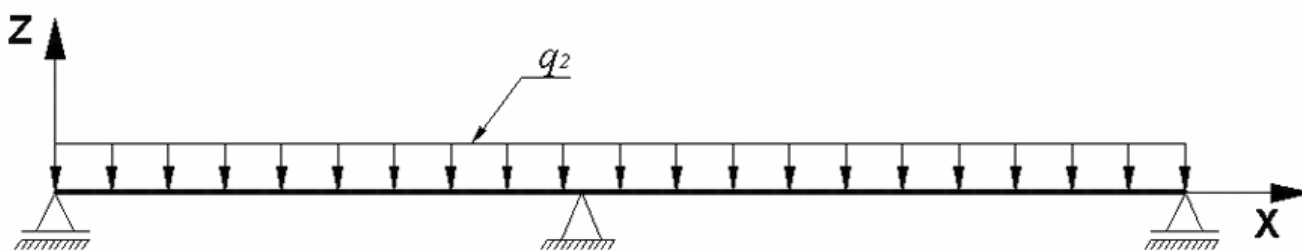


Рис.19.4. Схема загрузки балки (Загрузка 2)

- загрузка 3 – равномерно распределенная в первом пролете $q_3 = 0.87$ т/м (рис.19.5);

Загрузка 3

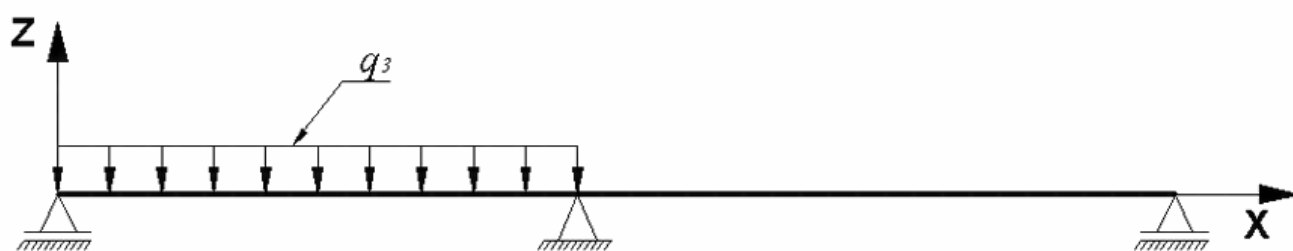


Рис.19.5. Схема загрузки балки (Загрузка 3)

- загрузка 4 – равномерно распределенная во втором пролете $q_4 = 0.87$ т/м (рис.19.6);

Загрузка 4

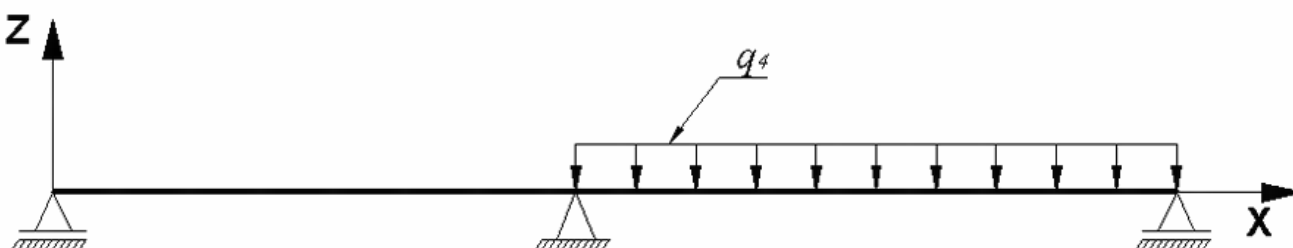




Рис.19.6. Схема загрузки балки (Загрузка 4)

Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА-САПР®, выполните следующую команду Windows:
Пуск ⇒ Программы (Все программы) ⇒ LIRA SAPR ⇒ ЛИРА-САПР 2017 ⇒ ЛИРА-САПР 2017.

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.19.7) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример19_1**;
 - в раскрывающемся списке **Признак схемы** выберите строку **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

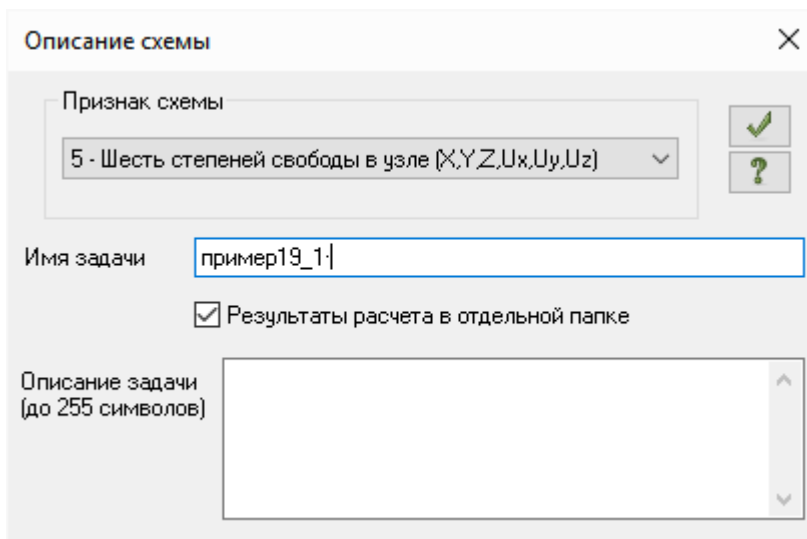




Рис.19.7. Диалоговое окно **Описание схемы**





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 балки

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** щелчком по кнопке  – **Генерация регулярных фрагментов** (панель **Создание** на вкладке **Создание и редактирование**).
- Принимаем деление пролетов балки на 4 части. Поэтому в этом диалоговом окне задайте следующие параметры:
 - Шаг вдоль первой оси:

L(м)	N
1.35	4
1.55	4
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.19.8).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

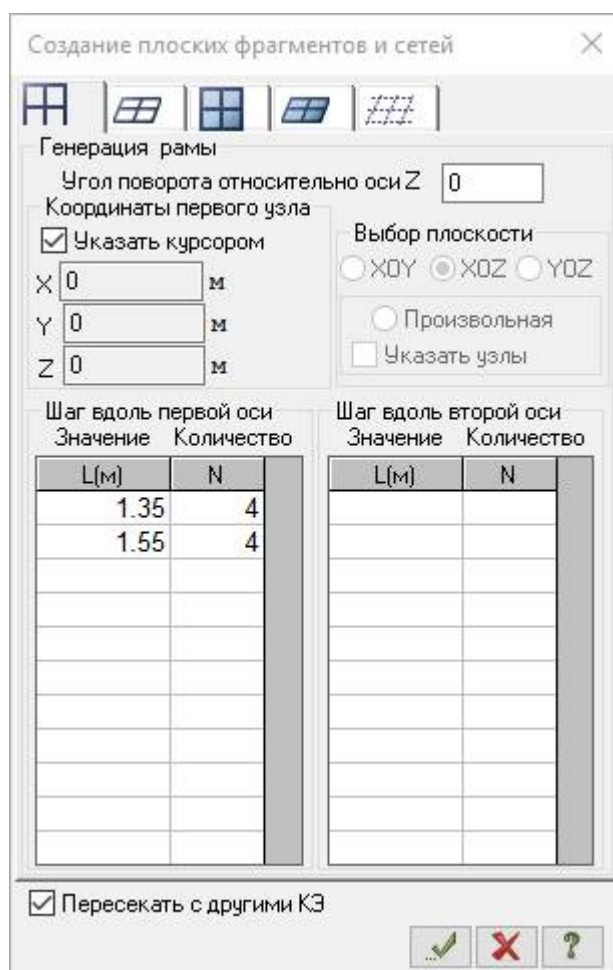







Рис.19.8. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

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 – **Пример19_1**;
 - 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

- 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  – **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**.

Выделение узлов № 1 и 9

- 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 9 (узлы окрашиваются в красный цвет).

Задание граничных условий в узлах № 1 и 9

- Щелчком по кнопке  – **Связи** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис. 19.9).
- В этом окне, с помощью установки флажков, отметьте направления, по которым запрещены перемещения узлов (**Z**).
- После этого щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах** (узлы окрашиваются в синий цвет).

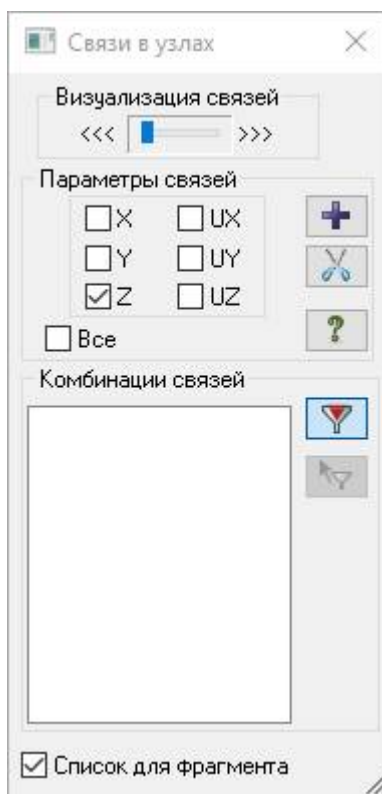





Рис.19.9. Диалоговое окно **Связи в узлах**

Задание граничных условий в узле № 5

- Выделите узел № 5 с помощью курсора.
- В диалоговом окне **Связи в узлах** отметьте направления, по которым запрещено перемещение узла (**X, Z**). Для этого необходимо установить еще и флажок по направлению **X**.
- Щелкните по кнопке  – **Добавить связи в отмеченных узлах**.
- Закройте диалоговое окно **Связи в узлах** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- Щелкните по кнопке  – **Отметка узлов** в раскрывающемся списке **Отметка узлов** на панели инструментов **Панель выбора**, чтобы снять активность с операции выделения узлов.
- На рис. 19.10 представлена полученная схема.

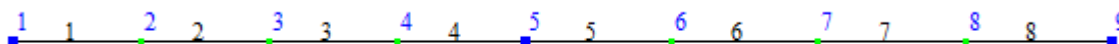







Рис.19.10. Заданные граничные условия в узлах расчетной схемы

Этап 4. Задание вариантов конструирования

- Вызовите диалоговое окно **Варианты конструирования** (рис.19.11) щелчком по кнопке  – **Варианты конструирования** (панель **Конструирование** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом диалоговом окне задайте параметры для первого варианта конструирования:
 - в списке **Расчет сечений по:** включите радио-кнопку **РСН**;
 - для выбора таблицы РСН щелкните по кнопке  – **Добавить/Редактировать таблицу РСН**;
 - в появившемся диалоговом окне **Расчетные сочетания нагрузок** в раскрывающемся списке выберите строительные нормы **СП 20.13330.2016**.
 - после этого щелкните по кнопке  – **Сохранить данные**, чтобы сохранить все введенные данные.
 - закройте диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
 - в раскрывающемся списке для железобетонного расчета **Нормы** выберите строку **СП 63.13330.2012**;
 - остальные параметры принимаются по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

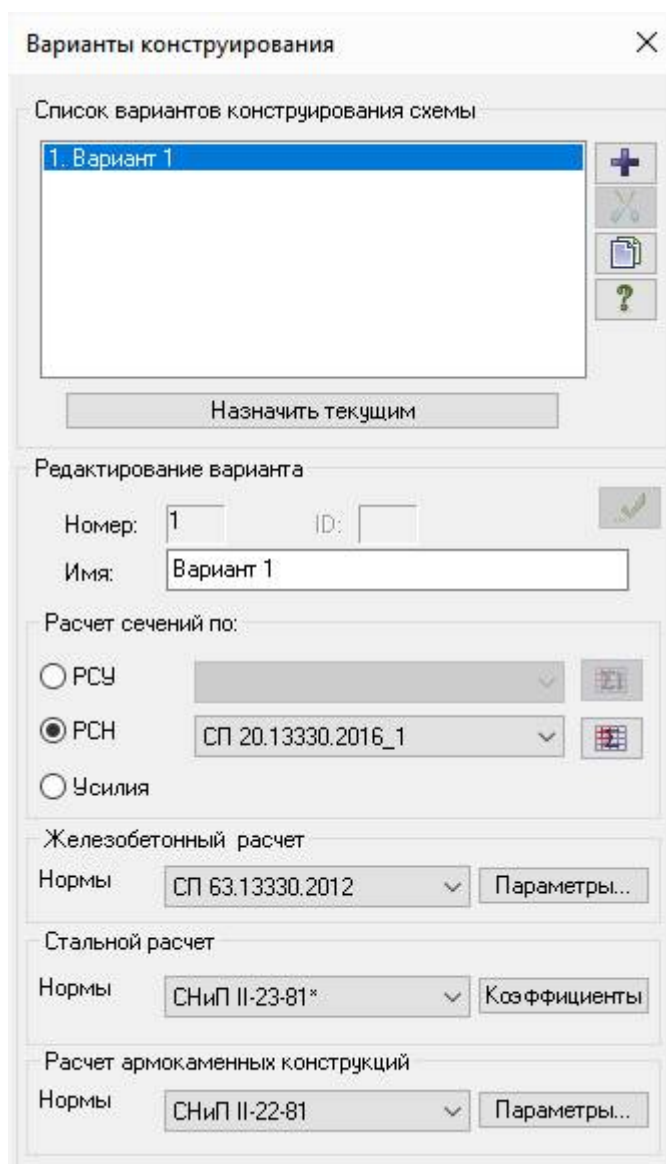



Рис.19.11. Диалоговое окно **Варианты конструирования**

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

Этап 5. Задание жесткостных параметров элементам балки

Формирование типов жесткости

- Щелчком по кнопке  – **Жесткости и материалы элементов** (панель **Жесткости и связи** на вкладке **Создание и редактирование**) вызовите диалоговое окно **Жесткости и материалы** (рис.19.12,а).
- В этом окне щелчком по кнопке **Добавить** вызовите диалоговое окно **Добавить жесткость**, для того чтобы вывести список стандартных типов сечений (рис.19.12,б).

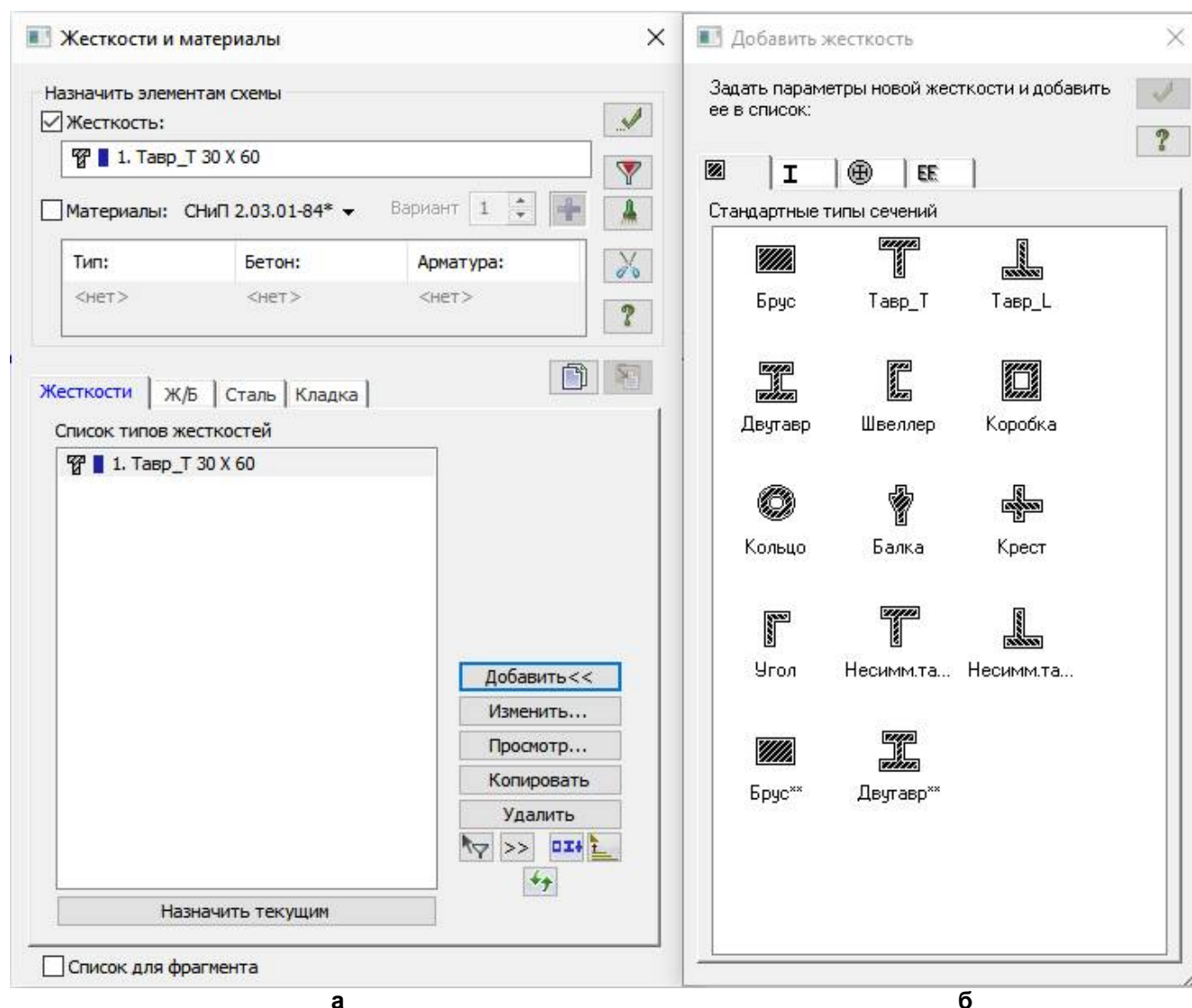


Рис.19.12. Диалоговые окна: а – Жесткости и материалы, б – Добавить жесткость

- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Тавр_Т**.
- В диалоговом окне **Задание стандартного сечения** (рис.19.13) задайте параметры сечения **Тавр_Т**:
 - модуль упругости – **E** = 3e6 т/м2 (при английской раскладке клавиатуры);
 - геометрические размеры – **B** = 30 см; **H** = 60 см; **B1** = 70 см; **H1** = 20 см;
 - удельный вес материала – **Ro** = 2.5 т/м3.
 - чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.

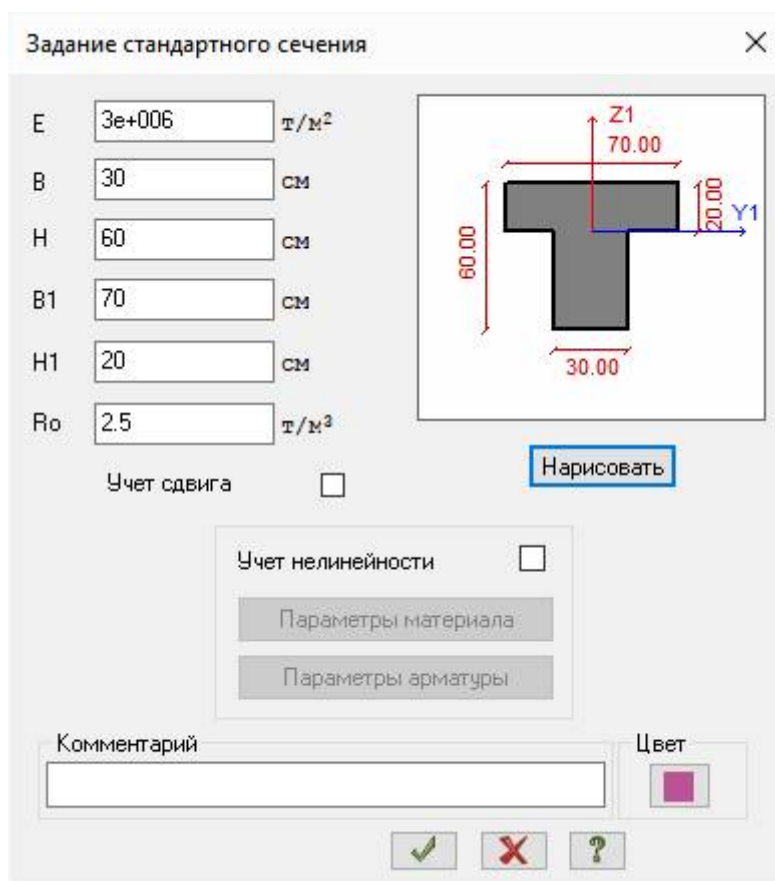


Рис.19.13. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- Для ввода данных 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)**.
- При включенной радио-кнопке **Тип** щелкните по кнопке **Редактировать**.
- На экран выводится диалоговое окно **Материалы для расчета Ж/Б конструкций** (рис.19.14), в котором щелкните по первой строке в списке **ТИП: СТЕРЖЕНЬ** и после этого в правой части окна задайте следующие параметры для балок:
 - в строке **Название** задайте **Балки**;
 - в раскрывающемся списке **Вид расчета** выберите строку **Балка**;
 - в раскрывающемся списке **Армирование** выберите тип армирования **Несимметричное**;
 - в поле **Расчет** установите флажок **Учитывать конструктивные требования**;
 - в поле **Расчет по предельным состояниям II-й группы**, при включенной радио-кнопке **Диаметр арматурных стержней**, в раскрывающемся списке выберите строку соответствующую диаметру арматуры **40 мм**;
 - в поле **Длина элемента, Расчетные длины** задайте параметры **LY = 0, LZ = 0**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.

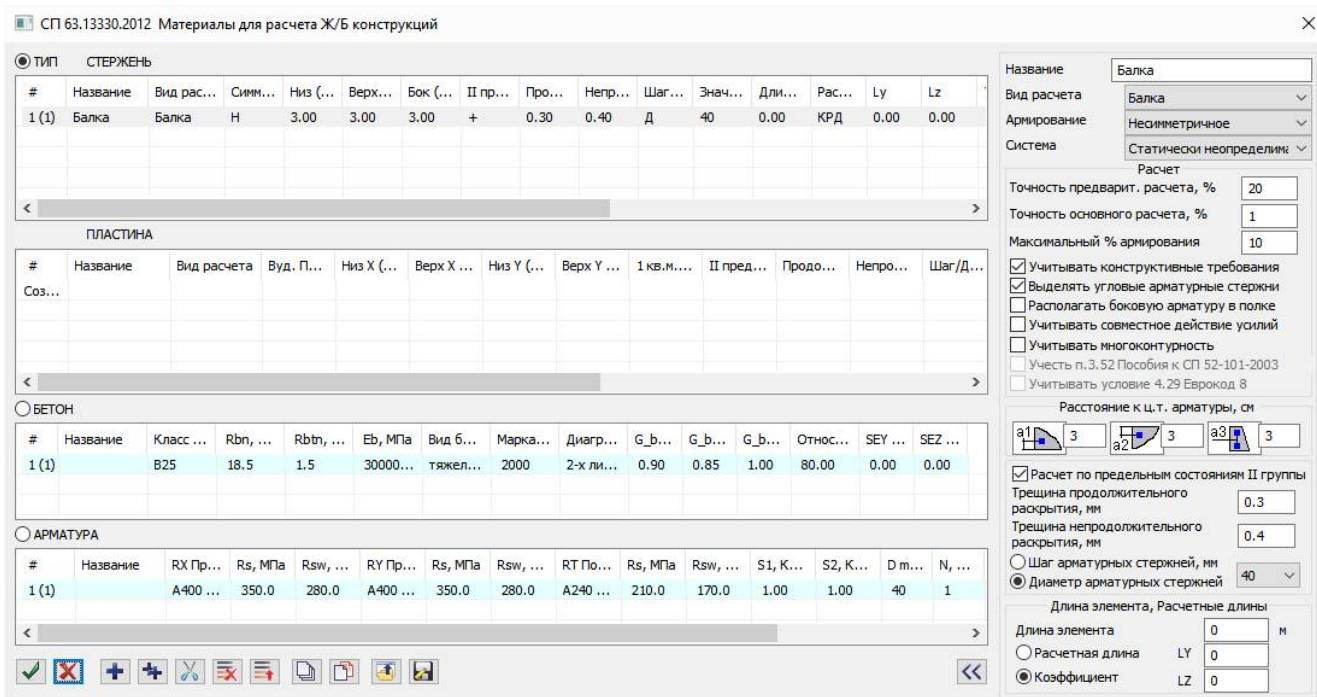




Рис.19.14. Диалоговые окна **Материалы для расчета Ж/Б конструкций**

- После этого щелкните по первой строке в списке **БЕТОН** и в правой части окна задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Класс бетона** выберите строку **B25**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- Далее щелкните по первой строке в списке **АРМАТУРА** и в правой части окна задайте следующие параметры:
 - в раскрывающемся списке **Поперечная арматура** выберите строку **A240**;
 - в раскрывающемся списке **Максимальный диаметр продольной арматуры, мм** выберите строку **40**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Назначение жесткостей и материалов элементам рамы

- В диалоговом окне **Жесткости и материалы** установите флажок **Материалы** в поле **Назначить элементам схемы**.
- В этом окне в списке текущего типа жесткости должна быть установлена жесткость – **1.Тавр_Т**, а в списке текущих материалов должны быть установлены в качестве текущих: тип – **1.Балка**, класс бетона – **1.B25** и класс арматуры – **1.A400.A400.A240**).

- Щелкните по кнопке  – **Отметка горизонтальных стержней** на панели инструментов **Панель выбора**.
- С помощью курсора выделите все 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**.

- В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** (рис.19.15) щелкните по кнопке **Да** (это сообщение появляется из-за того, что для отмеченных стержней применился тип армирования **Балка**. При этом количество расчетных сечений у них равно 2, а для конструирования изгибаемого элемента, требуется вычислить усилия в трех или более сечениях).

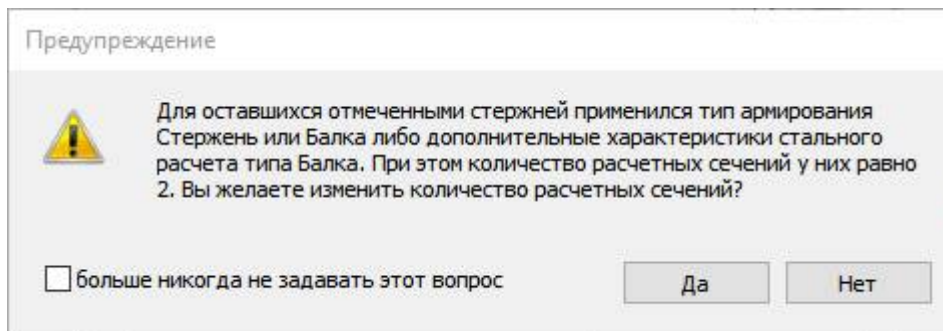




Рис.19.15. Диалоговое окно Предупреждение

Этап 6. Задание расчетных сечений для ригелей

- В появившемся диалоговом окне **Расчетные сечения** (рис.19.16) задайте количество расчетных сечений **N = 5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Закройте диалоговое окно **Расчетные сечения** щелчком по кнопке  – **Закреть**.

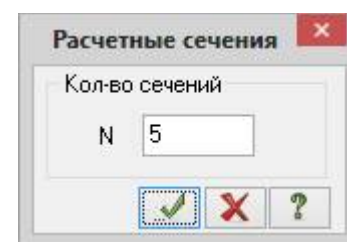



Рис.19.16. Диалоговое окно Расчетные сечения

Этап 7. Задание нагрузок



Выбор загрузки

Допускается задание до 300 загрузок. Каждому загрузению присваивается номер, произвольное имя и вид. Загрузка может содержать любое количество нагрузок. Номер, имя и вид загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Редактор загрузений**










(рис. 19.17), которое вызывается щелчком по кнопке  – **Редактор загрузений** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загрузка 1**. Вид загрузки позволяет автоматически формировать таблицу РСН с параметрами, принятыми по умолчанию. Взаимосвязь между загрузениями задается в таблице РСН.

Задание нагрузок

Нагрузки на узлы и элементы задаются с помощью диалогового окна **Задание нагрузок** (рис. 19.19), 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 загрузению**, номер которого был задан заранее. Окно содержит также закладку для **корректировки или удаления нагрузок текущего загрузения**. 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**.

Задание расширенной информации о загрузениях

- Вызовите диалоговое окно **Редактор загрузений** (рис.19.17) 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 **Кратковременное** 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 **Кратковременное** 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).
- Закройте диалоговое окно **Редактор загрузений** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

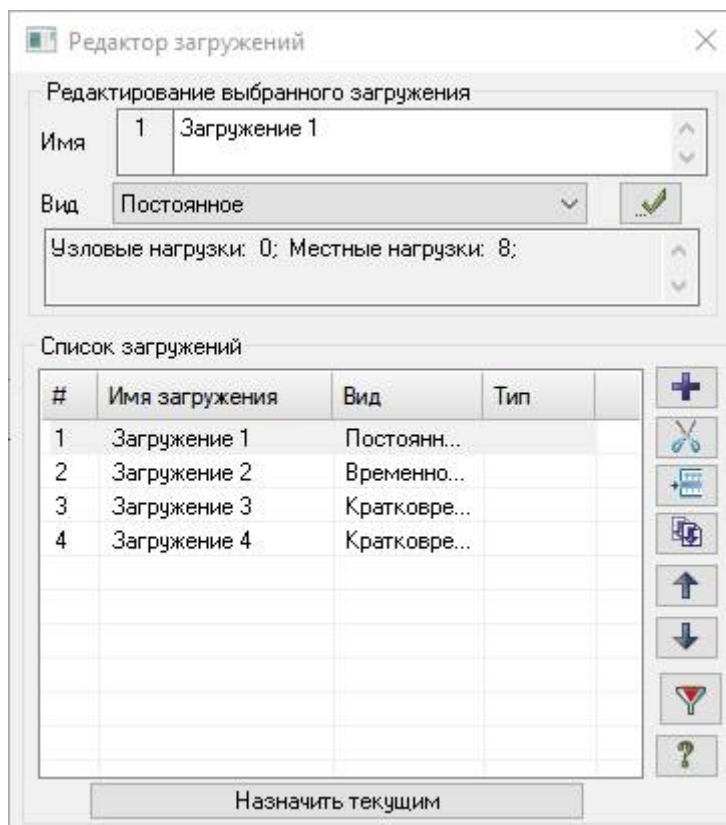




Рис.19.17. Диалоговое окно **Редактор загрузений**



Задание расширенной информации о загрузках можно также после формирования загрузок. В этом случае нужно задать только вид загрузки.

Формирование загрузки № 1

- Вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.19.18) щелчком по кнопке  – **Добавить собственный вес** (панель **Нагрузки** на вкладке **Создание и редактирование**).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **все элементы**, в поле **Кэф. надежности по нагрузке** задайте коэффициент равен **1.1** (так как удельный вес задан нормативным, то его нужно преобразовать в расчетный).
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (всем элементам конструкции автоматически назначается равномерно распределенная нагрузка, равная погонному весу элементов).

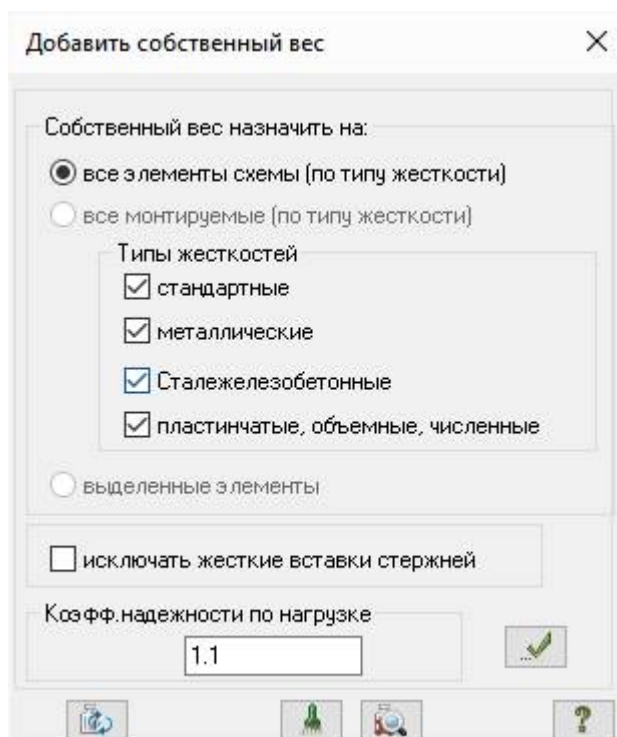




Рис.19.18. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего загрузения щелчком по кнопке  – **Следующее загрузение** в строке состояния (находится в нижней области рабочего окна).
- Выделите все элементы.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** на закладке **Нагрузки на стержни** (рис.19.19) 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**.

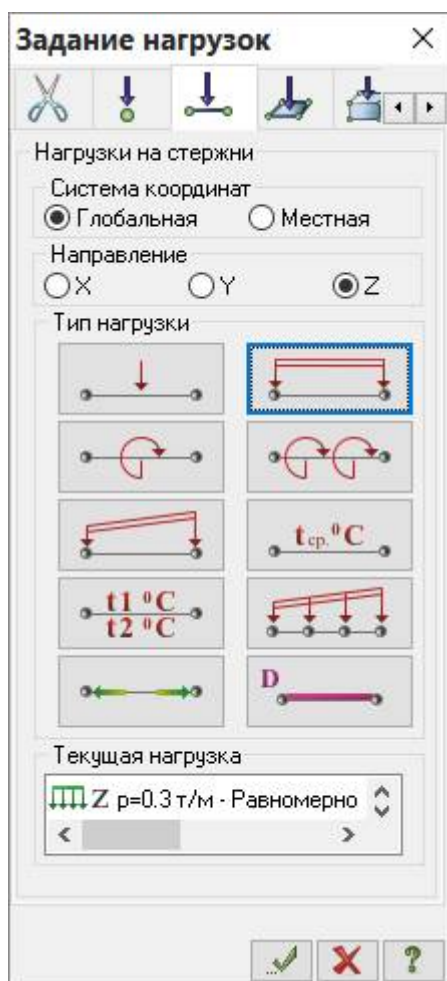


Рис.19.19. Диалоговое окно **Задание нагрузок**




- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.3$ т/м (рис.19.20).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.





Рис.19.20. Диалоговое окно **Параметры**

Формирование загрузки № 3


- Смените номер текущего нагружения щелчком по кнопке  – **Следующее нагружение** в строке состояния.
- С помощью курсора выделите элементы первого пролета № 1, 2, 3 и 4.

- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.87$ т/м.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Формирование загрузки № 4

- Смените номер текущего загрузения щелчком по кнопке  – **Следующее загрузение** в строке состояния.
- С помощью курсора выделите элементы второго пролета № 5, 6, 7 и 8.
- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 0.87$ т/м.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Этап 8. Генерация таблицы РСН

- Щелчком по кнопке  – **РСН** (панель **Доп. расчеты** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания нагрузок** (рис.19.22).
- В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** (рис.19.21) щелкните по кнопке **Ок**.

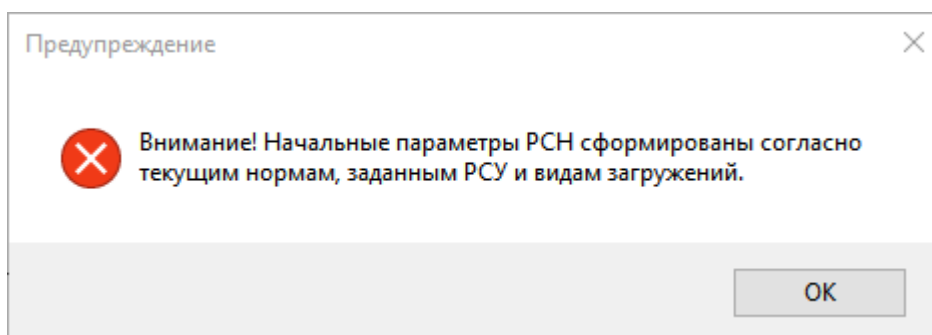




Рис.19.21. Диалоговое окно **Предупреждение**



Так как вид загрузений задавался в диалоговом окне **Редактор загрузений** (рис. 19.17) таблица РСН сформировалась автоматически с параметрами, принятыми по умолчанию для каждого загрузения. Далее нужно только изменить параметры для третьего и четвертого загрузений, а также задать сочетания.

- В диалоговом окне **Расчетные сочетания нагрузок**, при выбранных строительных нормах **СП 20.13330.2016**, в столбце **Взаимоисключения** для третьего и четвертого загрузений в соответствующих ячейках задайте **1**.
- Для задания сочетаний выполните следующие действия:
 - в списке сочетаний выделите строку **Основное сочетание (I ПС)** и после этого щелкните по кнопке **Добавить**.
- 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 нагрузений (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).

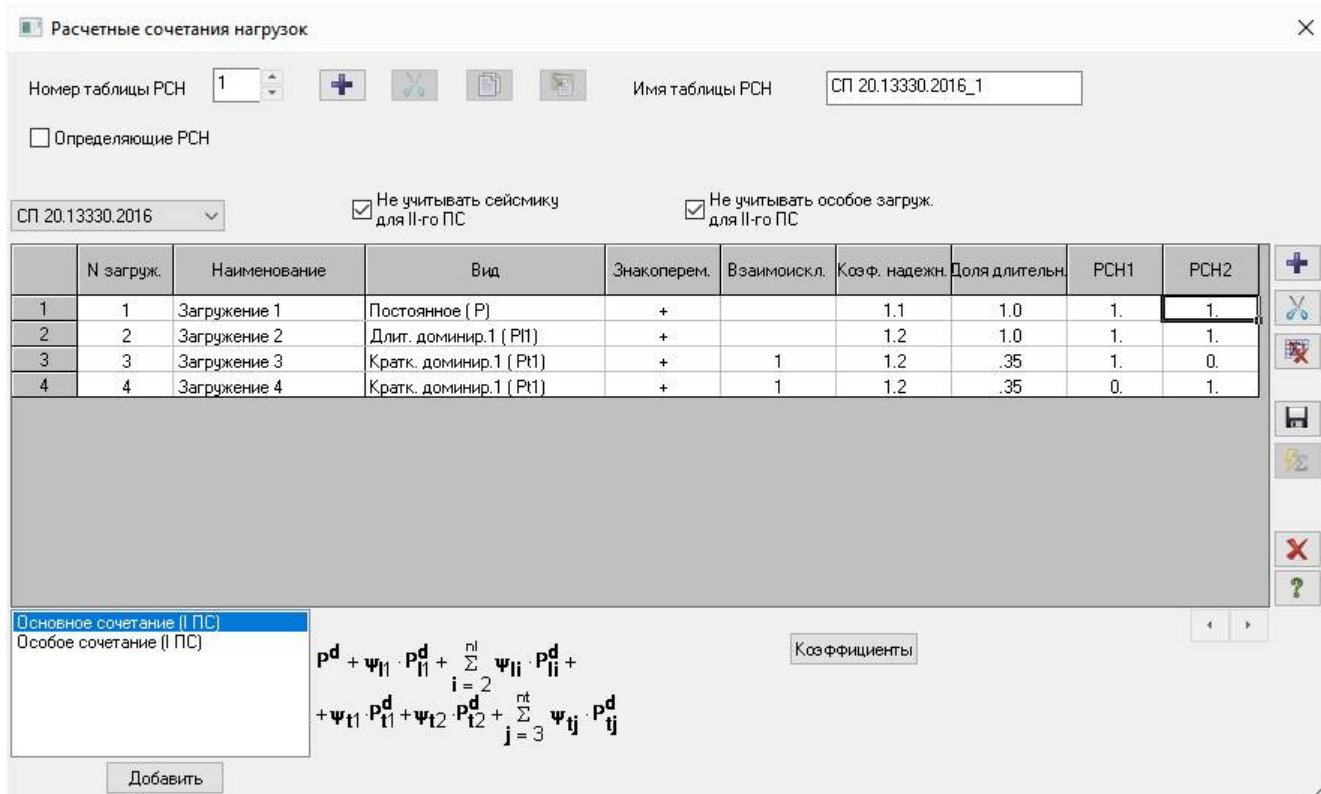



Рис.19.22. Диалоговое окно Расчетные сочетания нагрузок

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить** (кнопка  на панели быстрого доступа).


Этап 9. Полный расчет балки

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

Этап 10. Просмотр и анализ результатов статического расчета



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

- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.19.23). Для отображения схемы без учета перемещений узлов щелкните по кнопке  – **Исходная схема** (панель **Деформации** на вкладке **Анализ**).

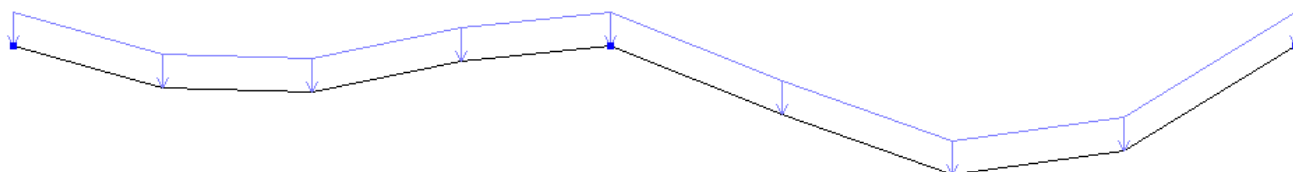





Рис.19.23. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

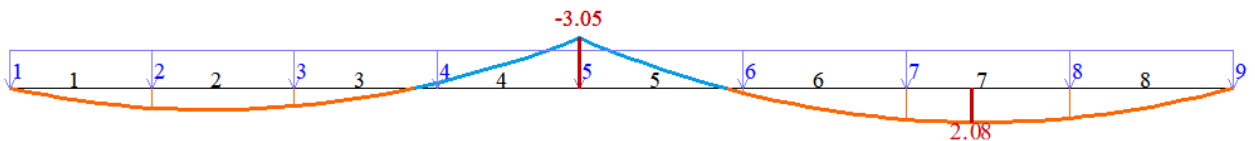
Вывод на экран мозаики перемещений

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

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

- Выведите на экран эпюру **My** (рис.19. 24) щелчком по кнопке  – **Эпюры My** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Загружение 1
Эпюра My
Единицы измерения - т*м





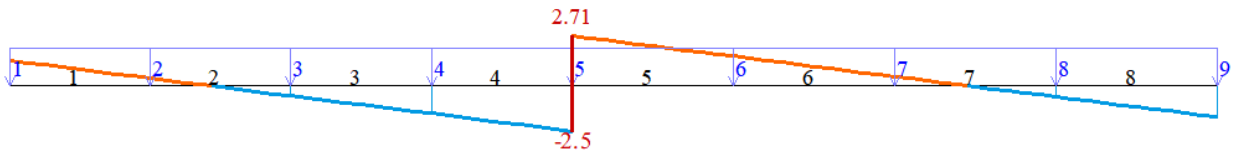
 Отм. 0.000
Минимальное значение -3.04947; Максимальное значение 2.07836

Рис.19. 24. Эпюры изгибающих моментов My

- Для вывода эпюры **Qz** (рис.19.25) щелкните по кнопке  – **Эпюры поперечных сил Qz** (панель **Усилия в стержнях** на вкладке **Анализ**).

Загружение 1
Эпюра Qz
Единицы измерения - т






 Отм. 0.000
Минимальное значение -2.49522; Максимальное значение 2.70835



Рис.19.25. Эпюры поперечных сил Qz

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

Анализ результатов расчета по РСН

- 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 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.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний нагрузок в элементах схемы, выберите команду  – **Стандартные таблицы** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Анализ**).
- После этого в диалоговом окне **Таблицы** (рис.19.26) выделите строку **Усилия от РСН**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

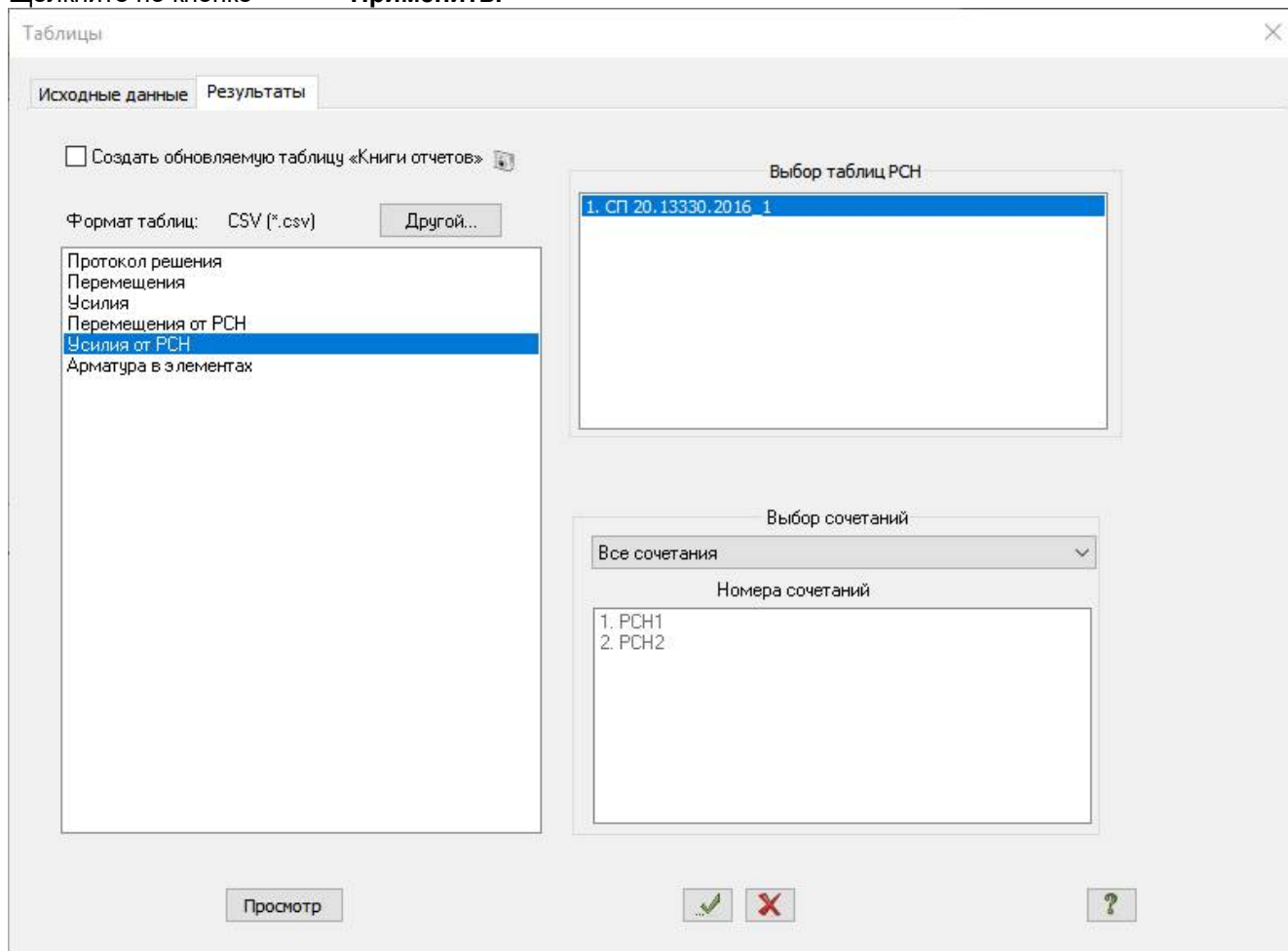


Рис.19.26. Диалоговое окно **Таблицы**






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 RPT (режим программы "Графический Макетировщик") нужно включить радио-кнопку **Отчет**.

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

- В появившемся диалоговом окне **Усилия от РСН (СП 20.13330.2016_1)** перейдите на вкладку **Стержни**.
- Щелчком по кнопке  – **Фильтр** вызовите диалоговое окно **Фильтры таблиц**. В этом диалоговом окне задайте:
 - в левой части окна в поле **Наименование колонок с обозначениями их свойств** установите флажок **МУ**.
 - в правой части окна установите флажок **Автоматическое вычисление минимума и максимума**.
 - щелкните по кнопке **Применить**.
- Закройте диалоговое окно **Фильтры таблиц** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.
- После анализа закройте таблицу **Усилия от РСН (СП 20.13330.2016_1)** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

Этап 11. Моделирование нелинейных загрузений



«Инженерная нелинейность» - новый подход к расчету конструкций с учетом физической нелинейности. На основании усилий в определяющей комбинации (PCY и PCN не используются) выполняется шаговый расчет с подбором арматуры в сечениях элементов на каждом шаге. По результатам армирования, полученного на последнем шаге, вычисляются приведенные жесткостные характеристики. Они считаются окончательными и автоматически присваиваются элементам схемы.

После этого выполняется обычный линейный расчет на все загрузения (в том числе динамические); при этом вычисляются перемещения, PCY, PCN, подбирается арматура.

Такой подход позволяет выполнить более эффективное армирование железобетонных элементов и получить приближенные к реальным перемещения конструкции. При этом существенно сокращается и время задания исходных данных для расчета, и время самого расчета, по отношению к шаговому физнелинейному расчету.

- Щелчком по кнопке  – **Инженерная нелинейность** (панель **Нелинейность** на вкладке **Расчет**) вызовите диалоговое окно **Моделирование нелинейных загрузений конструкции** (рис.19.27).



В диалоговом окне нужно сформировать таблицу загрузений, которые будут определяющими при расчете приведенных жесткостей. Для того, чтобы загрузка участвовало в «определяющей» комбинации загрузений, необходимо задать коэффициент отличный от нуля. Значение коэффициента, равное нулю, говорит о том, что данное загрузка в «определяющей» комбинации не участвует.

В качестве «определяющей комбинации загрузений» для данной задачи принимаем сочетание загрузений 1, 2 и 4.

- В диалоговом окне **Моделирование нелинейных загрузений конструкции** для задания «определяющей комбинации загрузений» приложения нагрузок (1, 2 и 4 загрузения) выполните следующие действия:
 - В столбце **Козэф.** для первого, второго и четвертого загрузений в соответствующих ячейках задайте **1**.

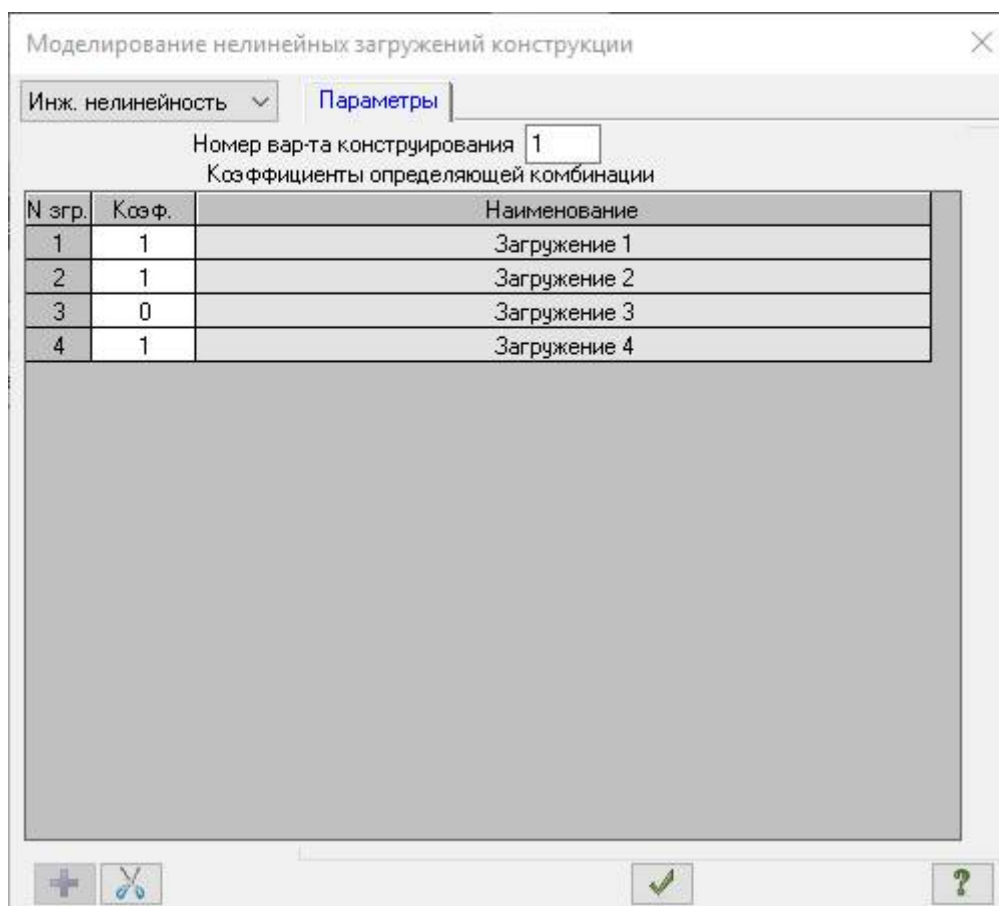





Рис.19.27. Диалоговое окно **Моделирование нелинейных загрузок конструкции**

- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

Сохранение информации о расчетной схеме

- Для сохранения информации о расчетной схеме откройте меню **Приложения** и выберите пункт **Сохранить как** (кнопка  на панели быстрого доступа).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример19_2**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **Data**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

Этап 12. Расчет балки с помощью системы «Инженерная нелинейность»


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

Этап 13. Просмотр и анализ результатов расчета с помощью системы «Инженерная нелинейность»





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

Вывод на экран мозаики перемещений

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

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

Вывод на экран эпюр внутренних усилий

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

Вывод на экран мозаики нелинейных жесткостей






- Выведите на экран мозаику жесткости стержня E_F с помощью меню Усилия \Rightarrow Нелинейные жесткости $\Rightarrow E_F$ – жесткость стержня.
- Для вывода эпюры мозаики жесткости стержня E_{ly} , выполните пункт меню Усилия \Rightarrow Нелинейные жесткости $\Rightarrow E_{ly}$ – жесткость стержня.

Этап 14. 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 **Информация о выбранной несимметричной арматуре** (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 несимметричного армирования в сечениях стержней, выберите команду  – **Несимметричное 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**).

Формирование и просмотр таблиц результатов подбора арматуры

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов**, выбрав команду  – **Таблицы результатов для ЖБ** в раскрывающемся списке **Документация** (панель **Таблицы** на вкладке **Конструирование**).
- После этого в диалоговом окне **Таблицы** выделите строку **Арматура в элементах**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- После анализа закройте таблицу щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.