

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

Цели и задачи:

- продемонстрировать процедуру построения расчетной схемы;
- продемонстрировать процедуру задания упругого основания;
- показать технику задания нагрузок и сейсмического воздействия.

Исходные данные:

Схема каркаса показана на рис.4.1.

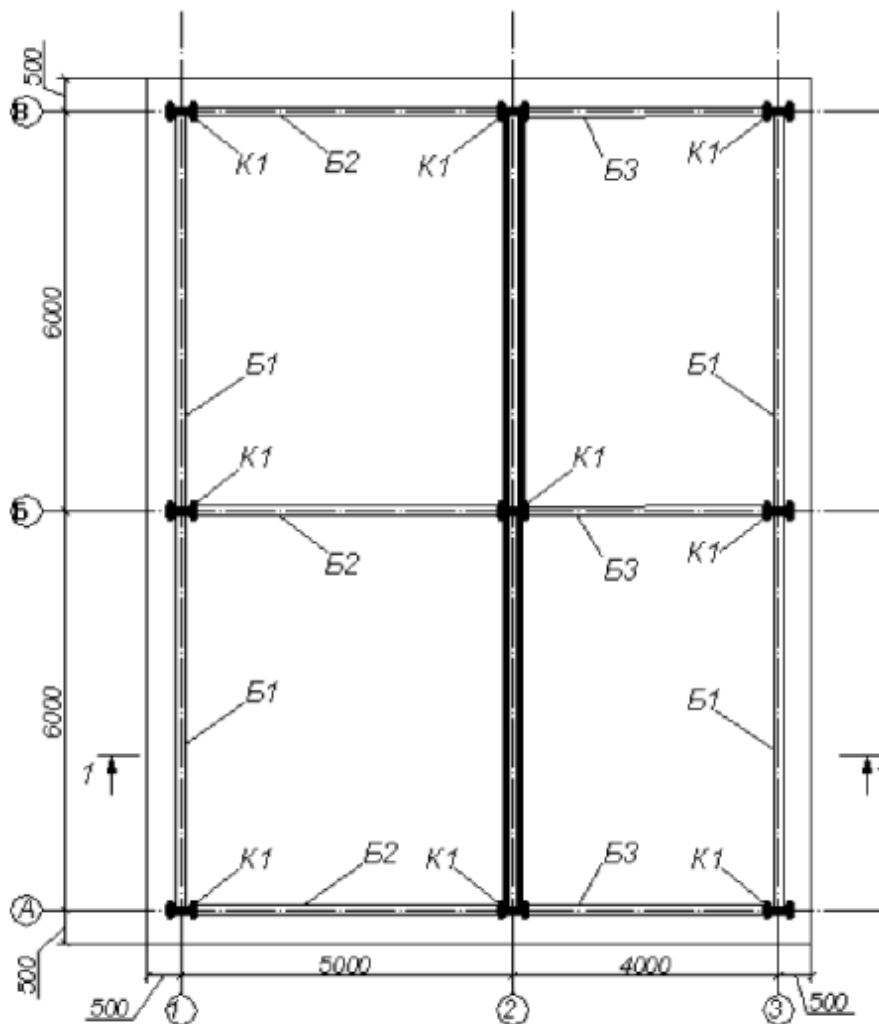
Пространственный каркас с фундаментной плитой на упругом основании с коэффициентом постели $C_1 = 1000$ т/м³.

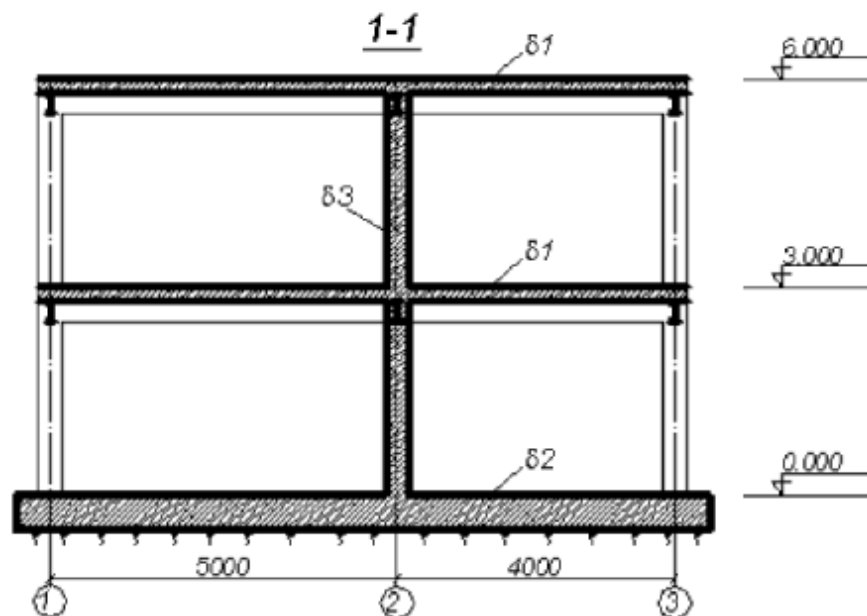
Материал рамы – сталь, материал плит и диафрагм - железобетон В30.

Расчет производится для сетки 18 x 24.

Нагрузки:

- загрузка 1 – собственный вес;
- загрузка 2 – постоянная равномерно распределенная $g_1 = 1.5$ т/м², приложенная на перекрытия 1-го и 2-го этажа; постоянная равномерно распределенная $g_2 = 2$ т/м², приложенная на основание;
- загрузка 3 – снеговая $g_3 = 0.08$ т/м².
- загрузка 4 – сейсмическое воздействие. Сейсмичность площадки 7 баллов, категория грунта 1. Неблагоприятное направление сейсмического воздействия – вдоль меньшей стороны здания.





К1- 35К1
 Б1,Б2,Б3 - 30Б1
 δ1 - 200 мм
 δ2 - 500 мм
 δ3 - 300 мм

Рис.4.1. Схема каркаса 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.





Создание новой задачи

Для того чтобы начать работу с ПК **ЛИРА**, выполните следующую команду Windows:

Пуск ⇒ Программы ⇒ Lira Soft ⇒ ЛИРА 9.4 ⇒ ЛИРА 9.4.

Этап 1. Создание новой задачи

- Для создания новой задачи выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Новый** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Признак схемы** (рис.4.2) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример4** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **5 – Шесть степеней свободы в узле**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

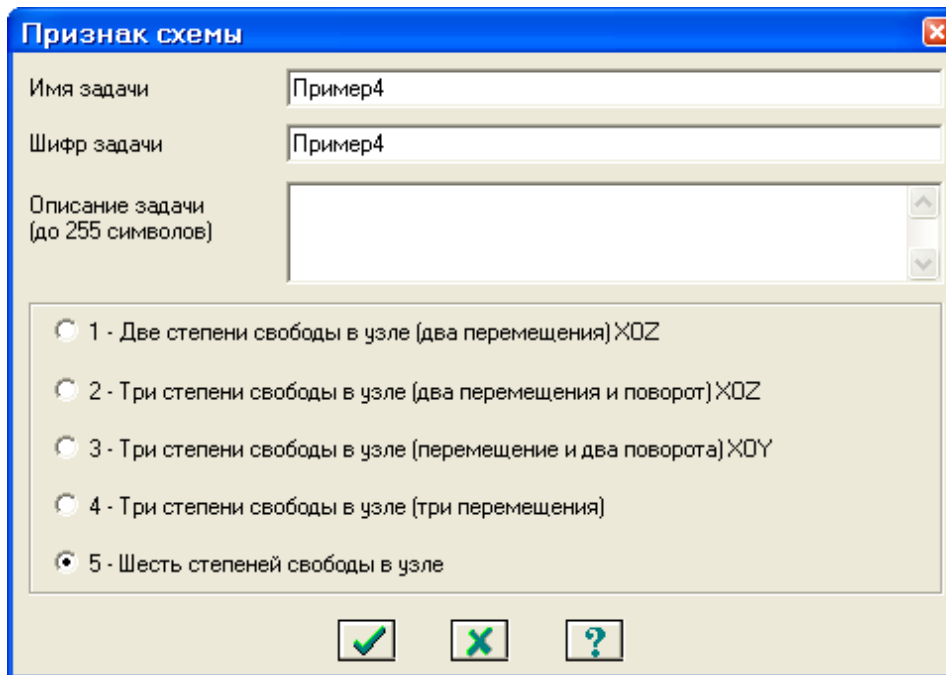



Рис.4.2. Диалоговое окно Признак схемы




Создание геометрической схемы

Этап 2.Создание геометрической схемы

Создание рамы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте:
 - Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м) N	L(м) N
5 1	3 2.
4 1	
 - Остальные параметры принимаются по умолчанию (рис.4.3).
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

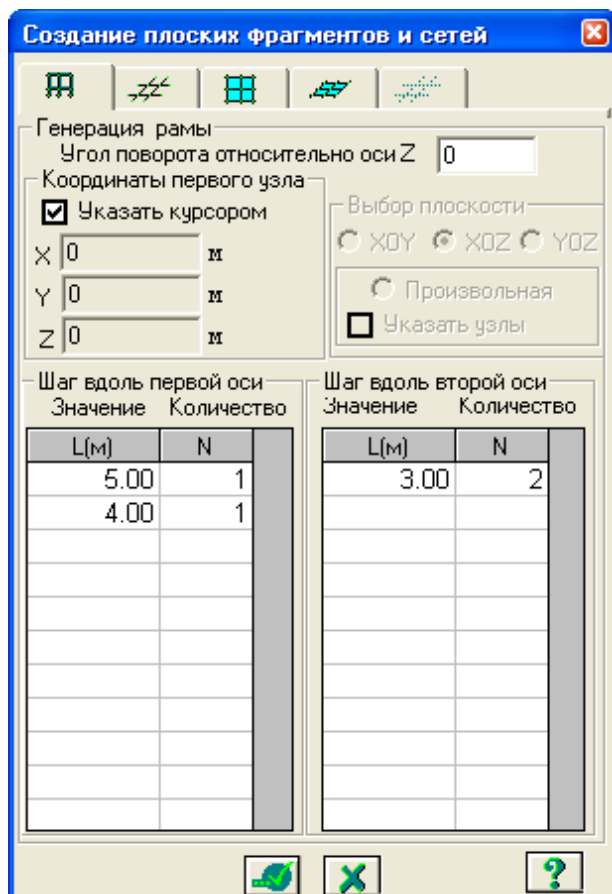


Рис.4.3. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

- Затем в поле ввода **Координаты первого узла** снимите флажок **Указать курсором** и задайте координаты привязки в пространстве первого узла фрагмента:

- **X(м) Y(м) Z(м)**

- 0 6 0.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



- После этого задайте координаты привязки в пространстве первого узла нового фрагмента:

- **X(м) Y(м) Z(м)**

- 0 12 0.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Вывод на экран номеров узлов


- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** перейдите на вторую закладку **Узлы** и установите флажок **Номера узлов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Создание плиты перекрытия 1-го этажа

- В диалоговом окне **Создание плоских фрагментов и сетей** перейдите на закладку **Генерация плиты**.
- Установите флажок в поле **Указать курсором** и укажите курсором на узел № 4 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна (рис.4.4) задайте параметры плиты перекрытия:

- Шаг вдоль первой оси: Шаг вдоль второй оси:

L(м) N	L(м) N
0.5 18	0.5 24.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

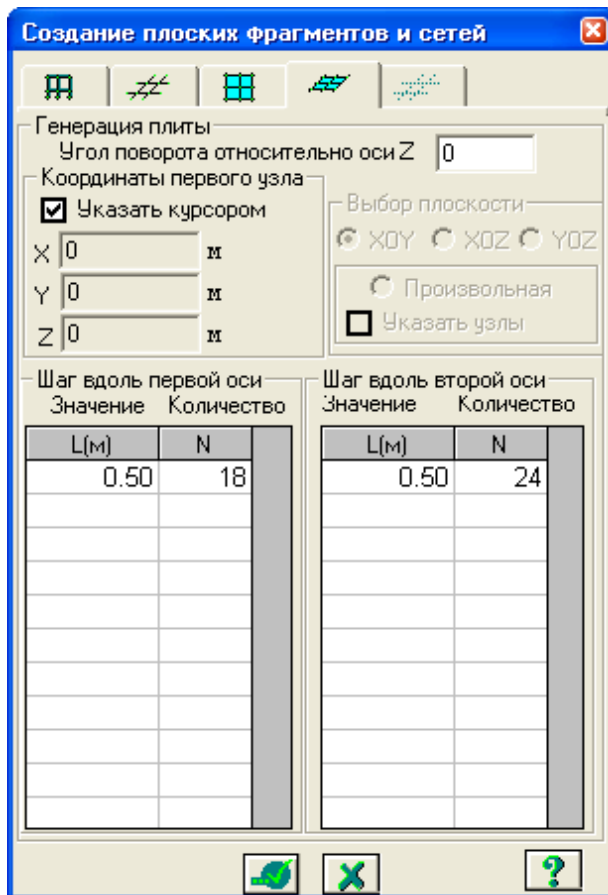



Рис.4.4. Диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей**

[Корректировка схемы](#)

- Для выделения горизонтальных стержневых элементов большей длины вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** из меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на третью закладку **Фильтр по геометрии КЭ** (рис.4.5) и задайте параметры:
 - в раскрывающемся списке **Критерий** выберите **Длина стержня**;
 - включите радио-кнопку **Дискретно**, и в поле ввода задайте значение **5**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

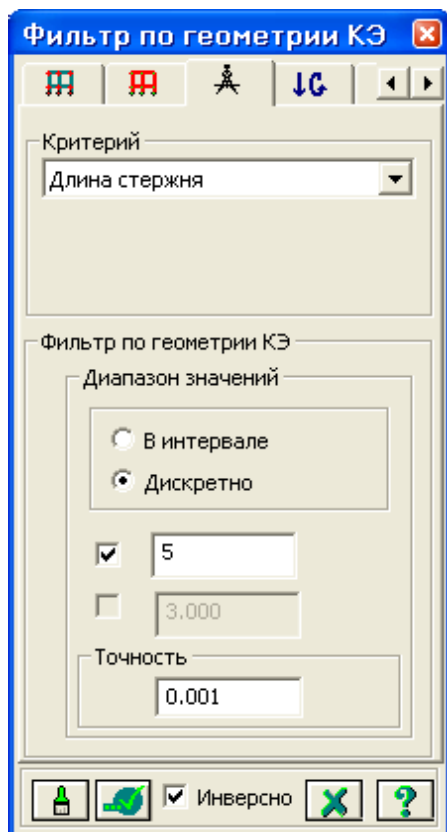




Рис.4.5. Диалоговое окно **Фильтр по геометрии КЭ**

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- Перейдите на пятую закладку **Разделить на N равных частей** (рис.4.6) и задайте **N = 10**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

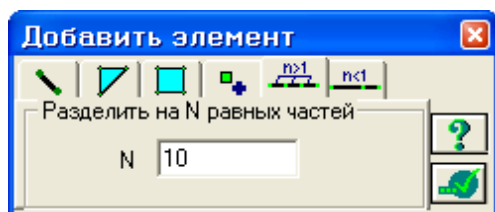






Рис.4.6. Диалоговое окно **Добавить элемент**

- Для выделения горизонтальных стержневых элементов меньшей длины в диалоговом окне **Фильтр по геометрии КЭ** задайте следующие параметры:
 - в поле ввода задайте значение **4**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Добавить элемент** задайте **N = 8**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.



Разделение стержневых элементов производится с тем же шагом КЭ, как и в плите для совместной работы плиты с балкой.

Упаковка схемы

- С помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка** (рис.4.7).
- В этом окне щелкните по кнопке  – **Подтвердить** (упаковка схемы производится для сшивки совпадающих узлов и элементов, а также для безвозвратного исключения из расчетной схемы удаленных

узлов и элементов).

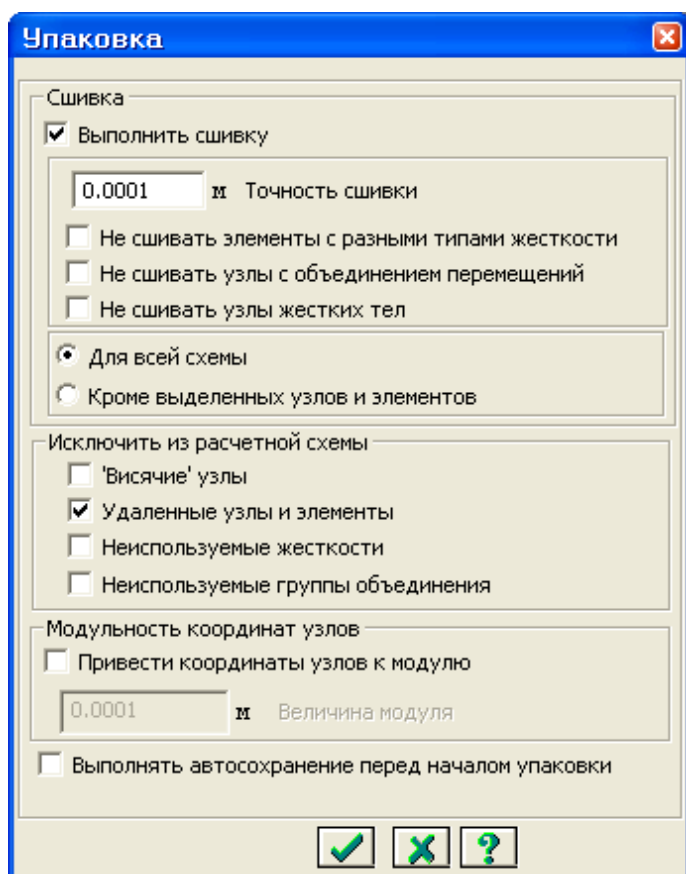




Рис.4.7. Диалоговое окно Упаковка



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

Добавление элементов балок и плиты покрытия

- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** с помощью меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- При установленных флажках **Указать узлы курсором** и **Учитывать промежуточные узлы** добавьте стержни между узлами № 4 и 460, № 32 и 19, указав последовательно курсором на эти пары узлов (при этом между ними протягивается резиновая нить).
- Вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр** с помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** и перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** (рис.4.8).
- В этом окне для выбора текущей плоскости включите радио-кнопку **ХОУ** (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 перекрытия первого этажа (узел окрашивается в черный цвет).
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

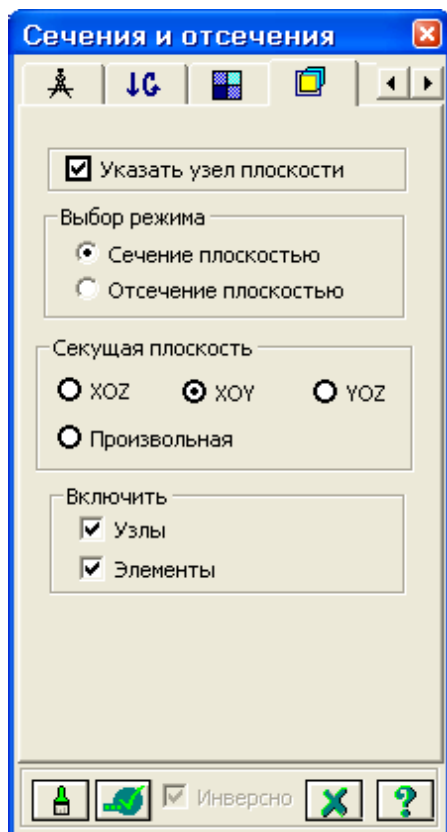


Рис.4.8. Диалоговое окно Сечения и отсечения

- Вызовите диалоговое окно **Копирование объектов** из меню **Схема** ⇒ **Корректировка** ⇒ **Копировать выбранные объекты**.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Копирование по одному узлу** (рис.4.9).
- Далее на схеме укажите курсором на узел № 4.
- После этого укажите курсором в тот узел, куда требуется скопировать фрагмент (узел привязки – крайний левый верхний узел рамы №5).

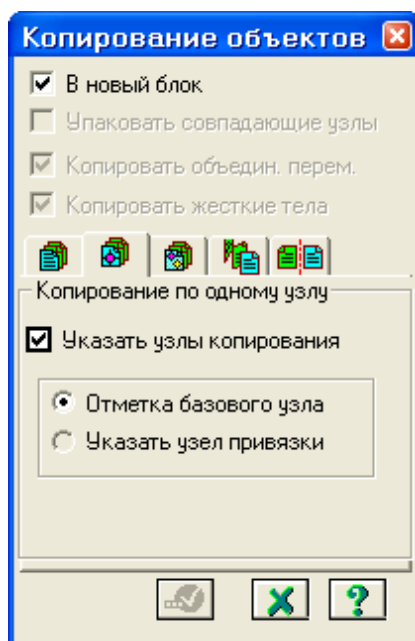










Рис.4.9. Диалоговое окно Копирование объектов


Создание диафрагмы

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема** ⇒ **Создание** ⇒ **Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).





- Перейдите на закладку **Генерация балки-стенки**.
- В поле **Угол поворота относительно оси Z** введите значение **90** градусов.
- Укажите курсором на узел № 2 (узел окрасился в малиновый цвет и в диалоговом окне отобразились его координаты).
- В таблице диалогового окна задайте параметры диафрагмы:

■ Шаг вдоль первой оси:	Шаг вдоль второй оси:
L(м) N	L(м) N
0.5 24	0.5 12.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите выделение с узлов и элементов с помощью пункта меню **Выбор ⇒ Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).
- Перейдите в проекцию на плоскость XOZ с помощью пункта меню **Вид ⇒ Проекция на плоскость XOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- После выполнения пункта меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов) с помощью курсора выделите колонны в месте расположения диафрагмы.
- Вызовите диалоговое окно **Добавить элемент** с помощью меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Добавить элемент** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на закладку **Разделить на N равных частей** и задайте **N = 6**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид ⇒ Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).

Создание фундаментной плиты

- Вызовите диалоговое окно **Создание плоских фрагментов и сетей** с помощью меню **Схема ⇒ Создание ⇒ Регулярные фрагменты и сети** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на закладку **Генерация плиты**.
- Затем снимите флажок **Указать курсором** в поле ввода **Координаты первого узла** и задайте координаты привязки в пространстве первого узла фрагмента:

■ X(м) Y(м) Z(м)
■ -0.5 -0.5 0.
- В таблице диалогового окна задайте параметры фундаментной плиты:

■ Шаг вдоль первой оси:	Шаг вдоль второй оси:
L(м) N	L(м) N
0.5 20	0.5 26.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Снимите флажок **Номера узлов** в диалоговом окне **Показать**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.
- С помощью меню **Схема ⇒ Корректировка ⇒ Упаковка схемы** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Упаковка**.
- В этом окне щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

На рис.4.10 представлена полученная расчетная схема.

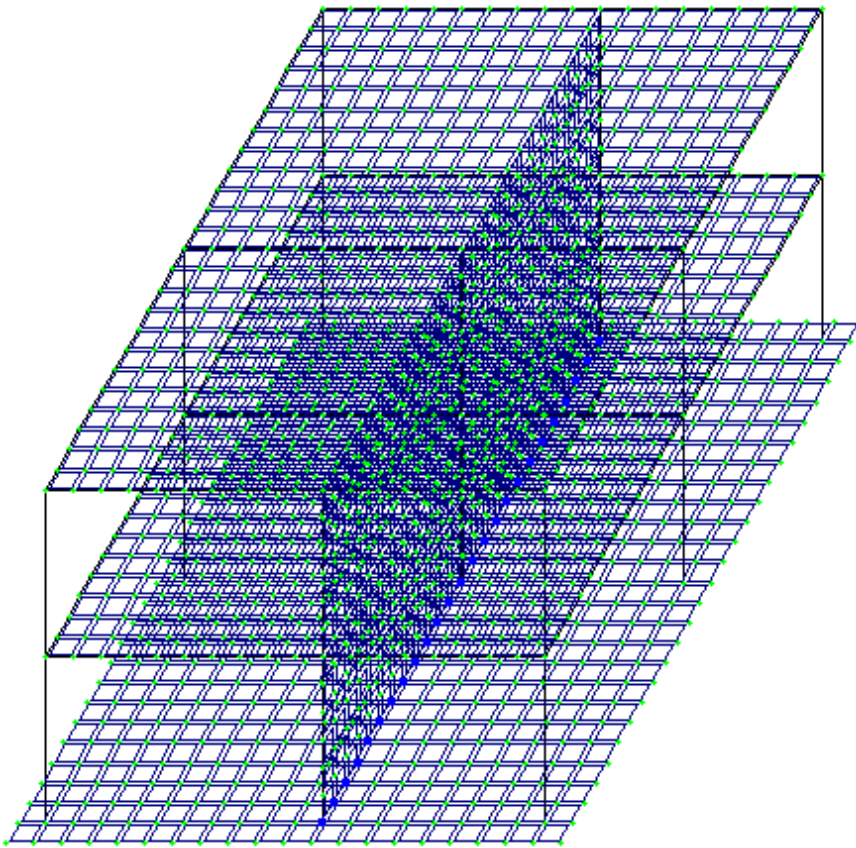



Рис.4.10. Расчетная схема каркаса

Сохранение информации о расчетной схеме:


- Для сохранения информации о расчетной схеме выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример4**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.



Задание жесткостных параметров элементам схемы

Этап 3. Задание жесткостных параметров элементам схемы

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.4.11).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** и в библиотеке жесткостных характеристик щелкните по второй закладке **База металлических сечений**.
- Выберите двойным щелчком мыши на элементе графического списка тип сечения **Двутавр**.

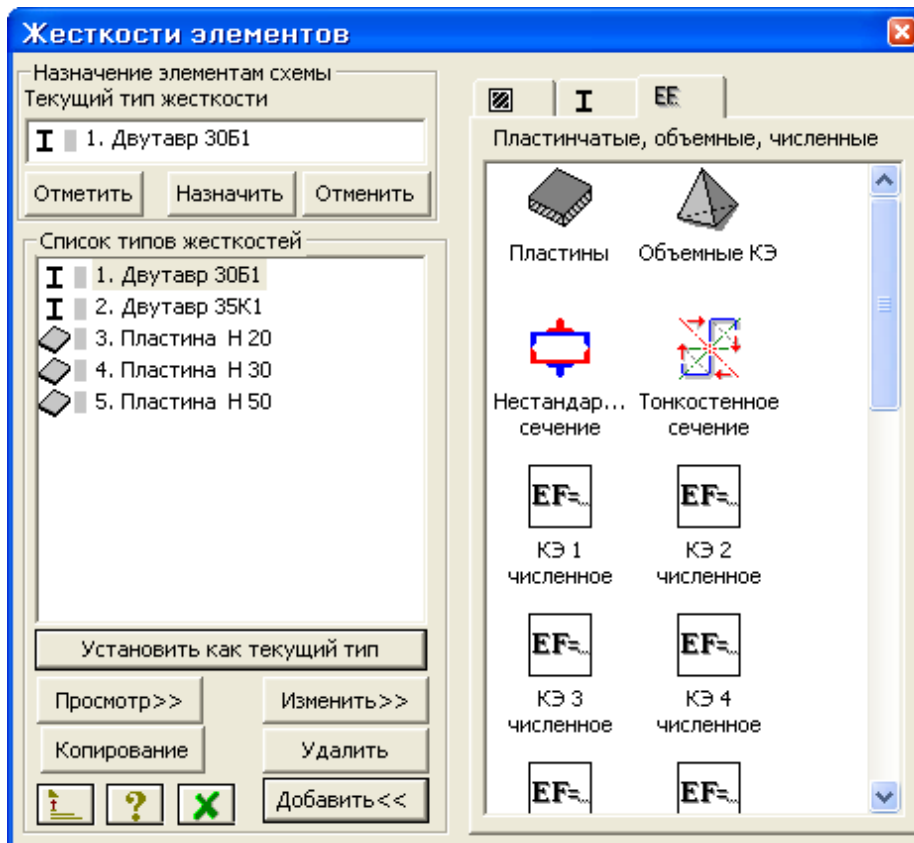


Рис.4.11. Диалоговое окно Жесткости элементов

- В диалоговом окне **Стальное сечение** (рис.4.12) задайте параметры сечения **Двутавр** (для балок):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полок типа Б(балочный)**;
 - в списке – **Профиль** – **30Б1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.

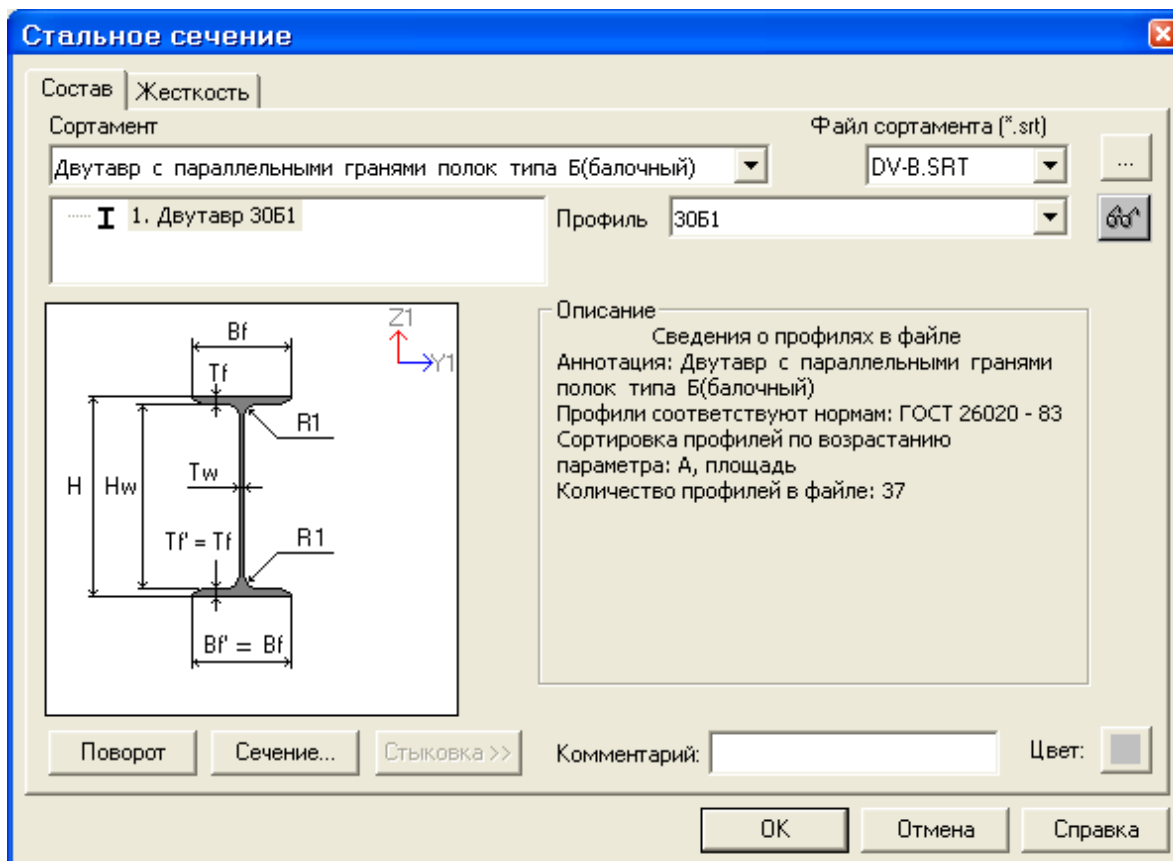



Рис.4.12. Диалоговое окно Стальное сечение

- Еще раз двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Двутавр**.
- В диалоговом окне **Стальное сечение** задайте параметры сечения **Двутавр** (для колонн):
 - в раскрывающемся списке – **Сортамент** выберите позицию – **Двутавр с параллельными гранями полок типа К(колонный)**;
 - в списке – **Профиль – 35К1**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке **ОК**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** перейдите на третью закладку численного описания жесткости.
- Двойным щелчком мыши выберите тип сечения **Пластины**.
- В окне **Задание жесткости для пластин** (рис.4.13) задайте параметры сечения **Пластины** (для плиты перекрытия):
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (при английской раскладке клавиатуры);
 - коэф. Пуассона – $V = 0.2$;
 - толщина– $H = 20 \text{ см}$;
 - удельный вес материала – $R_o = 2.75 \text{ т/м}^3$.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

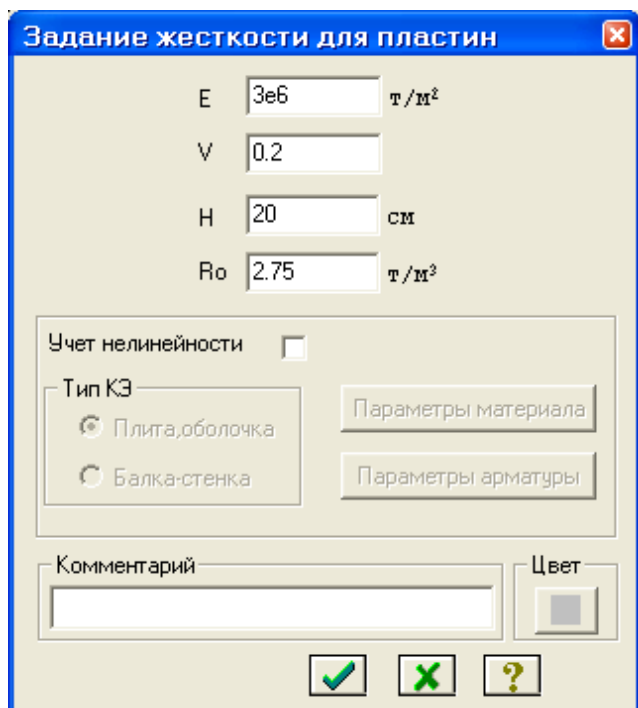


Рис.4.13. Диалоговое окно **Задание жесткости для пластин**

- В списке типов жесткостей выделите курсором строку **3. Пластина Н 20** и дважды щелкните по кнопке **Копирование**.
- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** 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– $H = 30 \text{ см}$.
- 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– $H = 50$ см.

➤ Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

➤ Для того чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Добавить**.

Назначение жесткостей элементам схемы

➤ В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1. Двуглав 30Б1**.

➤ Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип** (при этом выбранный тип записывается в окне редактирования **Текущий тип жесткости**. Можно назначить текущий тип жесткости двойным щелчком по строке списка).


➤ Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

➤ 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 элементов** щелкните по кнопке **Назначить** (с элементов снимается выделение. Это свидетельство того, что выделенным элементам присвоена текущая жесткость).

➤ Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения горизонтальных стержневых элементов.

➤ В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2. Двуглав 35К1**.

➤ Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.


➤ Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

➤ С помощью курсора выделите все вертикальные элементы.

➤ Затем в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

➤ В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **3. Пластина Н 20**.


➤ Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.

➤ Выполните пункт меню **Выбор ⇒ Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов).

➤ Укажите курсором на любой узел или элемент плиты перекрытия первого, а затем второго этажа.

➤ В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

➤ В появившемся диалоговом окне **Предупреждение** щелкните по кнопке **ОК**.

➤ Снимите выделение узлов и элементов с помощью меню **Выбор ⇒ Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).


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

➤ Для выделения диафрагмы с помощью меню **Выбор ⇒ ПолиФильтр** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.

➤ В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов** (рис.4.14).

➤ 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**.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.

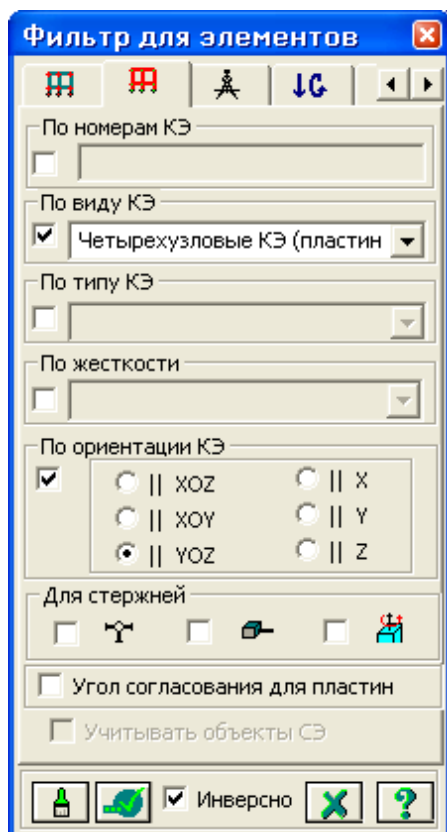



Рис.4.14. Диалоговое окно **Фильтр для элементов**

- Назначьте текущим тип жесткости **5. Пластина Н 50**.
- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов) укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.



Задание параметров упругого основания

Этап 4. Задание параметров упругого основания




- При активном пункте меню **Выбор** ⇒ **Отметка блока** (кнопка  на панели инструментов) укажите курсором на любой узел или элемент фундаментной плиты.
- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Коэффициенты постели С1, С2** вызовите диалоговое окно **Задание коэфф. С1 и С2** (рис.4.15).
- 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 **С1 = 1000 т/м³**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.

Рис.4.15. Диалоговое окно **Задание коэфф. C1 и C2**

- Снимите выделение узлов с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).






Задание граничных условий

Этап 5. Задание граничных условий





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

Выделение узлов

- В диалоговом окне **Фильтр для элементов** перейдите на предпоследнюю закладку **Сечения и отсечения** и для выбора текущей плоскости включите радио-кнопку **YOZ**.
- Укажите курсором любой узел стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для отображения на экране только отмеченных узлов и элементов схемы выполните фрагментацию с помощью меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Для представления расчетной схемы в проекции на плоскость YOZ выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Проекция на плоскость YOZ** (кнопка  на панели инструментов).
- После выполнения пункта меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов) с помощью курсора выделите узлы стыковки диафрагмы с фундаментной плитой.

Задание граничных условий

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Связи в узлах** (рис.4.16).
- 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).

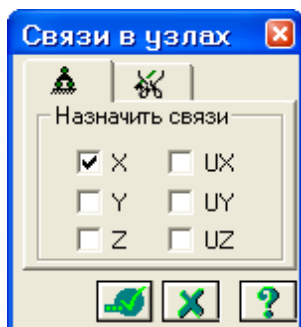





Рис.4.16. Диалоговое окно **Связи в узлах**


- 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**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения узлов.
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде после операции фрагментации, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.
- Перейдите в изометрическую проекцию представления расчетной схемы с помощью меню **Вид** ⇒ **Изометрия** (кнопка  на панели инструментов).



Задание нагрузок

Этап 6. Задание нагрузок

Формирование загрузки № 1

- С помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Добавить собственный вес** вызовите диалоговое окно **Добавить собственный вес** (рис.4.17).
- 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).

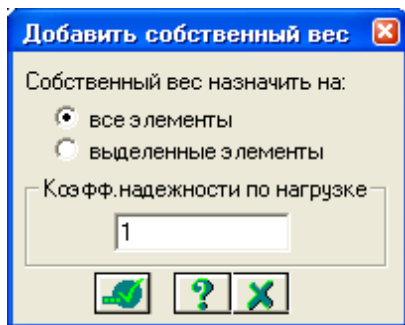




Рис.4.17. Диалоговое окно **Добавить собственный вес**

Формирование загрузки № 2

- Смените номер загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис.4.18) с помощью меню

Нагрузки ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).

- В этом диалоговом окне задайте номер загрузки **2**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

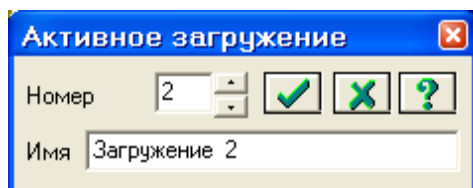


Рис.4.18. Диалоговое окно **Активное загрузие**



- Выделите плиты перекрытия 1-го и 2-го этажа с помощью операции отметки блока (описание см. выше).
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.4.19) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на закладку **Нагрузки на пластины** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).



Рис.4.19. 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.4.20).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

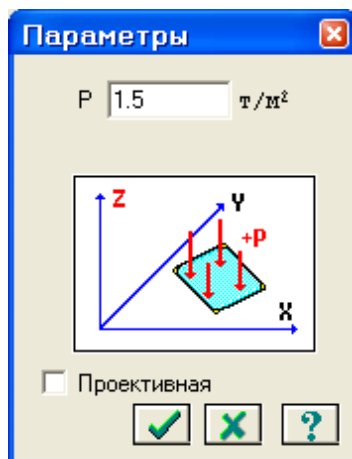



Рис.4.20. Диалоговое окно Параметры

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- На экране появляется диалоговое окно **Предупреждение** (рис.4.21) в котором щелкните по кнопке **ОК**.

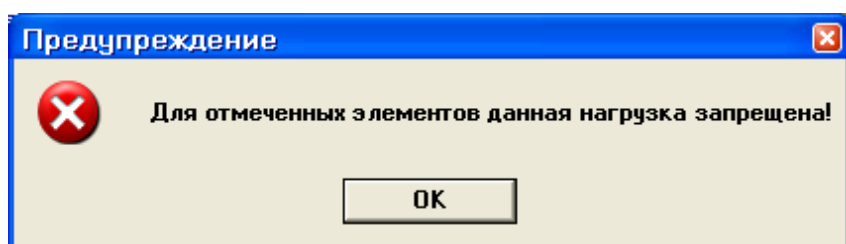










Рис.4.21. Диалоговое окно Предупреждение



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 с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).
- 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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего загрузки, вызвав диалоговое окно **Активное загрузке** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне переключите номер загрузки на **3**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите плиту перекрытия 2-го этажа при включенной функции выделения блока.
- 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 с помощью меню **Выбор** ⇒ **Отмена выделения** (кнопка  на панели инструментов).


панели инструментов).



Формирование динамических нагрузок из статических

Задание характеристик для расчета рамы на сейсмику

Этап 7. Формирование динамических нагрузок из статических

- Вызовите диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических** (рис.4.22) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Учет статических нагрузок**.
- Для формирования первой строки сводной таблицы, в этом окне, при включенной радио-кнопке **нагрузки** (**код 1**), задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **4**;
 - № соответствующего статического нагружения – **1**;
 - Коэф. преобразования – **0.9**.
- Щелкните по кнопке **Добавить**.
- Для формирования второй строки сводной таблицы, в этом же окне задайте следующие параметры:
 - № динамического нагружения – **4**;
 - № соответствующего статического нагружения – **2**;
 - Коэф. преобразования – **0.9**.
- Щелкните по 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**.

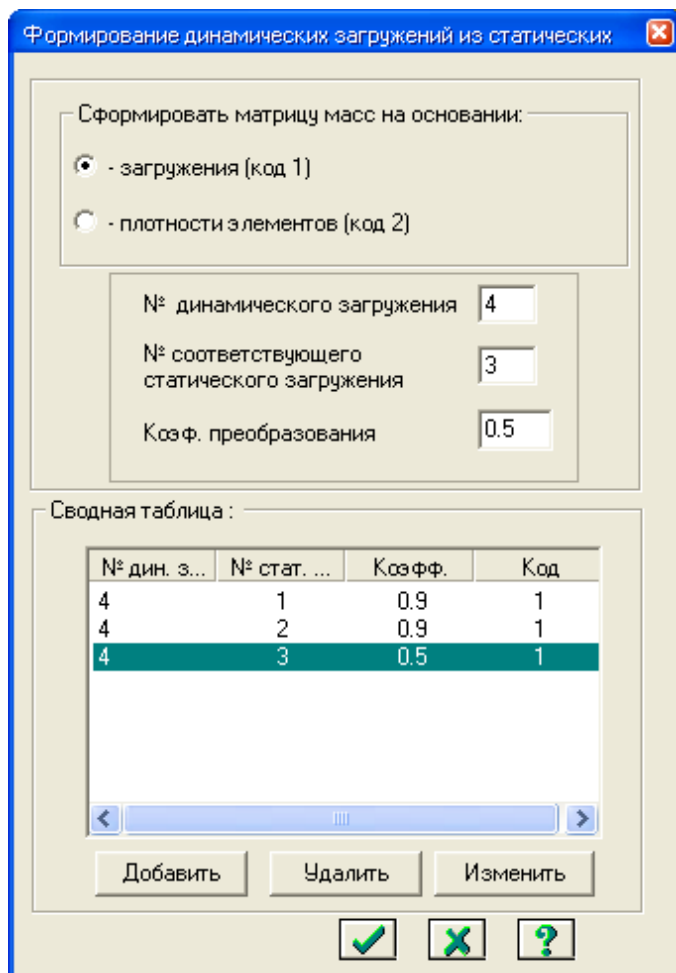


Рис.4.22. Диалоговое окно **Формирование динамических нагрузок из статических**




Формирование таблицы параметров динамических воздействий

Этап 8. 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.4.23) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Динамика** ⇒ **Таблица динамических нагружений** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне, при включенной радио-кнопке **Согласованная** (для матрицы масс), задайте следующие параметры:
 - № загрузки – 4;
 - Наименование воздействия – **Сейсмическое 01.01.2000 (35)**;
 - Количество учитываемых форм колебаний – 10.
- Затем щелкните по кнопке **Параметры**.

Задание характеристик для расчета на динамические воздействия

N загрузки: 4

N строки характеристик: 1

Наименование воздействия: Сейсмическое 01.01.2000 (35)

Количество учитываемых форм колебаний: 10

N соответствующего статического нагружения:

Матрица масс: ☐ Диагональная ☒ Согласованная

Сводная таблица для расчета на динамические воздействия

1	<	35	10	0	1	0	>	1.00	3	0.00	1	1	7	0.120	1.00	1.0000	0.0000	0.0000	>
2																			

Рис.4.23. Диалоговое окно **Задание характеристик для расчета на динамические воздействия**

- В диалоговом окне **Параметры расчета на сейсмические воздействия** (рис.4.24) 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**.

Параметры расчета на сейсмические воздействия

Поправочный коэф. для сейсмических сил: 1.00

Тип сооружения: 1 - жилые, общественные и производственные

Категория грунта (в соотв. со СНиП II-7-81): G = 1

Сейсмичность площадки в баллах: S = 7

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

Таблица 3: K1 = 0.12

Таблица 6: Kpsi = 1.00

Направляющие косинусы равнодействующей сейсм. воздейств. в ОСК

CX: 1 CY: CZ: $CX \cdot CX + CY \cdot CY + CZ \cdot CZ = 1$

Рис.4.24. Диалоговое окно **Параметры расчета на сейсмические воздействия**

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



Статический расчет схемы


Этап 9. Статический расчет схемы

- Запустите задачу на расчет с помощью меню **Режим** ⇒ **Выполнить расчет** (кнопка  на панели инструментов).





Просмотр и анализ результатов расчета

Этап 10. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).

Отключение отображения нагрузок на расчетной схеме

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- 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.4.25).

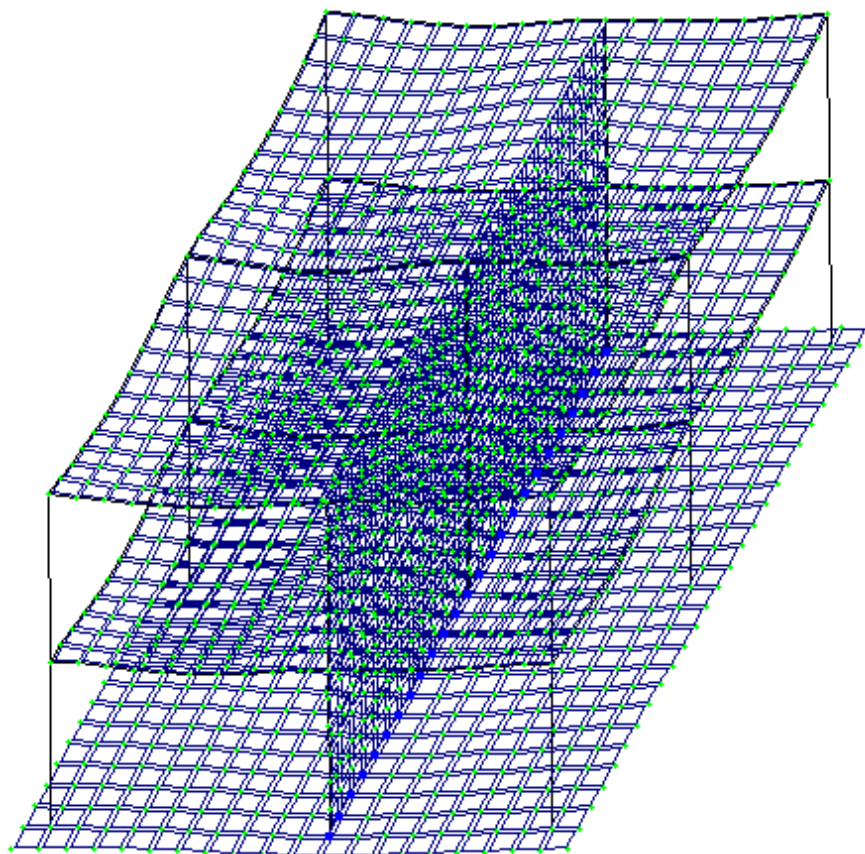










Рис.4.25. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

Вывод на экран эпюр внутренних усилий



- Для выделения стержневых элементов, с помощью меню **Выбор** ⇒ **ПолиФильтр** вызовите диалоговое окно **ПолиФильтр**.
- В этом окне перейдите на вторую закладку **Фильтр для элементов**.
- Далее установите флажок **По виду КЭ** и в раскрывающемся списке выберите строку **Двухузловые КЭ (стержни)**.

- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для отображения на экране только выделенных стержневых элементов, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Фрагментация**.
- Выведите на экран эпюру **My** с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (My)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры **Qz** выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил (Qz)** (кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода эпюры **N** (выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры продольных сил (N)** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы вывести мозаику усилия **N**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика N** (кнопка  на панели инструментов).





Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер нагружения на **2** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Для восстановления расчетной схемы в первоначальном виде, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.




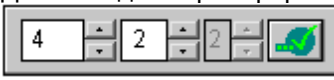

Вывод на экран изополей перемещений

- Выведите на экран изополя перемещений по направлению **Z** с помощью меню **Деформации** ⇒ **Глобальной системе** ⇒ **Изополя перемещений** ⇒ **Изополя перемещений по Z** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

Вывод на экран мозаик напряжений




- Чтобы вывести на экран мозаику напряжений по **Mx**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒ **Mx** (кнопки , а затем  на панели инструментов).
- Для отображения мозаики напряжений по **Nx**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒ **Nx** (кнопка  на панели инструментов).
- Для отображения мозаики напряжений по **Rz** (отпор упругого основания), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Изополя** ⇒ **Мозаика напряжений** ⇒ **Rz** (кнопка  на панели инструментов).
- 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, выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Восстановление конструкции**.

Вывод форм колебаний конструкции

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер нагружения на **4** и щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Выведите первую форму колебаний с помощью меню **Схема** ⇒ **Форма колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- Для вывода второй формы колебаний четвертого нагружения на панели инструментов **Загружения**  смените номер формы колебаний на **2** и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Просмотр анимации второй формы колебаний

- С помощью пункта меню **Вид** ⇒ **Пространственная модель (3D-графика)** перейдите в режим пространственной модели.

- Для просмотра анимации второй формы колебаний четвертого загружения выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** ⇒ **Показать анимацию колебаний** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Колебания** (рис.4.26) щелкните по кнопке  – **Воспроизвести анимацию**.
- Закройте диалоговое окно **Колебания** щелчком по кнопке  – **Заккрыть**.

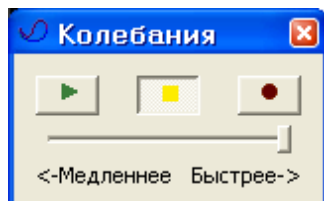



Рис.4.26. Диалоговое окно **Колебания**

- Для возврата в режим визуализации результатов расчета, закройте окно пространственной модели или выполните пункт меню **Вид** ⇒ **Конечноэлементная модель**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями усилий в элементах схемы выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.4.27) выделите строку **Усилия**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить** (для создания таблиц в формате HTML нужно включить радио-кнопку **HTML**. Для создания таблиц в формате для дальнейшей работы в режиме программы "Графический Макетировщик" нужно включить радио-кнопку **RPT**).

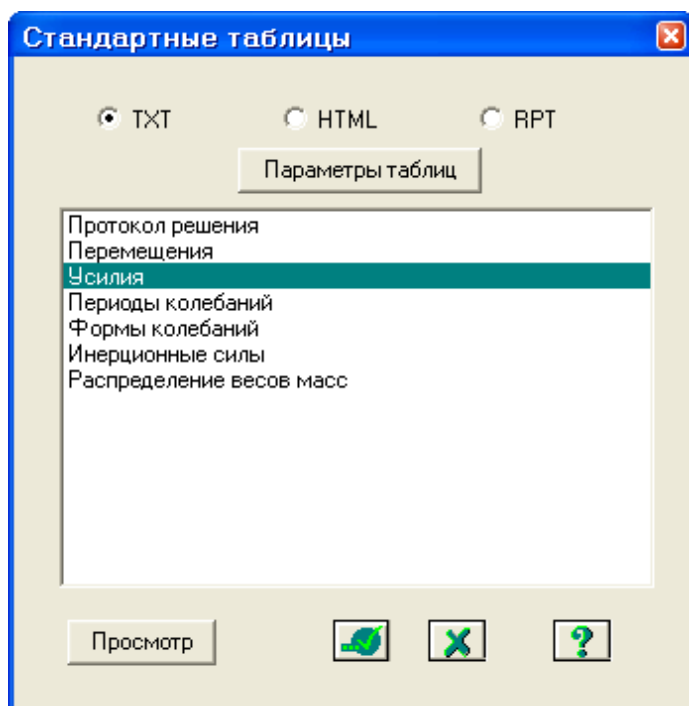



Рис.4.27. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

- В новом окне **Выбор загружений** (рис.4.28), при установленном флажке **Все загрузки**, щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

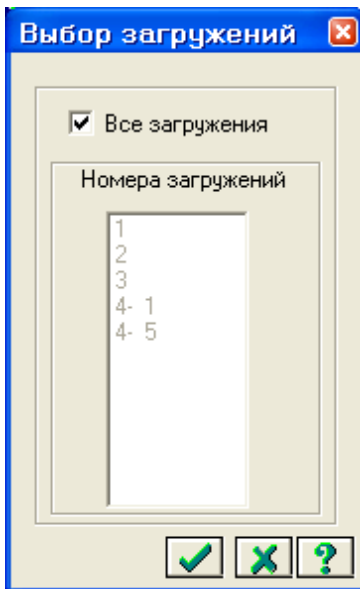



Рис.4.28. Диалоговое окно **Выбор загрузений**

- Для того чтобы закрыть таблицу, выполните пункт меню **Файл ⇒ Заккрыть**.
- Для вывода на экран таблицы со значениями периодов колебаний в диалоговом окне **Стандартные таблицы** выделите строку **Периоды колебаний**.
- Щелкните по кнопке  – **Применить**.
- Созданную таблицу можно сохранить в формате ***.txt**, выполнив пункт меню **Файл ⇒ Сохранить как**.
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить файл как** задайте:
 - имя файла – **Периоды4**;
 - папку, в которую будет сохранен этот файл (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.

