

Пример 1. Расчет плоской рамы

Цели и задачи:

- составить расчетную схему плоской рамы;
- 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.

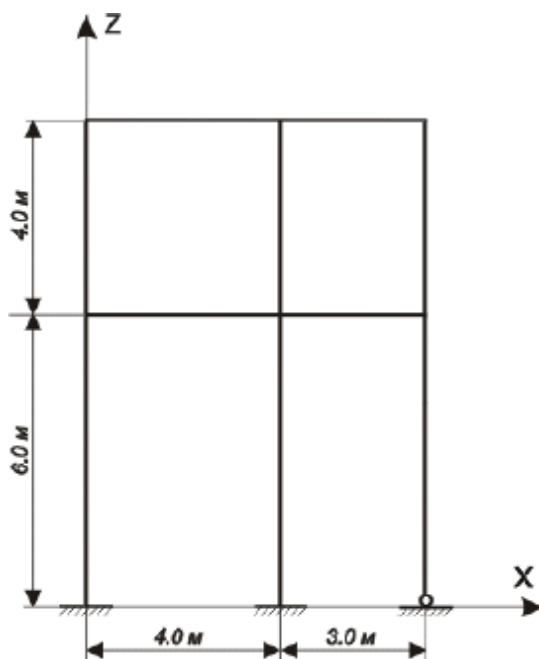


Рис.1.1. Схема рамы

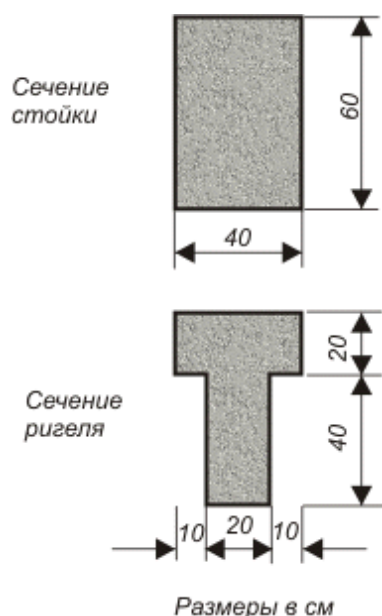
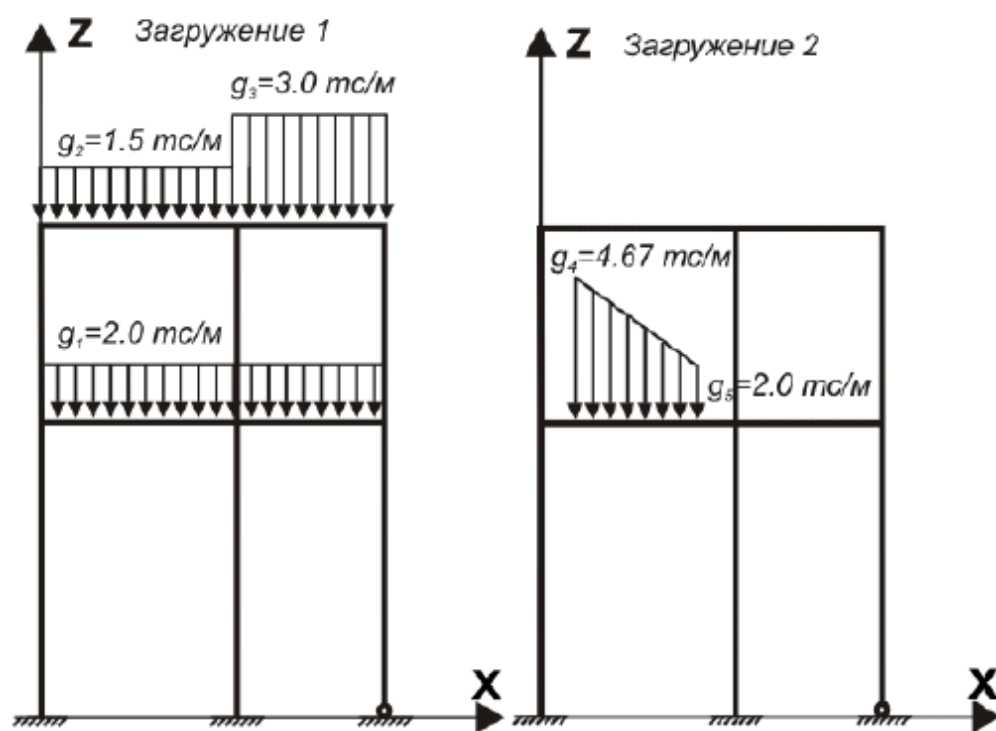


Рис.1.2. Сечения элементов рамы

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



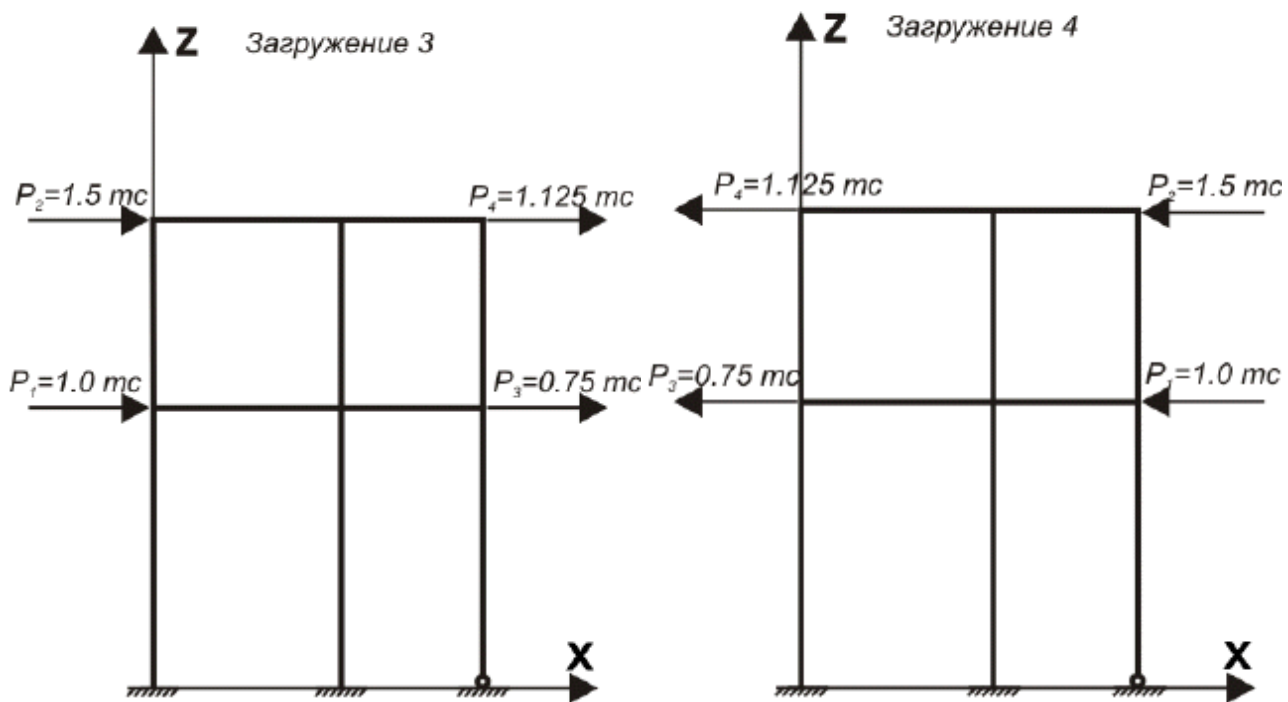




Рис.1.3. Схемы загрузений рамы



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. 1.4) задайте следующие параметры:
 - имя создаваемой задачи – **Пример1** (шифр задачи по умолчанию совпадает с именем задачи);
 - признак схемы – **2 – Три степени свободы в узле (два перемещения и поворот) X0Z**.
- После этого щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

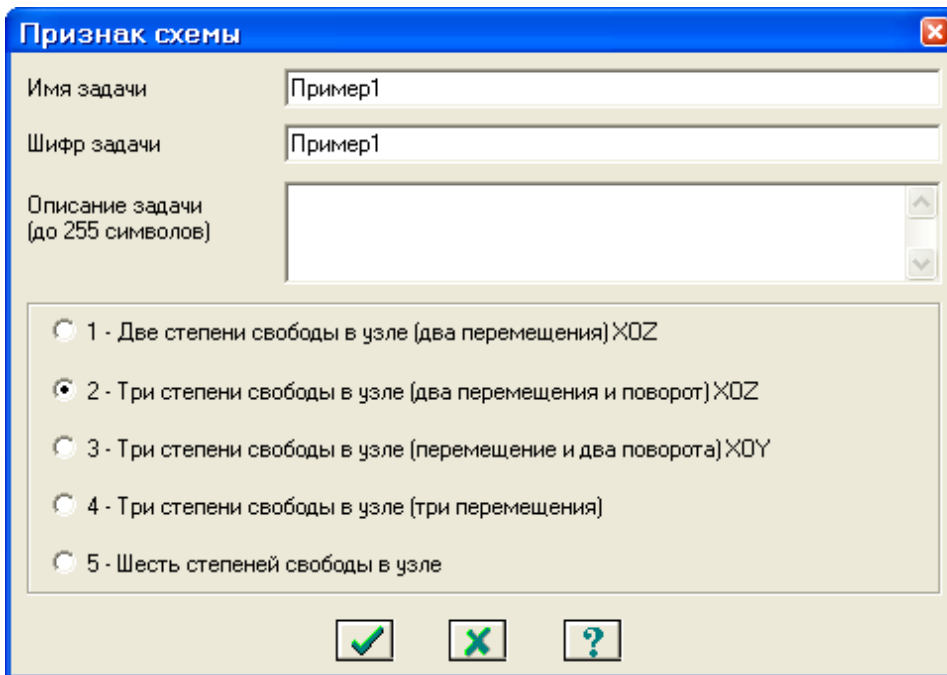



Рис.1.4. Диалоговое окно Признак схемы




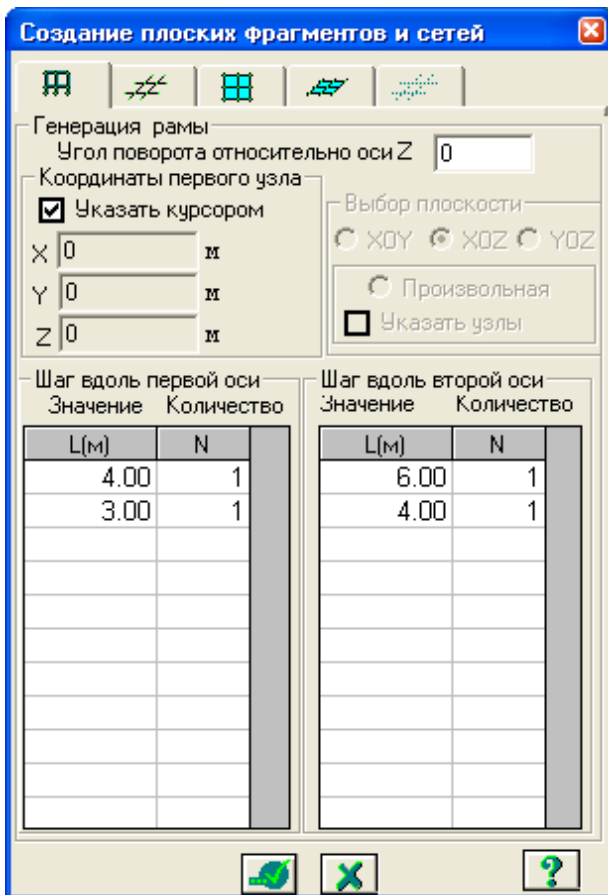
Создание геометрической схемы рамы

Этап 2. Создание геометрической схемы 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
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 выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Сохранить** (кнопка  на панели инструментов).
- В появившемся диалоговом окне **Сохранить как** задайте:
 - имя задачи – **Пример1**;
 - папку, в которую будет сохранена эта задача (по умолчанию выбирается папка – **LData**).
- Щелкните по кнопке **Сохранить**.



Задание граничных условий

Этап 3. Задание граничных условий

Вывод на экран номеров узлов и элементов

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

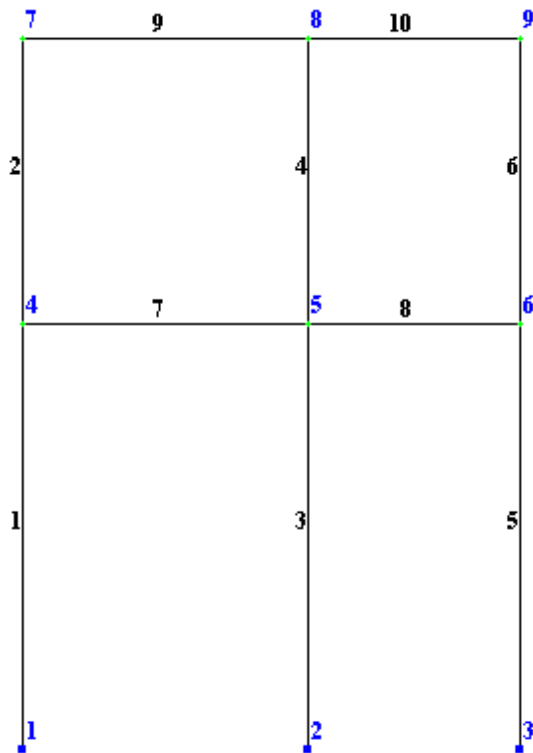



Рис.1.6. Нумерация узлов и элементов расчетной схемы



Выделение узлов № 1 и 2

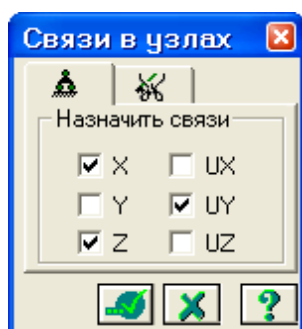
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите узлы № 1 и 2 (узлы окрашиваются в красный цвет).





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

Задание граничных условий в узлах № 1 и 2

- С помощью пункта меню **Схема** ⇒ **Связи** (кнопка  на панели инструментов) 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**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять

активность с операции выделения узлов.



Задание жесткостных параметров

Этап 4. Задание жесткостных параметров элементам рамы



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 **Назначить** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

Диалоговое окно **Жесткости элементов** имеет три закладки графического меню, дающее 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.

Формирование типов жесткости

- С помощью меню **Жесткости** ⇒ **Жесткости элементов** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Жесткости элементов** (рис.1.8).
- В этом окне щелкните по кнопке **Добавить** для того, чтобы вывести список стандартных типов сечений.

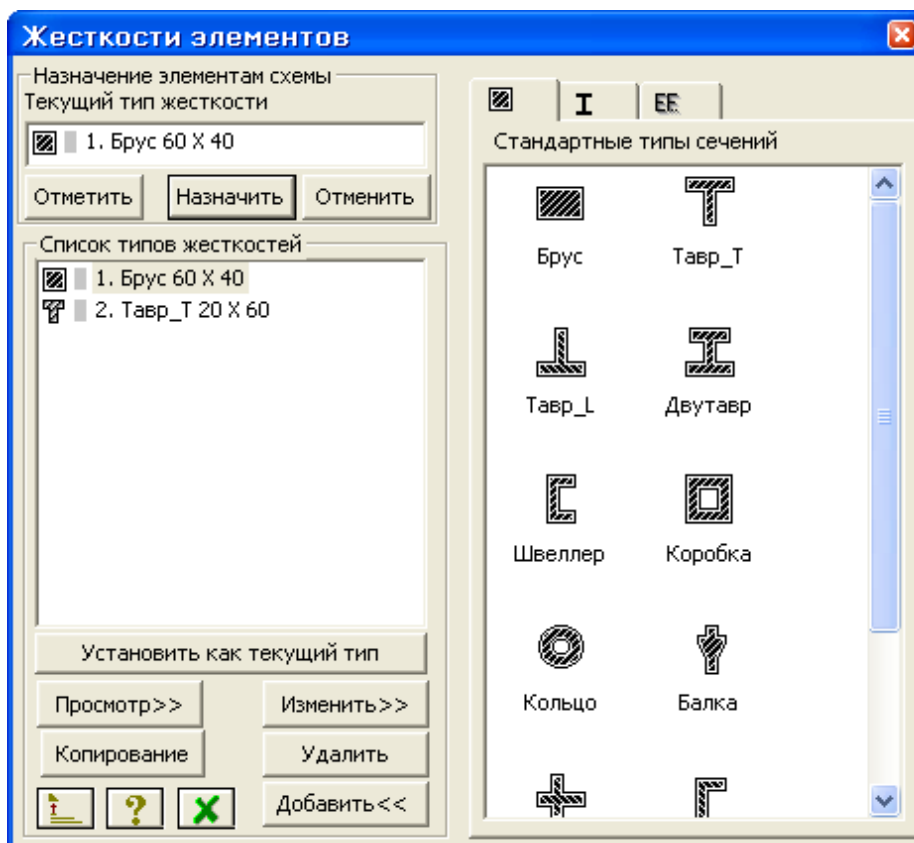



Рис.1.8. Диалоговое окно **Жесткости элементов**

- 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.1.9) задайте параметры сечения **Брус**:
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (при английской раскладке клавиатуры);
 - геометрические размеры – $B = 60 \text{ см}$; $H = 40 \text{ см}$.
- Чтобы увидеть эскиз создаваемого сечения со всеми размерами, щелкните по кнопке **Нарисовать**.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

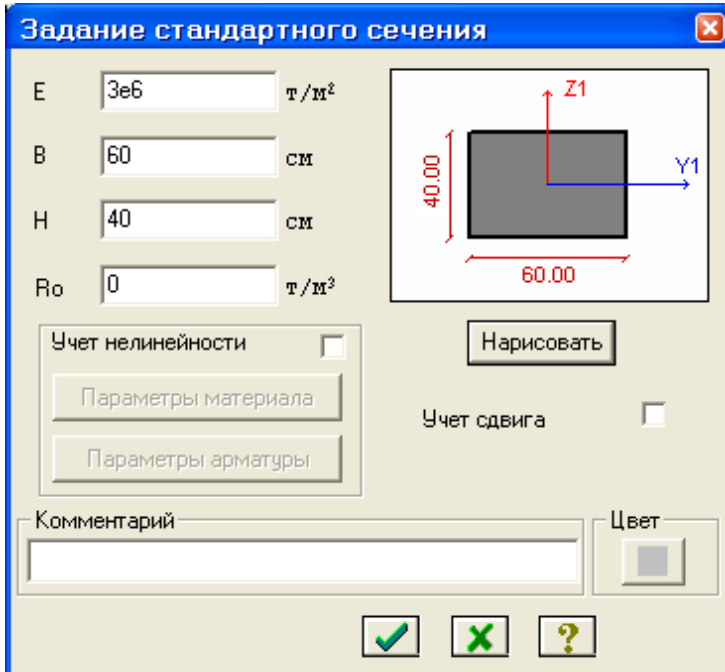




Рис.1.9. Диалоговое окно **Задание стандартного сечения**

- Далее в диалоговом окне **Жесткости элементов** выберите тип сечения **Тавр_Т**.
- В новом окне **Задание стандартного сечения** задайте параметры сечения **Тавр_Т**:
 - модуль упругости – $E = 3e6 \text{ т/м}^2$;
 - геометрические размеры – $B = 20 \text{ см}$; $H = 60 \text{ см}$; $B1 = 40 \text{ см}$; $H1 = 20 \text{ см}$.
- Для ввода данных щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Чтобы скрыть библиотеку жесткостных характеристик, в диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Добавить**.



Назначение жесткостей элементам рамы

- В диалоговом окне **Жесткости элементов** в списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **1.Брус 60x40**.
- 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 на строке списка).
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные 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 вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов), чтобы снять активность с операции выделения вертикальных стержневых элементов.
- В списке типов жесткостей выделите курсором тип жесткости **2.Тавр_Т 20х60**.
- Щелкните по кнопке **Установить как текущий тип**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- В диалоговом окне **Жесткости элементов** щелкните по кнопке **Назначить**.




Задание нагрузок

Этап 5. Задание нагрузок




Выбор загрузки

Допускается задание до 99 загрузок. Каждому загрузке присваивается номер и произвольное имя. Загрузка может содержать любое количество нагрузок. Номер и имя загрузки присваиваются с помощью диалогового окна **Активное загрузке** (рис.1.10),

которое вызывается из меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор загрузки** (кнопка  на панели инструментов). По умолчанию, в начале работы программы, принято имя **Загрузка 1**.

Задание нагрузок

Нагрузки на узлы и элементы задаются с помощью диалогового окна **Задание нагрузок** (рис.1.11),

которое вызывается из меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).

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 загрузке**.

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**.

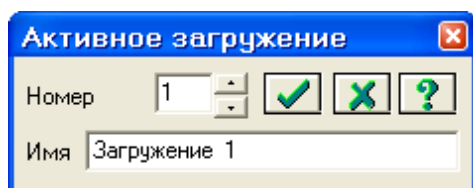



Рис.1.10. Диалоговое окно **Активное загрузке**

Формирование загрузки № 1

- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- Вызовите диалоговое окно **Задание нагрузок** (рис.1.11) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Нагрузка на узлы и элементы** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом окне перейдите на третью закладку **Нагрузки на стержни** (по умолчанию указана система координат **Глобальная**, направление – вдоль оси **Z**).

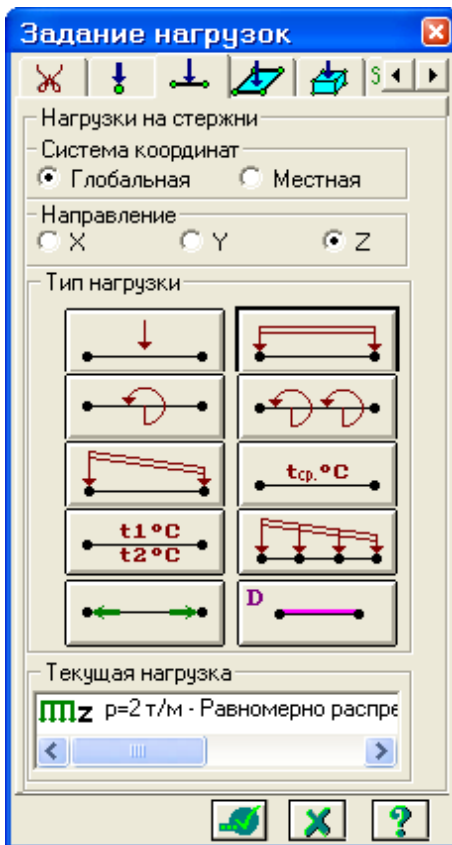


Рис.1.11. Диалоговое окно Задание нагрузок



- Щелчком по кнопке равномерно распределенной нагрузки вызовите диалоговое окно **Параметры**.
- В этом окне задайте интенсивность нагрузки $p = 2$ т/м (рис.1.12).
- Щелкните по кнопке – **Подтвердить**.






Рис.1.12. Диалоговое окно Параметры

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке – **Применить**.
- 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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке – **Применить**.
- 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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Формирование загрузки № 2

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** (рис.1.10) с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне задайте номер нагружения **2**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выделите элемент № 7.
- В диалоговом окне **Задание нагрузок** щелчком по кнопке трапецевидной 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.1.13).
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

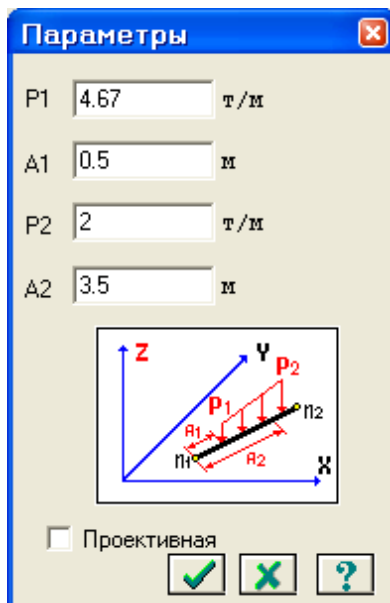









Рис.1.13. Диалоговое окно **Параметры** (трапецевидная нагрузка)



- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.

Формирование загрузки № 3

- Смените номер текущего нагружения, вызвав диалоговое окно **Активное нагружение** с помощью меню **Нагрузки** ⇒ **Выбор нагружения** (кнопка  на панели инструментов).
- В этом диалоговом окне переключите номер нагружения на **3**.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка узлов** (кнопка  на панели инструментов).
- 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 нагрузок**.
- В этом окне введите значение $P = -1$ т.
- Щелкните по кнопке  – **Подтвердить**.

- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- 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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- 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 загрузки 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**.
- После этого в диалоговом окне **Задание нагрузок** щелкните по кнопке  – **Применить**.
- 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.




Генерация таблицы РСУ


Этап 6. 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 системах **ЛИР-АРМ** и **ЛИР-СТК** нужно производить расчет РСУ или РСН. Вычисление расчетных сочетаний усилий (РСУ) 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).

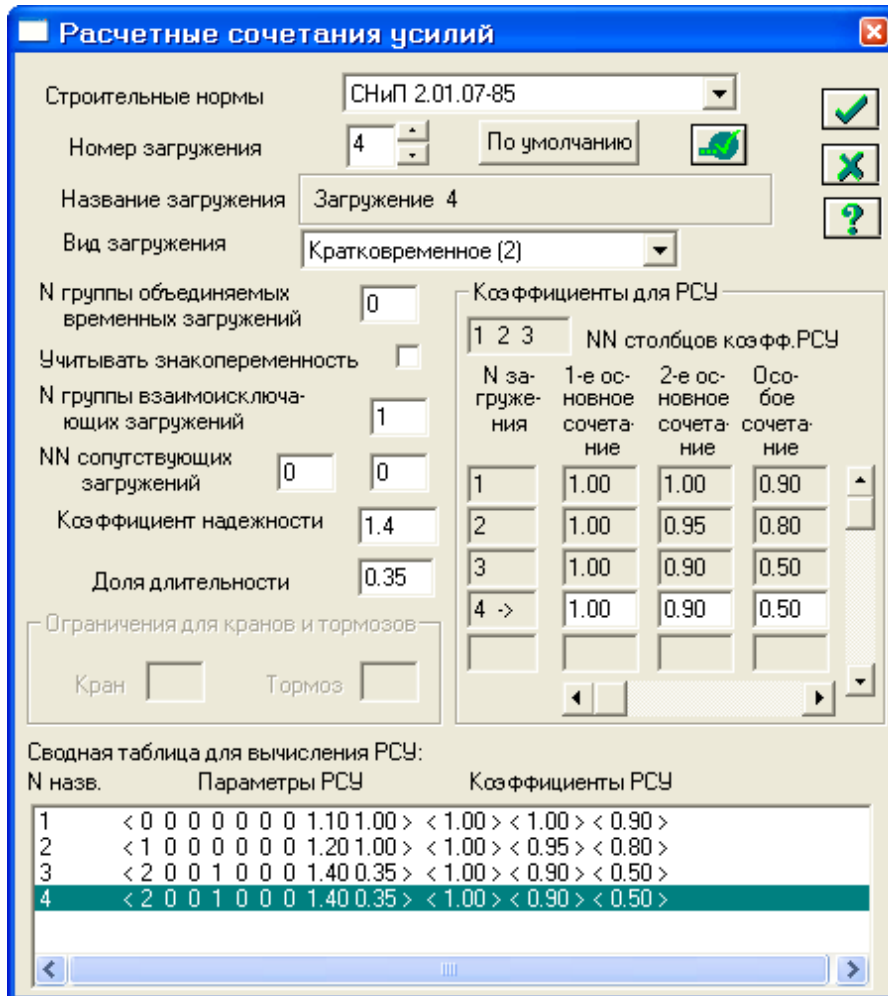
Подробное описание таблицы РСУ

- С помощью пункта меню **Нагрузки** ⇒ **РСУ** ⇒ **Генерация таблицы РСУ** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.14).
- В этом окне при выбранных строительных нормах **СНиП 2.01.07-85** задайте следующие данные:
 - для Загружения 1 выберите в списке Вид загрузки – **Постоянное (0)** и щелкните по кнопке **По умолчанию** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 2);
 - для Загружения 2 выберите в списке Вид загрузки – **Временное длит. (1)** и щелкните по кнопке **По умолчанию** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 3);
 - для Загружения 3 выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)**, в текстовом поле **№**

группы взаимоисключающих загружений задайте 1, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину 1.4 и после этого щелкните по кнопке  – **Применить** (в строке **Номер загрузки** номер автоматически изменился на 4);

- для Загрузки 4 (повтор данных загрузки 3) выберите в списке Вид загрузки – **Кратковременное (2)**, в текстовом поле **№ группы взаимоисключающих загружений** задайте 1, в текстовом поле **Коэффициент надежности** задайте величину 1.4 и после этого щелкните по кнопке  – **Применить**.

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



Строительные нормы: СНиП 2.01.07-85

Номер загрузки: 4 (По умолчанию)

Название загрузки: Загрузка 4

Вид загрузки: Кратковременное (2)

N группы объединяемых временных загружений: 0

Учитывать знакопеременность: ☐

N группы взаимоисключающих загружений: 1

NN сопутствующих загружений: 0

Коэффициент надежности: 1.4

Доля длительности: 0.35

Ограничения для кранов и тормозов: Кран ☐ Тормоз ☐

Коэффициенты для РСЧ

N за-гружения	1-е ос-новное сочета-ние	2-е ос-новное сочета-ние	Осо-бое сочета-ние
1	1.00	1.00	0.90
2	1.00	0.95	0.80
3	1.00	0.90	0.50
4 ->	1.00	0.90	0.50

Сводная таблица для вычисления РСЧ:



N назв.	Параметры РСЧ	Коэффициенты РСЧ
1	< 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00 >	< 1.00 > < 1.00 > < 0.90 >
2	< 1 0 0 0 0 0 1.20 1.00 >	< 1.00 > < 0.95 > < 0.80 >
3	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >
4	< 2 0 0 1 0 0 1.40 0.35 >	< 1.00 > < 0.90 > < 0.50 >

Рис.1.14. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**



Задание расчетных сечений для ригелей

Этап 7. Задание расчетных сечений для ригелей

- Выделите на схеме все горизонтальные элементы.
- С помощью меню **Схема** ⇒ **Расчетные сечения стержней** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Расчетные сечения** (рис.1.15).
- 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).

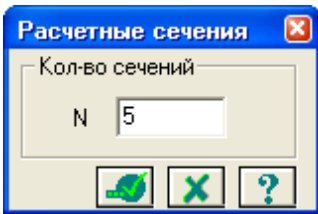



Рис.1.15. Диалоговое окно Расчетные сечения



Статический расчет рамы



Этап 8. Статический расчет рамы

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



Просмотр и анализ результатов расчета

Этап 9. Просмотр и анализ результатов расчета

- После расчета задачи, переход в режим результатов расчета осуществляется с помощью меню **Режим** ⇒ **Результаты расчета** (кнопка  на панели инструментов).
- В режиме просмотра результатов расчета по умолчанию расчетная схема отображается с учетом перемещений узлов (рис.1.16). Для отображения схемы без учета перемещений узлов выполните пункт меню **Схема** ⇒ **Исходная схема** (кнопка  на панели инструментов).

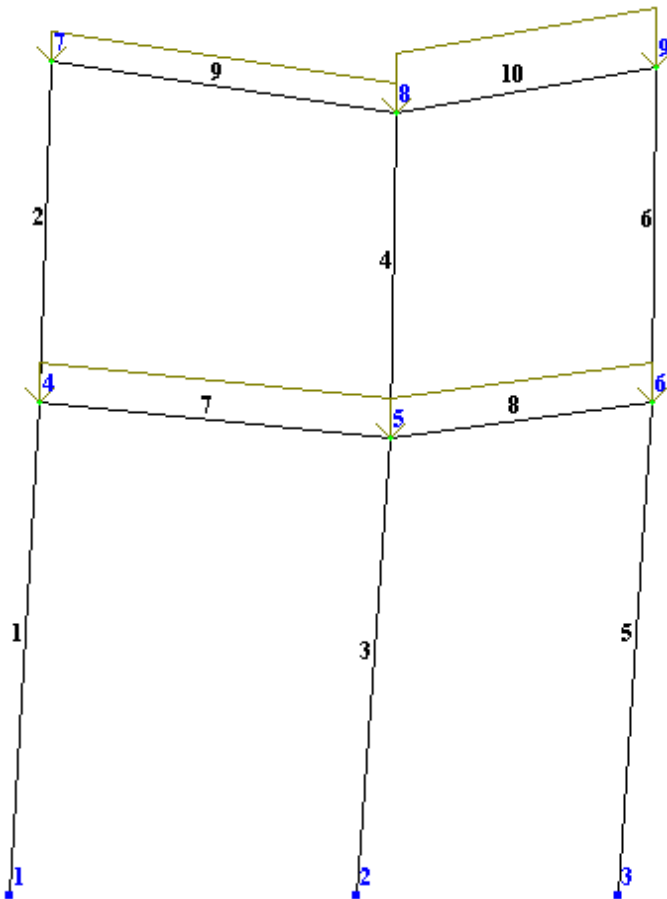


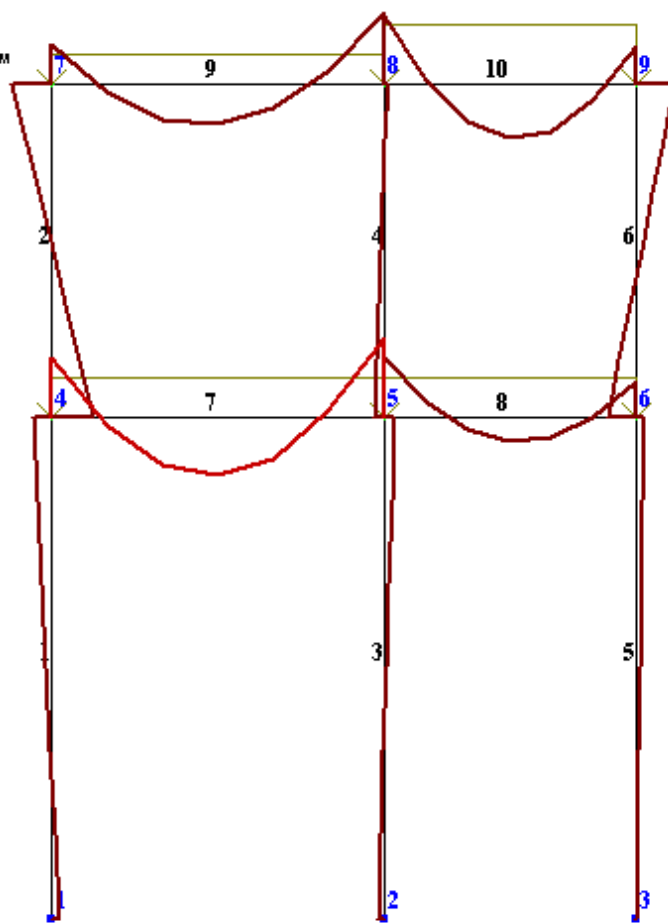


Рис.1.16. Расчетная схема с учетом перемещений узлов

[Вывод на экран эпюр внутренних усилий](#)



- Выведите на экран эпюру **My** (рис.1.17) с помощью меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры изгибающих моментов (My)** (кнопки , а затем  на панели инструментов).

Загружение 1
Эпюра My
Единицы измерения - т*м

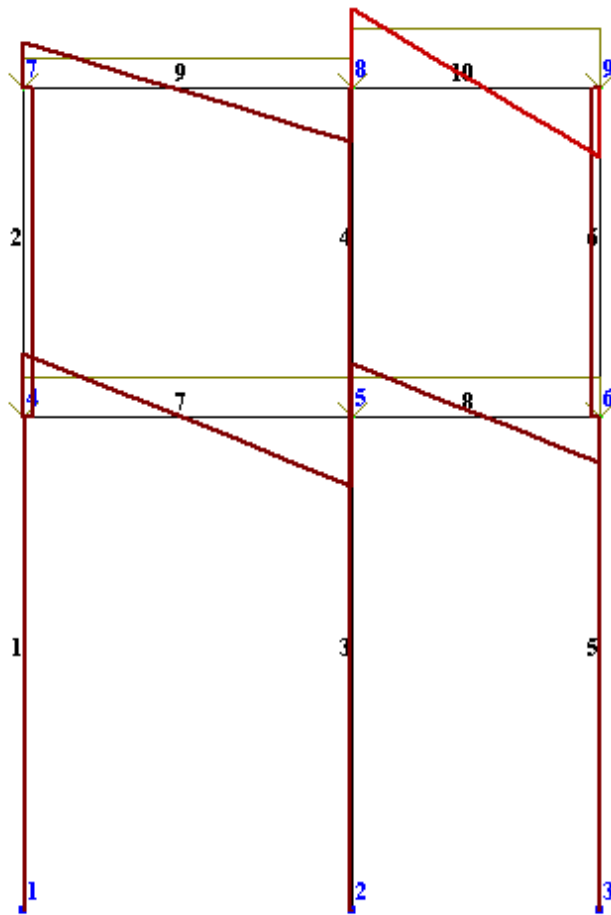


Минимальное усилие -2.49195
Максимальное усилие 1.833

Рис.1.17. Эпюры изгибающих моментов **My**

- Для вывода эпюры **Qz** (рис.1.18), выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Эпюры поперечных сил (Qz)** (кнопка  на панели инструментов).
- Чтобы вывести мозаику усилия **My**, выполните пункт меню **Усилия** ⇒ **Эпюры** ⇒ **Мозаика My** (кнопка  на панели инструментов).



Загрузка 1
Эпюра Qz
Единицы измерения - т




Минимальное усилие -4.19157
Максимальное усилие 4.80843

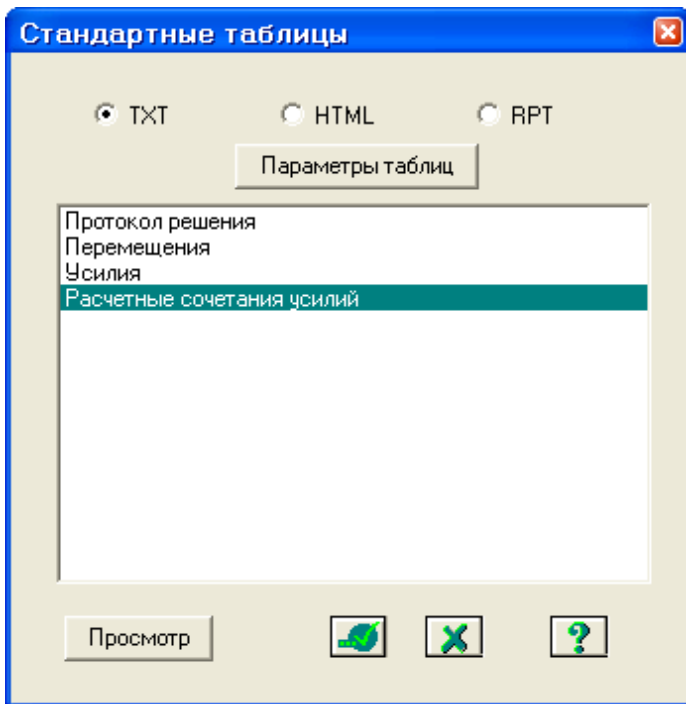
Рис.1.18. Эпюры поперечных сил Qz

Смена номера текущего нагружения

- На панели инструментов **Загружения**  смените номер загрузки на 2 и щелкните по кнопке  – **Применить**.

Формирование и просмотр таблиц результатов расчета

- Для вывода на экран таблицы со значениями расчетных сочетаний усилий в элементах схемы, выполните пункт меню **Окно** ⇒ **Стандартные таблицы**.
- После этого в диалоговом окне **Стандартные таблицы** (рис.1.19) выделите строку **Расчетные сочетания усилий**.
- 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.1.19. Диалоговое окно **Стандартные таблицы**

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



Импорт в систему ЛИР-АРМ

Расчет и конструирование сечений в системе ЛИР-АРМ




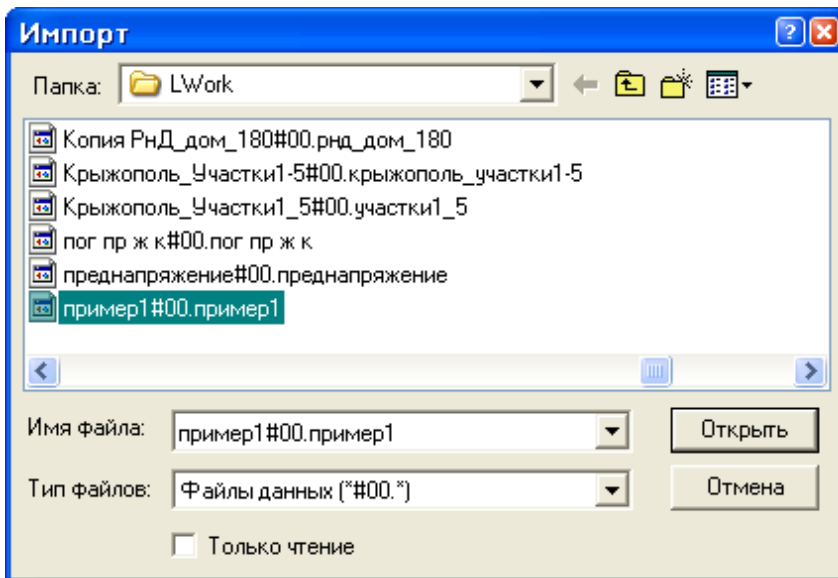
Система **ЛИР-АРМ** предназначена для подбора арматуры и конструирования железобетонных стержневых и пластинчатых элементов. Проверка и конструирование сечений выполняется в соответствии с требованиями норм СНиП 2.03.01-84, ТСН102-00, ДСТУ 3760-98 и другие. Исходными данными для работы системы является файл, подготовленный в системе **ЛИР-ВИЗОР**, содержащий усилия в заданных сечениях и РСУ. Этот файл имеет формат ***#00.***. Данные, характеризующие применяемые материалы и условия работы проектируемого элемента, вводятся с помощью диалоговых окон системы **ЛИР-АРМ**. Система имеет четыре модуля армирования, выполняющих подбор по первой и второй группам предельных состояний:

- модуль **стержень**;
- модуль **балка-стенка**;
- модуль **плита**;
- модуль **оболочка**.

Для того чтобы начать работу с системой **ЛИР-АРМ**, выполните следующую команду Windows: **Пуск** ⇒ **Программы** ⇒ **Lira Soft** ⇒ **ЛИРА 9.4** ⇒ **ЛИР-АРМ** (с этого момента в отдельном окне работает модуль **ЛИР-АРМ**).

Этап 10. Импорт расчетной схемы

- Для импорта расчетной схемы выполните пункт меню **Файл** ⇒ **Импорт** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Импорт** (рис.1.20) выделите файл **пример1#00.пример1**.
- Щелкните по кнопке **Открыть**.


Рис.1.20. Диалоговое окно **Импорт**

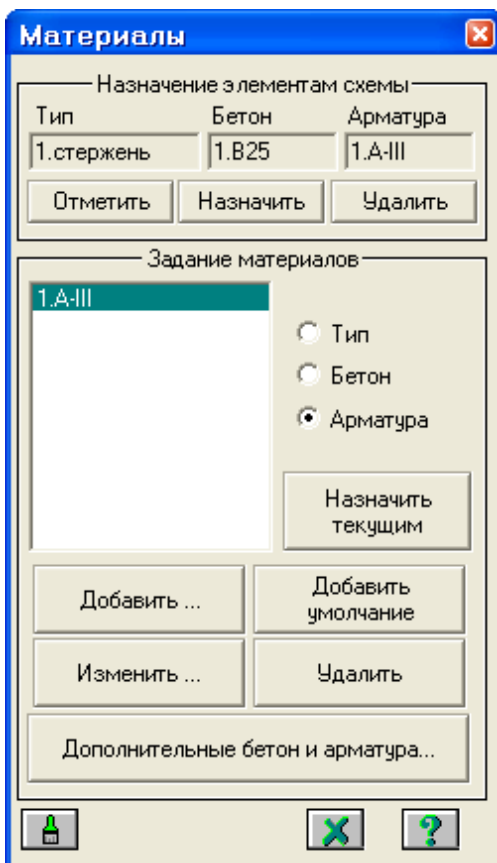
Модуль **ЛИР-АРМ** также можно открыть из режима результатов расчета **ЛИР-ВИЗОР** с помощью меню **Окно ⇒ ЛИР-АРМ**. В этом случае импорт расчетной схемы производится автоматически.




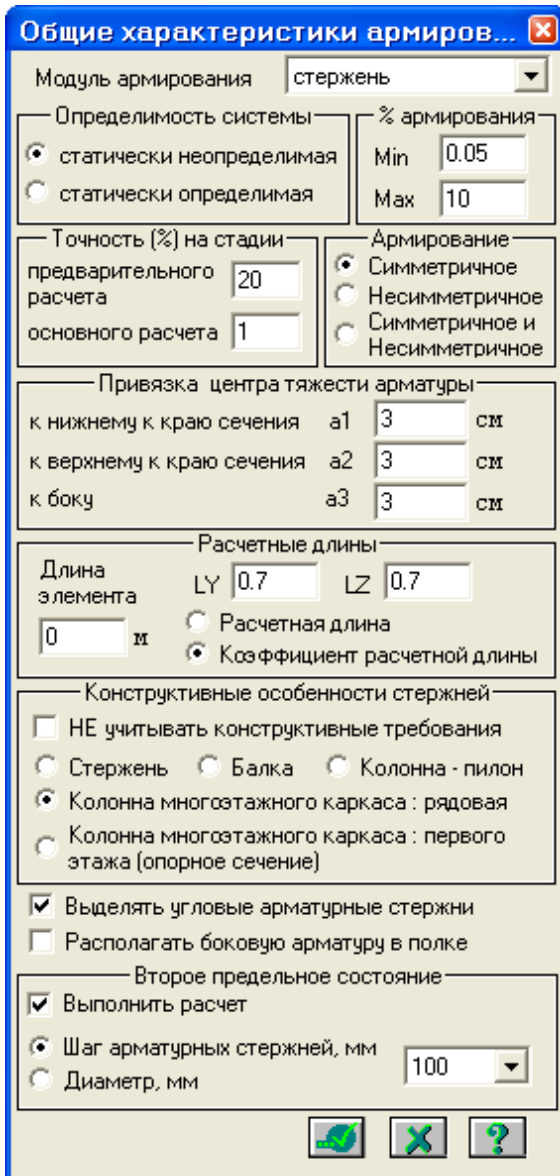
Задание и выбор материала

Этап 11. Задание и выбор материала

- С помощью меню **Редактирование ⇒ Задание и выбор материала** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Материалы** (рис.1.21).

Рис.1.21. Диалоговое окно **Материалы**

- В этом диалоговом окне включите радио-кнопку **Тип** и щелкните по кнопке **Добавить**.
- На экран выводится диалоговое окно **Общие характеристики армирования** (рис.1.22), в котором задайте следующие параметры для колонн:
 - в раскрывающемся списке **Модуль армирования** выберите строку **стержень**;
 - в поле **Армирование** включите радио-кнопку **Симметричное**;
 - в поле **Расчетные длины** включите радио-кнопку **Коэффициент расчетной длины**;
 - задайте параметры $LY = 0.7$, $LZ = 0.7$;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Колонна многоэтажного каркаса: рядовая** и снимите флажок **Не учитывать конструктивные требования**;
 - все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.



Общие характеристики армиров...

Модуль армирования: **стержень**

Определимость системы:
☒ статически неопределимая
☐ статически определимая

% армирования:
 Min: 0.05
 Max: 10

Точность (%) на стадии:
 предварительного расчета: 20
 основного расчета: 1

Армирование:
☒ Симметричное
☐ Несимметричное
☐ Симметричное и Несимметричное

Привязка центра тяжести арматуры:
 к нижнему к краю сечения: a1: 3 см
 к верхнему к краю сечения: a2: 3 см
 к боку: a3: 3 см

Расчетные длины:
 Длина элемента: 0 м
☐ Расчетная длина
☒ Коэффициент расчетной длины
 LY: 0.7 LZ: 0.7

Конструктивные особенности стержней:
☐ НЕ учитывать конструктивные требования
☐ Стержень ☐ Балка ☐ Колонна - пилон
☒ Колонна многоэтажного каркаса: рядовая
☐ Колонна многоэтажного каркаса: первого этажа (опорное сечение)

☒ Выделять угловые арматурные стержни
☐ Располагать боковую арматуру в полке

Второе предельное состояние:
☒ Выполнить расчет
☒ Шаг арматурных стержней, мм: 100
☐ Диаметр, мм





  

Рис. 1.22. Диалоговое окно **Общие характеристики армирования**



- Система возвращается к диалоговому окну **Материалы**. В этом окне щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- После этого снова щелкните по кнопке **Добавить**.
- В новом окне **Общие характеристики армирования** задайте параметры для балок:
 - в поле **Армирование** включите радио-кнопку **Несимметричное**;
 - в поле **Конструктивные особенности стержней** включите радио-кнопку **Балка** и снимите флажок **Не учитывать конструктивные требования**;

- все остальные параметры остаются заданными по умолчанию.
- После этого щелкните по кнопке  – **Применить**.
- В диалоговом окне **Материалы** включите радио-кнопку **Бетон**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается бетон класса В25).
- В этом же окне включите радио-кнопку **Арматура**.
- Щелкните по кнопкам **Добавить умолчание** и **Назначить текущим** (этой операцией по умолчанию принимается арматура класса А-III).



Назначение материала

Этап 12. Назначение материала



- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы.
- В диалоговом окне **Материалы** щелкните по кнопке **Назначить**.
- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- После этого в диалоговом окне **Материалы** включите радио-кнопку **Тип**.
- В списке материалов выделите строку **2.стержень** и щелкните по кнопке **Назначить текущим**.
- Для назначения материала на элементы балок щелкните по кнопке **Назначить**.



Назначение вида элементов

Этап 13. Назначение вида элементов

Назначение вида элементов КОЛОННА

- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка вертикальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все вертикальные элементы схемы.
- Из меню **Редактирование** ⇒ **Назначить вид элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Вид элемента** (рис. 1.23).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Колонна**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (вид элемента назначается для того, чтобы можно было выполнить конструирование ж/б стержневых элементов).

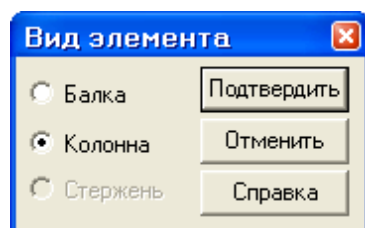





Рис.1.23. Диалоговое окно **Вид элемента**

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

Назначение вида элементов БАЛКА



- Выполните пункт меню **Выбор** ⇒ **Отметка горизонтальных элементов** (кнопка  на панели инструментов).
- С помощью курсора выделите все горизонтальные элементы схемы.
- Из меню **Редактирование** ⇒ **Назначить вид элемента** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Вид элемента**.
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Балка**, щелкните по кнопке **Подтвердить**.




Назначение конструктивных элементов

Этап 14. Назначение конструктивных элементов

Вывод на экран номеров узлов и элементов

- Выполните пункт меню **Опции** ⇒ **Флаги рисования** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Показать** при активной закладке **Элементы** установите флажок **Номера элементов**.
- Щелкните по кнопке  – **Перерисовать**.

Назначение конструктивного элемента БАЛКА

- Выделите горизонтальные элементы № 7 и 8.
- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Назначить конструктивный элемент** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы** (рис.1.24).
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Балка**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (конструктивный элемент БАЛКА назначается для того, чтобы учесть, что это именно неразрезная балка).

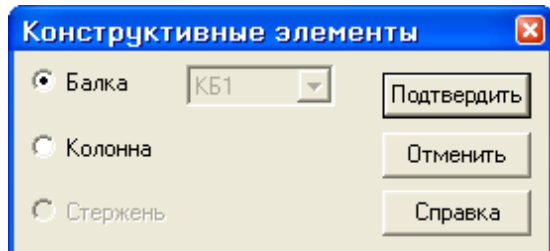



Рис.1.24. Диалоговое окно **Конструктивные элементы**

Назначение конструктивного элемента КОЛОННА


- Выделите вертикальные элементы № 1 и 2.
- С помощью меню **Редактирование** ⇒ **Назначить конструктивный элемент** (кнопка  на панели инструментов) вызовите диалоговое окно **Конструктивные элементы**.
- В этом окне, при активной радио-кнопке **Колонна**, щелкните по кнопке **Подтвердить** (конструктивный элемент КОЛОННА назначается для того, чтобы учесть, что это именно сплошная колонна).



Расчет армирования и просмотр результатов

Этап 15. Расчет армирования и просмотр результатов подбора арматуры

Подбор арматуры

- Запуск задачи на подбор арматуры производится из меню **Режим** ⇒ **Расчет арматуры** (кнопка  на панели инструментов).
- В диалоговом окне **Расчет** (рис.1.25) включите радио-кнопку **Расчет по РСУ**.

- Щелкните по кнопке **Выполнить расчет**.
- После окончания расчета щелкните по кнопке **Заккрыть**.

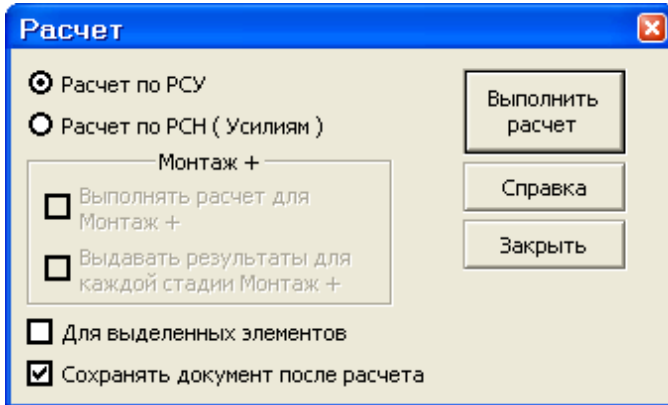




Рис.1.25. Диалоговое окно Расчет

[Формирование таблиц результатов подбора арматуры в текстовом формате](#)

- Выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Текстовые файлы** ⇒ **Формирование результатов для выбранных элементов** (кнопка  на панели инструментов).

[Просмотр таблиц результатов подбора арматуры](#)

- Для просмотра результатов подбора арматуры в текстовом формате, выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Текстовые файлы** ⇒ **Результаты армирования** (кнопка  на панели инструментов).

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

- Вызовите диалоговое окно **Таблицы результатов** (рис.1.26) с помощью меню **Результаты** ⇒ **Таблицы результатов**.
- В этом окне в поле **Формат таблиц** включите радио-кнопку **HTML** (по умолчанию в поле **Элементы** включена кнопка **Арматура в стержнях**, а в поле **Создать таблицу** включена радио-кнопка **для всех элементов**).
- Щелкните по кнопке **Таблицу на экран**.
- Создание таблиц результатов в других форматах производится аналогично формату HTML.

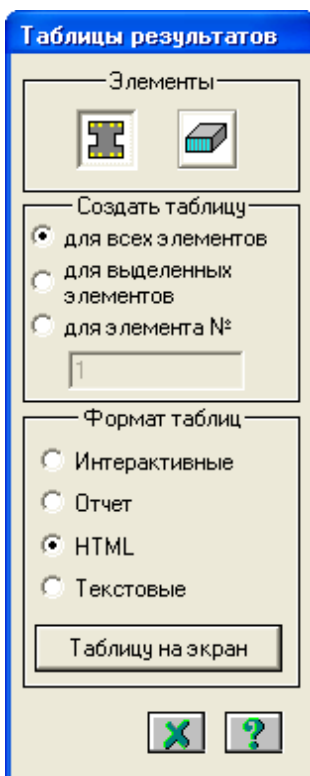






Рис.1.26. Диалоговое окно Таблицы результатов



Конструирование ригеля ж/б рамы

Конструирование ригеля железобетонной рамы

Этап 16. Вызов чертежа балки





- Выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Конструирование балки** (кнопка  на панели инструментов).
- 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 ж/б рамы

Конструирование колонны железобетонной рамы

Этап 17. Вызов чертежа колонны

- Выполните пункт меню **Результаты** ⇒ **Конструирование колонны** (кнопка  на панели инструментов).
- 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. Вычисление PCY заключается в следующем.

В общем случае напряженно-деформированного состояния критерием определения опасного PCY служит экстремум упругого потенциала в какой-либо точке тела при действии на него усилий от многих нагрузок. В такой постановке легко учитываются особенности напряженного состояния конечных элементов различного типа. Это позволяет значительно сократить количество рассматриваемых PCY, не утратив наиболее опасных из них.

Так, например, для стержневых элементов задача выбора PCY сводится к нахождению экстремальных значений нормальных и касательных напряжений, вычисленных в характерных точках сечения. Поэтому и критериями здесь являются экстремальные напряжения в этих точках сечения.

В элементах плоского напряженного состояния, плитах и оболочках задача выбора PCY сводится к рассмотрению огибающих кривых напряжений в зависимости от угла наклона главных площадок.

Общие правила формирования таблицы PCY следующие:

- параметры расчетных сочетаний задаются для каждого из нагрузок задачи;
- каждое PCY относится к одному из предусмотренных нормативными документами видов сочетаний;
- реализовано 8 видов нагрузок, с помощью которых программно обеспечивается их корректная логическая взаимосвязь. При этом существует возможность учета знакопеременности, взаимоисключения и сопутствия нагрузок. Каждому из видов нагрузок присвоен номер:
- (0) – постоянное;
- (1) – временное длительное;
- (2) – кратковременное;
- (3) – крановое;
- (4) – тормозное;
- (5) – сейсмическое;
- (6) – особое (кроме сейсмического);
- (7) – мгновенное;
- (9) – ветровое статическое при учете пульсации ветра.

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

- Программным комплексом автоматически (по умолчанию) генерируются параметры, соответствующие текущему виду нагрузки. Однако, пользователь может по своему усмотрению изменить любой из параметров;
- все операции по формированию PCY выполняются с помощью диалогового окна **Расчетные сочетания усилий** (рис.1.14);
- данные для формирования PCY могут быть введены до расчета, в режиме формирования расчетной схемы, или после расчета, в режиме визуализации результатов расчета.



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

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

Вид нагрузки – наименование вида нагрузки, установленное в ПК ЛИРА.

Параметры PCY

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

Каждая нагрузка может иметь название.

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

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

Параметры PCY включают:

- **Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f** . Коэффициенты, формируемые по умолчанию, имеют

такие значения:

постоянные загрузки $\gamma_f = 1.1$;

временные длительные $\gamma_f = 1.2$;

кратковременные $\gamma_f = 1.2$;

мгновенные $\gamma_f = 1.4$;

особые $\gamma_f = 1.0$.

- **Доля длительности ψ_g .** Коэффициент, показывающий, какая часть нагрузки в рассматриваемом загрузении принимается как длительно действующая. По умолчанию генерируются такие значения: постоянное и длительно действующие загрузки $\psi_g = 1.0$;
- 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 для данного вида загрузением. Например, если основным является загрузение вертикальными крановыми нагрузками, то сопутствующим является загрузение горизонтальным тормозным воздействием.

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

- **№ группы взаимоисключающих загрузений.** Этим параметром вводятся ограничения на те загрузения, которые в одно сочетание не могут входить одновременно. Таковыми, например, являются загрузения **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 загрузениями все же налагаются некоторые ограничения:

- а) загрузки видов **0** и **3** не могут быть знакопеременными;
- б) объединение загрузений допускается для видов **1, 2, 7**;
- в) загрузение вида **4** (тормозное) может сопутствовать только загрузению вида **3** (крановое);
- г) загрузки видов **1, 2, 5, 6, 7** могут быть объявлены сопутствующими для загрузений **1, 2, 5, 6, 7** в любой комбинации;
- д) двойное сопутствие (сопутствие одного и того же загрузения двум другим и более) не допускается;
- е) никакое сопутствующее загрузение не может быть включено в группы объединения и взаимоисключения;
- ж) допускается вводить до 9 групп объединения или взаимоисключения;
- з) динамическое загрузение не может быть сопутствующим.

Коэффициенты РСУ

Для каждого РСУ рассматривается три сочетания: два основных и одно особое (см. рис.1.14). В каждую строку соответственно рассматриваемому РСУ заносятся коэффициенты усилий в сочетаниях ψ_i , $i = 1, 2, 3$.

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

Таблица 1.1. Значения коэффициентов РСУ, принимаемых по умолчанию

Вид загрузения	Основные сочетания		Особое сочетание
	1-е	2-е	
Постоянное	1.0	1.0	0.9
Длительно действующее	1.0	0.95	0.8
Кратковременное	1.0	0.90	0.5
Крановое	1.0	0.90	0.0
Тормозное	1.0	0.90	0.0
Сейсмическое	0	0	1.0
Особое (кроме сейсмического)	0	0	1.0
Мгновенное	1.0	0.95	0.9
Ветровое статическое	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 12 столбцов. На рис.1.27 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
1	<0	0	0	0	0	0	0	1.10	1.00>	<1.00>	<1.00>	<0.90>

Рис.1.27. Столбцы сводной таблицы для вычисления РСУ

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