

**National Aviation University
Chair of computer technology of construction**

O. Vasilevskiy

The conspectus of the lectures on disciplines:
**"Fundamentals of a CAD"
"Computer technology of airport building and
construction designing"**

**Module 2. Input of the rigid characteristics of elements and
loading"**

Kiev 2006

1.3.9. Задание жесткостных характеристик элементов

Для расчета системы необходимо задать жесткостные характеристики элементов, зависящие от типа конечных элементов, такие как площади поперечных сечений, моменты инерции сечений, толщина плитных и оболочечных элементов, модули упругости и сдвига, коэффициенты 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;
- командой **Назначить жесткость** всем выделенным элементам присваиваются жесткостные характеристики, содержащиеся в текущем типе жесткости.

В распоряжении пользователя есть несколько способов ввода числовых данных жесткостных характеристик, и далее мы их рассмотрим. Но прежде отметим, что независимо от способа ввода данных процедура назначения жесткостей всегда будет такой, как описано выше.

Ввод числовых данных

Этот этап операции, занимающий у пользователя больше всего времени, выполняется с помощью диалогового окна «Сечение». Диалоговое окно вызывается командой Задание и выбор жесткости из ниспадающего меню «Жесткости» или с помощью инструмента ? из панели «Связи, жесткости, нагрузки» (см. рис. 1.20).

Вызвав в новой задаче диалоговое окно «Сечение», вы увидите его пустым, таким как на рис. 1.46.

Для того чтобы начать ввод данных, нужно щелкнуть на кнопке [Добавить]. Смысл этой команды очевиден: в список жесткостей слева (пока еще пустой) требуется добавить новую жесткость.

После щелчка диалоговое окно изменяет свой вид: в правой части его появляется графическое меню, содержащее типичные, распространенные виды сечений (рис. 1.47).

Активизация (двойным щелчком) пиктограммы нужного типа сечения инициирует вывод на экран следующего диалогового окна, содержащего текстовые поля для ввода жесткостных характеристик (рис. 1.48).

1.3.9. Input of the rigid characteristics of elements

For calculation of system is necessary to set rigid characteristic of elements which depend on a type of final elements, such as the areas of cross sections, moments of inertia of sections, the thickness of plate and bounding box elements, modules of elasticity and shift, factors of the elastic basis.

The general scheme of the input rigid characteristics is:

- the numerical data of the rigid characteristics are entered. Each set of the characteristics we will call a *type of rigidity* or simply *rigidity*. To each type of rigidity will be appropriated serial number;
- one of types of rigidity is nominated as *current*;
- the elements are marked with which the current rigidity will be appropriated;
- by command **Nominate rigidity** to all allocated elements are appropriated rigid characteristics contained in the current type of rigidity.

At disposal of the user there are some ways of input numerical data of the rigid characteristics, and further we shall consider them. But before we shall note, that irrespective of a way of data input the procedure of assignment of rigidity always will be such, as is described above.

Input of the numerical data

This stage of operations which takes from the user most of all of time, is carried out with the help of a dialogue window "Section". The dialogue window is called by a command Input and choice of rigidity from the pull-down window "Rigidity" or with the help of the tool ? from the panel "Connections, rigidity, loading" (see fig. 1.20).

Having caused in a new task a dialogue window "Section", you will see it empty, such as in a fig. 1.46.

To begin data input, it is necessary to click on the button [Add >>]. The sense of this command is obvious: in the list of rigidity at the left (for the present empty) it is required to add new rigidity.

After click the dialogue window changes the kind: in the right part there is a graphic menu containing typical, widespread kinds of sections (fig. 1.47).

The activation (double click) of image of the necessary type of section initiates a conclusion to the screen of the following dialogue window containing textual fields for input of the rigid characteristics (fig. 1.48).

Диалоговое окно «Сечение» имеет три закладки графических меню, дающих доступ к диалоговым окнам ввода нужных жесткостных характеристик. По умолчанию открывается меню, названное разработчиком «Стандартные типы сечений». Здесь представлено 8 типов часто встречающихся сечений. (Как правило, это сечения элементов железобетонных конструкций).

Две других закладки содержат базу часто встречающихся сечений стальных конструкций. Здесь представлено 22 варианта сечений, компонуемых из стандартных прокатных профилей, гнутых профилей, круглой стали и канатов. Используя этот вариант задания жесткостных характеристик, пользователь выбирает нужные профили из базы стандартных профилей, содержащихся в программном комплексе. Похоже, что база профилей ЛИРА содержит все, что было предусмотрено ГОСТами бывшего Советского Союза.

Меню, названное «EF», содержит 22 варианта задания жесткостей для пластин, оболочек, трехмерных и специальных элементов. Здесь для многих элементов есть возможность задания численного значения жесткости, т.е. заранее вычисленных значений жесткостей в классическом понимании этого термина: например EF - жесткость сжатия-растяжения, EI_y - изгибная жесткость и т.д.

Использование диалоговых окон ввода жесткостных характеристик несложно. Кнопки имеют очевидные, понятные названия. Кроме того, каждое окно сопровождается «Помощь», поясняющая не только процедуру ввода, но и дающая список всех обозначений, применяемых в окне.

Теперь, после несколько затянувшегося вступления, мы подробнее рассмотрим задание жесткостных характеристик на примере нашей рамы.

Ввод числовых данных жесткостных характеристик рамы

Параметры сечений колонн и ригелей приведены на рис. 1.30. Кроме того, понадобится модуль упругости бетона B40 и удельный вес.

Таким образом, примем для нашего примера $E = 3.67 \cdot 10^6$ тс/м² и объёмный вес 2.5 тс/м³. Далее выполним следующее:

- командой Задание и выбор жесткости из ниспадающего меню «Жесткости» или щелчком по инструменту ? из панели «Связи, жесткости, нагрузки» вызовем диалоговое окно «Сечение» (рис. 1.46);
- щелчком по кнопке [Добавить<] вызовем графическое меню распространенных типов сечений (рис. 1.47);
- двойным щелчком по пиктограмме тавра вызовем диалоговое окно «Задание стандартного сечения» (рис. 1.48). Здесь внесем в текстовые поля модуль упругости, размеры сечения и удельный вес (Обратите внимание, что в программном комплексе удельный вес обозначается R_0). Все обозначения размеров сечения приведены на рисунке окна. Если возникнут вопросы относительно других обозначений, можно вызвать [Помощь] щелчком по кнопке (рис. 1.49);

Dialogue window "Section" has three bookmarks of the graphic menus giving access to dialogue windows of input necessary rigid characteristics. By default the menu named by the developer " Standard types of sections " opens. 8 types of frequently meeting sections here are submitted. (As a rule, it is sections of elements of reinforce-concrete designs).

Two other bookmarks contain base of frequently meeting sections of steel designs. 22 variants of sections, composed from standard rolling structures, bent structures, round steel and ropes here are submitted. Using this variant of the input of the rigid characteristics, the user chooses the necessary structures from base of standard structures contained in a program complex. Looks, that the base of structures LIRA contains everything that was stipulated by the standards of former Soviet Union.

The menu, named "EF", contains 22 variants of the input of rigidity for plates, bounding boxes, three-dimensional and special elements. Here for many elements there is an opportunity of input of numerical meaning of rigidity, i.e. beforehand calculated meanings of rigidity in classical understanding of this term: for example EF - rigidity of a compression - stretching, EI_y - bending rigidity etc.

Usage of dialogue windows of input of the rigid characteristics is simple. The buttons have the obvious, clear names. Besides each window accompanies with "Help" explaining not only procedure of input, but also giving the list of all designations used in a window.

Now, after some delayed introduction, we shall consider the input of the rigid characteristics on an example of our frame more in detail.

Input of numerical data of rigid characteristics of a frame

The parameters of sections of columns and girders are given in a fig. 1.30. Besides the module of elasticity of concrete B40 and densities are required.

Thus, we shall accept for our example $E = 3.67 \cdot 10^6$ ts / m² and volumetric weight 2.5 ts / m³. Further we execute the following:

- we shall call a dialogue window "Section" by the command Input and choice of rigidity from pull-down window "Rigidity" or click on the tool ? From the panel " Connections, rigidity, loading " (fig. 1.46);
- by click on the button [Add <<] we shall to call the graphic menu of the widespread types of sections (fig. 1.47);
- by double click on the image of T-beam we shall call a dialogue window "Input of standard section " (fig. 1.48). Here we shall write in textual fields the module of elasticity, sizes of section and densities (Pay attention that in a program complex the densities is designated R_0). All designations of the sizes of section are given in figure of a window. If will appear questions concerning others designations, it is possible to call [Help] by click on the button (fig. 1.49);

после того как параметры введены, можно вывести на экран эскиз поперечного сечения. Для этого щелкнем по кнопке [Нарисовать]. В окно задания сечения будет выведен чертеж с указанием размеров (рис. 1.51). Если при вводе вкралась ошибка, здесь можно исправить данные в любом поле, установив курсор щелчком мыши;

независимо от того, выводили мы эскиз сечения на экран или нет, заканчивается ввод характеристик щелчком по кнопке [Подтвердить]. Окно «Задание стандартного сечения» закроется, а в левой части основного окна, в списке под номером 1, появится жесткость «Тавр_Т12х80». Это означает, что жесткостные характеристики тавра введены. Все необходимые геометрические характеристики (A , I_y и тому подобное) в этот момент уже вычислены программным комплексом.

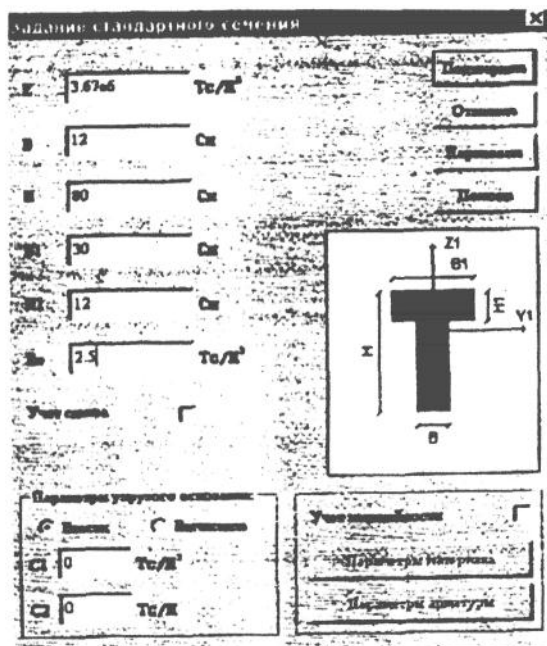


Рис. 1.48. Диалоговое окно «Задание стандартного сечения»

Диалоговое окно «Сечение» предоставляет пользователю возможность:

- просмотреть параметры жесткости из списка - кнопка [Просмотр<<];
- изменить параметры введенной в список жесткости - кнопка [Изменить<<];
- удалить жесткость из списка - кнопка [Удалить];
- копировать в список уже имеющуюся в нем жесткость - кнопка [Копирование].

after the parameters are entered, it is possible to deduce on the screen the sketch of cross section. For this purpose we shall click on the button [Draw]. In a window of the task of section the drawing with the indication of the sizes (fig. 1.51) will be deduced. If at input there was a mistake, here it is possible to correct the data in any field, having established the cursor by click of the mouse;

irrespective of, whether we deduced the sketch of section on the screen or not, the input of the characteristics by click on the button comes to an end [Confirm]. The window "Input of standard section" will be closed, and in the left part of the basic window, in the list under number 1, the rigidity "T-beam_Т12х80" will appear. It means, that the rigid characteristic of T-beam is entered. All necessary geometrical characteristics (A , I_y etc.) at this moment are already calculated by a program complex.

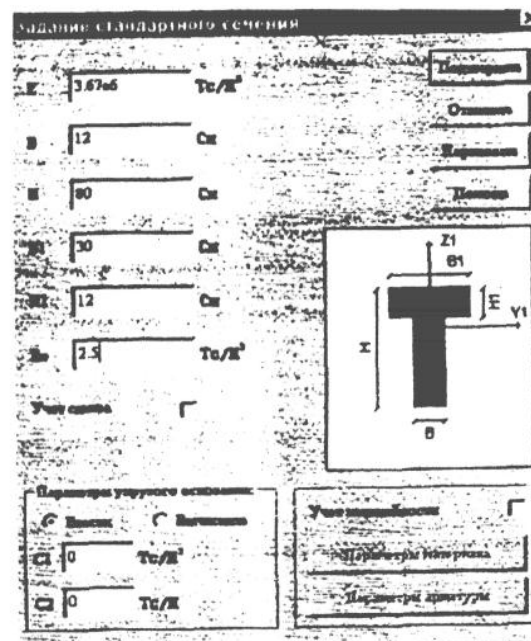


Fig. 1.48. A dialogue window "Input of standard section"

Dialogue window "Section" gives to the user an opportunity:

- to see parameters of rigidity from the list - button [Viewing <<];
- to change parameters of the rigidity, entered into the list - button [Change <<];
- to remove rigidity from the list - button [Delete];
- to copy in the list rigidity, already available in it - button [Copy].

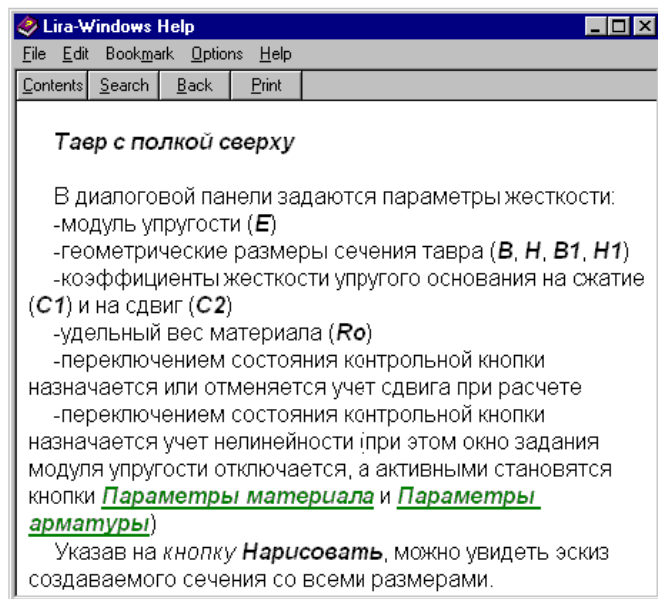


Рис. 1.49. Справка к диалоговому окну «Задание стандартного сечения»

Отметим необычайную полезность операции копирования. Если нужно ввести данные для нескольких однотипных жесткостей (а это бывает очень часто), то следует скопировать отмененную предварительно жесткость в список, затем отметить копию, кнопкой [Изменить<<] вызвать диалоговое окно «Задание стандартного сечения» и в нем изменить нужные параметры.

Именно так нами были введены жесткости 2, 3, 4 (см. рис. 1.47).

Теперь, чтобы закончить для нашего примера этап «Ввод числовых данных жесткостных характеристик», введите параметры трех оставшихся жесткостей самостоятельно.

Назначение текущей жесткости

Это очень простая операция. Одну из жесткостей в диалоговом окне «Задание стандартного сечения» отмечают щелчком мыши по кнопке [Установить как текущий тип]. Отмеченная жесткость заносится в верхнее текстовое поле «Текущий тип сечения». Теперь нужно щелкнуть по кнопке [Подтвердить] и окно закроется, а отмеченная жесткость считается текущей. В нашем примере 1 - Тавр - Т 12x80.

Присвоение выбранным элементам текущей жесткости

Далее следуют две операции: выбор элементов и присвоение им текущей жесткости. Это также простые операции, но прежде чем их выполнить, перерисуйте схему на экране, как это рекомендуется ниже.

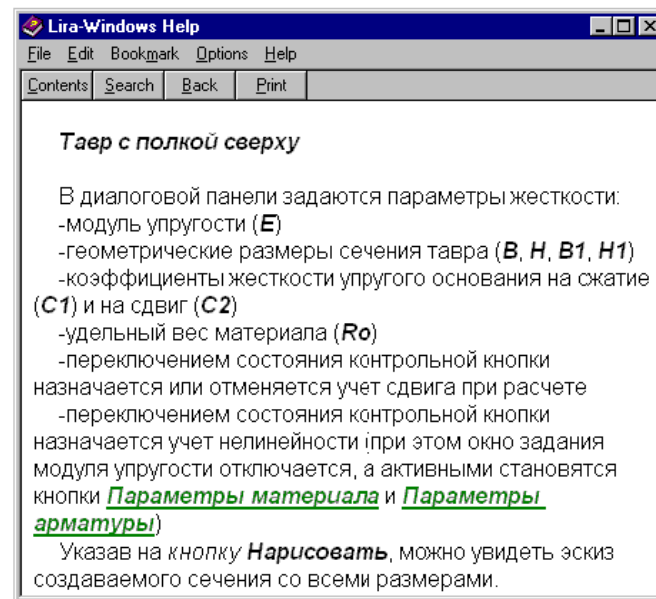


Fig. 1.49. The information to a dialogue window "Input of standard section"

Let's note extraordinary utility of operation of copying. If it is necessary to enter the data for several same rigidity (it happens very much frequently), it is necessary to copy the cancelled previously rigidity in the list, then to note a copy, by the button [Change<<] to cause a dialogue window " Input of standard section " and change the necessary parameters in it.

So by us were entered the rigidity 2, 3, 4 (see fig. 1.47).

Now, to finish for our example a stage «Input of numerical data of the rigid characteristics", enter parameters of three stayed rigidity independently.

Assignment of the current rigidity

It is very simple operation. One of rigidity in a dialogue window " Input of standard section " should be marked by click of the mouse on the button [Establish as the current type]. The marked rigidity is written in the top textual field "Current type of section". Now it is necessary to click on the button [Confirm] and window will be closed, and marked rigidity is considered as current. In our example 1 – T-beam - T 12x80.

Assignment to the chosen elements of the current rigidity

Two operations further follow: a choice of elements and assignment to them the current rigidity. It also simple operations, but before them to execute, redraw the scheme on the screen, as it is recommended below.

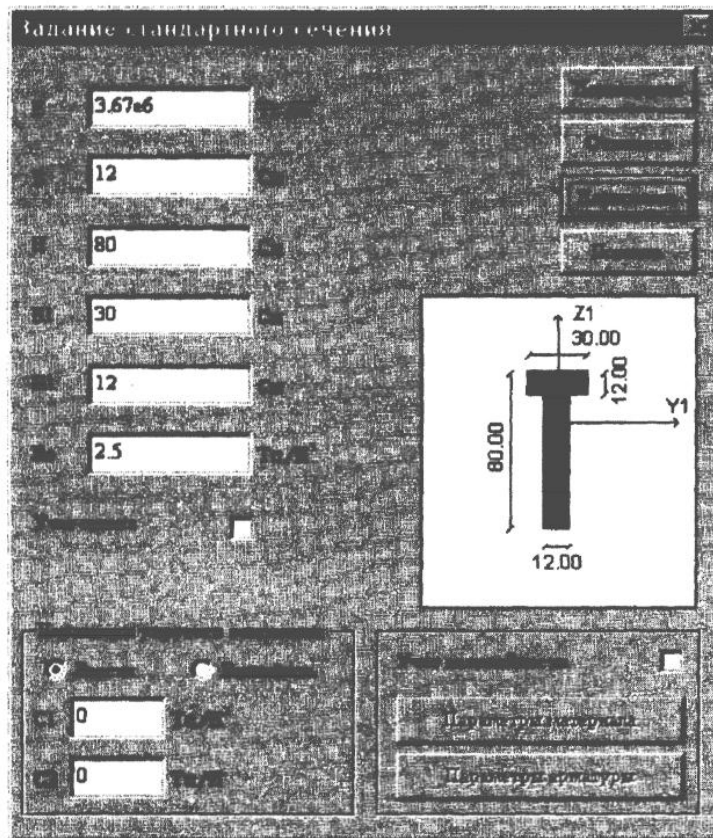


Рис. 1.50. Эскиз сечения, вычерченный по введенным данным

Совет. Прежде чем присваивать элементам жесткости, установите в подменю «Флаги рисования» (см. рис 1.37) опцию «Типы жесткостей», отключив номера узлов и элементов, и выполните команду **Перерисовать**. Теперь на схеме будут отражаться номера жесткостей, присвоенные элементам. Ноль означает, что элементу не присвоена жесткость (рис.1.51).

Присвоим текущую жесткость ригелю с пролетом 18 м, как это требуется по

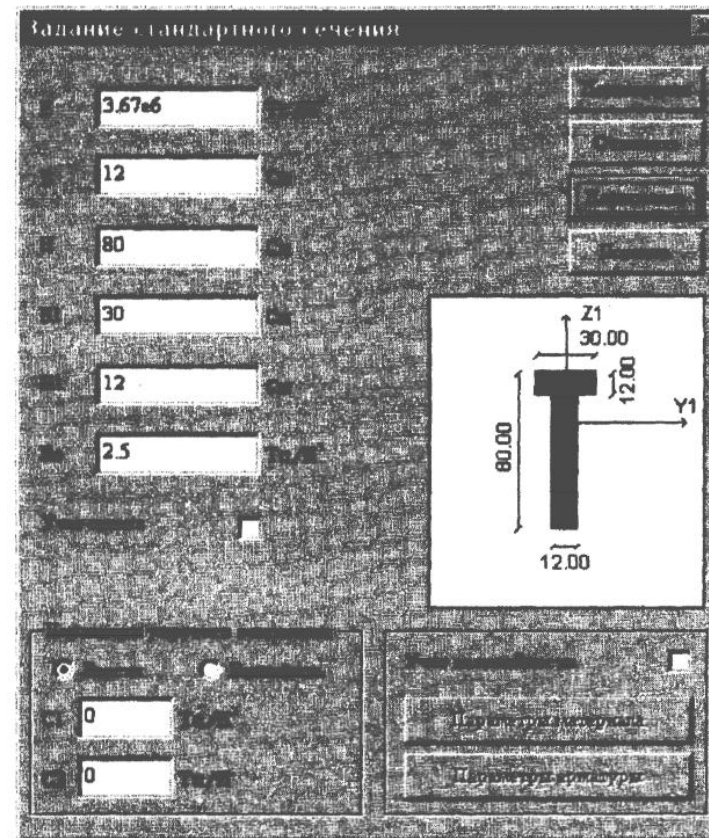


Fig. 1.50. The sketch of the sections drawn on entered data

Advice. Before appropriation to elements the rigidity, establish in a submenu "Flags of drawing" (see fig 1.37) option "Types of rigidity", having turned off numbers of units and elements, and execute a command **Redraw**. Now on the scheme the numbers of rigidity, appropriated to elements will be reflected. Zero means, that to an element the rigidity is not appropriated (fig. 1.51).

Let's appropriate the current rigidity to girder with span 18 m, as it is required

заданию

- отметим элемент ригеля;
- из ниспадающего меню «Жесткость» введем команду **Назначить жесткость**.

Теперь ригель имеет жесткость №1. Свидетельство этому - номер жесткости на схеме рамы (рис. 1.51).

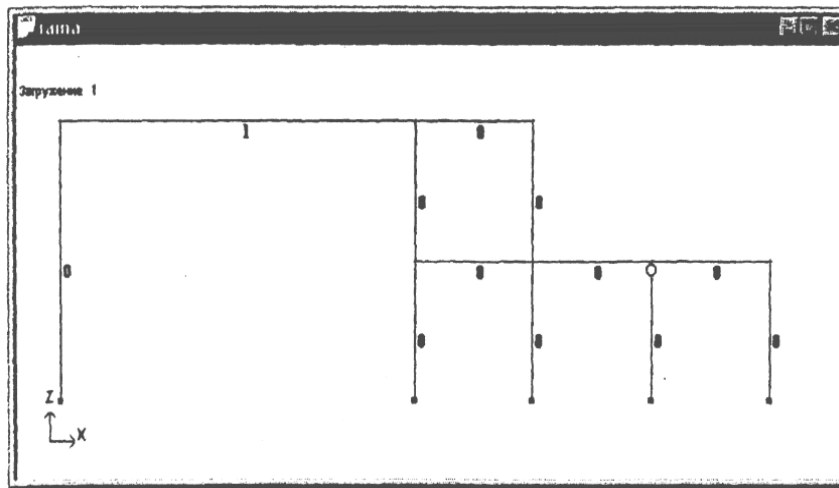


Рис. 1.51. Схема с указанием типов жесткости

Если в процессе присвоения жесткостей вы забыли, какая из них является текущей, нужно ввести из меню «Жесткости» команду **Информация о жесткости**. Будет выведено диалоговое окно, содержащее эскиз сечения и жесткостные параметры.

Далее самостоятельно, пожалуйста, присвойте жесткость 2 всем ригелям, имеющим пролет 6 м. На схеме (рис. 1.51) нули, показывающие номер жесткости элементов ригелей, должны замениться двойками.

Что же касается элементов стоек, то им назначим жесткость в следующем разделе, после того как будут введены понятия глобальных и местных осей.

1.3.10. Глобальные, местные и локальные системы координат

Расчетные схемы и их компоненты в ПК ЛИРА описываются в координатных осях трех типов: *глобальных, местных и локальных*.

Эти специфические понятия связаны с особенностями формализации расчетной схемы в методе конечных элементов и не являются чем-то новым. Речь идет о том, как связана схема и ее компоненты в целом с применяемой координатной системой. Все названные системы координат являются правыми декартовыми.

under the task

- we shall note an element of girder;
- from the pull-down window "Rigidity" we shall enter a command **Nominate rigidity**.

Now girder has rigidity # 1. The certificate to this is number of rigidity on the scheme of a frame (fig. 1.51).

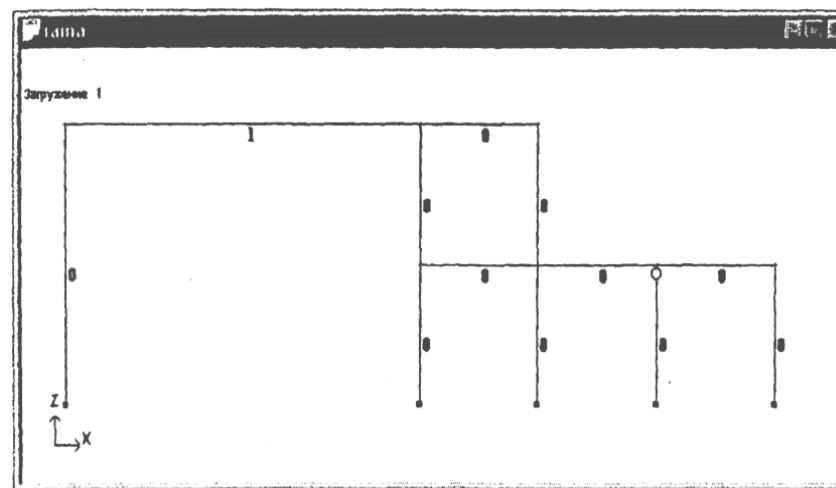


Fig. 1.51. The scheme with the indication of types of rigidity

If during assignment of rigidity you have forgotten, what from them is current, the command **Information about rigidity** is necessary to enter from the menu "Rigidity". The dialogue window containing sketch of section and rigid parameters will be deduced.

Further independently, please, appropriate rigidity 2 to all girders, which have span 6 m. On the scheme (fig. 1.51) zeroes showing number of rigidity of elements of girders, should be replaced by two.

As for elements of racks, we shall nominate rigidity to them in the following section, after the concepts of global and local axes will be entered.

1.3.10. Global, local and local systems of coordinates

The settlement schemes and their components in PC LIRA are described in coordinate axes of three types: *global, local and local*.

These specific concepts are connected to features of formalization of the settlement scheme in a method of final elements and are not something new. The speech goes how the scheme and its components as a whole is connected with used coordinate system. All named systems of coordinates are right Cartesian.



Глобальная система координат X,Y,Z

предназначена для описания расчетной схемы в целом. В глобальной системе координат задается положение узлов расчетной схемы. По умолчанию узлы расчетной схемы имеют степени свободы, совпадающие с направлениями осей глобальной системы координат.

Подготовка модели

Пользователю не обязательно помнить, как расположены местные оси относительно глобальной системы. В программном комплексе предусмотрена команда Местные оси стержней, демонстрирующая направление осей на геометрической схеме модели. Команда расположена в ниспадающем меню «Опции», подменю «Флаги рисования» (см. рис. 1.37). Ее можно вызвать с помощью инструмента \uparrow из панели «Флаги рисования». Поэкспериментируйте с командой **Местные оси стержней**:

- отметьте первую стойку рамы ($h=18$ м) и ригель ($L=18$ м);
- введите из подменю «Флаги рисования» ниспадающего меню «Опции» команду **Местные оси стержней**;
- введите команду **Перерисовать только для отмеченного**.

В результате вы получите на экране чертеж, подобный рис. 1.53. Разница заключается в том, что названия местных осей не проставляются на чертеже. Оси идентифицируются здесь по цвету линий.

Локальная система координат узла X2,Y2,Z2

задается обычно в том случае, если в узлах прикладываются нагрузки или налагаются связи, *направления которых не совпадают с направлением глобальных осей*. Иногда пользователи применяют локальную систему координат узла из иных соображений, например, чтобы получить перемещения узла в направлениях, не совпадающих с направлениями главных осей.

По умолчанию локальная система координат совпадает с глобальной.

Терминология. Правая декартова система координат, связанная с отдельным узлом, называется *локальной*.

Чтобы сформировать локальные координаты в узле, необходимо задаться глобальными координатами некой точки A, из которой к требуемому узлу пройдет ось X2. При этом, по умолчанию, ось Y2 будет параллельна горизонтальной плоскости XOY, а ось Z2 будет направлена в верхнее полупространство. Если же ось Y2 по вашему мнению не должна быть параллельна плоскости XOY, то вам необходимо задать еще и угол поворота осей Y2,Z2 вокруг оси X2.

Global system of coordinates X, Y, Z

is intended for the description of the settlement scheme as a whole. In global system of coordinates the situation of units of the settlement scheme is set. By default the units of the settlement scheme have degrees of freedom which coincide to directions of axes of global system of coordinates.

Preparation of model

It is not necessary for the user to remember, how the local axes concerning global system are located. In a program complex the command **Local axes of bars** demonstrating a direction of axes on the geometrical scheme of model is stipulated. The command is located in the pull-down window "Option", submenu "Flags of drawing" (see fig. 1.37). It can be caused with the help of the tool \uparrow from the panel "Flags of drawing". Experiment with a command **Local axes of bars**:

- note the first bar of a frame ($h=18$ m) and girder ($L=18$ m);
- enter from a submenu "Flags of drawing" of the pull-down window "Option" a command **Local axes of bars**;
- enter a command **Redraw only for marked**.

In result you receive on the screen the drawing similar fig. 1.53. The difference consists that the names of local axes are not put down on the drawing. The axes are identified here on color of lines.

Local system of coordinates of unit X2, Y2, Z2

is set usually in that case if in units loading are put or the connection are imposed, *directions of which do not coincide with a direction of global axes*. Sometimes users apply local system of coordinates of unit from other reasons, for example, to receive moving of unit in directions which are not coincide with directions of the main axes.

By default the local system of coordinates coincides with global.

Terminology. The right Cartesian system of coordinates connected with separate unit, is called as *local*.

To generate local coordinates in unit, it is necessary to be set in global coordinates of a certain point A, from which to required unit will pass an axis X2. Thus, by default, the axis Y2 will be parallel to a horizontal plane XOY, and the axis Z2 will be directed in upper semi-space. If the axis Y2 in your opinion should not be parallel to a plane XOY, it is necessary to you to set also an angle of rotation of axes

Локальная система координат узла оказывается весьма удобной при расчете цилиндрических или сферических объектов для задания связей и нагрузок по радиальным и касательным направлениям, а также анализа перемещений.

В нашем примере нет необходимости использовать локальную систему координат

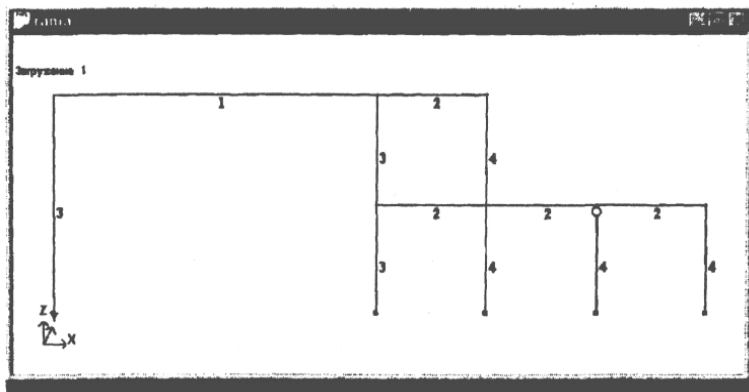


Рис. 1.53. Схема рамы и номера типов жесткости

1.3.11. Задание внешних статических нагрузок

В программном комплексе есть возможность задать практически все известные виды статических нагрузок и динамических воздействий. Перечислим важнейшие типы нагрузок, предусмотренных в программном комплексе:

- постоянные нагрузки от собственного веса конструкций;
- временные статические нагрузки всех видов (сосредоточенные, распределенные, моментные и т.д.), прилагаемые в узлах или по области элемента;
- динамические нагрузки ударные, импульсные, вибрационные;
- динамические сейсмические нагрузки, в том числе заданные акселерограммой;
- нагрузки, вызванные перепадом температур;
- нагрузки, вызванные вынужденными перемещениями.

В этом разделе вы познакомитесь с правилами задания всех постоянных и временных статических нагрузок.

Рассмотрим задание нагрузок, используя пример рамы. Нагрузки одного расчетного загружения приведены на рис. 1.54. Будем полагать, что нагрузки содержат все необходимые коэффициенты надежности. Значение нагрузок от собственного веса элементов рамы на рис. 1.54 не приведены, т.к. программный комплекс автоматически вычисляет эти значения в соответствии с назначенными

Y_2, Z_2 around of an axis X_2 .

The local system of coordinates of unit is rather convenient at calculation of cylindrical or spherical objects for input of connections and loading on radial and tangent directions, and also analysis of moving.

In our example there is no necessity to use local system of coordinates.

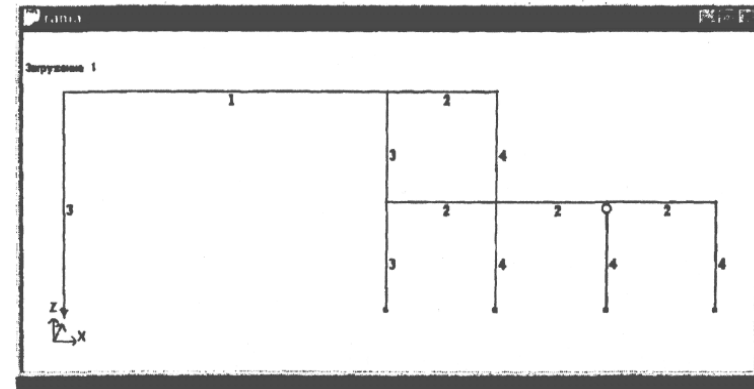


Fig. 1.53. The scheme of a frame and numbers of types of rigidity

1.3.11. Input of external static loading

There is an opportunity to set practically all known kinds of static loading and dynamic influences in a program complex. Major types of loading stipulated in a program complex are:

- constant loading from own weight of designs;
- temporary static loading of all kinds (concentrated, allocated, moment etc.), applied in units or on area of an element;
- dynamic loading shock, pulse, vibrating;
- dynamic seismic loading;
- loading caused by changing of temperatures;
- loading caused by forced moving.

In this section you will get acquainted to rules of input of all constant and temporary static loading.

Let's consider input of loading, using an example of a frame. Loading of one settlement loading are given in a fig. 1.54. Let's believe, that loading contain all necessary factors of reliability. Value of loading from own weight of elements of a frame in a fig. 1.54 are not given, since the program complex automatically calculates these values according to the nominated cross sections and given densities (see fig. 1.30).



поперечными сечениями и заданными удельными весами (см. рис. 1.30).

Задаются нагрузки с помощью диалоговых окон, которые вызываются командами ниспадающего меню «Нагрузки» (рис. 1.55).

Loading are set with the help of dialogue windows which are caused by commands of the pull-down window "Loading" (fig. 1.55).

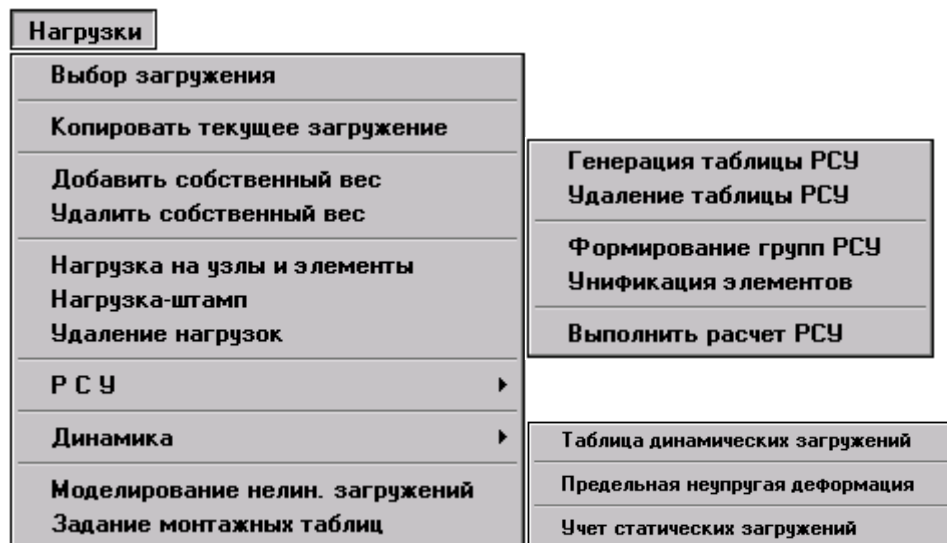


Рис. 1.55. Ниспадающее меню «Нагрузки»

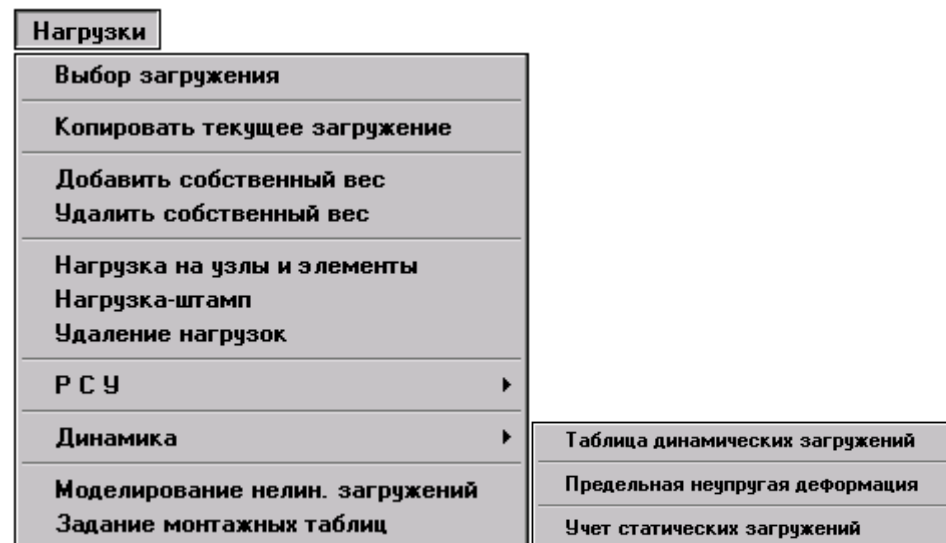


Fig. 1.55. The falling menu "Loading"

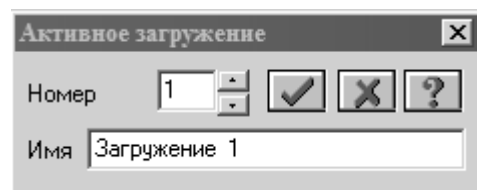


Рис. 1.56. Диалоговое окно «Активное загрузение»

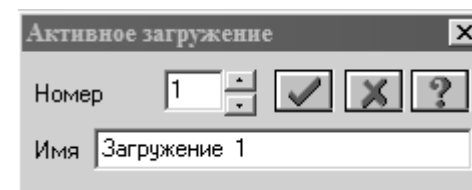


Fig. 1.56. A dialogue window « Active loading »

Как только команда введена, все элементы загружаются нагрузками, им соответствующими. Чтобы убедиться в этом, выполните для примера рамы следующее:

- в меню «Флаги рисования» включите опцию «Нагрузки»

(инструмент );

- введите команду **Добавить собственный вес**.

На экран будет выведена такая схема, как показано на рис. 1.57.

На схеме равномерно распределенная нагрузка горизонтальных элементов изображена сплошной прямой, нагрузка колонн показана в виде сосредоточенных сил.

As soon as the command is entered, all elements are loaded by loadings, them corresponding. To be convinced of it, execute for an example of a frame the following:

- in the menu « Flags of drawing » include an option "Loadings" (tool



- enter a command **To add a dead load**.

On the screen such scheme, as shown in fig. 1.57 will be deduced.

On the scheme in regular intervals distributed loading of horizontal elements is represented by a continuous straight line, loading of columns is shown as the concentrated load.

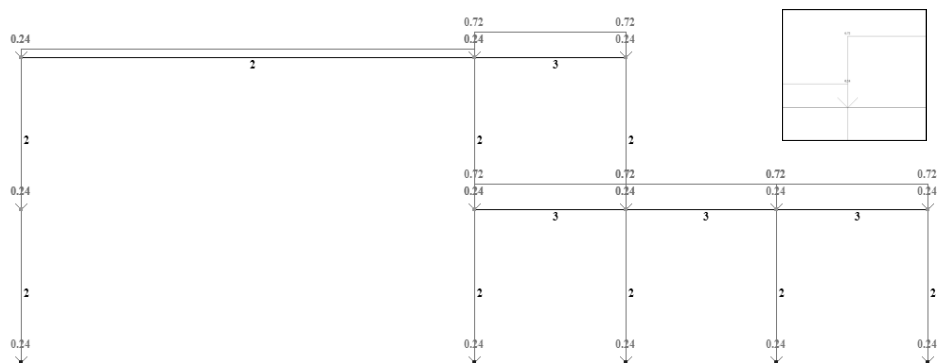


Рис. 1.57. Схема загрузки рамы нагрузками от собственного веса элементов.

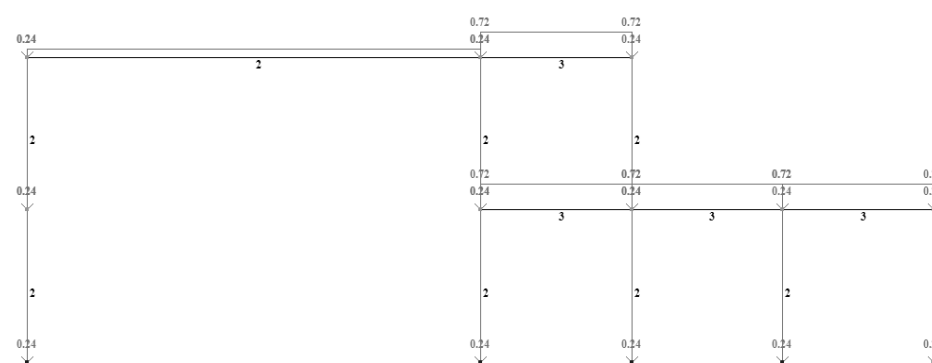






Fig. 1.57. The loading scheme of frame by a dead load of elements.


При желании, на схеме можно показать численные значения нагрузок. Для этого достаточно включить в меню «Флаги рисования» опцию «Показать величины нагрузок» (инструмент ). Если окажется, что цифры двух соседних нагрузок накладываются одна на другую и их невозможно прочесть, сделайте следующее:


- щелкните по кнопке [Режим увеличения схемы]  в панели инструментов «Вид»;
- курсором возьмите в рамку нужный узел, например, узел 12. Как только кнопка будет отпущена, на экран будет выведена ограниченная рамкой часть схемы в увеличенном виде, где все цифры будут читаемы (см. выноску на рис. 1.57).

Чтобы вернуться к исходному изображению схемы, щелкните по соседней кнопке [Возврат к полному изображению]  в панели инструментов «Вид».

При попытке задать нагрузки от собственного веса, на экране может появиться сообщение (рис. 1.58) «Обнаружены элементы с некорректной жесткостью».

At desire, on the scheme it is possible to show numerical values of loadings. For this purpose it is enough to include in the menu «Flags of drawing» an option «To show value of loadings » (tool ). If appears, that figures of two next loadings crawl one over another and they cannot be read, do the following:

- click the button [the Mode of the scheme enlargement]  in the panel of tools "View";
- the cursor take in a framework the necessary joint, for example, joint 12. As soon as the button will be released, on the screen the part of the scheme limited to a framework in the enlarged view where all figures will be readable (see the note to fig. 1.57) will be deduced.

To return to the initial view of the scheme, click by the next button [Return to the full view]  in the panel of tools "View".

At attempt to set loading from a dead load, on the screen can appear the message (fig. 1.58) "Elements with incorrect rigidity are found out".

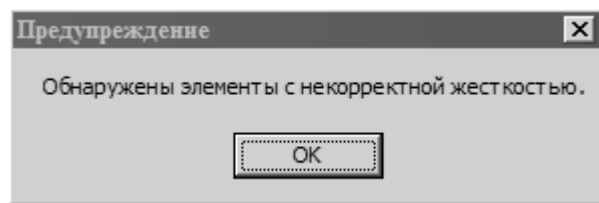


Рис. 1.58. Предупреждение.

Это сообщение означает, что в одной из жесткостей (а может быть и в нескольких) не задан удельный вес материала элемента. В этом случае у вас нет другого выхода, как вызвать диалоговое окно «Сечение» и, последовательно отмечая каждую из жесткостей с помощью кнопки «Просмотр», проверять параметры в поисках незаполненного текстового поля R_0 (см. рис. 1.49).

Впрочем, такое же сообщение может появиться, если одному (или нескольким) элементам вообще не присвоена жесткость. Обнаружить эту ошибку легко: нужно на схеме показать номера жесткостей элементов. Элементы, которым не присвоена жесткость, имеют жесткость 0.

Заканчивая задание нагрузок от собственного веса, обратим ваше внимание на то, что в выпадающем меню «Нагрузки» есть команда **Удалить собственный вес**. Эта команда неактивна до тех пор, пока в текущем загрузении не задана нагрузка от собственного веса (рис. 1.55). С этого момента становится неактивной команда **Добавить...** и активизируется команда **Удалить...**. Если вы полагаете, что в текущем загрузении нагрузка от собственного веса задана ошибочно, ее можно удалить.

Задание узловых нагрузок.

Узловые нагрузки: силы, моменты, вынужденные линейные и угловые перемещения задаются с помощью диалогового окна «Нагрузка» (рис. 1.59).

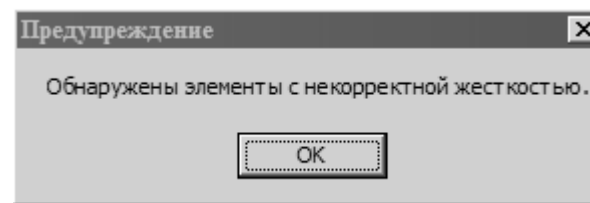


Fig. 1.58. The warning.

This message means, that in one of a rigidity (and can be and in several) specific gravity of an element material is not set. In this case you do not have other output how to cause a dialogue window "Section" and, consistently marking each of a rigidity with the help of button "Viewing", to check parameters in searches of blank text field R_0 (see fig. 1.49).

However, the same message can appear, if to one (or to several) elements rigidity is not appropriated at all. To find out this mistake easily: it is necessary to show on the scheme numbers a rigidity of elements. Elements, by which rigidity is not appropriated, have rigidity 0.

Finishing the task of loadings from a dead load, we pay your attention that in the falling menu of "Loading" there is a command **To remove a dead load**. This command is inactive until in the current loading the dead load (fig. 1.55) is not set. Since this moment there is inactive a command **To add...** The command also becomes more active **To remove....** If you believe, that in the current loading a dead load is set wrongly, it can be removed.

The joint loads applying.

Joint loads: forces, the moments, the compelled linear and angular displacements are set with the help of a dialogue window "Loading" (fig. 1.59).

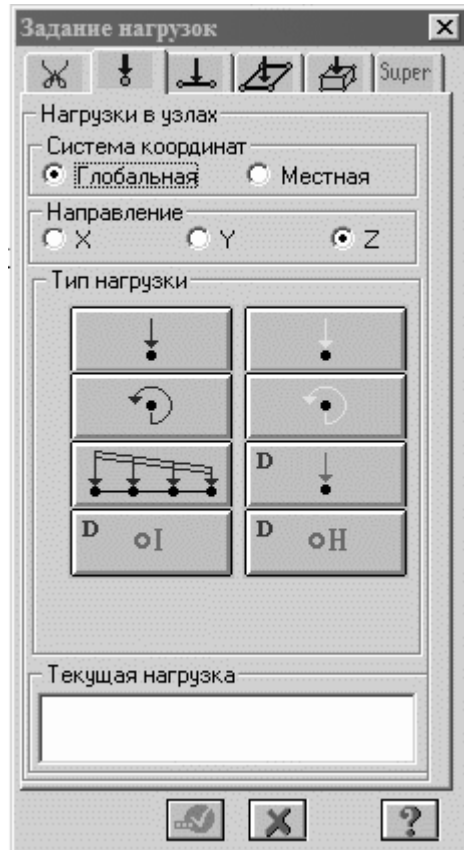



Рис. 1.59. Диалоговое окно задания узловых нагрузок.

Окно вызывается командой **Нагрузка на узлы и элементы**, помещенной в выпадающее меню «Нагрузки». Можно воспользоваться кнопкой инструмента  из панели инструментов «Связи, жесткости, нагрузки».


В диалоговом окне щелчком по радиокнопке отмечается вид нагрузки, направление и система координат. В текстовое поле «Значение» заносится знак и величина нагрузки. Знак нагрузки принимается по изложенному ниже правилу.

Правило. Положительные:

- силы P_x , P_y , P_z направлены противоположно положительным



Fig. 1.59. A dialogue window of the joint loads applying.

The window is caused by a command **Loading on joints and the elements**, "Loading" placed in the falling menu. It is possible to take advantage of the button of the tool  from the panel of tools «Bonds, rigidity, loading».

In a dialogue window click by the radio-button marks a type of loading, a direction and system of coordinates. In a text field "Value" the sign and size of loading will be worn out. The sign on loading is accepted by the rule stated below.

Rule. Positive:

- Forces P_x , P_y , P_z are directed to opposite positive directions of

направлениям осей;

- линейные смещения U_x , U_y , U_z совпадают с положительным направлением осей;
- моменты M_x , M_y , M_z вращают элемент по часовой стрелке при взгляде с положительной стороны оси;
- угловые смещения φ_x , φ_y , φ_z имеют направления против часовой стрелки при взгляде с положительной стороны оси.

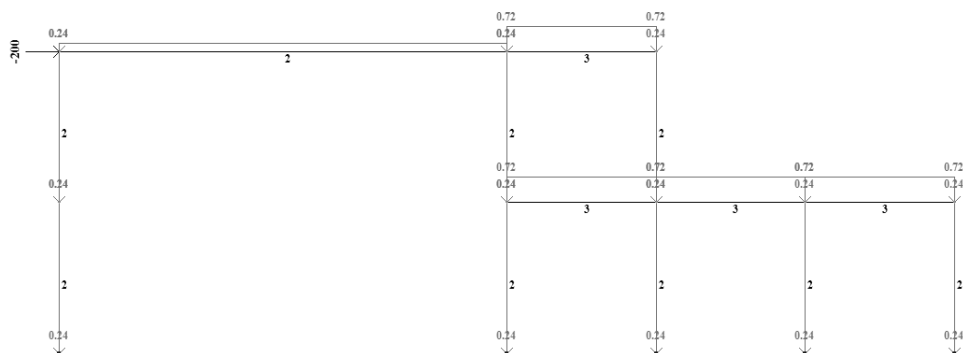



Рис. 1.61. Рама, нагруженная усилиями от собственного веса и горизонтальной узловой силы.

Задание нагрузок, приложенных к элементу

Такие нагрузки задаются с помощью диалогового окна «Местная нагрузка на элемент» (рис. 1.62). Вызывается окно из ниспадающего меню «Нагрузки» командой Нагрузка на элемент или кнопкой , помещенной в панель инструментов «Связи, жесткости, нагрузки».

axes;

- Linear displacement, U_x , U_y , U_z coincide with a positive direction of axes;
- Moments M_x , M_y , M_z rotate an element clockwise at a sight from the positive party of an axis;
- Angular displacement φ_x , φ_y , φ_z have directions counter-clockwise at a sight from the positive party of an axis.

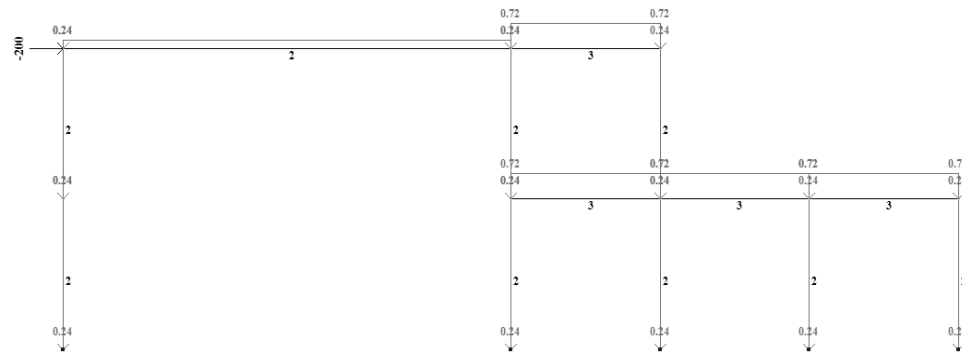


Fig. 1.61. A frame loaded by efforts from a dead loads and horizontal joint load.

The task of the loadings enclosed to an element


Such loadings are set with the help of a dialogue window «Local loading on an element» (fig. 1.62). The window from the falling menu of "Loading" by a command Loading on an element or the button  placed in the panel of tools «Bonds, rigidity, loading » is caused.



Рис. 1.62 Диалоговое окно "Местная нагрузка на элемент"

По своей структуре это окно аналогично предыдущему. Разница заключается только в том, что здесь есть графическое меню типов нагрузок для вызова диалоговых окон, предназначенных для задания нагрузок каждого типа. Для стержневых элементов предусмотрено задание следующих 8 типов нагрузок:

- сосредоточенная нагрузка;
- нагрузка, равномерно распределенная по всей длине стержня;
- нагрузка, линейно распределенная на части стержня;
- равномерный нагрев стержня;
- моментная сосредоточенная нагрузка;



Fig. 1.62 Dialog window "Local loading on an element "

On the structure this window similarly previous. The difference consists only that here there is a graphic menu of types of loadings for a call of the dialogue windows intended for the task of loadings of each type. For rod elements the task of the following 8 types of loadings is stipulated:

- The concentrated loading;
- The loading in regular intervals distributed on all length of a rod;
- The loading linearly distributed on a part of a rod;
- Uniform heating a rod;
- The moment concentrated loading;

- нагрузка от момента, равномерно распределенного по всей длине стержня;
- температурный перепад;
- продольная нагрузка, линейно изменяющаяся по всей длине стержня.

Кроме того, в диалоговом окне «Местная нагрузка» предусмотрено задание нагрузок не только для стержней, но и для пластин и объемных конечных элементов (рис. 1.62). Каждому типу конечных элементов соответствует свое графическое меню типов нагрузки, вызываемое в окно щелчком по радио-кнопке.

Диалоговые окна, соответствующие каждому из типов нагрузок просты, а их использование очевидно. В схемах диалоговых окон задания параметров нагрузок указаны все обозначения (рис. 1.64, 1.63).

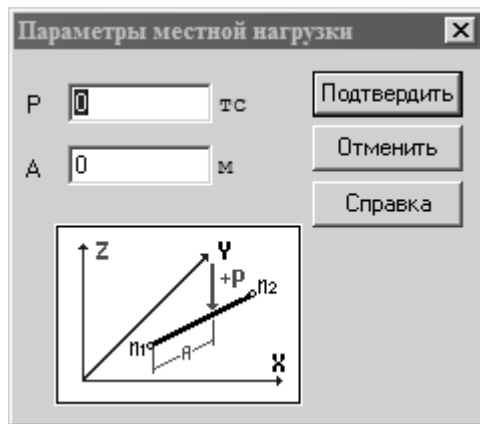


Рис. 1.63. Задание сосредоточенной нагрузки, приложенной к стержню.

Для иллюстрации, зададим сосредоточенные нагрузки, приложенные к ригелю рамы нашего примера. Процедура в этом случае такова:

- отмечается элемент ригеля;
- вызывается диалоговое окно «Местная нагрузка на элемент»;
- радио-кнопками включаются опции:

- Loading from the moment in regular intervals distributed on all length of a rod;
- Temperature difference;
- The longitudinal loading linearly changing along a rod.

Besides in a dialogue window «Local loading» the defining of loadings not only for rod, but also for plates and volumetric finite elements (fig. 1.62) is stipulated. To each type of finite elements there corresponds the graphic menu of the loading types, caused in a window click by the radio-button.

The dialogue windows corresponding to each types of loadings are simple, and their use is obvious. All designations are specified in scheme of dialogue windows of the task of parameters of loadings (fig. 1.64, 1.63).

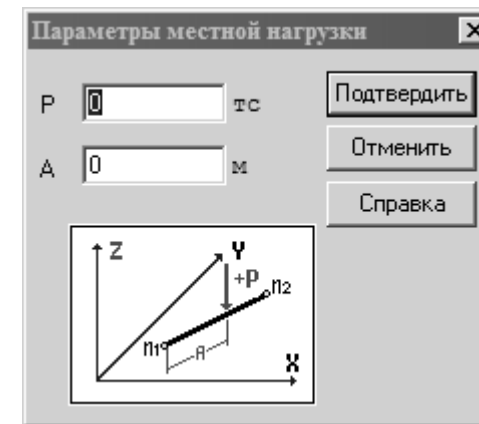


Fig. 1.63. The defining of the concentrated loading applied to a rod.

For an illustration, we shall set the concentrated loadings applied to a crossbar of a frame in our example. Procedure in this case is the follow:

- The element of a crossbar is marked;
- The dialogue window «Local loading on an element» is caused;
- By radio-buttons options are included:

- система координат - «Местная»;
- направление (нагрузки) - Z;
- тип элементов - «Стержни»;
- щелчком по пиктограмме сосредоточенной нагрузки. На экран будет выведено диалоговое окно «Параметры местной нагрузки» (рис. 1.63), содержащее схему приложения нагрузки и два текстовых поля: P - для ввода значения силы; A - расстояние от левого (по отношению к направлению оси X1) узла до силы;
- внесем в текстовое поле значение $P = 12.5$ Тс и $A = 6.5$ м; курсор перемещается из одного поля в другое щелчком мыши, но более удобным в этом случае будет использование клавиши [Tab];
- щелчком по кнопке [Подтвердить]. Окно удаляется с экрана, на схеме появляется вертикальная сила (рис. 1.68).

Как видите, в один прием можно задать только одну силу. Теперь самостоятельно задайте, пожалуйста, вторую силу. При этом не забудьте, что расстояние «А» задается от первого (в направлении оси X1) узла. Теперь $A = 11.2$ м. Когда вы зададите вторую силу, вертикальные сосредоточенные нагрузки должны выглядеть так, как на нашем рис. 1.68.

Далее зададим равномерно распределенную временную нагрузку $g_1 = 2.7$ тс/м.

Такая нагрузка задается сразу же на все требуемые элементы, поэтому отметим 4 элемента, загруженных нагрузкой g_1 (см. рис.1.54). В остальном процедура не отличается от описанной выше, но, конечно же, надо вызывать диалоговое окно «Параметры местной нагрузки», соответствующее равномерно распределенной нагрузке (рис. 1.64). Не забудьте включить опции: Система координат - «Местная» и «Направление» - «Z».

- System of coordinates - "Local";
- A direction (loadings) - Z;
- Type of elements - "Rod";
- We shall click under the pictogram of the concentrated loading. On the screen the dialogue window «Parameters of local loading » (fig. 1.63), containing the scheme of the appendix of loading and two text fields will be deduced: P - for input of value of force; A - distance from left (in relation to a direction of axis X1) joint up to force;
- We shall bring to a text field in value $P = 12.5$ ton-force and $A = 6.5$ m; the cursor moves from one field to another click of the mouse, but use of a key [Tab] in this case will be more convenient;
- We shall click by the button [To confirm]. The window leaves from the screen, on the scheme there is a vertical force (fig. 1.68).

As you can see, in one step it is possible to set only one force. Now independently set, please, the second force. Thus do not forget, that the distance "A" is set from the first (in a direction of axis X1) joint. Now $A = 11.2$ м. When you will set the second force, the vertical concentrated loadings should look how on ours fig. 1.68.

Further we shall set in regular intervals distributed time loading $g_1 = 2.7$ ton-force/m.

Such loading is set at once on all required elements, therefore we shall note 4 elements loaded by loading g_1 (see fig.1.54). In the rest procedure does not differ from described above, but, certainly, it is necessary to cause a dialogue window «Parameters of local loadings», corresponding to in regular intervals distributed loading (fig. 1.64). Do not forget to include an option: System of coordinates - "Local" and "Direction" - "Z".



Рис. 1.64. Задание нагрузки, равномерно распределенной по длине стержня.

Далее зададим равномерно распределенную нагрузку $g_2 = 1.8$ тс/м., приложенную к ригелю перекрытия.

Закончим этот раздел, задав линейно распределенную нагрузку на части элемента. В нашем примере это временная нагрузка со значениями $P_1 = 0.18$ тс/м, $P_2 = 0.12$ тс/м и привязками $A_1 = 0.0$ м, $A_2 = 6.0$ м соответственно. Нагрузка приложена к левой стойке рамы.

Чтобы задать нагрузку, прежде всего выясним, как ориентированы местные оси левой стойки рамы (элемент 12, его узлы 10 и 1). Для этого выполним следующее:

- отметим левую стойку рамы и ее два узла;
- в подменю «Флаги рисования» включим опции «Номера узлов» и «Местные оси стержней»;
- из ниспадающего меню «Вид» введем команду **Перерисовать только для отмеченного.**

В результате получим схему ориентации местных осей элемента с номерами узлов 1-10. Оказывается, что его ось X_1 ориентирована от узла с большим номером, к узлу с меньшим номером, как это видно из рис. 1.66.



Fig. 1.64. The applying of the loading in regular intervals distributed on length of a rod.

Further we shall set in regular intervals distributed loading $g_2 = 1.8$ ton-force/m., applied to a crossbar of overlapping.

Let's finish this section, having set linearly distributed loading on a part of an element. In our example it is time loading with values $P_1 = 0.18$ ton-force/m, $P_2 = 0.12$ ton-force/m and bindings $A_1 = 0.0$ м, $A_2 = 6.0$ м accordingly. Loading is applied to the left rack of a frame.

To set loading, first of all we shall find out, how local axes of the left rack of a frame (an element 12, its joints 10 and 1) are focused. For this purpose it is feasible the following:

- We shall note the left rack of a frame and its two joints;
- In a submenu «Flags of drawing» we shall include options «Numbers of joints» and «Local axes of rods»;
- From the falling menu "View" we shall enter a command **Redraw only for marked.**

In result we shall receive the scheme of orientation of local axes of an element with numbers of joints 1-10. It appears, that his axis X_1 is focused from joint with big number, to joint with smaller number as it is visible from fig. 1.66.

Это следует учесть при задании координат расположения нагрузки. Впрочем, при желании, можно изменить направление местных осей для элемента.

Вот теперь мы можем вызвать диалоговое окно «Местная нагрузка на элемент», затем «Параметры местной нагрузки» для случая трапециевидной распределенной нагрузки и в ее текстовых полях задать: $P_1 = W_1 = 0.18$ тс/м; $A_1 = a_1 = 0$ м; $P_2 = W_2 = 0.12$ тс/м; $A_2 = a_2 = 6.0$ м.

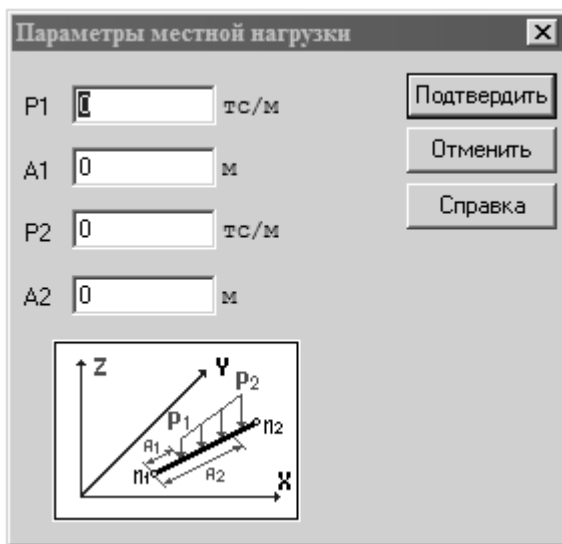


Рис. 1.66. Задание нагрузки, линейно распределенной по части стержня.

Заметим, что по схеме трапециевидной нагрузки можно задать нагрузку, равномерно распределенную на части стержня. Для этого в диалоговом окне (рис. 1.66) нужно задать $P_1 = P_2$.

Внимание. Может случиться, что после заполнения текстовых полей, в ответ на щелчок по кнопке [Подтвердить] программный комплекс отвечает сообщением «Введите целое число» (рис. 1.67). В этой ситуации сообщение означает: «Введите число в формате, принятом в ПК ЛИРА», т.е.

It should be taken into account at the applying of coordinates of an arrangement of loading. However, at desire, it is possible to change a direction of local axes for an element.

Now we can cause a dialogue window «Local loading on an element», then «Parameters of local loading» for a case of the trapezoid distributed loading and in its text fields to set: $P_1 = W_1 = 0.18$ ton-force/m; $A_1 = a_1 = 0$ m; $P_2 = W_2 = 0.12$ ton-force/m; $A_2 = a_2 = 6.0$ m.

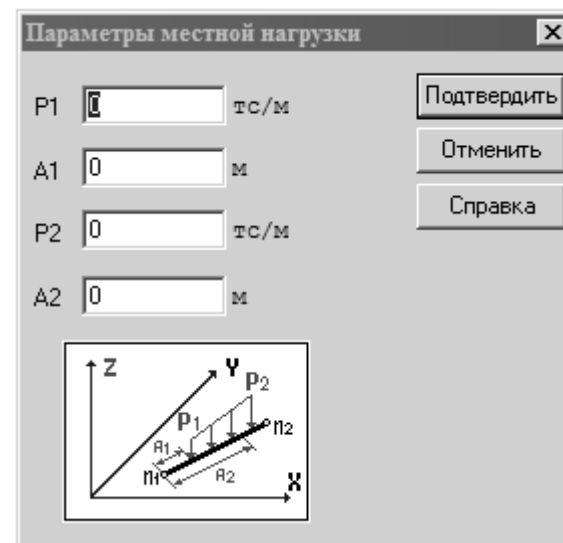


Fig. 1.66. The applying of the loading linearly distributed on a rod part.

Let's notice, that under the scheme of trapezoid loading it is possible to set the loading in regular intervals distributed on a part of a rod. For this purpose in a dialogue window (fig. 1.66) it is necessary to set $P_1 = P_2$.

Attention. Can happen, that after filling text fields, in reply to click by the button [To confirm] a program complex answers the message «Enter an integer» (fig. 1.67). In this situation the message means: «Enter number in a format accepted in the PC LYRE», i.e. the decimal part of number from the whole is separated by a point. After

десятичная часть числа от целой отделяется точкой. После щелчка по кнопке [OK] сообщение удаляется, а некорректное число в панели выделяется и там же устанавливается курсор. Можете внести исправления.

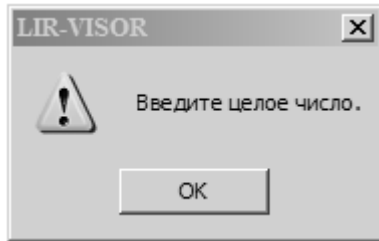



Рис. 1.67. Сообщение о некорректном формате числа.

Мы закончили задание нагрузок в нашем примере. Сейчас в подменю «Флаги рисования» отключите опцию «Местные оси стержней» и включите «Нагрузки», затем щелкните по кнопке  - [Перерисовать]. Вы должны получить схему с нагрузками такого вида, как показано у нас на рис. 1.68.

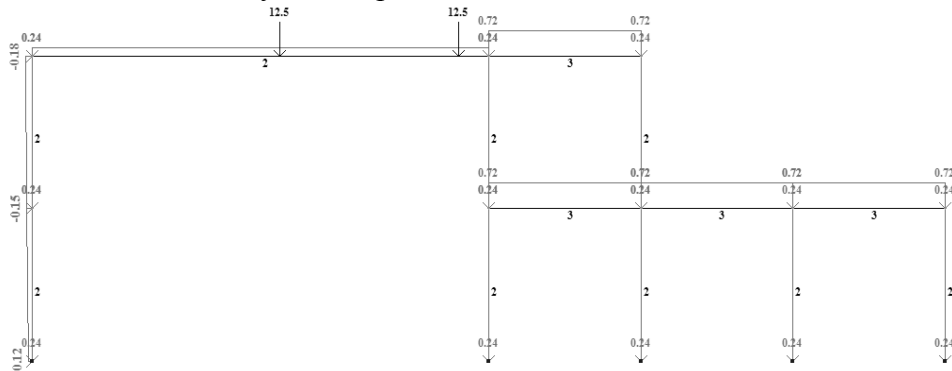


Рис. 1.68. Рама, нагруженная заданными нагрузками.

Этим мы заканчиваем рассмотрение техники задания нагрузок на стержни, полагая, что с другими видами нагрузок вы при необходимости разберетесь самостоятельно. Что же касается нагрузок на элементы других типов, то мы еще возвратимся к этому вопросу в главе 4.

click by button [OK] the message leaves, and the incorrect number in the panel is allocated and in the same place the cursor is established. You can make corrections.

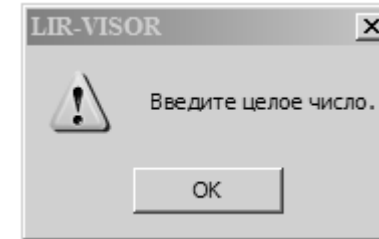



Fig. 1.67. The message on an incorrect format of number.

We have finished the task of loadings in our example. Now in a submenu «Flags of drawing» disconnect an option «Local axes of rods» and include "Loadings", then click by the button  - [To draw again]. You should receive the scheme with loadings of such type, as shown on fig. 1.68.

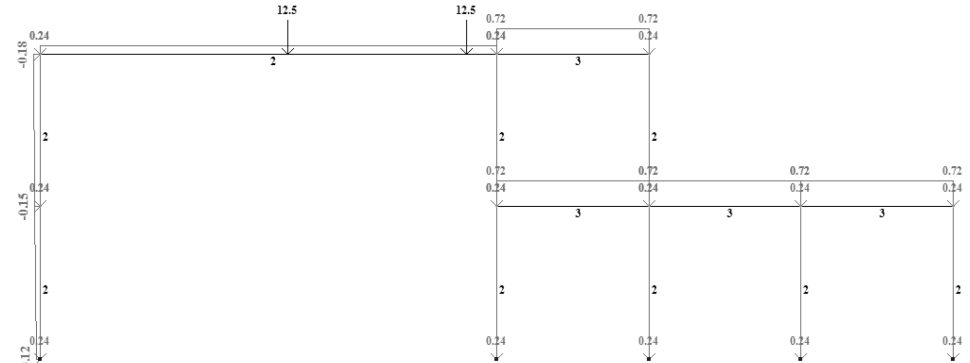


Fig. 1.68. The frame loaded by set loadings.


Thus, we finish consideration of techniques of the task of loadings on rods, believing, that with other types of loadings you if necessary will understand independently. As if to loadings on elements of other types we still shall come back to this question in chapter 4.

Actually work on formation of certainly - element model of flat rod

Вот, собственно, и завершена работа по формированию конечно-элементной модели плоской стержневой структуры. Мы создали расчетную схему, задали связи, присвоили элементам определенные жесткости и задали нагрузки. Можно произвести расчет.

Однако мы отложим сам расчет до главы 2. Сейчас же познакомимся с командами, позволяющими проверить, получилась ли созданная модель такой, как мы этого хотели.

1.3.12. Информация о компонентах модели

Разработчики снабдили программный комплекс великолепной командой Информация, помещенной в ниспадающее меню «Выбор». На кнопке инструмента команды помещена пиктограмма, изображающая светящийся фонарик . Команда позволяет не только мгновенно получить полную информацию обо всех компонентах модели, но и корректировать многие из них.

Командами **Информация**, **Информация об узле N**, **Информация об элементе N** из ниспадающего меню «Выбор» вызываются диалоговые окна, содержащие информацию об элементе или узле. Разница в этих командах заключается в способе указания элемента или узла, для которого следует вывести на экран информацию. Команда Информация инициирует вывод на экран информационного окна после щелчка мышью на нужном элементе или узле.


Команда будет активной до тех пор, пока пользователь не отменит ее щелчком мыши в ниспадающем меню или по кнопке инструмента. Это означает, что можно получить неограниченное количество информации, вызвав щелчком мыши все новые окна (разумеется, что предыдущее окно закрывается щелчком по одной из кнопок [Подтвердить] или [Удалить]).

Две другие команды вначале выводят на экран вспомогательное

structure is completed. We have created the design scheme, have set bonds, have appropriated to elements certain rigidity and have set loadings. It is possible to make calculation.

However we shall postpone calculation up to chapter 2. Now we shall get acquainted to the commands, allowing to check up, whether the created model such as we wanted it has turned out.

1.3.12. The information on components of model

Developers have supplied a program complex with a magnificent command the Information placed in the falling menu "Choice". On the button of the tool of a command the pictogram representing a luminous small lamp  is placed. The command allows not only to receive instantly the full information on all components of model, but also to correct many of them.

The Information, the Information on joint N, the Information on element N from the falling menu "Choice" are caused by commands the dialogue windows containing the information on an element or joint. The difference in these commands consists in a way of the instruction of an element or joint for which it is necessary to display the information. The command Information initiates a conclusion to the screen of an information window after click by the mouse on the necessary element or joint.

The command will be active until the user will not cancel its click of the mouse in the falling menu or by the button of the tool. It means, that is possible to receive unlimited quantity of the information, having caused click of the mouse all new windows (certainly, that the previous window is closed by click on one of buttons [Confirm] or [Remove]).

Two other commands in the beginning display an auxiliary window into which the user should enter number of an element (or joint) and to click by the button [Confirm]. Only after that on the screen the information

окно, в которое пользователь должен ввести номер элемента (или узла) и щелкнуть по кнопке [Подтвердить]. И только после этого на экран будет выведено информационное окно (рис. 1.69, 1.71). Эти команды используются в том случае, если модель показана в такой проекции, когда затруднительно указать курсором на нужный элемент или узел.

Диалоговое информационное окно элемента модели показано на рис. 1.69.

Диалоговое окно предоставляет полную информацию о компонентах модели, относящихся к элементу: тип жесткости, присвоенной элементу, нагрузки в каждом из загрузений (номер загрузки может быть выбран непосредственно в окне), шарниры, номера узлов элемента и другая информация, которая понадобится нам в следующих главах.

window (fig. 1.69, 1.71) will be deduced. These commands are used in the case that the model is shown in such projection when it is inconvenient to specify the cursor the necessary element or joint.

The dialogue information window of an element of model is shown on fig. 1.69.

The dialogue window gives the full information on the components of model concerning to an element: type of the rigidity, appropriated to an element, loadings in each of loadings (number of a loading can be chosen directly in a window), hinges, numbers of joints of an element and other information which is required to us in the following chapters.

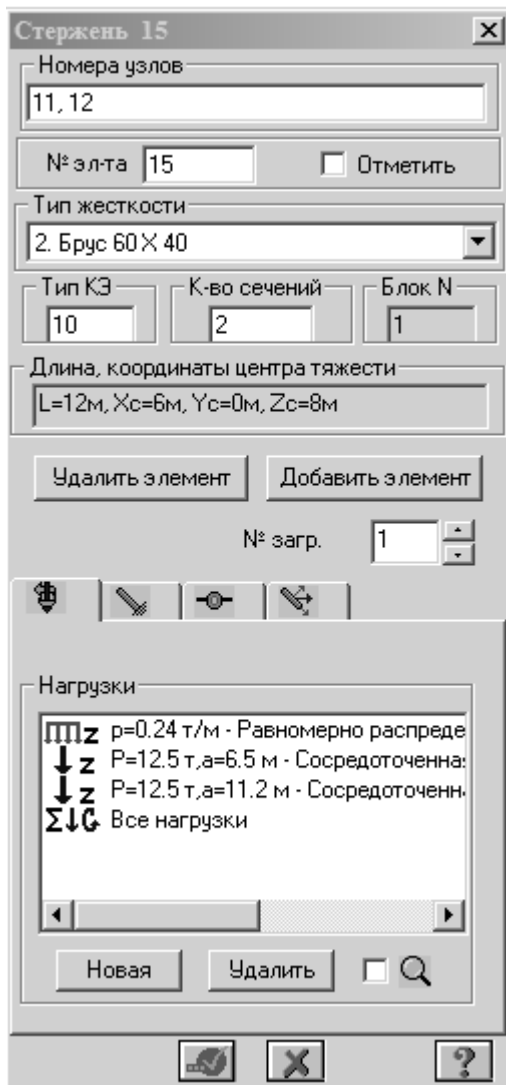


Рис. 1.69. Информационное окно элемента модели.

В поле «Тип жесткости» помещен раскрывающийся список всех жесткостей, определенных в задаче.

Но самым примечательным является то, что информационные окна одновременно служат средством корректировки. Такие компоненты

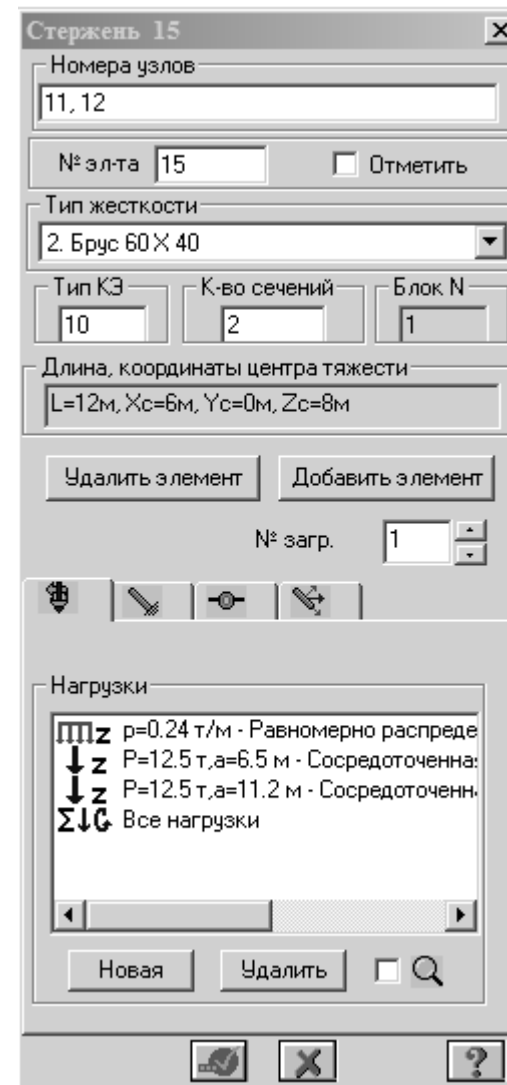


Fig. 1.69. An information window of a model element.

In a field «Type of rigidity» is placed the revealed list of all a rigidity determined in a problem.

But the most remarkable is that information windows simultaneously serve as means of updating. As rigidity, loadings, hinges it is possible to

как жесткость, нагрузки, шарниры можно изменять, не покидая окна.

Так, чтобы корректировать нагрузки, потребуется выполнить следующие операции:

- в окошке «Номер загрузки», прокручивая щелчком мыши список номеров, выбрать требуемое загрузку;
- щелчком мыши отметить в списке нагрузку, подлежащую корректировке;
- щелкнуть по кнопке [Изменить];
- в появившемся диалоговом окне «Параметры местной нагрузки» (рис. 1.70) внести в соответствующие поля новые параметры нагрузки;
- закрыть окно щелчком по кнопке [Подтвердить];
- закрыть диалоговое информационное окно щелчком по кнопке [Подтвердить].

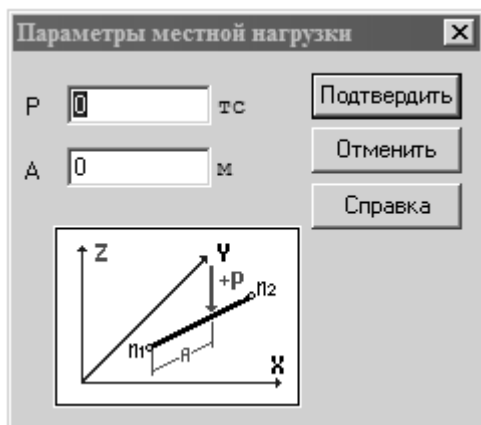


Рис. 1.70. Диалоговое окно "Параметры местной нагрузки".

Как видите, можно корректировать любой из параметров, характеризующих заданный тип нагрузки. Изменить же сам тип нагрузки нельзя. Если потребуются это сделать, нужно кнопкой [Удалить], помещенной в нижней части поля «Нагрузки», отменить заданную нагрузку и затем кнопкой [Новое] вызвать диалоговое окно «Местная нагрузка на элемент» (см. рис.1.62). С помощью окна

change such components, not leaving a window.

So that to correct loadings, it is required to execute the following operations:

- In window «Number of a loading», scrolling click of the mouse the list of numbers to choose a required loading;
- Click of the mouse to note in the list the loading subject to updating;
- To click by the button [To change];
- In the appeared dialogue window «Parameters of local loading» (fig. 1.70) to bring to corresponding fields in new parameters of loading;
- To close a window click by the button [Confirm];
- To close a dialogue information window click by the button [Confirm].

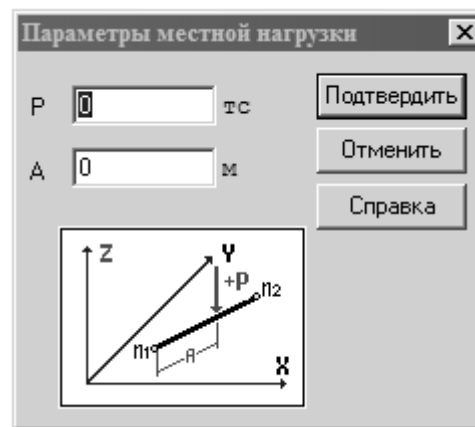


Fig. 1.70. A dialogue window "Parameters of local loading".

As you can see, it is possible to correct any of the parameters describing set type of loading. To change type of loading it is impossible. If it is required to make it, it is necessary [Remove] the button, placed in the bottom part of a field of "Loading", to cancel the set loading and then the button [New] to cause a dialogue window «Local loading on an element» (see fig. 1.62). With the help of a window to set new loading, following

задать новую нагрузку, следуя процедуре, описанной в предыдущем разделе. Если понадобится изменить жесткость элемента, достаточно развернуть список жесткостей, отметить новую жесткость, затем закрыть окно кнопкой [Применить].

В поле «Шарниры» предоставляется возможность задать (или отменить) шарниры. Для этого делается отметка (или снимается) щелчком мыши в соответствующем окошке. Изменения будут приняты программным комплексом после закрытия окна кнопкой [Применить]. Заметим, что в один прием можно произвести корректирование во всех полях, где это допускается, и затем закрыть окно.

Информационное окно узла расчетной схемы имеет вид, подобный предыдущему (рис. 1.71). Здесь также можно корректировать силы, приложенные к узлу. Есть возможность задать связи или изменить имеющиеся. Делается это просто отметкой (или убирается отметка) в соответствующем окошке поля «Связи» и щелчком по кнопке [Подтвердить]. Закончим знакомство с информационными окнами важным замечанием о кнопке [Удалить], помещенной в обоих окнах (рис. 1.69 и 1.71), в их правой верхней части.

Внимание! Будьте осторожны с кнопкой [Удалить]. Эта кнопка предназначена для удаления стержня или узла (а, следовательно, и примыкающих стержней).

Щелчок по кнопке [Удалить] мгновенно (не дожидаясь щелчка по кнопке [Применить]) приводит к потере элемента (или узла с примыкающими элементами).

Для восстановления утраченной части нужно войти в режим «Корректировка» и ввести команду **Восстановить удаленное**.

the procedure described in the previous section. If it is required to change rigidity of an element, it is enough to develop the list a rigidity, to note new rigidity, then to close a window the button [Apply].

In a field "Hinges" the opportunity to set (or to cancel) hinges is given. For this purpose the mark (or it is removed) by click of the mouse in a corresponding window is done. Changes will be accepted by a program complex after closing a window by the button [Apply]. We shall notice, that in one step it is possible to make a correcting in all fields where it is supposed, and then to close a window.

The information window of joint of the design scheme looks like, similar previous (fig. 1.71). Here it is possible to correct the forces applied to joint too. There is an opportunity to set bonds or to change available. It is done simply by a mark (or remove the mark) in a corresponding window of a field of "Communication" is cleaned and with click by the button [Confirm]. We shall finish acquaintance to information windows the important remark on the button [Remove], placed in both windows (fig. 1.69 and 1.71), in their right top part.

Attention! Be cautious with the button [Remove]. This button is intended for removal of a rod or joint (and, hence, and adjoining rods).

Click by the button [Remove] instantly (not waiting click by the button [Apply]) results in loss of an element (or joint with adjoining elements).

For restoration of the lost part it is necessary enter a mode "Updating" and to enter a command **To restore removed**.

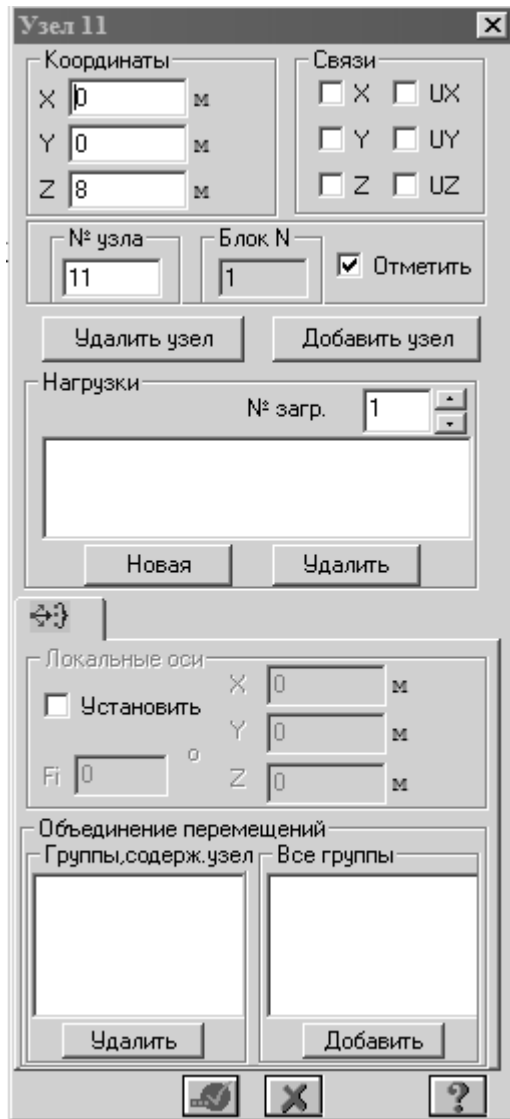


Рис. 1.71. Информационное окно узла модели.

Теперь, когда вы знакомы с этим мощным средством получения информации, проверьте, пожалуйста, правильно ли вы задали нагрузки в нашем примере. Если все соответствует исходным данным, запустите задачу на счет.

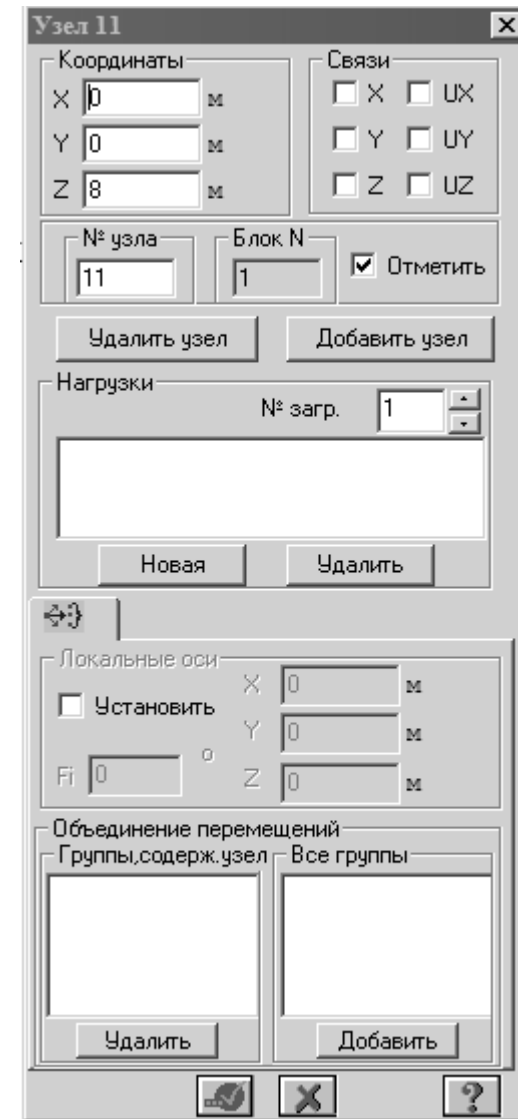


Fig. 1.71. An information window of model joint.

Now, when you are familiar with this powerful means of reception of the information, whether check up, please, correctly you have set loadings in our example. If all corresponds to the initial data, start a problem on the account.

1.3.13. Библиотека конечных элементов ПК ЛИРА

Программный комплекс ориентирован на исследование широкого класса конструкций: пространственные стержневые системы, пластины и оболочки, мембраны, массивные тела, комбинированные системы, плиты на упругом основании, ребристые пластинчатые системы, многослойные плиты и оболочки. Могут быть исследованы конструкции, содержащие произвольное объединение любых вышеназванных.

Исследуемые объекты могут иметь произвольные криволинейные очертания, локальные ослабления в виде различной формы отверстий и полостей.

Есть возможность учесть нерегулярности рассчитываемых объектов, упругие связи конечной жесткости, односторонние связи, податливые связи между фрагментами объекта.

Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций может быть выполнено как в линейно-упругой, так и в геометрически или физически нелинейной постановке.

Возможно исследование работы элементов сооружения в процессе возведения (монтаж-демонтаж).

Расчет выполняется на статические нагрузки и динамические воздействия. В качестве статических нагрузок задаются сосредоточенные силы или моменты, температурные воздействия, вынужденные перемещения. В качестве динамических воздействий задаются воздействия от землетрясения, пульсирующего потока ветра, вибрационные и ударные воздействия технологического оборудования.

Все это потребовало создания большой библиотеки конечных элементов, позволяющих моделировать известные типы сооружений промышленного, гражданского, гидротехнического, транспортного

1.3.13. Library of the PC LYRE finite elements

The program complex is focused on research of a wide class of designs: spatial rod systems, plates and shells, membranes, the massive bodies, the combined systems, plates on the elastic foundations, ridge lamellar systems, multilayered plates and environments. The designs containing any association any above-named can be investigated.

Researched objects can have any curvilinear outlines, local easing as the various form of apertures and cavities.

There is an opportunity to take into account an irregularity of considered objects, elastic bonds of final rigidity, unilateral bonds, pliable bonds between fragments of object.

Research of stress and strain state of designs can be executed both in linear - elastic, and in geometrical or physically nonlinear statement.

Research of work of elements of a construction is possible during erections (installation - dismantle).

Calculation is carried out on static loadings and dynamic influences. As static loadings the concentrated forces or the moments, the temperature influences, the compelled movings are set. As dynamic influences influences from the earthquake, a pulsing stream of a wind, vibrating and shock influences of the process equipment are set.

All this has demanded creation of the big library of the final elements, allowing to model known types of constructions of industrial, civil, hydraulic engineering, transport construction, together with mechanical

строительства, а также и машиностроения.

Сейчас в библиотеке насчитывается более 100 конечных элементов. Для каждого элемента разработчиками получены аналитические выражения или алгоритмы построения компонентов матрицы жесткости и эквивалентных узловых сил. Вы найдете в «Руководстве пользователя» подробное описание большинства конечных элементов библиотеки ПК ЛИРА.

Мы приводим здесь характеристику лишь некоторых, часто применяемых в численном анализе элементов.

Стержневой элемент (библиотечный № 10)

Элемент предназначен для моделирования плоских и пространственных стержневых систем произвольного очертания. В технической документации к программному комплексу он назван «Универсальный стержень».

Кроме стандартных возможностей (растяжение-сжатие, изгиб в двух плоскостях) элемент позволяет учесть наличие сдвига при изгибе в обеих плоскостях, предварительное напряжение, а также и упругое основание. Допускается наличие жестких вставок и шарниров. В каждом узле элемента принято 6 степеней свободы - три линейных перемещения вдоль местных осей координат и три поворота вокруг них. Компоненты матрицы жесткости вы найдете в [21, 22].

Из компонентов матрицы жесткости элемента № 10 получены, как частные случаи, матрицы жесткости элементов № 1,2, 3, 4, 5. Краткая характеристика этих элементов приведена ниже, в табл. 1.6.

Внимание. Для получения матрицы жесткости стержневого элемента приняты аппроксимирующие функции, являющиеся решением дифференциальных уравнений соответствующих одномерных краевых задач. Поэтому дискретное решение с применением конечного элемента № 10 и его производных

engineering.

Now in library it is totaled more than 100 final elements. For each element developers receive analytical expressions or algorithms of construction of components of a matrix of rigidity and equivalent central forces. You will find in "User's guide" the detailed description of the majority of final elements of library of the PC LYRE.

We result here the characteristic only the some people frequently used in the numerical analysis of elements.

Rod element (library № 10)

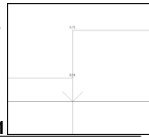
The element is intended for modelling plane and spatial rod systems of an any outline. In the engineering specifications to a program complex it is named «Universal rod ».

Except for standard opportunities (tension - compression, a bend in two planes) the element allows to take into account presence of shear at a bend in both planes, a preliminary pressure, together with the elastic basis. Presence of rigid inserts and hinges is supposed. In each joint of an element 6 degrees of freedom - three linear movings along local axes of coordinates and three turns around of them are accepted. You will find components of a matrix of rigidity in [21, 22].

From components of a matrix of rigidity of an element № 10 are received, as special cases, matrixes of rigidity of elements № 1,2, 3, 4, 5. The brief characteristic of these elements is resulted below, in tab. 1.6.

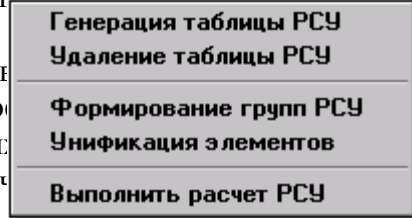
Attention. For reception of a matrix of rigidity of a rod element the approximating functions being the decision of the differential equations of corresponding one-dimensional regional problems are accepted. Therefore the discrete decision with application of a final element № 10 and his derivatives will be exact, irrespective of

будет точным, независимо от количества элементов



Прямоугольный, треугольный и четырехугольный элементы плоской оболочки (библиотечные №№ 41, 42, 44)

Эти элементы получены в соответствии с теорией тонких оболочек, основанной на гипотезе Кирхгофа о пренебрежимо малых напряжениях в поперечном направлении. Применяются при расчете оболочек.



Геометрические особенности оболочки учитываются геометрией вписанного многогранника. Поскольку точность аппроксимации поверхности оболочки увеличивается со сгущением сетки, то сходимость метода конечных элементов обеспечивается, что имеет теоретическое подтверждение.

При учёте упругого основания используется вариант механической модели сплошной среды (грунта), рассматриваемой как упругое полупространство с двумя коэффициентами постели.

Частными случаями конечных элементов тонких оболочек являются конечные элементы плоского напряженного состояния (библиотечные №№ 21, 22, 23, 24) и конечные элементы плит (библиотечные №№ 11, 12).

В таблице 1.6 приведены также конечные элементы, позволяющие моделировать связи конечной жесткости (№№ 51, 55), и законтурные элементы упругого основания, позволяющие учесть работу грунта за пределами фундаментной плиты (№№ 53,54) в соответствии с моделью П.Л. Пастернака.

quantity of elements in model.

Rectangular, triangular and quadrangular final elements of a plane shell (library №№ 41, 42, 44)

These elements are received according to the theory of thin environments based on hypothesis of Kirchhoff about direct normals and scornfully small pressure, normal to a median surface. Are applied at calculation of flat and curvilinear environments.

Geometrical features of an environment are taken into account by geometry of the entered polyhedron. As accuracy of approximation of a surface of an environment increases with a condensation of a grid convergence of a method of final elements is provided that has theoretical acknowledgement.

At the account of the elastic basis the variant of mechanical model of the continuous environment (ground) considered as elastic floor space with two factors of bed is used.

Special cases of final elements of thin environments are final elements of a flat intense condition (library №№ 21, 22, 23, 24) and final elements of plates (library №№ 11, 12).

In table 1.6 are resulted the final elements, allowing to model bonds of final rigidity (№№ 51, 55), and edge bonds elements of the elastic foundation, allowing to take into account work of a ground outside a base slab (№№ 53,54) according to P.L.Pasternaka's model.

Таблица 1.6
Table 1.6

Часто применяемые конечные элементы
Frequently used finite elements

№
Наименование КЭ
/
Finite element name
Признак
схемы /
Scheme character.
Плоскость расположения / Plane of arrangement
Степени свободы (перемещения)
Degree of freedom
(displacement)
Комментарий
Comments
10
Универсальный стержень
/
Universal bar
1
2
3
4
5
произвольно
/
arbitrary
Линейные:
u, v, w
Угловые:
α, β, γ

Linear:

u, v, w

Angular:

α, β, γ

1. Допускается наличие упругого основания в двух плоскостях.

2. Предусмотрен учет сдвиговой жесткости и обжатия.

1. Presence of the elastic foundation in two planes is premised.

2. The allow for shear stiffness and prestressing force is stipulated.

1

Стержень плоской фермы /

Rod of plane truss

1

XOZ

Линейные:

u, v

Linear:

u, v

Частный случай КЭ-10

Particular case of FE-10

2

Стержень плоской рамы /

Rod of plane frame

2

XOZ

Линейные:

u, v

Угловые: β

Linear:

u, v

Angular: β

Частный случай КЭ-10

Particular case of FE-10

Частный случай КЭ-10
Particular case of FE-10

3
Стержень балочного
ростверка /
Rod of crib

3
ХОУ
Линейные: w Угловые: α, β
Linear: w Angular: α, β

Частный случай КЭ-10
Particular case of FE-10

4
Стержень пространственной фермы /
Rod of space truss

4
произвольно

/
arbitrary
Линейные:
 u, v, w
Linear:
 u, v, w

№
Наименование КЭ
/
Finite element name
Признак
схемы /
Scheme character.
Плоскость расположения / Plane of arrangement
Степени свободы (перемещения)
Degree of freedom
(displacement)

Комментарий
Comments

5

Пространственный
стержень без учета сдвига /
Space rod without allow for an shear

5

произвольно

/

arbitrary

Линейные:

u, v, w

Угловые:

α, β, γ

Linear:

u, v, w

Angular:

α, β, γ

Частный случай КЭ-10
Particular case of FE-10

11

Универсальный прямоугольный конечный элемент плиты /
Universal rectangular slab finite element

3

5

XOY

Z, UX, UY

Линейные:

w

Угловые:

$\alpha, \beta,$

Z, UX, UY

Linear:

w

Angular:

$\alpha, \beta,$

Допускается наличие упругого основания. Учитываются свойства материала:

- изотропия;
- ортотропия;
- анизотропия.

Presence of the elastic foundation is premised. Properties of a material are taken into account:

- isotropic;
- orthotropic;
- anisotropic;

12

Универсальный треугольный конечный /
Universal triangular finite element

3

5

XOY

Линейные:

w

Угловые:

$\alpha, \beta,$

Linear:

w

Angular:

$\alpha, \beta,$

21 (23)

Универсальный прямоугольный конечный элемент плоской задачи теории упругости

/

Universal rectangular finite element of plane elastic problem

1

2

5

(4,5)
XOZ
(произвольно
/
arbitrary)
Линейные:
u, v
(Линейные:
u, v, w)
Linear:
u, v
(Linear:
u, v, w)

1. Допускаются следующие виды плоской задачи теории упругости: плоское напряженное состояние; плоская деформация.

2. Учитываются свойства материала:

- изотропия;
- трансверсальная изотропия;
- ортотропия;
- анизотропия.

1. The following types of plane elastic problem are supposed: plane stress state; plane stress deformation.

2. Properties of a material are taken into account:

- isotropic;
- transversal isotropic;
- orthotropic;
- anisotropic;

№
Наименование КЭ
/
Finite element name
Признак
схемы /
Scheme character.
Плоскость расположения / Plane of arrangement
Степени свободы (перемещения)

Degree of freedom
(displacement)
Комментарий
Comments

22

(24)

Универсальный

треугольный конечный элемент плоской задачи теории упругости

/

Universal triangular finite element of plane elastic problem

1

2

5

(4.5)

XOZ

(произвольно

/

arbitrary)

X.Z.

(X.Y.Z)

X.Z.

(X.Y.Z)

1 . Допускаются следующие виды плоской задачи теории упругости: плоское напряженное состояние; плоская деформация.

2. Учитываются свойства материала:

- изотропия;
- трансверсальная изотропия;
- ортотропия;
- анизотропия.

1. The following types of plane elastic problem are supposed: plane stress state; plane stress deformation.

2. Properties of a material are taken into account:

- isotropic;
 - transversal isotropic;
 - orthotropic;
- anisotropic;

41

Универсальный

прямоугольный элемент оболочки

/

Universal rectangular finite element of shell

5

произвольно

/

arbitrary

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

1 . Допускается наличие упругого основания.

2. Учитываются свойства материала:

- изотропия;
- трансверсальная изотропия;
- ортотропия;
- анизотропия

1. The presence of elastic foundation are supposed.

2. Properties of a material are taken into account:

- isotropic;
 - transversal isotropic;
 - orthotropic;
- anisotropic;

42

Универсальный треугольный элемент оболочки /

Universal triangular finite element of shell

5

произвольно

/

arbitrary

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

№

Наименование КЭ

/

Finite element name

Признак

схемы /

Scheme character.

Плоскость расположения / Plane of arrangement

Степени свободы (перемещения)

Degree of freedom

(displacement)

Комментарий

Comments

44

Универсальный четырехугольный конечный элемент оболочки / Universal quadrangular finite element of shell

5

произвольно

/

arbitrary

X.Y.Z.
UX.UY.UZ
X.Y.Z.
UX.UY.UZ

51

Связь конечной жесткости / The bond of finite stiffness

5

произвольно

/

arbitrary

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

X.Y.Z.

UX.UY.UZ

Применяется для учета податливости опорной связи.

It is applied to the allowing of a supporting bond compliance.

53

Законтурный двух узловой конечный элемент упругого основания / Edge two-nodal finite element of elastic foundation

3

4

5

XOY

Z

Z

Учитывает влияние полосы грунта за пределами конструкции.

Takes into account influence of a ground strip outside a structure

54

Законтурный одноузловой конечный элемент упругого основания / Edge one-nodal finite element of elastic foundation

3

4
5
XOY
Z
Z

Учитывает сдвиговое влияние угловой зоны грунта за пределами конструкции.
Takes into account shearing influence of an angular ground zone outside a structure.

55
Упругая связь
между узлами /
Elastic constraint between nodals
1-5
Вдоль глобальных осей / Along global axis
X.Y.Z.
UX.UY.UZ
X.Y.Z.
UX.UY.UZ

Учитывает податливость стыков конструкции.
Takes into account a pliability of joints of a design.