

ПРЕДИСЛОВИЕ

В условиях работы с металлическими конструкциями студенты направления подготовки «Строительство» при проектировании зданий и сооружений должны уметь правильно пользоваться компьютерной техникой и прикладными программными комплексами «ЛИРА», SCAD и т. п. В связи с этим в учебном процессе для студентов всех форм обучения предусмотрено выполнение самостоятельной работы, посвященной проектированию отдельных конструкций и узлов металлического каркаса одноэтажного производственного здания [1, 2].

Главным результатом выполнения работы считается комплект рабочих чертежей, подготовленных по данным статического расчета элементов пространственной системы, в состав которой входят колонны, главные и второстепенные балки несущего каркаса.

Практика показала, что нецелесообразно выполнять современный расчет с помощью обычного калькулятора, используя огромное количество сложных аналитических формул. Лучше привлечь, например, удобный для использования программный комплекс (ПК) «ЛИРА» [3, 4], который прошел серьезную апробацию и успешно зарекомендовал себя в работе при создании и расчете сложных конструкций.

Безусловно, для выполнения статического расчета элементов пространственной рамы с помощью ПК «ЛИРА» нужно овладеть методикой создания стержневой модели с наложением связей в опорных узлах, назначением жесткостей элементам, заданием схем приложения нагрузки и формированием расчетных комбинаций усилий. Кроме того, следует приобрести навыки по подбору и проверке сечений элементов, входящих в состав пространственной рамы, и овладеть приемами расчета и конструирования узлов, создания рабочих чертежей, визуализации полученных графических и табличных результатов.

Учебно-методическое пособие посвящено примеру расчета и конструирования элементов каркаса одноэтажного производственного здания с помощью программного комплекса ПК «ЛИРА». Пособие включает в себя иллюстративный и текстовый материалы, которые в комплексе помогают выполнить все этапы работы.

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ (ПРИМЕР)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- Срок службы 50 лет;
- производственное здание (**productive building**);
- металлический каркас (**metallic framework**);
- пространственная рама (**spatial frame**);
- пролет здания (**flight of building**) 12 м;
- шаг колонн (**step of columns**) 6 м;
- высота колонн (**a height of column**) 7,15 м;
- колонны постоянного по высоте сечения в виде составного сварного симметричного двутавра с размером сечения 424×400 мм (полки — 400×12 мм, стенка — 400×8 мм);
- второстепенная балка (**second-rate beam**) в виде прокатного двутавра 35Б1;
- главная балка (**main beam**) постоянного сечения в виде составного сварного симметричного двутавра с размером сечения 1382×450 мм (полки — 450×16 мм, стенка — 1350×10 мм);
- связи (**connections**) в виде двух прокатных равнополочных уголков $\angle 75 \times 75 \times 6$ мм;
- соединение (**joint**) главной балки с колоннами шарнирное;
- колонны жестко закреплены в фундаментах (**foundations**);
- сталь балок, колонн и связей С255;
- бетон (**concrete**) фундамента В15;
- постоянно действующая равномерно распределенная полезная нагрузка от элементов покрытия (**covering**) 2,572 кН/м².


ЗАДАНИЕ

Для пространственной рамы (каркаса) с помощью программного комплекса «ЛИРА» необходимо решить такие задачи:

- сформировать расчетную стержневую модель (**cored model**);
- выполнить расчет модели;
- произвести подбор и проверку сечений элементов;
- выполнить расчет и конструирование узлов (**knots**);
- получить графические и табличные результаты;
- создать рабочие чертежи.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ

Запуск программного комплекса «ЛИРА»

Для запуска программного комплекса «ЛИРА» необходимо дважды щелкнуть левой кнопкой (далее — кнопкой) мыши на пиктограмме «ЛИРА» , в результате чего откроется диалоговое окно «ЛИРА».

Создание файла

Работу начинаем с создания нового файла [5–7]. Для этого выбираем в меню **Файл** команду **Новый** и нажимаем кнопку мыши. При этом появляется диалоговое окно **Признак схемы**, в котором необходимо задать имя файла и количество степеней свободы в узле (рис. 1). Заполняем поле **Имя задачи**, в котором указываем имя файла, которое состоит, например, из первых букв названия профиля (ПГС), номера группы (1Б) и номера зачетной

книжки студента (248), т. е. ПГС1Б248, или пишем просто: каркас. Ставим переключатель в позицию 5 — Шесть степеней свободы в узле. Нажимаем на клавиатуре кнопку **Enter**.

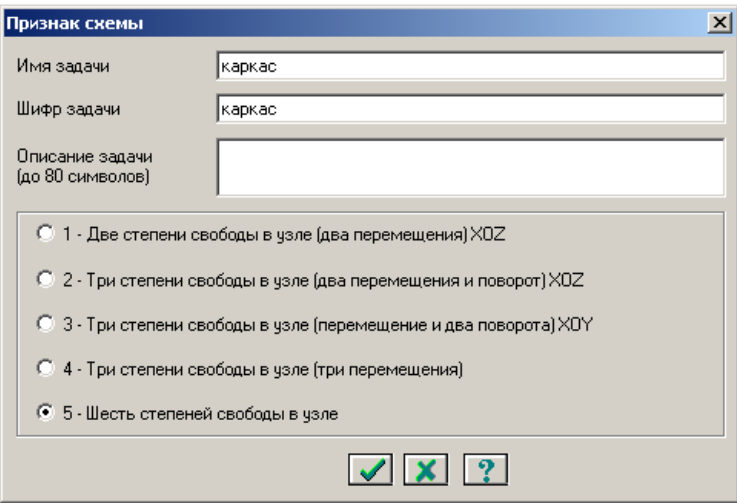


Рис. 1

Построение пространственной рамы

Сначала нажимаем **Схема ► Создание ► Пространственные рамы**. По умолчанию открывается диалоговое окно **Пространственная рама**. Именно в этом окне снимаем отметку ☒ напротив позиций **Создавать элементы пластин**, **UX**, **UY** и заполняем пары столбцов: первые две (параметры в плане) и следующая (параметры по высоте) (рис. 2). Ниже приведены пояснения относительно указанных значений.

Итак, 1.00 и 12 указывает соответственно на расстояние между второстепенными балками (ВБ) и длину главных балок (ГБ), 6.00 и 2 свидетельствует соответственно о длине второстепенных балок и количестве пролетов, 7.15 и 1 отражает соответственно высоту колонны и количество этажей.

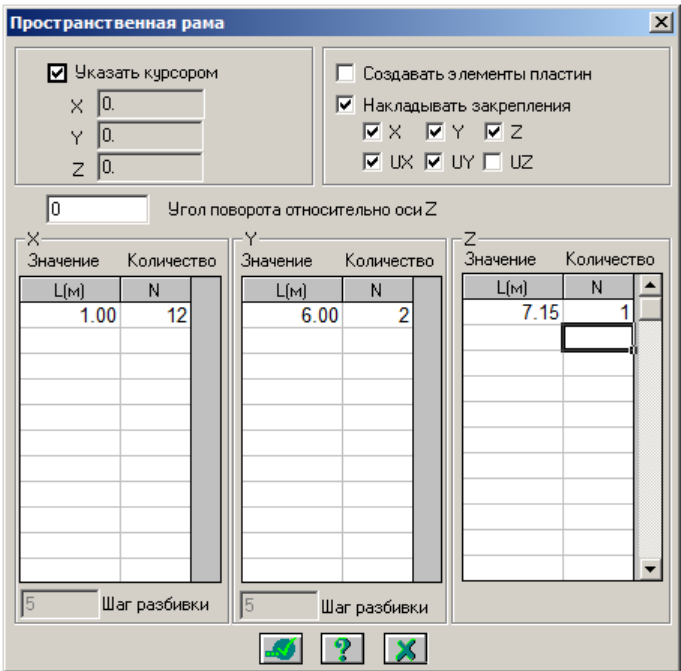







Рис. 2

После введения значений (рис. 2) нажимаем на клавиатуре кнопки **Enter** и **Esc**. Используя на панели инструментов кнопку **Флаги рисования** , переходим на другую закладку **Уз-**

лы , в которой ставим отметку ✓ напротив позиции **Номера узлов**  и щелкаем по кнопке **Перерисовать** . Нажимаем на клавиатуре кнопки **Enter** и **Esc**.

Переходим на плоскостной вид каркаса путем нажатия на панели инструментов кнопки **Проекция на XOZ** .

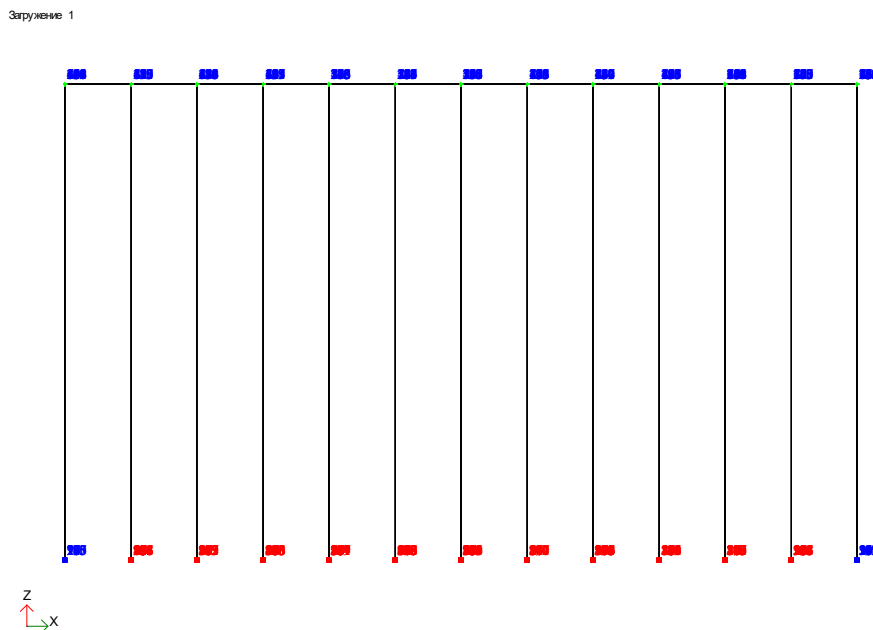








Рис. 3






Нажимаем на панели инструментов кнопку **Отметка узлов** , выбираем и удаляем все нижние узлы внутренних колонн. Впрочем, некоторые узлы трудно увидеть и выбрать для удаления. В таком случае можно воспользоваться кнопкой **Увеличить** . Нажав ее, выделяем ту область на схеме каркаса, которую следует увеличить. Выделив нужные для удаления узлы, которые окрашиваются в красный цвет (рис. 3), нажимаем на клавиатуре кнопку **Delete**.



Переходим на изометрическую проекцию, нажав на панели инструментов кнопку **Изометрическая проекция** .



В результате получим схему каркаса с пронумерованными узлами (рис. 4).



Сохраняем задачу путем нажатия на панели инструментов кнопку **Сохранить активный документ** .

Корректируем полученную схему каркаса путем нажатия **Схема ► Корректировка ► Упаковка схемы** . Открывается диалоговое окно **Упаковка** (рис. 5), в котором нажимаем кнопку **Применить** .

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Полифильтр** . Открывается диалоговое окно, в котором по умолчанию появляется закладка **Фильтр для узлов** . Переходим на вторую закладку **Фильтр для элементов**  и ставим отметку ✓ в поле **По ориентации КЭ** и отметку • напротив позиции ||Y, нажимаем кнопку **Применить**  и кнопку **Заккрыть** .

Путем нажатия на панели инструментов кнопки **Шарниры** открывается диалоговое окно **Шарниры**, в котором ставим отметку ✓ напротив позиции UY в первом и во втором узлах и нажимаем кнопку **Применить**  и кнопку **Заккрыть** .

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Флаги рисования** . Открывается диалоговое окно, где по умолчанию активирована закладка **Элементы** , в которой ставим отметку

✓ напротив позиции **Номера элементов**  и щелкаем по кнопке **Перерисовать** . После этого нажимаем на клавиатуре кнопку **Esc** и получаем схему каркаса с шарнирным креплением второстепенных балок и пронумерованными элементами (рис. 6).

Загружение 1

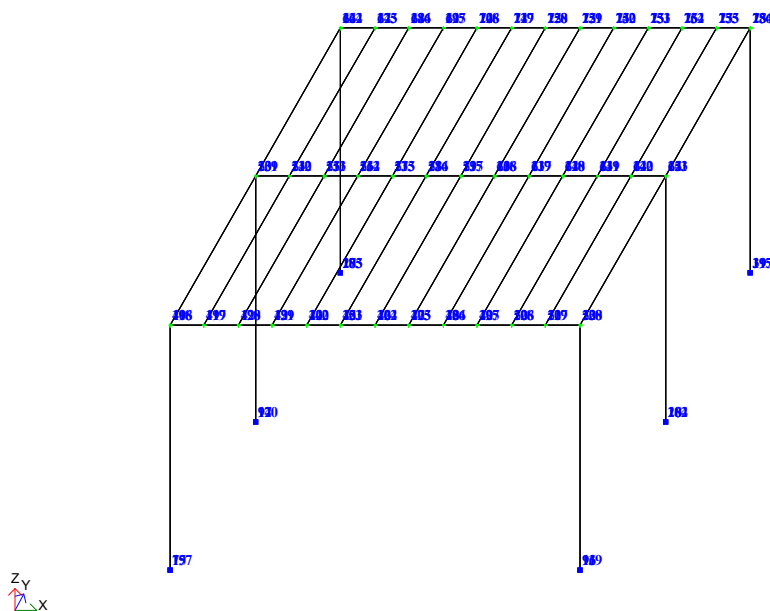


Рис. 4

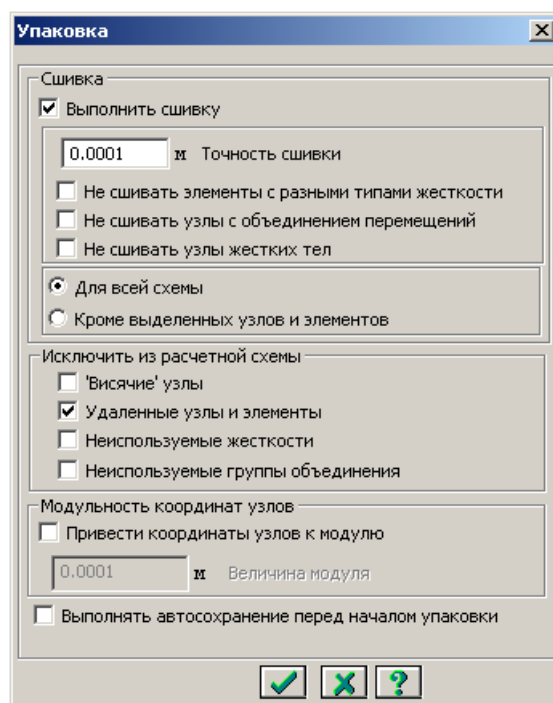







Рис. 5

Для наложения связей по колоннам нажимаем на панели инструментов кнопку **Отметка элементов**  и выделяем элементы 65, 66, 67, 68. Поскольку данный пример посвящен фрагменту многопролетной рамы, необходимо наличие portalной связи.

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Добавить элемент** . Появляется диалоговое окно, в котором переходим на последнюю закладку **Разделить пропорционально N** , в поле **N** вводим значение 0.9 (рис. 7) и нажимаем кнопку **Применить** .

В диалоговом окне **Добавить элемент** переходим на первую закладку **Добавить стержень**  и соединяем пары узлов 5 и 46, 6 и 47, 46 и 47.

Загружение 1

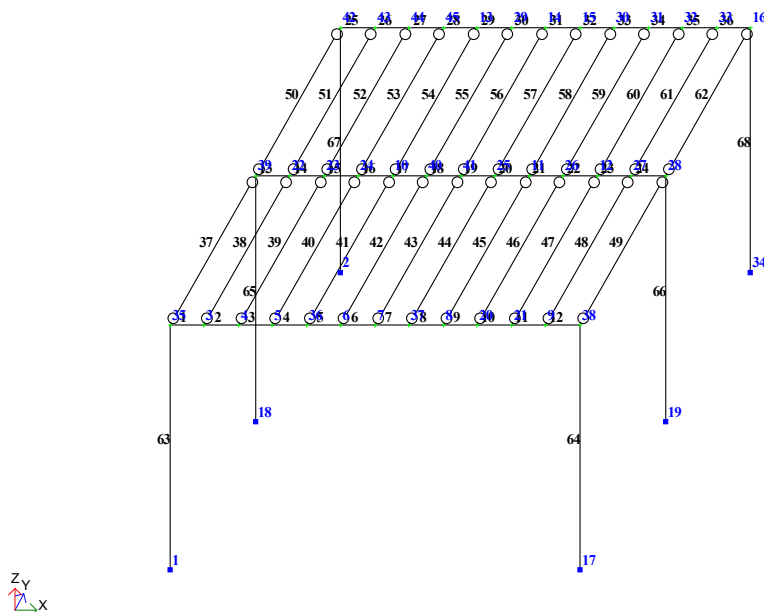


Рис. 6

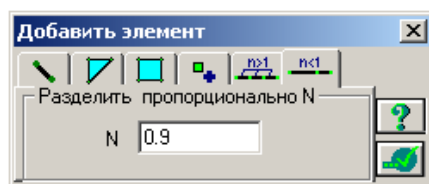


Рис. 7

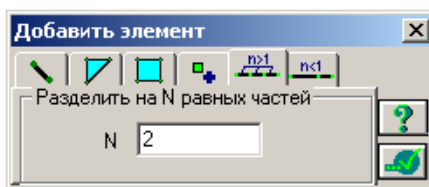









Рис. 8



Нажимаем на панели инструментов кнопку **Отметка элементов**  и выделяем элементы 73, 74, 75.





Переходим на предпоследнюю закладку **Разделить на N равных частей**, где в поле N по умолчанию введено значение 2 (рис. 8), и нажимаем кнопку **Применить** .

Снова переходим на первую закладку **Добавить стержень**  и соединяем пары узлов 3 и 50, 48 и 50, 4 и 51, 49 и 51, 3 и 52, 4 и 52.

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Флаги рисования** . Открывается диалоговое окно, в котором переходим на вторую закладку **Узлы** , в ней убираем отметку  напротив позиции **Номера узлов**  и щелкаем по кнопке **Перерисовать** . Нажимаем на клавиатуре кнопку **Esc**.

Выделяем элементы 83, 84.

Переходим на последнюю закладку **Разделить пропорционально N** , в поле N вводим значение 0.66 (рис. 9) и нажимаем кнопку **Применить** .

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Флаги рисования** . Открывается диалоговое окно, в котором переходим на вторую закладку **Узлы** , где ставим отметку ☒ напротив позиции **Номера узлов**  и щелкаем по кнопке **Перерисовать** . Нажимаем на клавиатуре кнопку **Esc**.

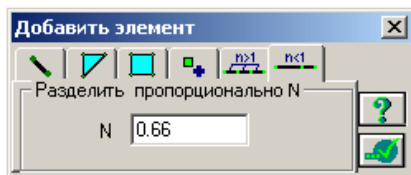






Рис. 9

В диалоговом окне **Добавить элемент** переходим на первую закладку **Добавить стержень**  и соединяем пары узлов 46 и 53, 47 и 54. Закрываем диалоговое окно **Добавить элемент** путем нажатия кнопки **Заккрыть** .

Осуществляем корректировку порталных связей.

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Отметка узлов**  и выделяем узел 53.

Вызываем на панели инструментов команду **Переместить выбранные объекты** . Открывается диалоговое окно **Перемещение объектов**. По умолчанию появляется закладка **Перемещение по параметрам**, в которой в поле dX вводим значение -1.4 м, а в поле dZ задаем 0.7 м (рис. 10) и нажимаем кнопку **Применить** .

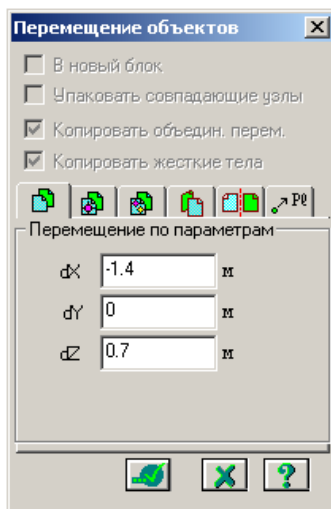










Рис. 10



Снимаем выделение с объекта (**object**) путем нажатия на панели инструментов кнопки **Отмена выбора** .

Выделяем узел 54.

В диалоговом окне **Перемещение объектов**, используя закладку **Перемещение по параметрам**, в поле dX вводим значение 1.4 м, а в поле dZ задаем 0.7 м (рис. 11) и нажимаем кнопку **Применить** .

Снимаем выделение с объекта путем нажатия на панели инструментов кнопки **Отмена выбора** . Закрываем диалоговое окно **Перемещение объектов** путем нажатия кнопки **Закрыть** .

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Флаги рисования** . Открывается диалоговое окно, где по умолчанию активирована закладка **Элементы** , в которой убираем отметку ☒ напротив позиции **Номера элементов** , переходим на вторую закладку **Узлы** , в ко-

торой убираем отметку ☒ напротив позиции **Номера узлов**  и щелкаем по кнопке **Перерисовать** . Нажимаем на клавиатуре кнопку **Esc**.

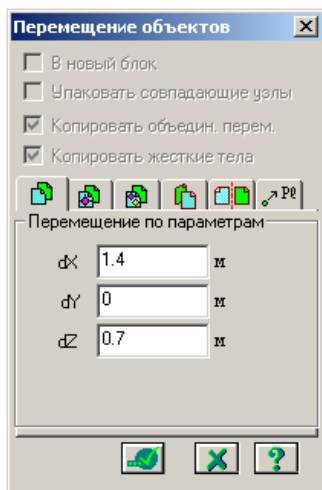



Рис. 11

В результате получаем схему каркаса со скорректированными портальными связями (рис. 12). Для улучшения визуализации портальных связей переходим на плоскостной вид путем нажатия на панели инструментов кнопки **Проекция на XOZ**  (рис. 13).

Загружение 1

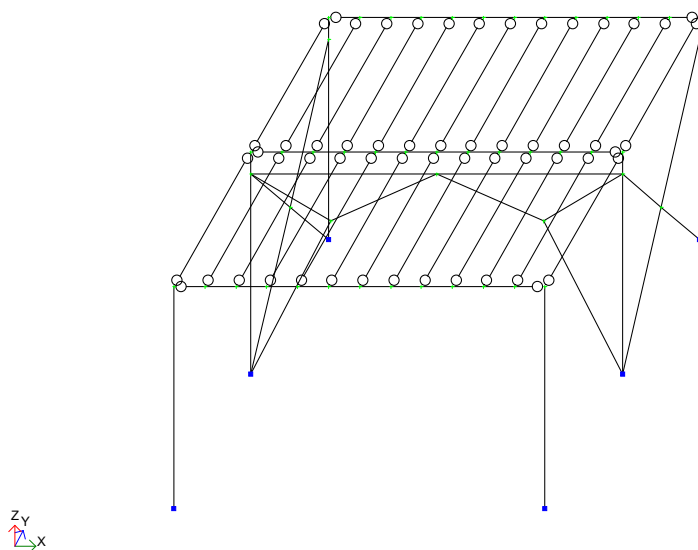








Рис. 12

Поскольку элементы связей по колоннам не воспринимают изгибающие моменты, меняем для них тип конечного элемента.

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Отметка элементов**  и выделяем элементы связей по колоннам. Используем на панели инструментов кнопку **Смена типа КЭ** . Появляется диалоговое окно **Смена типа конечного элемента**, в котором выбираем строку **Тип 4 — КЭ пространственной фермы** (рис. 14) и нажимаем кнопку **Применить** .

Закрываем диалоговое окно **Перемещение объектов** путем нажатия кнопки **Заккрыть** .

Корректируем полученную схему каркаса путем нажатия **Схема ► Корректировка ► Упаковка схемы** . Открывается диалоговое окно **Упаковка** (рис. 15), в котором нажимаем кнопку **Применить** .

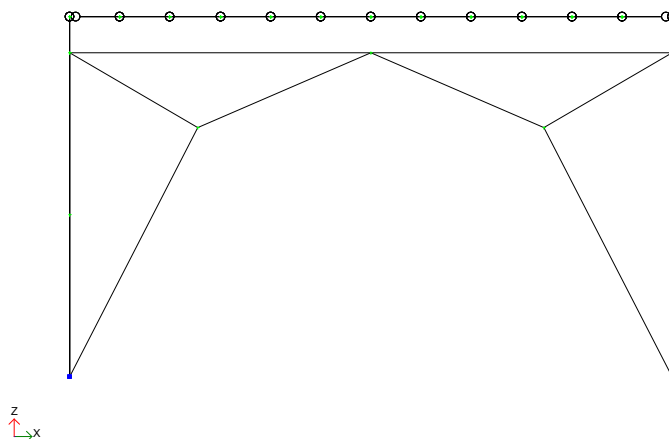


Рис. 13

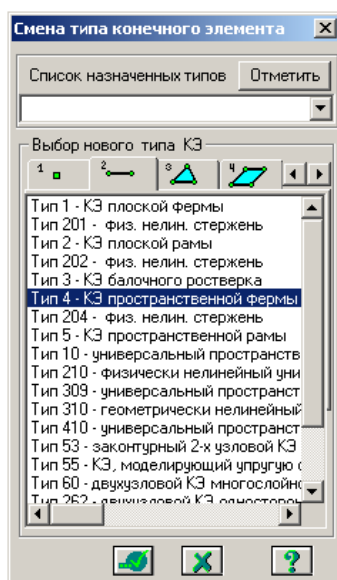


Рис. 14

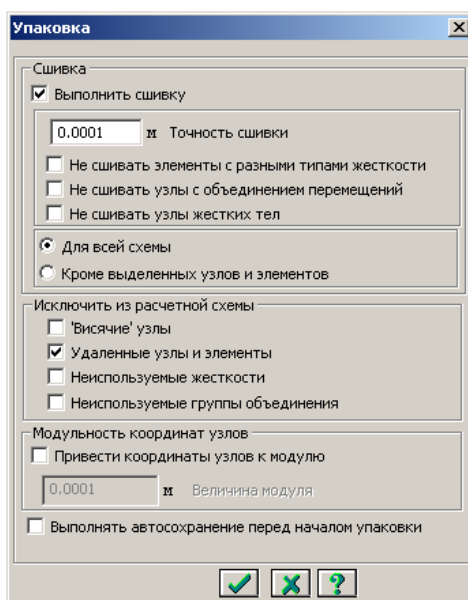




Рис. 15

Назначение жесткостей элементам

Основываясь на опыте проектирования подобных конструкций [9, 10], назначим сечениям предварительные размеры для:

- второстепенной балки — прокатный двутавр 35Б1;
- главной балки — составной двутавр, в котором полки — 450×16 мм и стенка — 1350×10 мм;
- колонны — составной двутавр, в котором полки — 400×12 мм и стенка — 400×8 мм;
- связей колонн — два прокатных равнополочных уголка $\angle 75 \times 75 \times 6$ мм.

Нажимаем на панели инструментов кнопку **Жесткости элементов** .

Открывается диалоговое окно **Жесткости элементов**, в котором нажимаем кнопку **Добавить»**  (рис. 16).

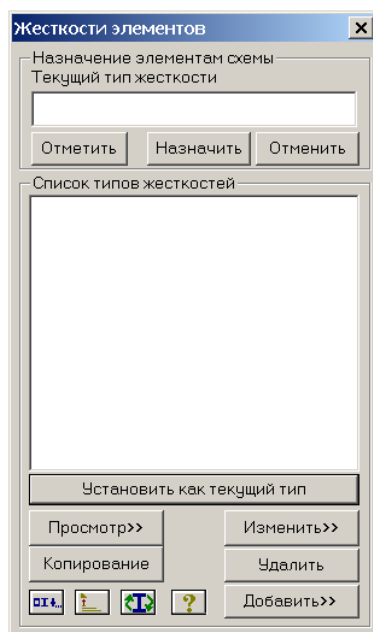



Рис. 16

Расширяется открытое диалоговое окно **Жесткости элементов**, в котором переходим на закладку **База металлических сечений**  и выбираем сечение **Двутавр** (рис. 17).

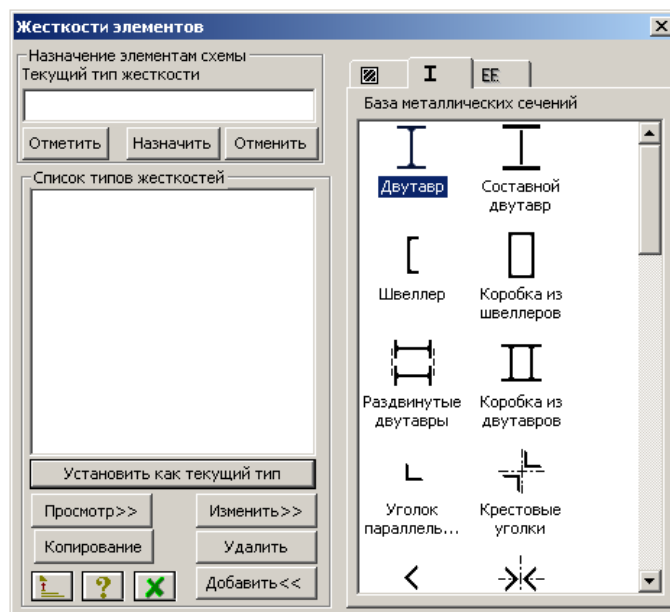


Рис. 17

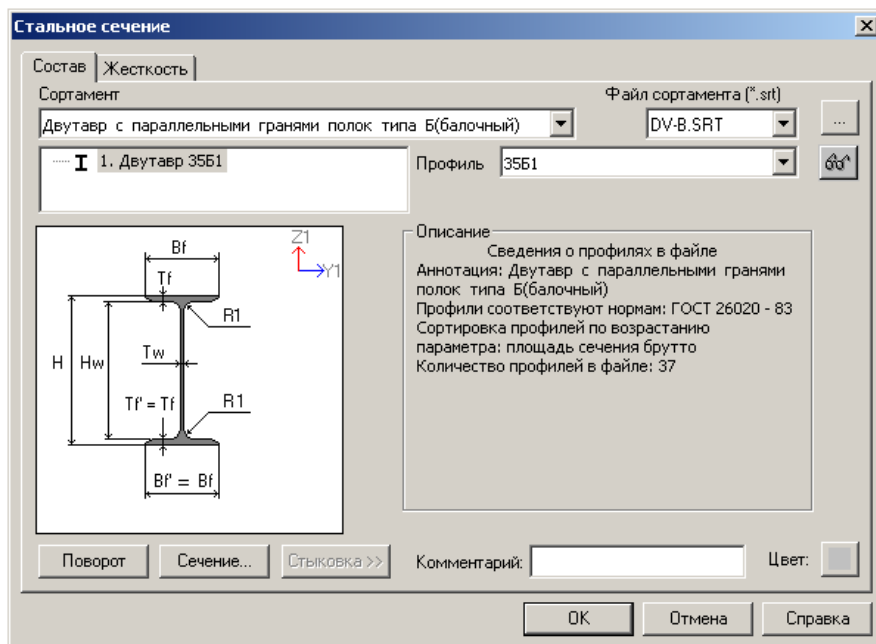




Рис. 18

Дважды щелкнув на сечении **Двутавр**, открываем диалоговое окно **Стальное сечение**, в котором выбираем в списке **Сортамент** строку **Двутавр с параллельными гранями полок типа Б (балочный)**, а в списке **Профиль** выбираем строку **35Б1** (рис. 18).

В строке **Комментарий:** пишем **второстепенная балка**. Нажимаем кнопку **Цвет:**  и выбираем любой цвет. В данном примере выбран синий цвет. Нажимаем кнопку **ОК**  и получим диалоговое окно с комментарием **второстепенная балка** (рис. 19).

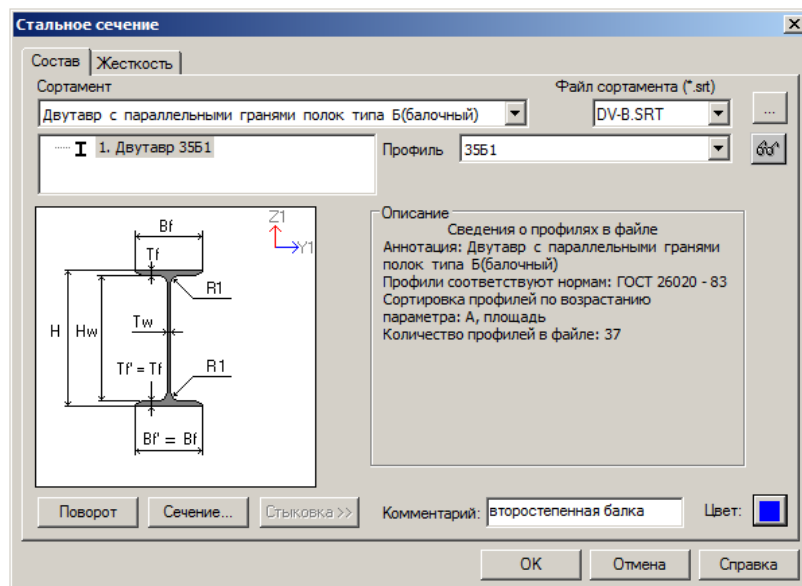
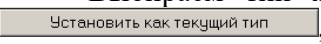









Рис. 19

Нажимаем кнопку **ОК**  и получаем уменьшенное диалоговое окно (рис. 20).

Выбираем тип жесткости 1 и нажимаем кнопку **Установить как текущий тип** , в результате чего в строке **Текущий тип жесткости** появится название типа жесткости 1.

Для удобства передвигаем диалоговое окно, нажимаем на панели инструментов сначала кнопку **Отметка элементов** , а потом кнопку **Полифильтр** . Открывается диалоговое окно, в котором по умолчанию появляется закладка **Фильтр для узлов** . Переходим на

вторую закладку **Фильтр для элементов**  и ставим отметку ☒ в поле **По ориентации КЭ** и отметку ☒ напротив позиции $\parallel Y$, нажимаем кнопку **Применить**  и кнопку **Заккрыть** . Нажимаем кнопку **Назначить** .

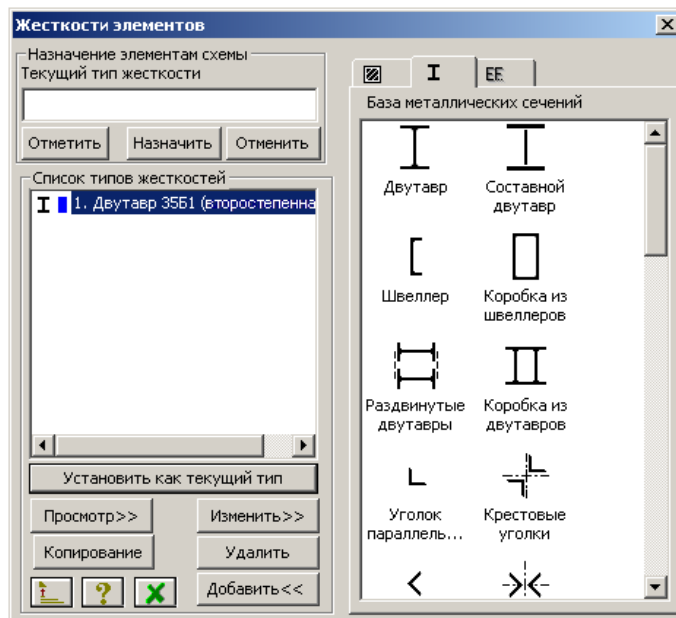


Рис. 20

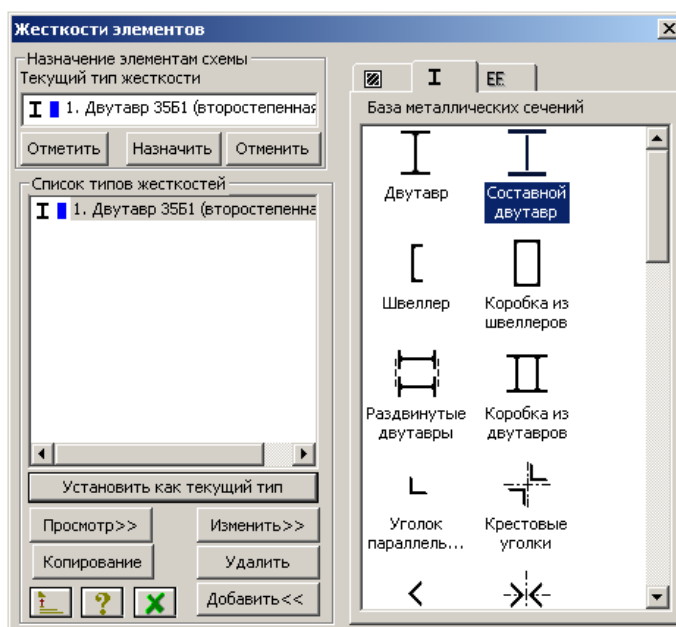


Рис. 21

Выбираем сечение **Составной двутавр**, причем двутавр должен быть из трех листов (рис. 21).

Дважды щелкнув на сечении **Составной двутавр**, открываем диалоговое окно **Стальное сечение**, в котором нажимаем на позицию **пояс** и выбираем в списке **Сортамент** строку **Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5–25 мм**, а в списке **Профиль** выбираем строку **450×16** (рис. 22).

Сечение 1350×10 задать нельзя, поскольку в программе отсутствуют его параметры.

Для этого нажимаем на позицию **стенка** и выбираем в списке **Сортамент** строку **Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5–25 мм** (рис. 23).

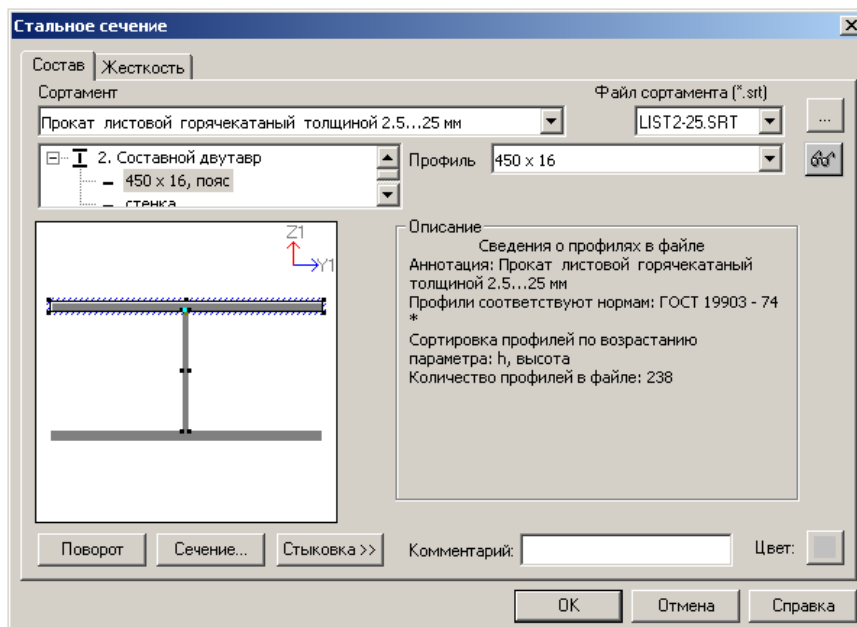


Рис. 22

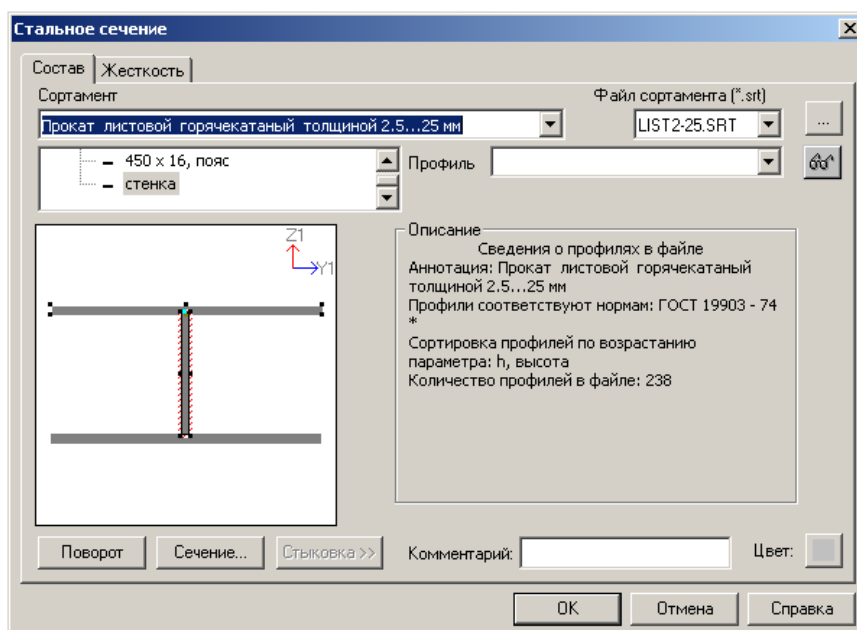





Рис. 23

Нажимаем кнопку , в результате чего появляется диалоговое окно **ЛИР-РС** (рис. 24). В меню **Правка** ставим отметку ☒ напротив позиции **Разрешить правку**. Нажимаем **Правка ► Новая строка** и на панели инструментов нажимаем **Профили** (Ctrl+I) . В открытой нижней строке вводим 1350×10 и другие параметры: $H = 1350$ мм, $T_w = 10$ мм (рис. 25).

Нажимаем **Дополнить недостающее (F12)**  и отсортировываем сортамент путем нажатия на заголовок H , мм.

В результате получим обновленное диалоговое окно **ЛИР-РС** с профилем 1350×10, расположенным между 1250×25 и 1500×14 (рис. 26).

Сохраняем сортамент и закрываем **ЛИР-РС**.

Для обновления профилей повторно выбираем в списке **Сортамент** строку **Прокат листовой горячекатаный толщиной 2.5–25 мм**, а в списке **Профиль** выбираем строку **1350×10**.

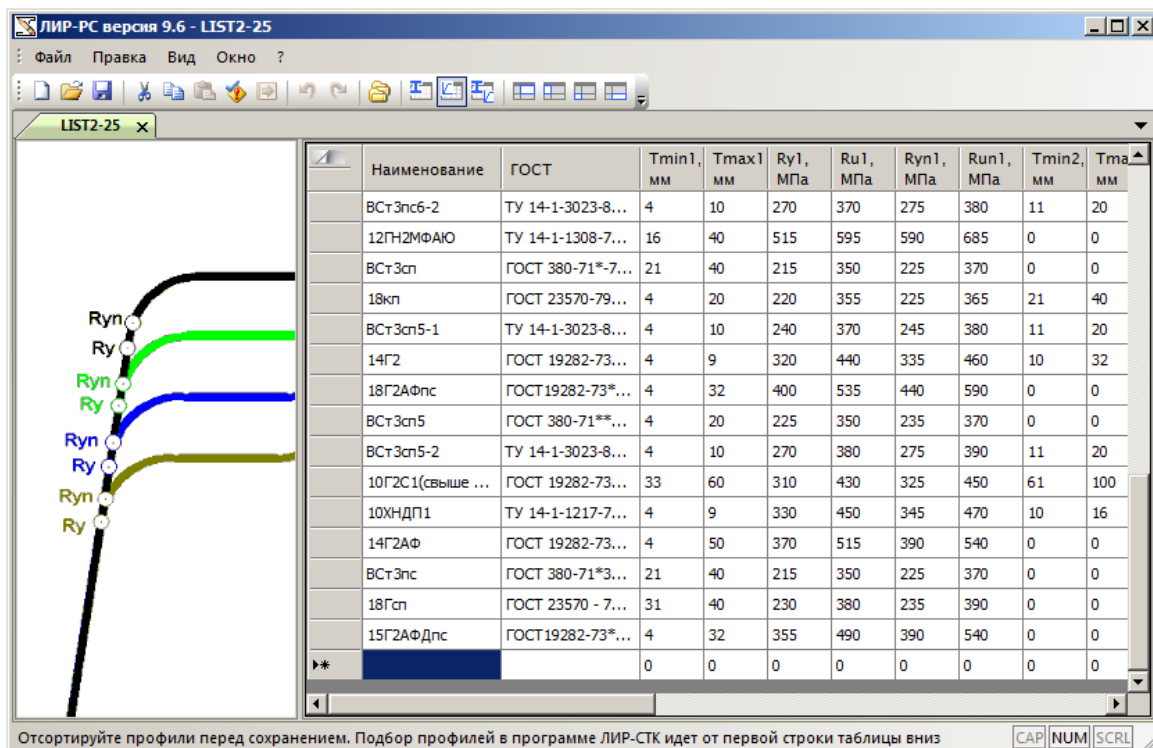


Рис. 24

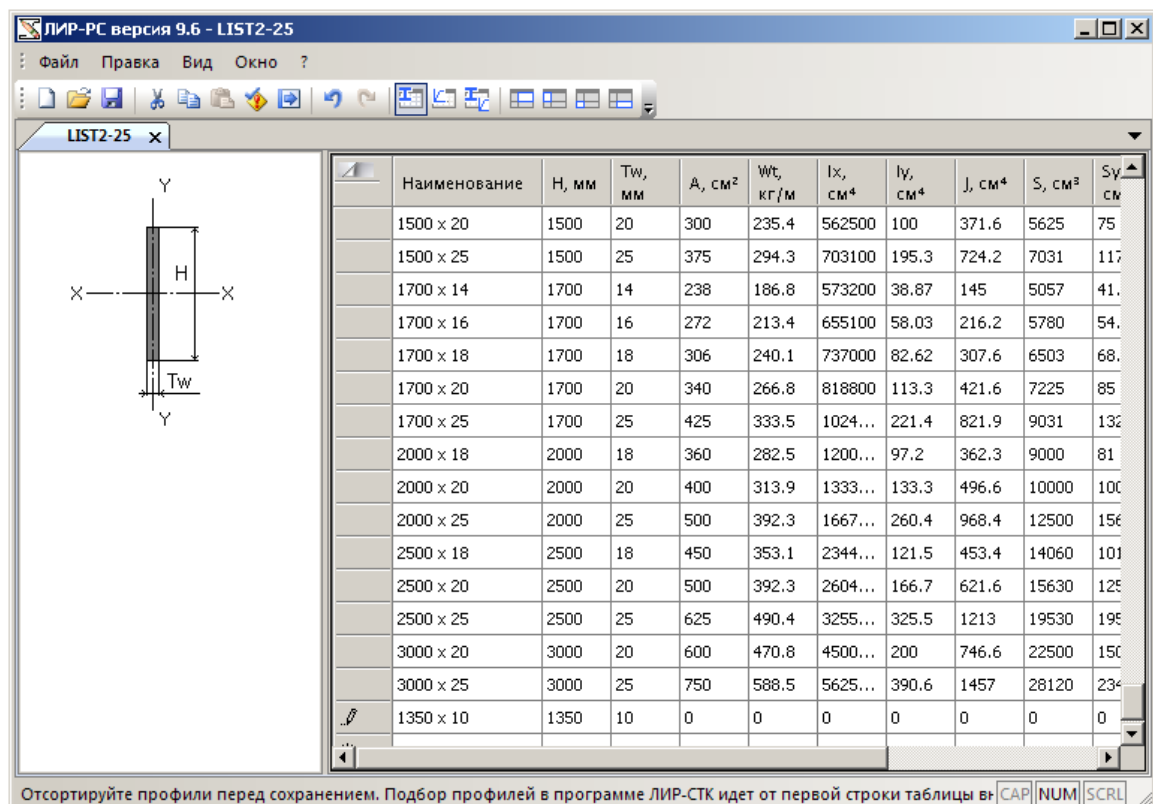

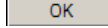


Рис. 25

В результате получим диалоговое окно с подобранными размерами сечения полки и стенки (рис. 27).

В строке **Комментарий:** пишем **главная балка**. Нажимаем кнопку **Цвет:**  и выбираем любой цвет. В данном примере по умолчанию выбран серый цвет. Нажимаем кнопку **ОК**  и получаем диалоговое окно с комментарием **главная балка** (рис. 28).

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru