

---

# **SCAD** **Structure**

---

**Формирование сечений и расчет  
их геометрических  
характеристик**

**Руководство пользователя**

**ББК 32.97**

**К 26**

**УДК (539.3+624.014):681.3**

**К 26 Карпиловський В.С. та ін.**

Формування перерізів та розрахунків їх геометричних характеристик / В.С. Карпиловський, Е.З. Криксунов, А. В.Перельмутер, М.А. Перельмутер.— К.: ВВП «Компас», 2000.— 80 с.— (Structure CAD: Інтегрована система аналізу конструкцій).— Рос.

**ISBN 966-95743-1-5**

Книга адресована користувачам обчислювального комплексу SCAD, програм сателітів SCAD, а також інших програм, що виконують аналіз напружено-деформованого стану конструкцій і пов'язаних з формуванням і розрахунком геометричних характеристик перерізів різного виду. Розглядаються інтерфейс користувача і правила підготовки даних в програмах Конструктор сечений, Консул, Сезам, подано мінімальні теоретичні відомості, на базі яких виконуються розрахунки в цих програмах.

Книга може становити інтерес для студентів відповідних спеціальностей та розробників аналогічних програм.

К  $\frac{1502000000 - 002}{2000}$  **Без оголошення**

**ББК 32.97**

Construction of cross-sections and calculation of their geometric properties / V.S. Karpilovsky, E.Z. Kriksunov, A.V. Perelmuter, M.A. Perelmuter.— Kyiv, VVP "Kompas", 2000.— 80 p.— (Structure CAD: Integrated system of structural analysis).— Russ.

The book is intended for users of the SCAD analysis software, satellite programs of SCAD, and other software which analyze the stress and strain state of structures or in any way build and calculate geometric properties of cross-sections of various types. The user interface and conventions of data preparation in the software Section Designer, Consul and Sezam is under consideration. Minimum theory is given which is a basis for calculations performed by these applications.

The book can be of interest for students of appropriate specialities and developers of similar software products.

Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер.— К.: ВВП «Компас», 2000.— 80 с.— (Structure CAD: Интегрированная система анализа конструкций).— Рос.

Книга предназначена для пользователей вычислительного комплекса SCAD, программ сателлитов SCAD, а также других программ, выполняющих анализ напряженно-деформированного состояния конструкций и связанных с формированием и расчетом геометрических характеристик сечений различного вида. Рассматриваются пользовательский интерфейс и правила подготовки данных в программах Конструктор сечений, Консул и Сезам, приводятся минимальные теоретические сведения, на основе которых выполняются расчеты в этих программах.

Книга может представлять интерес для студентов соответствующих специальностей и разработчиков аналогичных программ.

**Рецензенти: д.т.н., проф. Гордєєв В.М., д.т.н., проф. Пермяков В.О.**

**Рекомендовано до друку Вченою радою Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій (УкрНДІпроектстальконструкція)**

ISBN 966-95743-1-5

© SCAD Group, 2000

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                  |           |
|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>ОТ АВТОРОВ.....</b>                           | <b>6</b>  |
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>                          | <b>7</b>  |
| СИСТЕМА КООРДИНАТ.....                           | 8         |
| ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....                  | 9         |
| ФАЙЛЫ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПРОГРАММАМИ.....              | 10        |
| <b>ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ.....</b>            | <b>11</b> |
| ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ.....                         | 11        |
| Единицы измерений.....                           | 12        |
| Прочие параметры.....                            | 13        |
| Шкала напряжений.....                            | 14        |
| Каталоги металлопроката.....                     | 15        |
| МЕНЮ.....                                        | 16        |
| СТРОКА СОСТОЯНИЯ.....                            | 17        |
| ОПЕРАЦИИ.....                                    | 18        |
| Новое сечение.....                               | 18        |
| Загрузить ранее созданное сечение.....           | 18        |
| Отправить.....                                   | 18        |
| Сохранить сечение.....                           | 19        |
| Отменить.....                                    | 19        |
| Восстановить.....                                | 19        |
| Создать стандартное сечение.....                 | 20        |
| Показать координатные оси.....                   | 20        |
| Показать размерную сетку.....                    | 20        |
| Показать главные оси инерции.....                | 20        |
| Показать центр тяжести сечения.....              | 21        |
| Вычислить характеристики сечения.....            | 21        |
| Показать поле нормальных напряжений.....         | 22        |
| Увеличение и уменьшение изображения сечения..... | 23        |
| Сформировать отчет.....                          | 24        |
| <b>КОНСУЛ.....</b>                               | <b>25</b> |
| Курсоры.....                                     | 25        |
| ВВОД СЕЧЕНИЯ.....                                | 26        |
| Размеры сечения.....                             | 26        |
| Координатная сетка.....                          | 27        |
| Ввод внешнего контура.....                       | 27        |
| Корректировка внешнего контура.....              | 28        |
| Ввод внутренних контуров.....                    | 29        |
| Удаление внутреннего контура.....                | 29        |
| Копирование внутреннего контура.....             | 30        |
| Размножение внутреннего контура.....             | 30        |
| Сглаживание углов.....                           | 31        |
| Перемещение группы выбранных вершин.....         | 32        |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Корректировка координат вершин</i> .....                     | 32        |
| <i>Удаление вершин</i> .....                                    | 33        |
| <i>Сброс операции</i> .....                                     | 33        |
| <i>Сдвиг начала координат</i> .....                             | 33        |
| <i>Вызов справки</i> .....                                      | 34        |
| <i>О программе</i> .....                                        | 34        |
| <i>Параметрические сечения</i> .....                            | 35        |
| <i>Центр изгиба</i> .....                                       | 36        |
| <i>Импорт файлов AutoCAD</i> .....                              | 36        |
| <b>КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ</b> .....                                | <b>37</b> |
| <i>Курсоры</i> .....                                            | 37        |
| Диалоговое окно ЭЛЕМЕНТ СЕЧЕНИЯ .....                           | 39        |
| Диалоговое окно ВЫБОР ЭЛЕМЕНТА .....                            | 40        |
| ИНФОРМАЦИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТЕ .....                                    | 41        |
| ОРИЕНТАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ .....                                      | 42        |
| ИСТОРИЯ СБОРКИ .....                                            | 43        |
| ОПЕРАЦИИ .....                                                  | 44        |
| <i>Сдвиг начала координат</i> .....                             | 44        |
| <i>Удалить элемент сечения</i> .....                            | 44        |
| <i>Сдвиг и/или поворот выбранного элемента</i> .....            | 44        |
| <i>Скопировать элемент сечения</i> .....                        | 45        |
| <i>Предварительный просмотр</i> .....                           | 45        |
| СБОРКА СЕЧЕНИЯ .....                                            | 46        |
| <i>Включение элемента в сечение</i> .....                       | 46        |
| <i>Установка первого элемента</i> .....                         | 47        |
| <i>Первый способ сборки</i> .....                               | 48        |
| <i>Второй способ сборки</i> .....                               | 50        |
| <i>Третий способ сборки</i> .....                               | 50        |
| ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЧЕНИЯ .....                             | 52        |
| ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ СБОРКИ ПО ЛИНИИ .....                        | 53        |
| <i>Пример 1</i> .....                                           | 53        |
| <i>Пример 2</i> .....                                           | 55        |
| <b>СЕЗАМ — ПОДБОР ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЕЧЕНИЯ</b> .....              | <b>56</b> |
| НАЗНАЧЕНИЕ .....                                                | 56        |
| РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДБОРА .....                                        | 57        |
| <i>Вызов Конструктора Сечений</i> .....                         | 58        |
| <i>Вызов Консула</i> .....                                      | 58        |
| <i>Вызов программы Тонус</i> .....                              | 58        |
| <i>Экспорт данных в STAAD-III</i> .....                         | 58        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....                                         | <b>59</b> |
| 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК .....               | 59        |
| <i>Моменты инерции</i> .....                                    | 59        |
| <i>Главные моменты инерции, угол наклона главных осей</i> ..... | 59        |
| <i>Радиусы инерции</i> .....                                    | 60        |
| <i>Моменты сопротивления</i> .....                              | 60        |
| <i>Ядровые расстояния</i> .....                                 | 60        |
| <i>Жесткость кручения</i> .....                                 | 61        |
| <i>Центр изгиба</i> .....                                       | 61        |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Площади сечения при сдвиге</i> .....                                                           | 62 |
| <i>Пластические моменты сопротивления</i> .....                                                   | 62 |
| <i>Секториальные характеристики</i> .....                                                         | 63 |
| <i>Нормальные напряжения</i> .....                                                                | 63 |
| 2. ФОРМАТ ФАЙЛОВ .....                                                                            | 64 |
| 3. РАСШИРЕНИЕ НАБОРА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ.....                                                 | 65 |
| 4. СЕРВИСНЫЕ ФУНКЦИИ .....                                                                        | 68 |
| <i>Вычисление по формулам</i> .....                                                               | 68 |
| <i>Преобразование единиц измерений</i> .....                                                      | 70 |
| <i>Просмотр сортаментов металлопроката</i> .....                                                  | 71 |
| 5. ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС .....                                                                    | 72 |
| <i>Использование файлов Конструктора Сечений</i> .....                                            | 72 |
| <i>Использование файлов программы Консул</i> .....                                                | 73 |
| 6. ЭКСПОРТ ДАННЫХ .....                                                                           | 75 |
| <i>Конструктор Сечений</i> .....                                                                  | 75 |
| <i>Консул</i> .....                                                                               | 75 |
| <i>Сезам</i> .....                                                                                | 76 |
| 7. СПИСОК СОРТАМЕНТОВ ПРОКАТЫХ ПРОФИЛЕЙ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ С ПАКЕТОМ ПРОГРАММ.....                     | 77 |
| <i>Сортамент Челябинского металлургического комбината (Chelyabinsk metall manufactures)</i> ..... | 77 |
| <i>ГОСТ (GOST)</i> .....                                                                          | 77 |
| <i>Сокращенный сортамент (Reduced GOST)</i> .....                                                 | 78 |
| <i>Старые сортаменты (Old russian)</i> .....                                                      | 78 |
| <i>ASTM</i> .....                                                                                 | 79 |
| <i>Великобритания — стандартные профили (British Standard Sections)</i> .....                     | 79 |
| <i>Великобритания - импортируемые профили (Overseas Shapes)</i> .....                             | 80 |
| <i>Arbed</i> .....                                                                                | 80 |
| <i>OTUA</i> .....                                                                                 | 80 |
| <i>DIN</i> .....                                                                                  | 81 |
| <i>Сварные профили (welded profiles)</i> .....                                                    | 81 |

## **От авторов**

Пакет программ для создания форм сечений стержней и расчета их геометрических характеристик разработан авторским коллективом **SCAD Group** в составе: инж. Гавриленко И.С., инж. Гуревич М.Ф., канд. техн. наук Карпиловского В.С., канд. техн. наук Криксунова Э.З., д-ра техн. наук Перельмутера А.В., канд. физ.-мат. наук Перельмутера М.А., инж. Семенцова А.И.

Авторы выражают благодарность Б.С.Айзенваргу (г. Москва), А.Кораблеву (AB Ogmios Centras, г. Вильнюс), В.Попову (фирма InRe Ltd., г. Вильнюс), Т.Е.Прохоровой (Промстройпроект, г. Москва) за критические замечания и предложения, способствовавшие разработке и развитию пакета программ.

Авторы благодарны И.Ф.Лайкиной за терпение и труд, вложенный в подготовку книги к печати.

# Предисловие

Пакет программ для создания форм сечений стержней, вычисления и анализа их геометрических характеристик фактически состоит из трех приложений, которые называются соответственно **Конструктор сечений**, **Консул** и **Сезам**. Все программы функционируют в среде Windows 95/98/NT/2000 и не предъявляют специальных требований к конфигурации компьютера. Элементы пользовательского интерфейса не отличаются от большинства других программ, работающих в среде Windows.

**Конструктор сечений (Конструктор)** предназначен для формирования произвольных составных сечений из стальных прокатных профилей и листов, а также расчета их геометрических характеристик.

Программа **Консул** предназначена для формирования произвольных сечений, а также расчета их геометрических характеристик, исходя из теории **сплошных** стержней.

Программа **Сезам** предназначена для поиска сечения (в данной версии только коробки, двутавра или швеллера), наиболее близко аппроксимирующего заданное пользователем произвольное сечение по геометрическим характеристикам.

Все программы, входящие в пакет, интегрированы друг с другом. В частности, имеется возможность взаимного вызова одной программы из другой, а в некоторых случаях и передачи информации из одной программы в другую. На рис.1 показана диаграмма возможных взаимосвязей, где **.SEC**, **.CNS**, **.CON** — обозначения расширений (форматов) файлов.

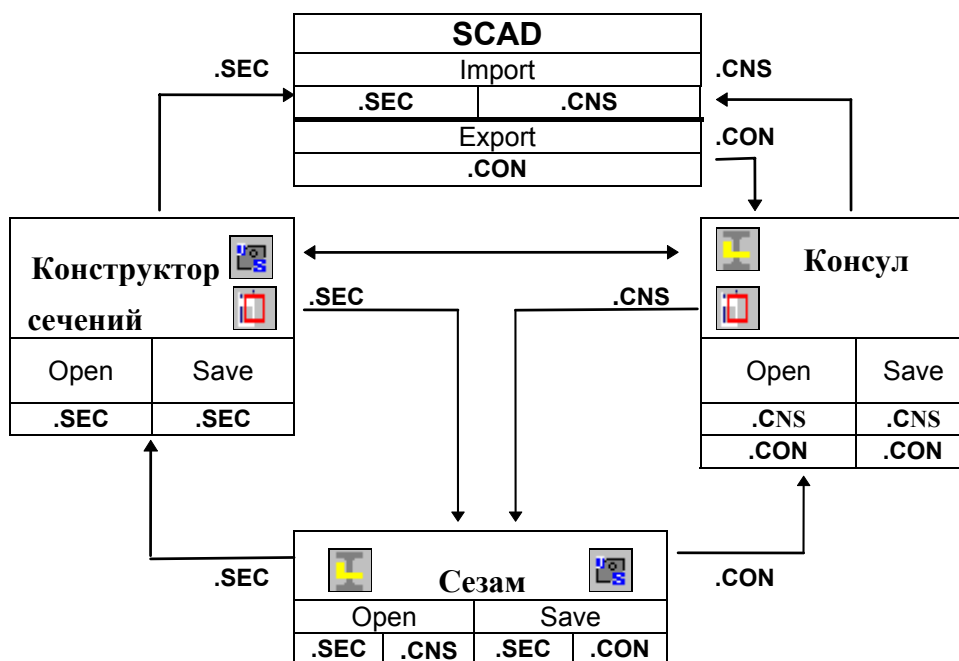


Рис. 1. Диаграмма взаимосвязей программ

## **Система координат**

Используется правоориентированная декартова система координат ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ). Ось  $X$  — продольная ось стержня, направленная из плоскости чертежа на наблюдателя. Ось  $Z$  мыслится вертикальной и направленной на чертеже снизу вверх, ось  $Y$  — горизонтальная с положительным направлением вправо.

Главные центральные оси сечения обозначаются символами  $U$  и  $V$ .

## Вычисляемые характеристики

Для сконструированного сечения **Конструктор Сечений** определяет:

- площадь поперечного сечения  $A$ ;
- значения моментов инерции  $I_y$  и  $I_z$  относительно центральных осей, параллельных координатным осям  $Y$  и  $Z$ ;
- радиусы инерции  $i_y$  и  $i_z$  относительно тех же осей;
- момент инерции при свободном кручении  $I_t$ ;
- координаты центра тяжести;
- значение угла наклона главных центральных осей инерции (угол  $\alpha$  между осями  $U$  и  $Y$ );
- максимальный  $I_u$  и минимальный  $I_v$  моменты инерции;
- максимальный  $i_u$  и минимальный  $i_v$  радиусы инерции;
- максимальный  $W_{u+}$  и минимальный  $W_{u-}$  моменты сопротивления относительно оси  $U$ ;
- максимальный  $W_{v+}$  и минимальный  $W_{v-}$  моменты сопротивления относительно оси  $V$ ;
- ядровое расстояние от оси  $U$ , отсчитываемое вдоль положительного ( $a_{u+}$ ) и отрицательного ( $a_{u-}$ ) направления оси  $V$ ;
- ядровое расстояние от оси  $V$ , отсчитываемое вдоль положительного ( $a_{v+}$ ) и отрицательного ( $a_{v-}$ ) направления оси  $U$ ;

Если сечение создано программой **Консул**, то дополнительно определяются:

- периметры сечения: полный —  $P$ , внешний —  $P_e$  и внутренний —  $P_i$ ;
- условные площади среза ( $A_{v,y}$ ,  $A_{v,z}$ );
- моменты инерции относительно системы координат, в которой создавалось сечение;
- координаты центра изгиба;
- секториальный бимомент.

Тот факт, что **Конструктор сечений** вычисляет не все геометрические характеристики (по сравнению с программой **Консул**), обусловлен следующим. Для вычисления некоторых характеристик, например, положения центра изгиба или секториальных характеристик, требуется решить дифференциальное уравнение Лапласа на области сечения с краевыми условиями на границе, зависящими от того, является ли тот или иной участок границы частью внешнего контура или принадлежит внутреннему отверстию. В случае сечений, созданных с помощью **Конструктора**, во многих случаях неясно, что является границей (внешней или внутренней) контура сечения. Поэтому, в частности, момент инерции **при свободном кручении** приближенно определен как сумма моментов инерции свободного кручения профилей, составляющих сечение.

Геометрические характеристики всегда вычисляются как для сплошностенчатого сечения — податливость соединительных решеток и/или планок не учитывается.

Необходимо отметить, что в случае сечений с равными моментами инерции ( $I_y = I_z$ ) угол  $\alpha$  является неопределенным. Показываемые на экране оси являются, в определенной мере, случайными, поскольку в рассматриваемом случае эллипс инерции вырождается в круг инерции ( $i_y = i_z = i_u = i_v$ ), и любая ортогональная пара центральных осей может быть названа главной.

Вычисление геометрических характеристик не является самоцелью. Предполагается, что результаты расчета будут использованы при дальнейшем исследовании напряженно-деформированного состояния, в частности, при задании исходных данных в **любой** программе прочностного расчета. Кроме того, программа может быть использована для определения **жесткостных характеристик зданий и сооружений** и их элементов. Сами программы **Консул** и **Конструктор Сечений** позволяют получить поля нормальных напряжений, если заданы внутренние усилия в сечении.

## **Файлы, создаваемые программами**

Программа **Консул** может создавать, сохранять результаты и читать файлы в двух различных форматах (с расширением **.CNS** и **.CON**).

Формат **CNS** является внутренним форматом и имеет сравнительно сложную структуру, однако этот формат позволяет сохранять и читать не только информацию о форме сечения, но и дополнительные настройки пользователя, например, параметры сетки.

Формат **CON** имеет очень простую структуру (описанную в приложении) и предназначен для обмена данными с другими приложениями.

**Конструктор** может создавать, сохранять результаты и читать файлы в формате с расширением **.SEC**, в котором хранится информация об элементах, из которых состоит сечение, и их взаимном расположении.

Программа **Сезам** может читать файлы как в формате **Конструктора (SEC)**, так и в формате **Консула (CNS)**.

## Общие элементы управления

Различные программы пакета имеют много общих элементов управления. Эти общие элементы описаны в данном разделе (чтобы избежать дублирования). В начале каждого подраздела приводится указатель вида



в котором наличие знака «•» в первой клеточке означает, что данная операция (опция) относится к **Консулу**, во второй — к **Конструктору Сечений** и в третьей — к программе **Сезам**. Отсутствие указателя (либо знак «•» во всех его клеточках) означает, что данное описание относится ко всем программам пакета.

## Параметры настройки

Все программы, входящие в пакет, содержат функции настройки, с помощью которых назначаются единицы измерения основных величин и правила формирования отчета, осуществляется выбор каталогов сортамента металлопроката, настраиваются цветовые шкалы и др. Эти функции сосредоточены в многостраничном диалоговом окне **Параметры**, состав и содержание страниц в котором зависят от вызывающей его программы пакета. Окно **Параметры** может быть вызвано из раздела меню **Опции** в программах **Консул** и **Конструктор сечений**, а также из инструментальной панели (кнопка **Параметры настройки** — ) во всех программах пакета.

## Единицы измерений

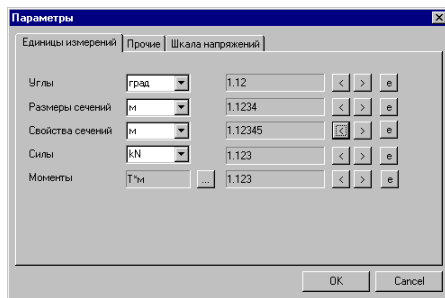


Рис. 2. Страница  
Единицы измерений  
диалогового окна Параметры

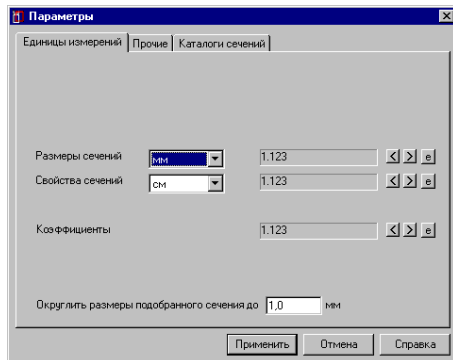


Рис. 3. Страница  
Единицы измерений  
диалогового окна Параметры  
(программа Сезам)

Страница **Единицы измерений** (рис. 2) используется для назначения единиц, в которых описываются угловые (**Углы**) и линейные размеры (**Размеры сечений**), а также результаты расчета характеристик сечения (**Свойства сечений**) **Силы** и **Моменты**. Единицы выбираются из соответствующих выпадающих списков. Для моментов предусмотрена возможность отдельного выбора единиц измерения сил и единиц измерения плеч (кнопка ). Точность представления данных (количество значащих цифр после запятой) назначается с помощью кнопок и , а установка экспоненциальной формы числа — кнопкой .

При назначении точности представления размеров сечения следует обратить внимание на то, что этот параметр влияет и на результаты операции измерения расстояния между точками сечения.

В программе **Сезам** в этом окне (рис. 3) настраиваются только три параметра — размеры и свойства сечений, а также коэффициенты. Кроме того, в нем назначается величина округления размеров выбранного сечения.

## Прочие параметры

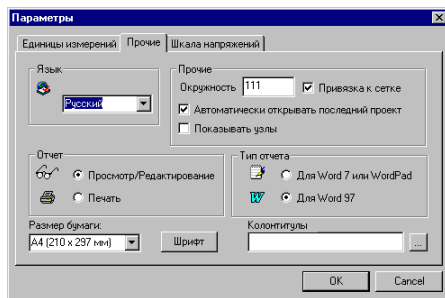


Рис. 4. Страница **Прочие** диалогового окна **Параметры** программы **Консул**

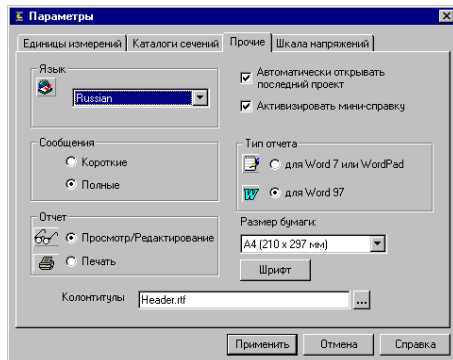


Рис. 5. Страница **Прочие** диалогового окна **Параметры** программы **Конструктор сечений**

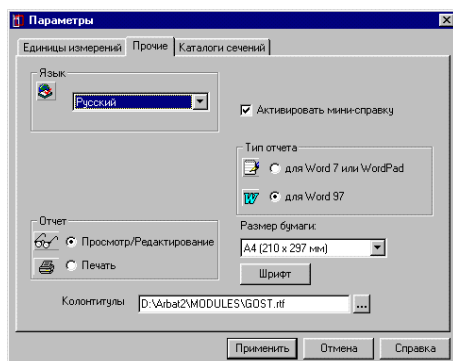


Рис. 6. Страница **Прочие** диалогового окна **Параметры** программы **Сезам**

На странице **Прочие** (рис. 4–6) во всех программах пакета выполняется настройка следующих параметров:

- язык выдачи сообщений;
- режим работы с отчетом (просмотр/редактирование, печать);
- тип отчета (формат **RTF** файла);
- размер бумаги для печати отчета;
- установка стиля и размеров экранного шрифта;
- наименование файла с колонтитулами отчета.

Кроме того, в программах пакета введены следующие дополнительные опции:

- автоматическое открытие последнего проекта при загрузке программы — **Консул**, **Конструктор Сечений**;
- активизация мини-справки — **Конструктор сечений**, **Сезам**;
- задание количества узлов на полной окружности при построении контуров и скруглении углов — **Консул**;
- привязка курсора к узлам сетки — **Консул**;
- отображение узлов на контуре — **Консул**.

**Язык** выдачи сообщений — определяет язык представления информации, выбираемый из выпадающего списка.

Для работы с отчетным документом в группе **Отчет** может быть выбран режим **Просмотр/Редактирование** или режим **Печать**.

В режиме **Просмотр/Редактирование** нажатие кнопки **Отчет** позволяет просмотреть текст отчета на экране и отредактировать его. Для этого вызывается приложение, ассоциированное с форматом **RTF** файла (например, WordPad или MS Word). Естественно, что за исправления, внесенные в текст отчета (особенно, если исправлены результаты расчета), ответственность несет пользователь. Существуют различия в формате **RTF** файлов, которые используются программами MS Word v.7 и WordPad или программой MS Word 97. В связи с этим программа предоставляет возможность выбора формата **RTF** в группе **Тип отчета**.

Включение переключателя **Печать** в группе **Отчет** вызывает печать отчета в той форме, в которой он сформирован программой.

В группе **Тип отчета** определяется формат **RTF** файла, в зависимости от используемого приложения, ассоциированного с **RTF** файлом (MS Word v.7 / WordPad или MS Word 97). Здесь следует отметить, что корректное изображение сечения можно получить только при использовании программы MS Word 97. В MS Word v.7 содержатся ошибки, которые, как правило, не позволяют отобразить такого вида графическую информацию.

Опция **Размер бумаги** позволяет установить формат бумаги, на которой печатается отчет (размер выбирается из выпадающего списка).

Установка стиля и размеров экранного шрифта (кнопка **Шрифт**) — открывает стандартное окно Windows, в котором выбирается шрифт, стиль и размер для представления информации в рабочем поле (номера опорных узлов, наименование осей и т.п.), включая размерные линейки в **Конструкторе Сечений**.

Параметр **Колонтитулы** служит для выбора имени файла, в котором хранятся колонтитулы (файл формата **RTF**), причем пользователь может сам создать или модифицировать этот файл.

Если активна опция **Автоматически открывать последний проект**, то при загрузке программы будет одновременно загружаться и последний проект.

При включенной опции **Активизация мини-справки** в окне **Элемент сечения (Конструктор сечений)** и в окне программы **Сезам** будут автоматически появляться мини-справки при попадании курсора на элементы управления.

Параметр **Окружность** определяет количество узлов, используемых при аппроксимации вписанной окружности ломанной линией, например, при вводе круглого отверстия. Если выполняется операция скругления углов, то количество точек на дуге скругления будет пропорционально центральному углу дуги.

Опция **Привязка к сетке** позволяет при построении контуров автоматически привязывать точки перелома контура к узлам заданной сетки. Привязка выполняется к ближайшему к курсору узлу сетки.

Если активна опция **Показывать узлы**, то на контуре будут показаны узлы (точки перелома).

## **Шкала напряжений**

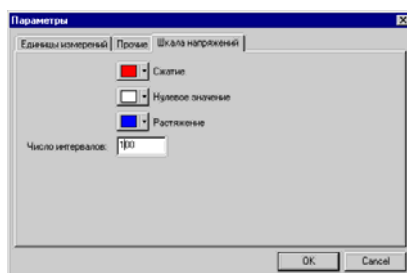


Рис. 7. Страница **Шкала напряжений** диалогового окна **Параметры**

На странице **Шкала напряжений** (рис. 7) выполняется выбор цветов для отображения сжатых и растянутых участков сечения при демонстрации полей нормальных напряжений. Кроме того, в зависимости от выбранной величины **Число интервалов**, цветовая шкала будет более или менее «гладкой».

## Каталоги металлопроката

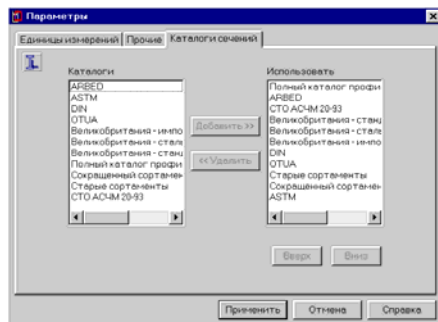


Рис. 8. Страница Каталоги сечений

На странице **Каталоги сечений** (рис. 8) выполняется назначение каталогов сортамента металлопроката, из которых собирается сечение. В левом списке представлены наименования каталогов, включенных в программу, а в правом — каталоги, выбранные для сборки текущего сечения. Перенос выбранных (отмеченных) каталогов из левого списка в правый и наоборот выполняется кнопками **Добавить** и **Удалить** соответственно. Удаление каталогов из левого списка не предусмотрено.

Каталоги, помещенные в правый список, можно расположить в удобном для работы порядке (в этом порядке они будут находиться в списке **Каталог** диалогового окна **Выбор элемента** или **Стандартное сечение**). Чтобы переместить выбранное наименование вверх или вниз по списку, используются одноименные кнопки.

## Меню



В программах **Консул** и **Конструктор сечений** меню расположено в верхней части окна и содержит пять разделов: **Файл**, **Редактировать**, **Опции**, **Сервис** и **Справка**.

Раздел **Файл** программ **Консул** и **Конструктор сечений** включает следующий набор операций:

- **Новый** — создание нового сечения (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+N**);
- **Открыть** — загрузка ранее созданного сечения (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+O**);
- **Сохранить** — сохранение на диске сформированного сечения (комбинация «горячих клавиш» — **Ctrl+S**);
- **Сохранить как...** — сохранение сформированного сечения (файла) под новым именем;
- **Отчет** — формирование отчета с характеристиками сечения;
- **Вычислить** — вычисление геометрических характеристик сечения;
- **Отправить** — активизация режима передачи файла с описанием сечения по электронной почте;
- **Подбор эквивалентного сечения** — активация программы **СЕЗАМ**, предназначенной для поиска сечения (коробки, двутавра или швеллера), которое наиболее близко аппроксимирует созданное пользователем произвольное сечение по геометрическим характеристикам;
- **Экспорт в STAAD-III** — выполняется экспорт данных в программу STAAD-III;



Кроме того, в программе **Консул** раздел **Файл** включает дополнительно следующий набор операций:

- **Поля напряжений** — построение полей нормальных напряжений;
- **Параметрические сечения** — создание сечения на основе набора прототипов;
- **Импорт DXF, DWG** — выполняется импорт описания сечения, созданного средствами системы AutoCAD.



В программе **Конструктор сечений** раздел **Файл** дополнительно включает следующий набор операций:

- **Создать стандартное сечение** — создание сечения на основе набора прототипов;
- **Предварительный просмотр** — отображение сформированного сечения;
- **Режим «рисования» сечения** — вызов программы **Консул**;



В программе **Консул** раздел **Редактировать** включает следующий набор операций:

- **Отменить** — отмена последней выполненной операции;
- **Восстановить** — повтор отмененной операции;
- **Габариты** — задание габаритов сечения (эта и все последующие операции в данном разделе дублируют соответствующие кнопки инструментальной панели);
- **Внешний контур** — ввод и корректировка внешнего контура сечения;
- **Внутренний контур** — ввод и корректировка отверстия произвольной формы, заданного как полигон;
- **Копировать внутренний контур** — создать копию внутреннего отверстия;
- **Размножить внутренний контур** — создать несколько копий внутреннего отверстия;
- **Удалить внутренний контур** — удаление выбранного внутреннего контура;

- **Сделать круглое отверстие** — задание круглого отверстия с динамически задаваемым радиусом;
- **Сделать круглое отверстие заданного радиуса** — задание круглого отверстия с заданным радиусом;
- **Сгладить угол...** — сглаживание выбранного угла дугой окружности заданного радиуса;
- **Вершины** — корректировка координат вершин сечения;
- **Удалить вершины** — удаление одной или нескольких вершин;
- **Начало координат ...** — перенос начала системы координат.



В программе **Конструктор сечений** в разделе **Редактирование** производятся операции:

- **Отменить** — отмена последней выполненной операции;
- **Восстановить** — повтор отмененной операции;
- **Удалить** — удаление выбранного элемента из текущего сечения;
- **Сдвиг, поворот выбранного элемента** — изменение положения выбранного элемента в сечении;
- **Сдвиг начала координат** — перенос начала системы координат;
- **Копирование выбранного элемента** — копирование выбранного элемента n раз с заданным шагом.



Раздел **Опции** содержит следующие операции:

- **Параметры** — вызов диалогового окна с параметрами настройки;
- **Шаг сетки** — назначение шага размерной сетки;
- **Сетка** — отображение размерной сетки в рабочем поле;
- **Координатные оси** — отображение координатных осей сечения;
- **Главные оси** — отображение главных осей инерции сечения;
- **Центр тяжести** — отображение положения центра тяжести сечения;
- **Увеличить изображение** — увеличение изображения сечения в рабочем поле;
- **Уменьшить изображение** — уменьшение изображения сечения в рабочем поле (операция становится доступна только после увеличения изображения сечения) .
- **Поле нормальных напряжений** — изображение поля нормальных напряжений в сечении в соответствии с заданными пользователем усилиями в сечении.



Из раздела меню **Сервис** можно вызвать стандартный калькулятор Windows, калькулятор для расчета по формулам, программу преобразования единиц измерения.



Раздел меню **Справка** включает операции доступа к справочной информации.

## Строка состояния



Строка состояния (рис. 9) включает три поля: **Габариты сечения**, координаты текущего положения курсора и **Расстояние**. В первом поле отображаются заданные габариты сечения. Во втором поле выводятся координаты курсора. Третье поле используется для вывода расстояния между двумя точками сечения в режиме измерения.

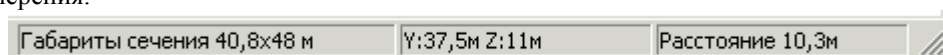


Рис. 9. Строка состояния

## Операции

Установка курсора на определенную кнопку на инструментальной панели и нажатие левой клавиши мыши активизирует соответствующую операцию или команду. Здесь и далее для обозначения указанной последовательности действий будет применяться выражение «нажатие кнопки на инструментальной панели».

### Новое сечение

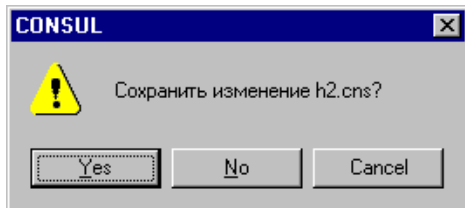


Рис. 10. Окно сообщений



Эта операция используется для подготовки **Консула (Конструктора)** к созданию нового сечения. В результате ее выполнения окно **программы** приводится в исходное состояние. Если текущее сечение было модифицировано, но не сохранялось, появляется запрос-предупреждение с предложением его сохранить (рис. 10).

### Загрузить ранее созданное сечение

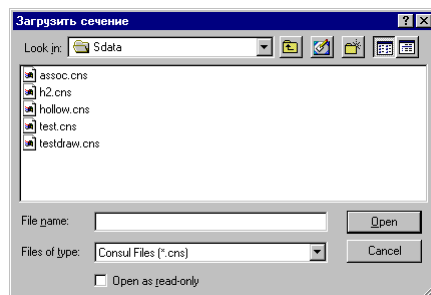


Рис. 11. Диалоговое окно  
Загрузить сечение

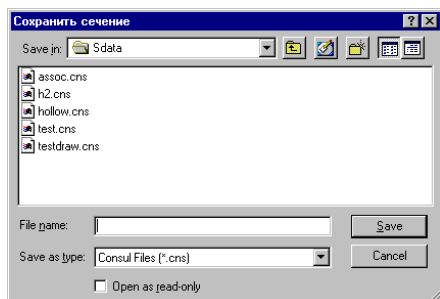


С помощью этой операции выполняется загрузка ранее сформированного сечения. После активизации операции появляется стандартное окно среды Windows со списком файлов, имеющих расширение **.CNS** или **.CON** в **Консуре** или **.SEC** — в **Конструкторе** (рис. 11). Как и в предыдущем случае, выполняется проверка и, при необходимости, выдается запрос-предупреждение о сохранении текущего сечения (рис. 10).

### Отправить



С помощью данной операции можно отправить файл с информацией о сечении по электронной почте.

**Сохранить сечение**

Эта операция предназначена для сохранения данных о сечении в файле. Если сечение еще не сохранялось, после активизации операции появляется стандартное окно Windows, в котором следует ввести имя файла и выбрать расширение **.SEC**, **.CNS** или **.CON** (рис. 12).

Рис. 12. Диалоговое окно  
Сохранить сечение

**Отменить**

Нажатие на кнопку **Отмена** вызывает отмену предыдущей операции. Максимальная глубина истории не ограничена.

**Восстановить**

Нажатие на кнопку **Восстановить** вызывает повтор последней отмененной операции.

### Создать стандартное сечение

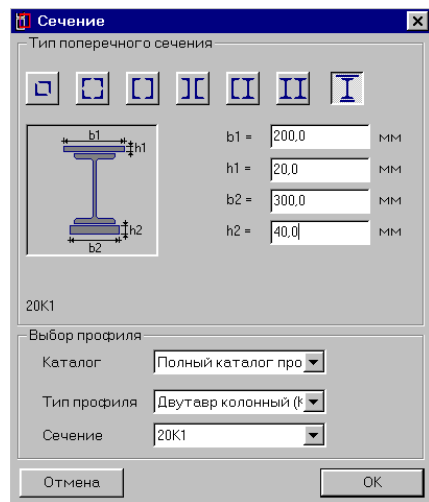


Рис. 13. Диалоговое окно **Сечение**

В программе предусмотрена возможность создания исходного сечения в виде составного сечения с использованием набора прототипов. Выбор прототипа и задание параметров составного сечения выполняется в диалоговом окне **Сечение**, которое появляется после инициализации функции (рис. 13).

В группе **Выбор профиля** из выпадающего списка **Каталог** выбирается каталог прокатных профилей, из которого будет выбираться требуемое сечение. При этом используются только те каталоги, которые включены в список **Использовать** на странице **Каталоги сечений** окна **Параметры**.

Выпадающий список **Тип профиля** позволяет указать группу односторонних профилей проката (например, двутавровые профили, швеллера, уголки и т.п.). При этом список доступных групп профилей определяется выбранным типом поперечного сечения. Например, если выбрать первый тип сечения, то окажутся доступными только **Равнополочные уголки** и **Неравнополочные уголки**.

Выпадающий список **Сечение** дает возможность выбора конкретного профиля, который будет использоваться в поперечном сечении элемента.

### Показать координатные оси



Включает или выключает в рабочем поле отображение осей основной системы координат конструируемого сечения.

### Показать размерную сетку



Включает или выключает в рабочем поле отображение размерной сетки. Шаг сетки назначается одноименной операцией в разделе меню **Параметры** или нажатием одноименной кнопки на инструментальной панели.

### Показать главные оси инерции



Включает или выключает отображение в рабочем поле главных осей инерции конструируемого сечения.

## Показать центр тяжести сечения



(красного цвета)

Включает или выключает отображение в рабочем поле положения центра тяжести конструируемого сечения.

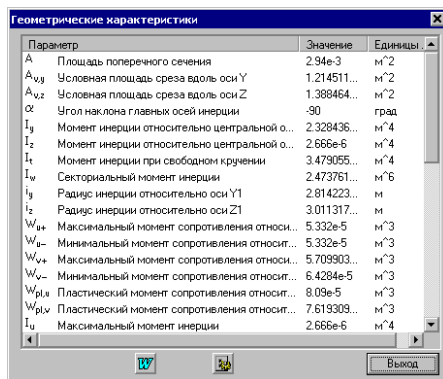
## Вычислить характеристики сечения



После активизации этой операции выполняется расчет геометрических и жесткостных характеристик сечения, и появляется диалоговое окно (рис. 14), в котором эти характеристики представлены. Значения характеристик выводятся с назначенной точностью и в установленных для текущего сечения выходных единицах измерения (см. раздел **Единицы измерений**).



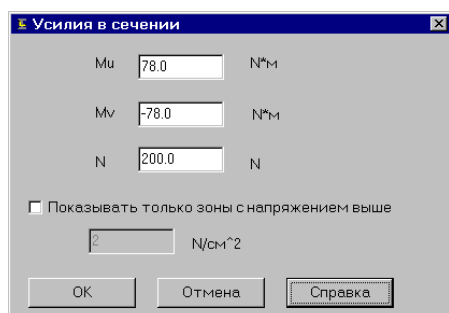
Нажатие кнопки  позволяет оперативно изменить единицы измерения, а кнопка  позволяет сформировать отчет.



| Параметр         | Значение                                     | Единицы        |
|------------------|----------------------------------------------|----------------|
| A                | Площадь поперечного сечения                  | 2.94e-3 м²     |
| A <sub>yz</sub>  | Условная площадь среза вдоль оси Y           | 1.214511... м² |
| A <sub>yz</sub>  | Условная площадь среза вдоль оси Z           | 1.388464... м² |
| α                | Угол наклона главных осей инерции            | -90 град       |
| I <sub>y</sub>   | Момент инерции относительно центральной о... | 2.328436... м⁴ |
| I <sub>z</sub>   | Момент инерции относительно центральной о... | 2.666e-6 м⁴    |
| I <sub>x</sub>   | Момент инерции при свободном кручении        | 3.479055... м⁴ |
| I <sub>xy</sub>  | Секторный момент инерции                     | 2.473761... м⁶ |
| I <sub>y</sub>   | Радиус инерции относительно оси Y1           | 2.814223... м  |
| I <sub>z</sub>   | Радиус инерции относительно оси Z1           | 3.011317... м  |
| W <sub>yx</sub>  | Максимальный момент сопротивления относ...   | 5.332e-5 м³    |
| W <sub>yz</sub>  | Минимальный момент сопротивления относ...    | 5.332e-5 м³    |
| W <sub>yx</sub>  | Максимальный момент сопротивления относ...   | 5.709903... м³ |
| W <sub>yz</sub>  | Минимальный момент сопротивления относ...    | 6.4284e-5 м³   |
| W <sub>plx</sub> | Пластический момент сопротивления относ...   | 8.09e-5 м³     |
| W <sub>ply</sub> | Пластический момент сопротивления относ...   | 7.619303... м³ |
| I <sub>u</sub>   | Максимальный момент инерции                  | 2.666e-6 м⁴    |

Рис. 14. Диалоговое окно  
Геометрические характеристики

### Показать поле нормальных напряжений



При нажатии этой кнопки программа запрашивает информацию об усилиях, действующих в сечении. В диалоговом окне **Усилия в сечении** (рис. 15), которое появляется после активизации операции, необходимо указать моменты  $M_u$  и  $M_v$ , действующие относительно главных осей, и нормальную силу, приложенную в центре масс сечения. После выхода из окна в сечении отображаются изополя распределения нормальных напряжений (рис. 16).

Рис. 15. Диалоговое окно Усилия в сечении.

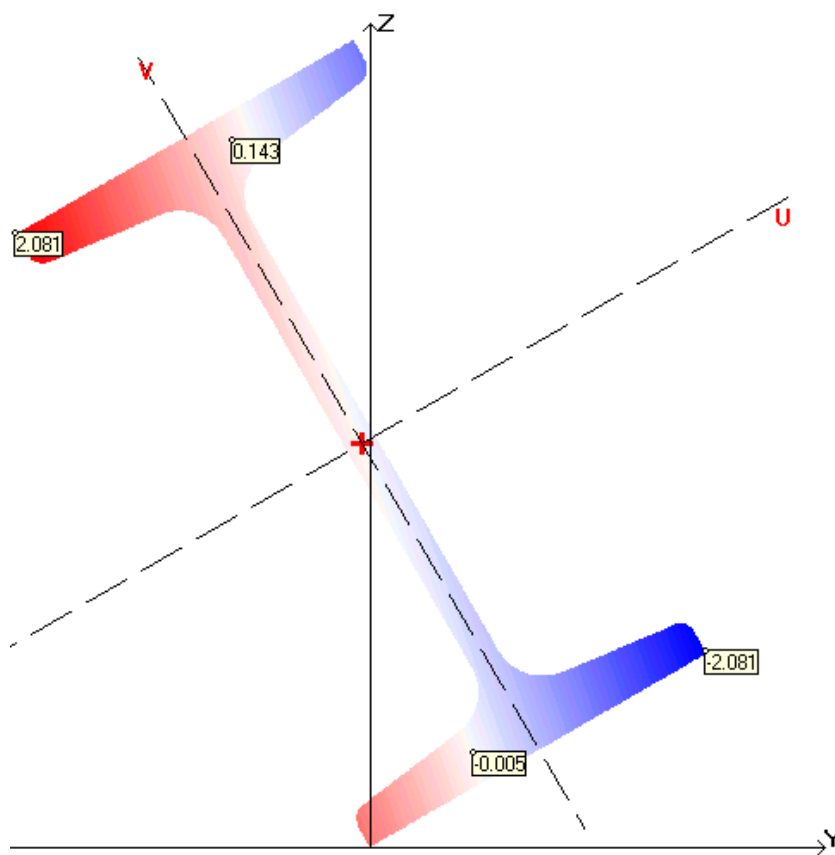


Рис. 16. Поле нормальных напряжений

Если в режиме отображения полей нормальных

напряжений необходимо сменить значения усилий в сечении, достаточно нажать правую кнопку мыши (курсор должен находиться в рабочем поле), после чего появится диалоговое окно **Усилия в сечении** (рис. 15), в котором вводятся новые значения.

Опция **Показывать только зоны с напряжением выше...** используется в тех случаях, когда требуется получить поля только для тех участков сечения, значения напряжения в которых превышают по абсолютной величине заданное. Для этого необходимо в диалоговом окне активизировать указанную опцию и ввести значение предельной величины напряжения.



**В данном режиме, по мере перемещения курсора в зоне сечения, в строке состояния отображается значение нормального напряжения в точке, соответствующей положению курсора.**

При необходимости могут быть показаны значения напряжений в любой точке сечения. Для этого достаточно подвести курсор к интересующей точке и нажать левую кнопку мыши (значения в точках, в которых реализуются минимальные и максимальные значения, показываются всегда).

Предусмотрена возможность построения эпюры нормальных напряжений вдоль заданной прямой. Для этого следует выполнить следующие действия:

- ☞ установить курсор в первую точку прямой;
- ☞ нажать и удерживать в нажатом состоянии кнопку **Ctrl** на клавиатуре;
- ☞ нажать левую кнопку мыши и, не отпуская ее, протянуть курсор во вторую точку прямой.

### Увеличение и уменьшение изображения сечения



Изображение сечения может быть увеличено. Каждое нажатие кнопки  — **Увеличить изображение** увеличивает линейный масштаб сечения на 10%. Максимальный масштаб соответствует увеличению изображения сечения в два раза. Если масштаб был увеличен, то вдоль правой и нижней границ **Рабочего поля** устанавливаются полосы прокрутки, с помощью которых можно изменить положение сечения в рабочем поле.

Уменьшение изображения выполняется кнопкой  — **Уменьшить изображение**, каждое нажатие которой уменьшает изображение на 10% вплоть до номинального размера изображения в окне.

**Сформировать отчет**



После активизации этой операции формируется отчет с характеристиками выбранного сечения. Отчет представляет собой файл в формате **RTF** (Rich Text Format). После завершения формирования отчета автоматически вызывается приложение, с которым ассоциирован формат **RTF** (например, MS Word или WordPad). При использовании программы MS Word существенной является его версия (это связано с изменениями формата данных). Версия установленной на компьютере программы задается при назначении параметров настройки (см. раздел **Прочие параметры** на стр.13).

# Консул

Окно программы **Консул** (рис. 17) включает меню, инструментальную панель, рабочее поле (с полосами прокрутки при необходимости) и строку состояния.

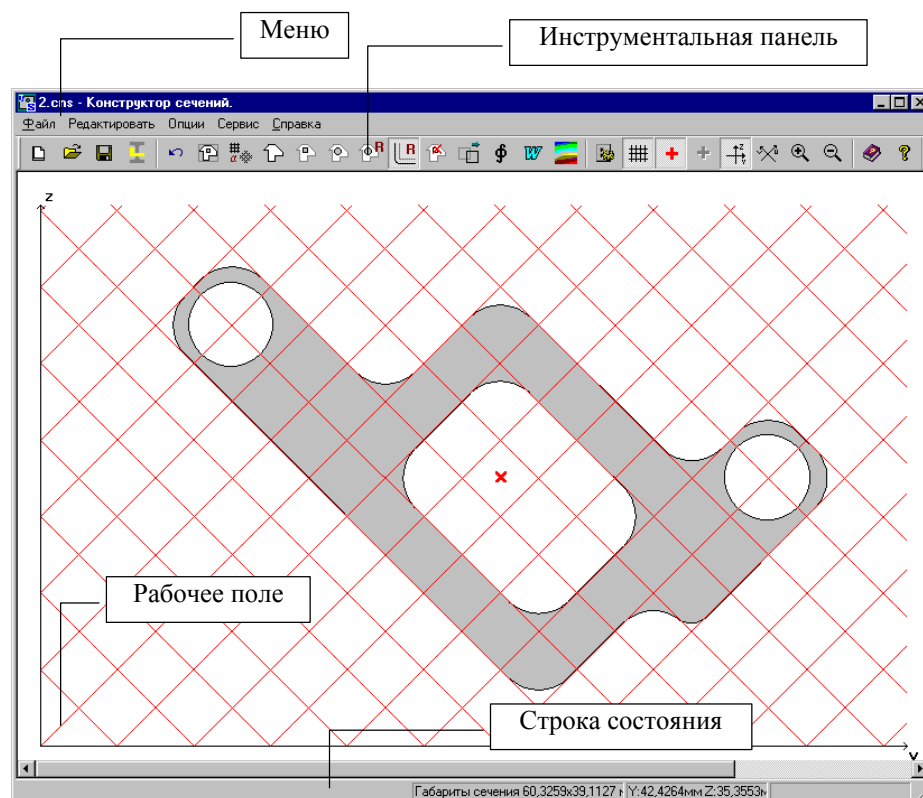


Рис. 17. Общий вид окна программы **Консул**

## Курсоры

Все операции в рабочем поле выполняются с помощью курсора. При перемещении курсора по экрану или при выполнении некоторых команд форма курсора меняется. Например, при выборе команды из меню или инструментальной панели он принимает форму стрелки, при обработке команд — форму песочных часов (курсор ожидания). Если курсор попадает на контур сечения, он изображается в виде перекрестья, координаты центра которого и определяют текущее положение курсора. При попадании в узел курсор имеет вид перекрестья с мишенью.

С помощью курсора можно определить расстояние между двумя точками сечения. Для этого следует подвести его к первой точке и нажать левую кнопку мыши. Не отпуская кнопки, переместить курсор во вторую точку. В правой части строки состояния будет указано расстояние между точками (точность указания зависит от установленного количества значащих цифр на странице **Единицы измерений** окна **Параметры**). Координаты текущего положения курсора выводятся во втором поле строки состояния.

## Ввод сечения



Последовательность операций при вводе сечения включает задание следующих параметров:

- размеров сечения;
- параметров координатной сетки;
- внешнего контура сечения;
- внутренних контуров;
- сглаживания углов (если это необходимо).

### Размеры сечения

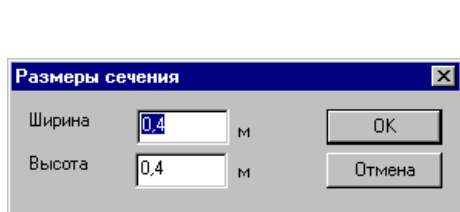


Рис. 18. Диалоговое окно **Размеры сечения**



Ввод сечения выполняется на координатной сетке, габариты которой ограничены размерами сечения. Задание размеров сечения выполняется в одноименном диалоговом окне (рис. 18) в единицах измерения, указанных на странице **Единицы измерений** диалогового окна **Параметры**.

После выхода из указанного диалогового окна в рабочем поле отображается прямоугольник, ограничивающий габариты сечения (рис. 19). Значения размеров сечения выводятся в первом поле **Строки состояния**. После ввода внешнего контура размеры сечения корректируются в соответствии с их фактическими значениями.

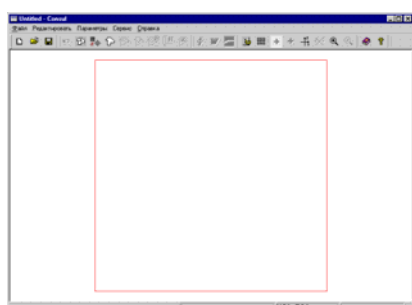


Рис. 19. Отображение габаритов сечения в рабочем поле

## Координатная сетка

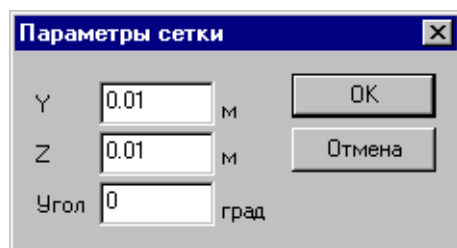


Рис. 20. Диалоговое окно **Параметры сетки**

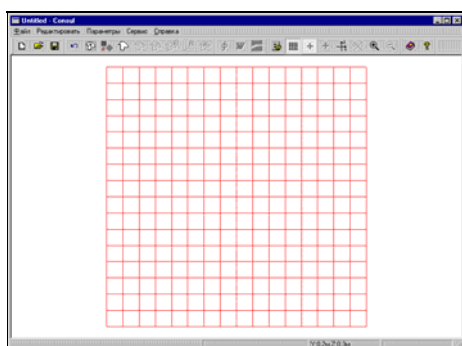


Рис. 21. Отображение сетки в рабочем поле

## Ввод внешнего контура

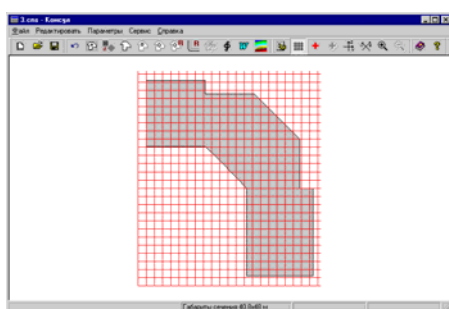


Рис. 22. Отображение сечения в рабочем поле



Ввод параметров координатной сетки выполняется в диалоговом окне **Параметры сетки** (рис. 20), которое появляется после инициализации соответствующей функции. В полях ввода этого окна задаются шаг сетки по горизонтали (вдоль оси **Y**) и по вертикали (вдоль оси **Z**), а также угол наклона сетки в градусах относительно горизонтальной оси. Вращение сетки производится вокруг начала системы координат.

Следует отметить, что шаг сетки и угол ее наклона могут неоднократно меняться в процессе ввода внутренних контуров сечения или корректировки внешнего контура. Это позволяет настраивать сетку в соответствии с размерами или положением в сечении вводимого контура.

На экране сетка появляется после ввода параметров (рис. 21). Отображение сетки включается/выключается кнопкой



— **Сетка** на инструментальной панели.



После активизации функции ввод внешнего контура выполняется путем последовательного указания курсором точек перелома полигона, ограничивающего контур. Каждая точка перелома фиксируется нажатием левой кнопки мыши. Замыкание контура выполняется двойным нажатием левой кнопки мыши. При этом последняя точка перелома соединяется с первой и на экране отображается полученное сечение (рис 22).

Положение точек перелома сечения может быть произвольным или привязанным к ближайшему узлу сетки. Настройка вида привязки выполняется на странице **Прочие** диалогового окна **Параметры**. При отсутствии привязки во втором поле строки состояния выводятся текущие координаты курсора. Если активна опция **Привязка к сетке**, то в поле строки состояния выводятся координаты ближайшего к курсору узла сетки.

## Корректировка внешнего контура

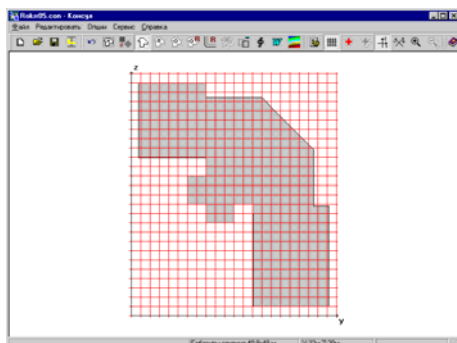


Рис. 23. Сечение после корректировки  
внешнего контура

Повторное нажатие на кнопку **Внешний контур** в инструментальной панели активизирует режим корректировки внешнего контура. Для корректировки контура необходимо подвести курсор к любой точке на контуре. После смены вида курсора (перекрестье для произвольной точки или перекрестье с мишенью для точки перелома) нажать левую кнопку мыши и «перетянуть» выбранную точку в новое положение. Фиксация новой точки перелома выполняется двойным нажатием левой кнопки мыши. На рис. 23 показано сечение после корректировки внешнего контура.



**При перемещении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих внешний контур сечения, и выход отверстий за границы внешнего контура.**

## Ввод внутренних контуров

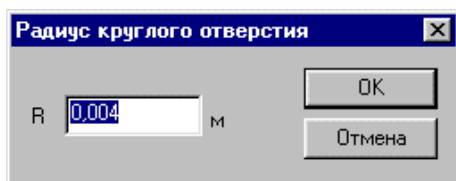


Рис. 24. Диалоговое окно **Радиус круглого отверстия**



В программе предусмотрены три вида операций для ввода внутренних контуров:

- ввод контура в виде замкнутого полигона;
- ввод контура в виде окружности с динамическим назначением ее размеров;
- ввод контура в виде окружности заданного радиуса.

Порядок операций при вводе и корректировке контура в виде замкнутого полигона не отличается от ввода внешнего контура сечения.

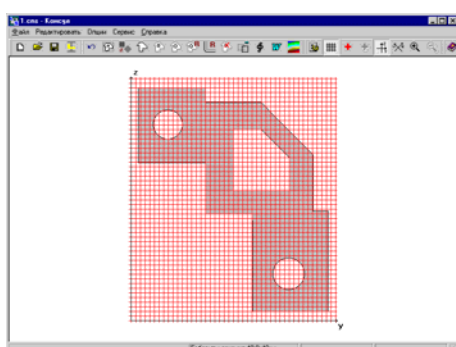


Рис. 25. Пример сечения с заданными внутренними контурами различного вида

При выполнении операции ввода контура в виде окружности с динамическим назначением ее размеров необходимо установить курсор в точку сечения, соответствующую центру окружности, и после нажатия на левую кнопку мыши перемещать курсор до тех пор, пока не будут достигнуты необходимые размеры окружности. После двойного нажатия на левую кнопку мыши контур отверстия будет зафиксирован. Если в процессе операции нажать правую кнопку мыши, ввод контура будет прерван.

Если вводится окружность заданного радиуса, то после выбора операции появляется диалоговое окно **Радиус круглого отверстия** (рис. 24), в котором задается радиус отверстия. После указания курсором точки привязки центра в поле сечения появляется заданное отверстие.

На рис. 25 приведен пример сечения с различными видами внутренних контуров.



**При вводе многоугольных внутренних контуров не допускается их пересечение с внешним контуром.**

## Удаление внутреннего контура



Для удаления внутреннего контура после нажатия этой кнопки следует установить курсор в любое место внутри одного из внутренних контуров и нажать левую кнопку мыши.

## Копирование внутреннего контура



С помощью этой функции выполняется копирование одного или нескольких внутренних контуров (отверстий), выбранных с помощью прямоугольной или полигональной рамки. Для ее выполнения следует:

- ⇨ активизировать функцию;
- ⇨ выбрать тип рамки — прямоугольная или в виде произвольного многоугольника;
- ⇨ захватить рамкой копируемые контура;
- ⇨ переместить курсор внутрь рамки и после смены вида курсора сдвинуть рамку вместе с захваченными ею контурами в новое положение.

Новое положение фиксируется нажатием левой кнопки мыши.

Если после захвата рамкой копируемых контуров нажать правую клавишу мыши, то появится диалоговое окно, в котором можно задать точные значения смещений.

## Размножение внутреннего контура



Данная операция аналогична предыдущей (**Копирование внутреннего контура**). Разница состоит в том, что после копирования процесс можно продолжить и установить еще несколько копий. Кроме того, в диалоговом окне, которое появляется при нажатии правой клавиши мыши, можно задать не только смещение, но и количество копий, которое нужно сделать.

## Сглаживание углов

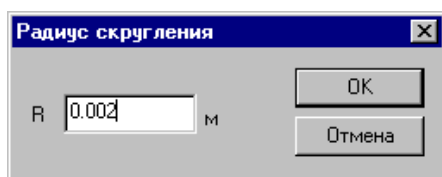


Рис. 26. Диалоговое окно Радиус скругления

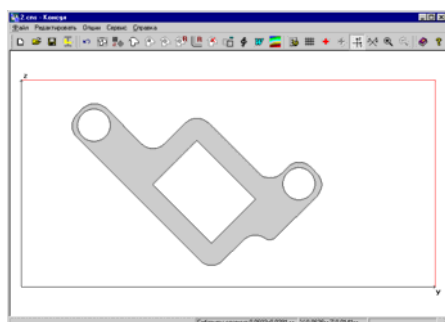


Рис. 27. Пример сечения со  
сглаженными углами



Сглаживание углов выполняется путем вписывания в угол дуги окружности заданного радиуса. После активизации операции следует указать курсором на точку перелома контура (внешнего или внутреннего), и после смены типа курсора на перекрестье с мишенью нажать левую кнопку мыши. В появившемся диалоговом окне **Радиус скругления** (рис. 26) задать радиус и нажать кнопку **ОК**. На рис. 27 показано сечение со сглаженными углами.

Количество точек (узлов) на дуге окружности задается на странице **Прочие** диалогового окна **Параметры**. Количество узлов на полной окружности (в том числе и на внутренних контурах) — не менее 16.



При задании числа узловых точек на окружности следует помнить, что их количество существенно влияет на время счета, но при этом оказывает очень малое влияние на качество полученного решения. Реализованный в программе расчет основан на использовании метода конечных элементов. Задание слишком большого числа точек на дуге может привести к возникновению вырожденных конечных элементов и, как следствие, прерыванию счета.

## Перемещение группы выбранных вершин



С помощью этой функции выполняется перемещение группы вершин, выбранных с помощью прямоугольной или полигональной рамки. Для ее выполнения следует:

- ⇒ активизировать функцию;
- ⇒ захватить рамкой перемещаемые вершины;
- ⇒ переместить курсор внутрь рамки и после смены вида курсора сдвинуть рамку вместе с захваченными ею вершинами в новое положение.

Новое положение вершин фиксируется нажатием левой кнопки мыши.



**При перемещении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих внешний контур сечения, и выход полигональных отверстий за границы внешнего контура.**

## Корректировка координат вершин

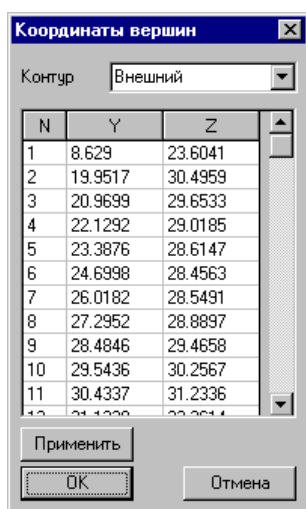


Рис. 28. Диалоговое окно  
Координаты вершин

Корректировку положения вершин внешнего и внутреннего контуров сечения можно выполнить путем изменения их координат с помощью функции **Вершины** меню **Редактировать**. После ее активизации появляется диалоговое окно **Координаты вершин** (рис. 28), которое включает список контуров в порядке их создания и таблицу с координатами вершин выбранного из списка контура. Для корректировки положения вершин следует выполнить следующие действия:

- ⇒ выбрать из списка контур (в сечении вершины выбранного контура будут пронумерованы);
- ⇒ изменить координаты вершины в таблице координат;
- ⇒ нажать кнопку **Применить** или **ОК**.



**При перемещении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих внешний контур сечения, и выход отверстий за границы внешнего контура.**

**Удаление вершин**

После активизации этой операции следует выбрать тип курсора (рамки), с помощью которого будет отмечаться группа удаляемых вершин (или одна вершина). Для удаления одной вершины используется “одионый” курсор. Для одновременного удаления нескольких вершин можно использовать рамку прямоугольной формы или в виде произвольного многоугольника.



**При удалении вершин не допускаются самопересечения ребер, образующих контур сечения.**

**Сброс операции**

Если была выбрана некоторая операция, например, перемещение вершин, то нажатие на кнопку **Сброс операции** позволяет отказаться от ее выполнения и перейти в режим измерения расстояний.

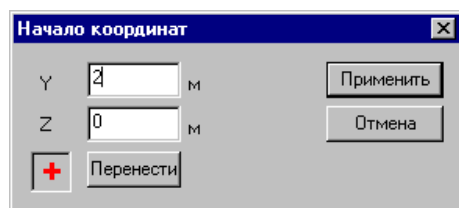
**Сдвиг начала координат**

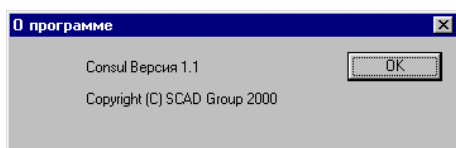
Рис. 29. Диалоговое окно **Начало координат**

Данная функция вызывается из раздела меню **Редактировать** и позволяет произвести перенос начала координат в точку с заданными координатами или в центр масс сечения (рис. 29). Поскольку программа вычисляет, в частности, моменты инерции относительно системы координат пользователя, а не только относительно главных осей, перенос начала координат может быть полезен при анализе геометрических характеристик сечения. Кроме того, вращение сетки происходит вокруг начала координат, поэтому сдвиг начала координат может быть полезен при задании контуров.

Для переноса начала координат в центр масс используется кнопка **Перенести**.

**Вызов справки**

Нажатие кнопки **Справка** активизирует стандартную функцию Windows для получения справки из базы, созданной разработчиками программы.

**О программе**

После нажатия этой кнопки вызывается информационное окно **О программе** (рис. 30), в котором приводится информация о версии и разработчике программы.

Рис. 30. Информационное окно  
**О программе**

## Параметрические сечения

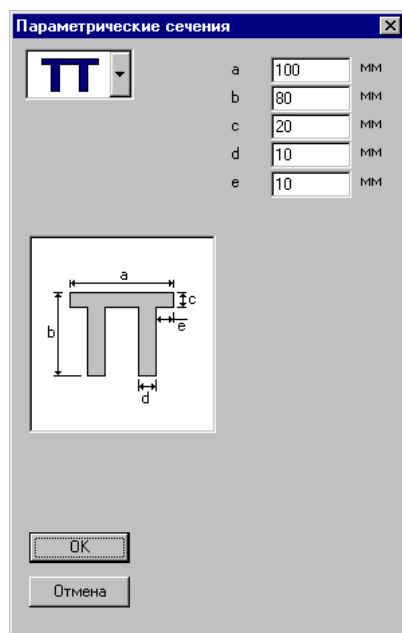


Рис. 31. Диалоговое окно  
Параметрические сечения

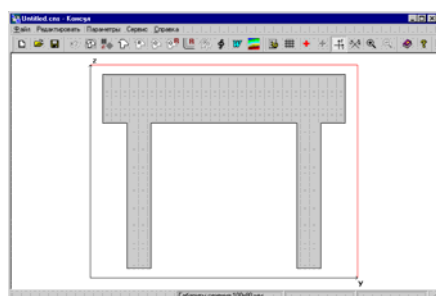


Рис. 32. Результирующее сечение

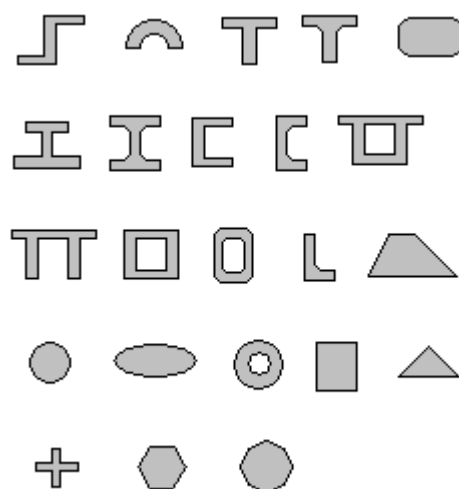
Для формирования сечения можно воспользоваться типовым набором параметрических сечений. Вызов операции **Параметрические сечения** выполняется из одноименного раздела меню **Файл**. При этом появляется диалоговое окно (рис. 31), которое включает список типовых параметрических сечений, отображение модели выбранного сечения с указанием условных обозначений параметров и набор полей для ввода параметров.

Для ввода сечения следует выполнить следующие действия:

- ☞ выбрать из выпадающего списка необходимое сечение;
- ☞ заполнить поля ввода в соответствии с моделью;
- ☞ нажать кнопку **ОК**.

После выполнения последнего действия диалоговое окно закрывается и в рабочем поле окна программы **Консул** отображается созданное сечение (рис. 32).

В частности, пользователь может воспользоваться следующим набором параметрических сечений:



Пользуясь набором операций инструментальной панели, сечение можно модифицировать, например, изменить конфигурацию контура сечения, добавить отверстия, сгладить углы и т.п.

В программе реализован язык описания параметрических сечений, с помощью которого пользователи могут разработать собственные параметрические прототипы. Описание языка приведено в Приложении 3.

**Центр изгиба**

(синего цвета)

Включает или выключает отображение в рабочем поле программы **Консул** положения центра изгиба конструируемого сечения.

**Импорт файлов  
AutoCAD**

Описание сечения может быть импортировано из системы AutoCAD в форматах DWG или DXF файла. Поддерживаются следующие виды графических примитивов:

3DFACE  
SOLID  
TRACE  
LINE  
POLYLINE  
LWPOLYLINE  
ELLIPSE  
CIRCLE  
ARC

При импорте проверяется условие принадлежности всех вершин сечения одной плоскости и замкнутость контуров. При несоблюдении этого условия импорт прерывается и выдается сообщение об ошибке.

## Конструктор сечений

Основные элементы пользовательского интерфейса программы сосредоточены в двух окнах — **Элемент сечения** (рис. 33) и **Конструктор сечений** (рис. 34). Диалоговое окно **Элемент сечения** предназначено для выбора профиля или листа, изменения их положения в пространстве, управления процессом сборки, а также содержит таблицу с историей сборки. Окно **Конструктор сечения** служит для редактирования и сохранения сечений подобно окну программы **Консул**. Основные команды управления функциями могут быть вызваны из меню, а наиболее часто требуемые операции — путем нажатия кнопок на инструментальной панели.

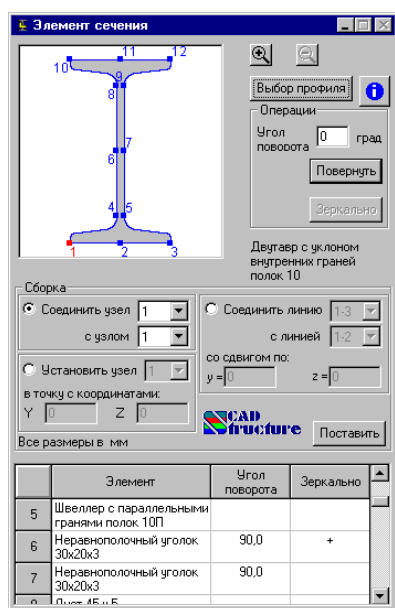


Рис. 33. Диалоговое окно  
Элемент сечения

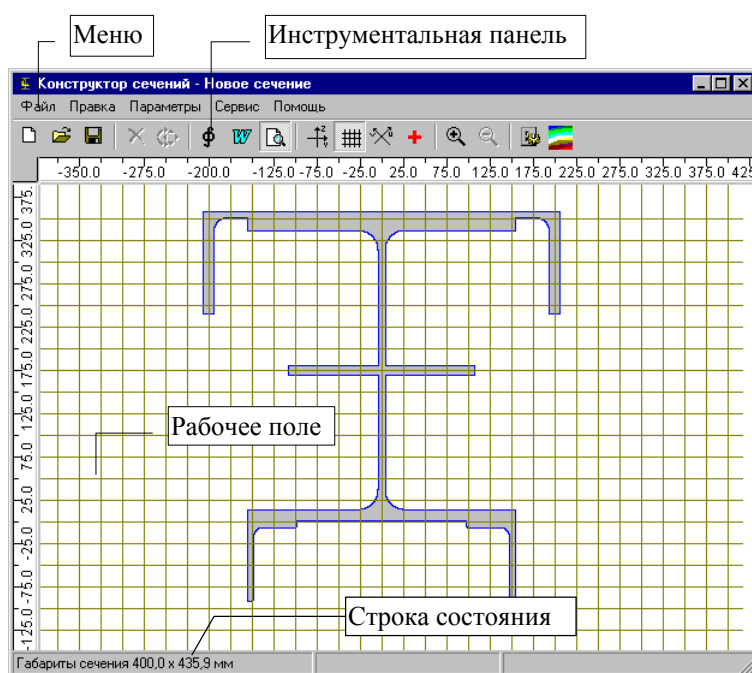


Рис. 34. Окно Конструктор сечений

### Курсоры

Все операции в рабочем поле выполняются с помощью курсора. При перемещении курсора по экрану или при выполнении некоторых команд форма курсора меняется. Например, при выборе команды из меню или инструментальной панели он принимает форму стрелки, при обработке команд — форму песочных часов (курсор ожидания). Если курсор находится в рабочем поле, он изображается в виде перекрестья, координаты центра которого и определяют текущее положение курсора.

С помощью курсора можно **определить расстояние между двумя точками сечения**. Для этого следует подвести его к первой точке и нажать левую кнопку мыши. Не отпуская кнопки, переместить курсор во вторую точку. В правой части строки состояния будет указано расстояние между точками (точность указания зависит от установленного количества значащих цифр на странице **Единицы измерений** окна **Параметры**). Координаты текущего положения курсора выводятся в средней части строки состояния.

Указание курсором на элемент сечения делает этот элемент активным, а нажатие правой клавиши мыши приводит к появлению всплывающего меню, в котором можно выбрать одну из трех операций (удаление активного элемента, сдвиг или поворот элемента и замена элемента). Описание этих операций

приводится ниже. Кроме того, двойной щелчок левой кнопкой мыши на элементе приводит к появлению окна с информацией об этом элементе.

## Диалоговое окно Элемент сечения

Диалоговое окно **Элемент сечения** (рис. 35) служит для выбора профилей из сортамента металлопроката или листов, указания их ориентации, а также назначения правил установки выбранного элемента в составе сечения. Большинство элементов управления этого окна объединено в две группы — **Операции** и **Сборка**. Кроме того, окно включает кнопки **Выбор профиля**, **Увеличить изображение** и **Уменьшить изображение**, таблицу с историей сборки и поле отображения выбранного элемента.

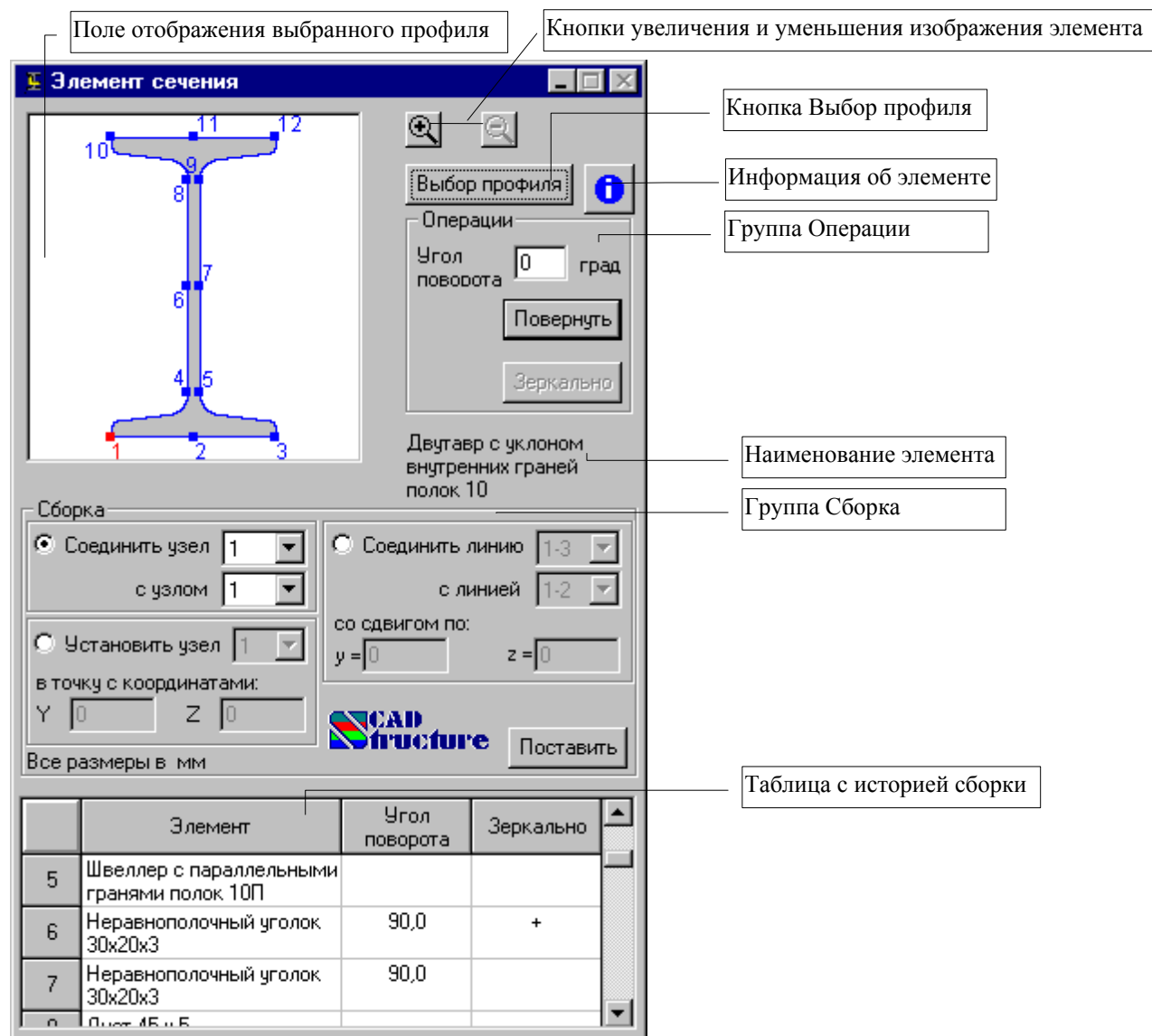
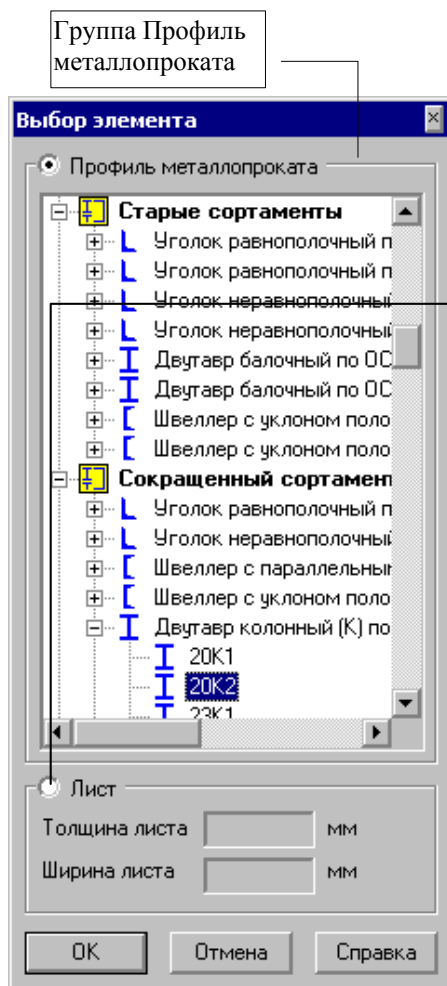


Рис. 35. Диалоговое окно Элемент сечения

## Диалоговое окно Выбор элемента



После нажатия кнопки **Выбор профиля** (рис. 36) появляется диалоговое окно **Выбор элемента**, в котором выполняются операции по выбору профилей из сортамента металлопроката (группа **Профиль металлопроката**) или назначению размеров листов (группа **Лист**).

Для выбора профиля из сортамента металлопроката следует выполнить следующие действия:

- ☞ активизировать опцию **Профиль металлопроката**;
- ☞ из списка **Сечение** выбрать необходимое сечение;
- ☞ нажать кнопку **ОК**.

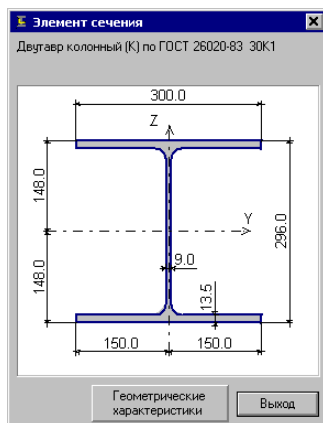
Если в качестве элемента сечения выбирается лист, следует активизировать опцию **Лист**, ввести в соответствующих полях толщину и ширину листа и нажать кнопку **ОК**.

После выхода из диалогового окна наименование и масштабное изображение выбранного элемента выводится в окне **Элемент сечения**.

В тех случаях, когда на изображении выбранного элемента плохо различимы опорные узлы, можно воспользоваться кнопкой **Увеличение изображения**. Одно нажатие этой кнопки вызывает увеличение изображения на 10% вплоть до двукратного увеличения. При увеличении изображения в поле отображения выбранного профиля устанавливаются полосы прокрутки, с помощью которых можно изменить положение рисунка. Кнопка **Уменьшение изображения** уменьшает изображение в окне **Элемент сечения** на 10% при каждом нажатии вплоть до номинального размера элемента в окне.

Рис. 36. Диалоговое окно  
Выбор элемента

## Информация об элементе



Кнопкой **Информация об элементе** открывается информационное окно **Элемент сечения** (рис. 37) с изображением выбранного элемента и его размерами. С помощью кнопки **Геометрические характеристики** можно увидеть основные параметры элемента (площадь и моменты инерции).

Нажатием кнопки **Выход** производится возврат к диалоговому окну **Элемент сечения**.

Рис. 37. Информационное  
Окно Элемент сечения

## Ориентация элементов

Ориентация выбранного элемента перед включением его в сечение выполняется с помощью команд, сосредоточенных в группе **Операции**. Это команды **Повернуть** и **Зеркально**. Каждый элемент, участвующий в сборке, имеет ряд опорных узлов, с помощью которых выполняется присоединение элемента к сечению. Узел, вокруг которого выполняется поворот, называется **базовым** и его номер зависит от вида профиля. Обычно базовым является узел под номером 1, за исключением двутавра, у которого базовым является узел номер 10, а также прямоугольных труб и листов, для которых базовой является точка, расположенная в центре тяжести сечения. Поворот элемента выполняется после нажатия кнопки **Повернуть** на угол, значение которого указано в поле **Угол поворота**. Положительное значение угла соответствует повороту против часовой стрелки. Положение опорных и базовых узлов для различных сечений представлены на рисунке.

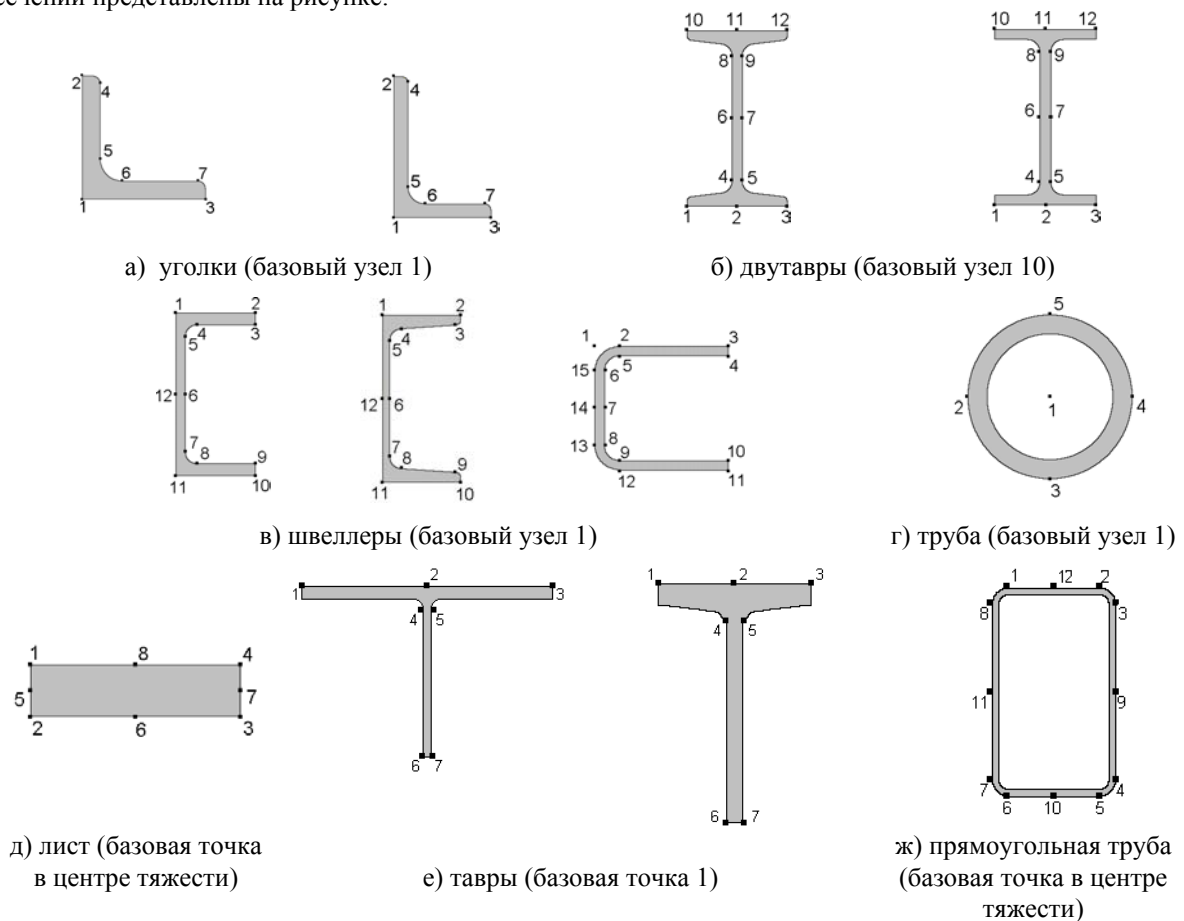


Рис. 38. Положение опорных и базовых узлов в элементах различного типа

Для уголков и швеллеров, кроме команды **Повернуть**, предусмотрена команда **Зеркально**, которая активизируется одноименной кнопкой и вызывает поворот изображения относительно вертикальной оси, проходящей через базовую точку 1.

## История сборки

|   | Элемент                                  | Угол поворота | Зеркально |
|---|------------------------------------------|---------------|-----------|
| 5 | Швеллер с параллельными гранями полк 10П |               |           |
| 6 | Неравнополочный уголок 30х20х3           | 90,0          | +         |
| 7 | Неравнополочный уголок 30х20х3           | 90,0          |           |
| 8 | Полк 45х5                                |               |           |

Рис. 39. Таблица с историей сборки

|   | Элемент                        | Угол поворота | Зеркально |
|---|--------------------------------|---------------|-----------|
| 1 | Лист 100 х 10                  |               |           |
| 2 | Неравнополочный уголок 50х32х3 |               |           |
| 3 | Неравнополочный уголок 50х32х3 |               |           |

Сдвиг, поворот выбранного элемента  
 Выбрать элемент  
 Заменить элемент

Рис. 40. Вызов операций через меню

В нижней части окна **Элемент сечения** расположена таблица истории сборки (рис. 39), в которой перечислены все элементы, вошедшие в сечение, в порядке их установки, указан угол поворота элементов вокруг оси **Y** общей системы координат сечения и признак выполнения команды **Зеркально**.

Указание курсором на строку таблицы выделяет эту строку и делает активным соответствующий элемент сечения (он отмечается желтым цветом в окне **Конструктор сечений**). В выделенной строке можно нажать правую кнопку мыши и в появившемся меню (рис. 40) выбрать одну из следующих команд:

**Сдвиг, поворот** — дублирует одноименную операцию, вызываемую из инструментальной панели;

**Выбрать элемент** — дублирует операцию **Выбор профиля**, что позволяет включить в сечение такой же элемент без его поиска в сортаменте или назначения размеров листа.

**Заменить элемент** — приводит к появлению окна выбора элемента. Если выбран другой элемент и нажата кнопка **ОК**, то происходит замена элемента.

## Операции

### Сдвиг начала координат

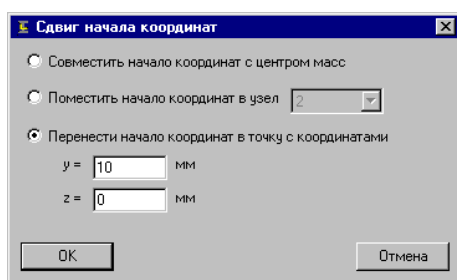


Рис. 41. Диалоговое окно  
Начало координат



Данная операция позволяет произвести перенос начала координат в точку с заданными координатами, в заданный пользователем узел выбранного элемента сечения или в центр масс сечения (рис. 41). Поскольку программа вычисляет, в частности, моменты инерции относительно системы координат пользователя, а не только относительно главных осей, перенос начала координат может быть полезен при анализе геометрических характеристик сечения.

### Удалить элемент сечения



Эта операция позволяет удалить из сечения активный (выбранный) элемент. Для ее выполнения следует указанием курсора выбрать в сечении удаляемый элемент (он выделяется желтым цветом) и нажать кнопку на инструментальной панели.

### Сдвиг и/или поворот выбранного элемента

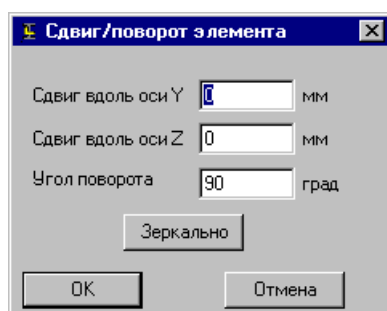
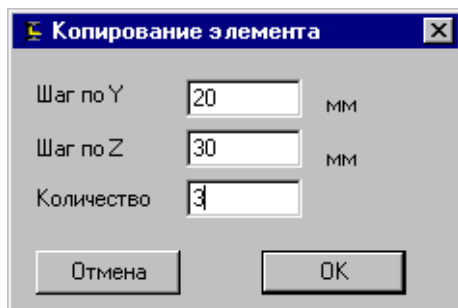


Рис. 42. Диалоговое окно  
Сдвиг/поворот элемента



С помощью этой операции выполняется сдвиг, зеркальное отображение и/или поворот активного элемента сечения. Параметры сдвига и поворота задаются в диалоговом окне **Сдвиг/поворот элемента** (рис. 42). Операция **Зеркально** имеет смысл только для уголков и швеллеров и выполняется относительно оси **Z**. Изменение положения элемента в сечении в соответствии с назначенными в диалоговом окне параметрами будет выполнено после выхода из окна (кнопка **ОК**).

## Скопировать элемент сечения



Эта операция позволяет скопировать активный (выбранный) элемент заданное пользователем число раз с определенным шагом по направлениям  $Y$  и  $Z$ . Для ее выполнения следует указанием курсора выбрать в сечении копируемый элемент (он выделяется желтым цветом) и нажать кнопку на инструментальной панели. После чего задать в диалоговом окне (рис. 43) шаги по направлениям  $Y$  и  $Z$  и количество повторений.

На рис. 44 показан результат применения операции копирования.

Рис. 43. Диалоговое окно Копирование элемента

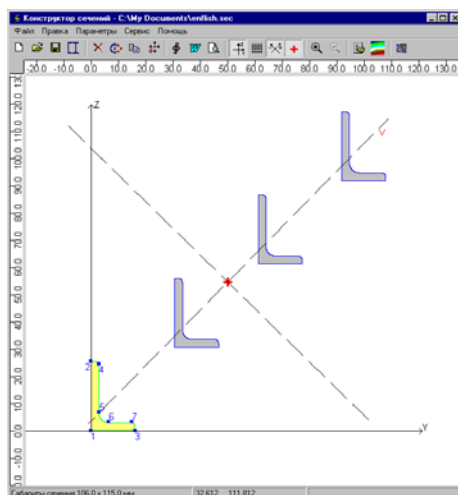


Рис. 44. Результат использования операции копирования

## Предварительный просмотр



Эта операция позволяет увидеть в окне **Конструктор сечений** сформированное сечение без активных элементов (в режиме конструирования активный элемент всегда выделен в сечении). При этом закрывается окно **Элемент сечения**, а также становятся недоступными операции удаления и сдвига элементов сечения.

## Сборка сечения

Для включения элемента в сечение необходимо в диалоговом окне **Элемент сечения** выполнить следующие действия:

- ⇒ нажать кнопку **Выбор профиля**;
- ⇒ в появившемся диалоговом окне **Выбор элемента** выбрать профиль или ввести размеры листа;
- ⇒ в группе **Операции** назначить ориентацию элемента в сечении;
- ⇒ в группе **Сборка** установить способ присоединения элемента к сечению и нажать кнопку **Поставить**.

### **Включение элемента в сечение**

Операции по включению элемента в сечение выполняются в группе **Сборка**. Сборка заключается в присоединении элемента, выбранного в окне **Элемент сечения**, к одному из ранее установленных элементов или его привязке к точке сечения, заданной координатами **Y** и **Z**.

В **Конструкторе Сечений** реализованы следующие способы сборки:

- ⇒ присоединение нового элемента одним из опорных узлов к опорному узлу одного из уже установленных элементов сечения;
- ⇒ присоединение нового элемента одним из опорных узлов к точке сечения, заданной координатами **Y** и **Z**;
- ⇒ присоединение нового элемента путем совмещения линий, соединяющих две опорные точки устанавливаемого элемента и активного уже существующего элемента сечения.

При использовании первых двух способов сборки элемент включается в сечение с ориентацией, заданной в окне **Элемент сечения**. При соединении по линии ориентация элемента в сечении определяется ориентацией линий, по которым стыкуются элементы. При установке первого элемента используется только второй способ.

Ниже рассматриваются реализованные в **Конструкторе Сечений** способы сборки.

## Установка первого элемента

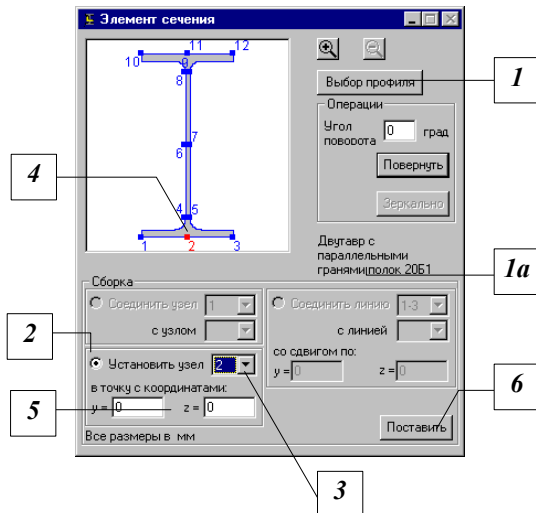


Рис. 45. Последовательность операций при установке первого элемента сечения

Установка первого элемента выполняется следующей последовательностью операций:

- назначить в окне **Элемент сечения** (рис. 45) с помощью кнопки **Выбор профиля** [1] первый элемент конструируемого сечения, например двутавр 20Б1 [1a];
- активизировать опцию **Установить узел** [2];
- выбрать из выпадающего списка [3] номер опорного узла (например, 2), которым двутавр будет установлен в точку с заданными координатами. Опорный узел выделяется на изображении профиля красным цветом [4];
- назначить координаты точки [5], в которую будет установлен опорный узел 2 (например,  $Y = 0, Z = 0$ );
- нажать кнопку **Поставить** [6].

После выполнения последней операции в рабочем поле окна **Конструктор Сечений** будет показан установленный профиль. Одновременно в нижней части окна **Элемент сечения** будет открыта таблица с историей сборки, в первой строке которой будет записан этот профиль (рис. 46).

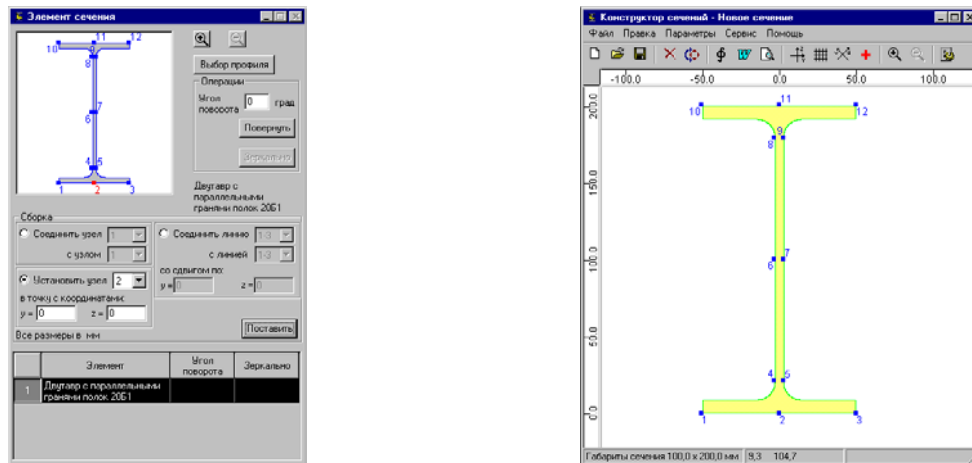


Рис. 46. Результат установки первого элемента сечения

**Первый способ сборки**

Первый способ сборки позволяет включить новый элемент в сечение путем присоединения выбранного опорного узла этого элемента к выбранному опорному узлу активного элемента сечения. Активным называется тот элемент сечения, к которому присоединяется новый элемент. Активный элемент может быть выбран указанием курсора в рабочем поле окна **Конструктор сечений** или выделением строки в таблице истории сборки диалогового окна **Элемент сечения**.

Сборка выполняется следующей последовательностью операций (предполагается, что швеллер и два уголка внизу уже собраны):

- ☞ в диалоговом окне **Элемент сечения** (рис. 47, а) операцией **Выбор профиля** [1] назначить присоединяемый элемент, например, швеллер с параллельными гранями полка 14П [2];
- ☞ в группе **Операции** назначить угол поворота профиля, например, 270° [3];
- ☞ нажать кнопку **Повернуть** [4];
- ☞ в группе **Сборка** активизировать опцию **Соединить узел** [5];
- ☞ выбрать из выпадающего списка [6] номер опорного узла (например, 6), которым швеллер будет присоединен к активному элементу сечения. Опорный узел 6 будет выделен на изображении профиля красным цветом;
- ☞ в окне **Конструктор сечений** (рис. 47, б) указать курсором на активный элемент сечения, например, двутавр [7] Элемент отмечается желтым цветом и на нем выделяются опорные узлы;
- ☞ в диалоговом окне **Элемент сечения** выбрать из выпадающего списка [8] номер опорного узла активного элемента сечения (например, 11), к которому швеллер будет присоединен узлом 6. Опорный узел на схеме сборки в окне **Конструктор сечений** будет выделен на изображении профиля красным цветом [9];
- ☞ нажать кнопку **Поставить** [10].

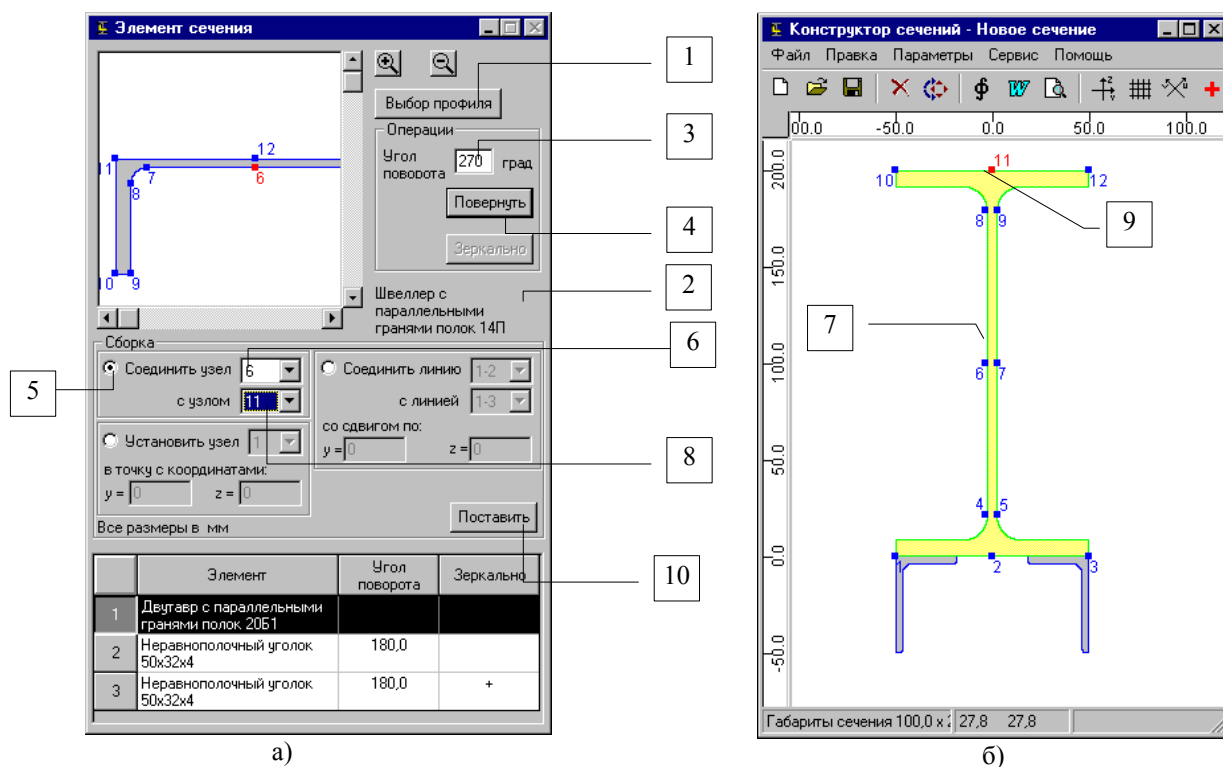


Рис. 47. Последовательность операций при использовании первого способа сборки

Обратите внимание на использование кнопки **Увеличить изображение** и наличие полос прокрутки в поле отображения выбранного профиля окна **Элемент сечения** (рис. 47, а).

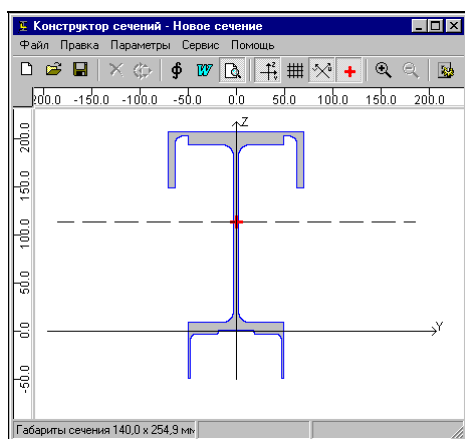


Рис. 48. Сечение, полученное в результате сборки

На рис. 48 показано сечение, полученное в результате сборки (нажата кнопка **Просмотр**).

На чертеже будут показаны координатные оси, главные оси инерции и положение центра тяжести сечения (нажаты соответствующие кнопки на инструментальной панели).

### **Второй способ сборки**

Второй способ сборки уже рассматривался при описании установки первого элемента сечения. В дополнение можно заметить, что к точке с заданными координатами можно присоединить элемент с учетом его ориентации (поворот, зеркальное отражение), заданной в диалоговом окне **Элемент сечения**.

### **Третий способ сборки**

Особенностью третьего способа является возможность присоединения элемента к сечению (активному элементу сечения) путем совмещения линий, определяемых выбранными парами узлов в присоединяемом элементе и активном элементе сечения. При этом первый узел линии присоединяемого элемента совмещается с первым узлом линии активного элемента.

Имеется возможность поступательного перемещения присоединяемого элемента. Оно задается компонентами сдвига **u** (вдоль линии стыковки активного элемента сечения) и **z** (перпендикулярно этой линии). Линии стыковки при этом остаются параллельными. Этот способ удобен при сборке с наклонными элементами сечения.

Сборка выполняется следующей последовательностью операций:

- ☞ в окне **Элемент сечения** (рис. 49, а) с помощью кнопки **Выбор профиля** [1] назначить элемент, например, неравнополочный уголок 50×32×3 [1а], который присоединяется к ранее созданному сечению (рис. 49, б);
- ☞ в группе **Сборка** активизировать опцию **Соединить линию** [2];
- ☞ выбрать из выпадающего списка [3] номера опорных узлов, определяющих линию, которой уголок примыкает к активному элементу сечения (например, 1–3). Линия, проходящая между указанными узлами [4], будет выделена на изображении уголка красным цветом;
- ☞ в окне **Конструктор сечений** указать курсором на активный элемент сечения, например, лист [5]. Элемент отмечается желтым цветом и на нем выделяются опорные узлы;
- ☞ в окне **Элемент сечения** выбрать из выпадающего списка [6] номера опорных узлов, определяющих линию, вдоль которой устанавливается уголок (например, 1–4). Линия, проходящая между указанными узлами, будет выделена на изображении листа красным цветом [7];
- ☞ ввести значение сдвига, например, вдоль листа ( $y=30$ ) на 30 мм [8];
- ☞ нажать кнопку **Поставить** [9].

На рис. 50 показано сечение, полученное в результате сборки.

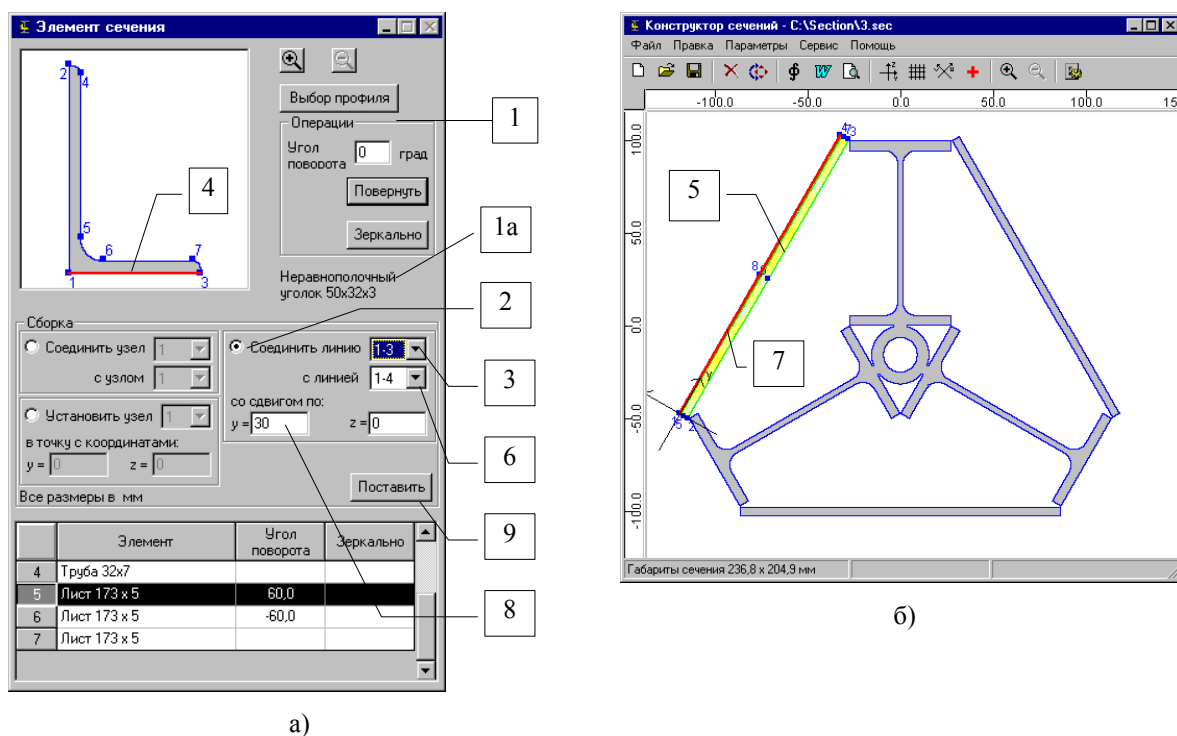


Рис. 49. Сборка по линии

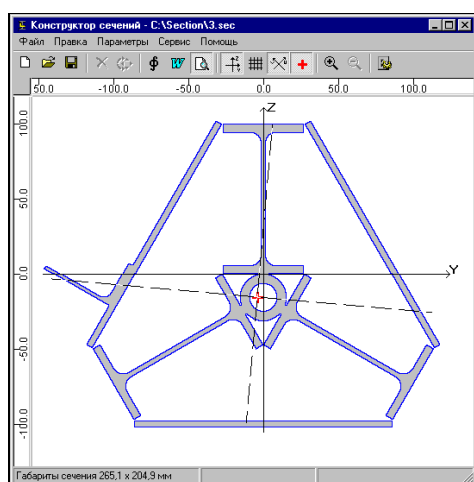


Рис. 50. Сечение, полученное в результате присоединения уголка

При сборке по линии необходимо учитывать следующие особенности этого способа:

- присоединяемый элемент устанавливается в сечение таким образом, что первый узел линии сборки этого элемента совмещается с первым узлом линии сборки активного элемента сечения (если не задавалось смещение);
- смещение присоединяемого элемента выполняется относительно местных осей координат  $yz$ , начало которых находится в первом узле линии сборки активного элемента сечения;
- при сборке выполняется контроль пересечения присоединяемого элемента с существующим сечением, и в случае пересечения выдается предупреждение.

## Пересечение элементов сечения

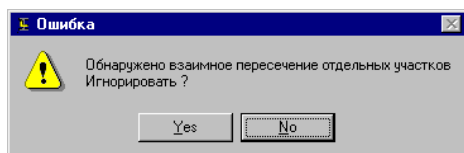


Рис. 51. Окно сообщений

Следует обратить внимание на предупреждение о пересечении элементов сечения. В окне сообщений (рис. 51) предлагается проигнорировать эту информацию (**Yes**) или исключить из сечения пересекающийся элемент (**No**). Однозначного ответа здесь быть не может. При явной ошибке в задании или размещении нового элемента сечения следует, конечно, отвечать **No**. Но в отдельных случаях пересечение происходит из-за ошибок округления при работе с числами с плавающей запятой, например, нет «чистого» нуля или приближенное вычисление значений тригонометрических функций. Такие ошибки возникают, как правило, при повороте элементов, и в этих случаях рекомендуется отвечать **Yes**. Этот же ответ дается и в тех случаях, когда пользователь сознательно допускает пересечения, предполагая выполнить окончательную установку элемента с помощью операций **Сдвиг**, **Поворот** или **Зеркально**.

## Примеры выполнения сборки по линии

Учитывая определенные сложности сборки по линии, которые могут встретиться при недостаточном опыте работы с **Конструктором**, рассмотрим несколько примеров ее выполнения.

### Пример 1

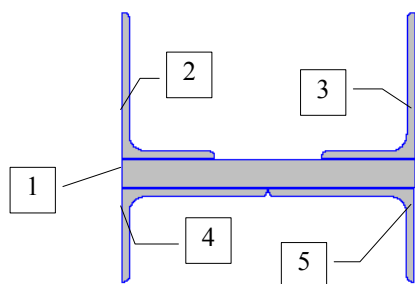


Рис. 52. Конструируемое сечения

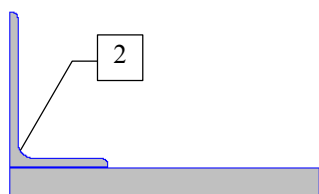


Рис. 53. Установка первого уголка

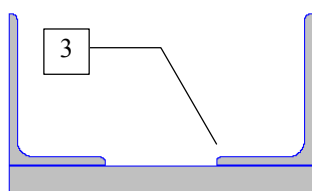


Рис. 54. Установка второго уголка

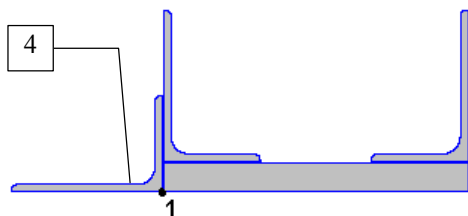


Рис. 55. Положение третьего уголка после выполнения команды **Поставить**

Необходимо собрать сечение (рис. 52), в состав которого входят лист  $10 \times 100$  мм (1) и четыре неравнополочных уголка  $50 \times 32 \times 3$  (2–5).

Для выполнения сборки необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ✦ выбрать в качестве первого элемента лист и установить его в сечение (см. правила установки первого элемента) с привязкой узла №1  $X = 0, Y = 0$ ;
- ✦ выбрать уголок для установки его на место 2;
- ✦ назначить операцию **Соединить линию**;
- ✦ установить для уголка линию с узлами 1–3;
- ✦ установить для листа линию с узлами 1–4;
- ✦ нажать кнопку **Поставить**, уголок [2] появится сверху слева (рис. 53);
- ✦ нажать кнопку **Зеркально** и изменить ориентацию уголка;
- ✦ назначить операцию **Соединить линию** для уголка с узлами 1–3 и для листа с узлами 4–1 (обратите внимание: линия сборки проходит в обратном направлении);
- ✦ нажать кнопку **Поставить**, уголок [3] появится сверху справа (рис. 54);
- ✦ нажать кнопку **Зеркально** и изменить ориентацию уголка;
- ✦ назначить операцию **Соединить линию** для уголка с узлами 1–2 и для листа с узлами 2–3;
- ✦ нажать кнопку **Поставить**; уголок [4] занимает положение, показанное на рис 55;
- ✦ указанием курсора сделать установленный уголок активным;
- ✦ активизировать на инструментальной панели операцию **Сдвиг и/или поворот выбранного элемента**;
- ✦ в появившемся диалоговом окне **Сдвиг/поворот элемента** (рис. 42) в поле **Поворот** указан угол установки уголка в сечении ( $90^\circ$ ). Для того чтобы уголок занял необходимое положение, его следует повернуть еще на  $180^\circ$ , т.е. задать в поле **Поворот** угол  $270^\circ$ ;

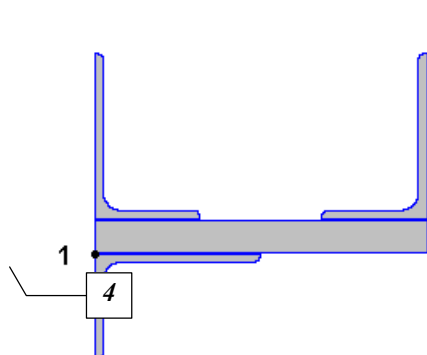


Рис. 56. Положение третьего уголка после выполнения команды поворота на  $270^0$

- ✎ в результате уголок [4], повернувшись вокруг узла 1, займет положение, показанное на рис. 56;
- ✎ нажать кнопку **Зеркально** и изменить ориентацию уголка;
- ✎ назначить операцию **Соединить линию** для уголка с узлами 1–2 и для листа с узлами 3–2;
- ✎ нажать кнопку **Поставить**; уголок [5] займет положение, показанное на рис. 57.

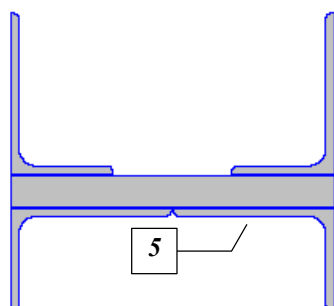


Рис. 57. Окончательный результат после установки четвертого уголка

## Пример 2

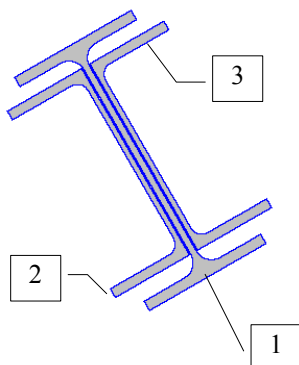


Рис. 58. Конструируемое сечение

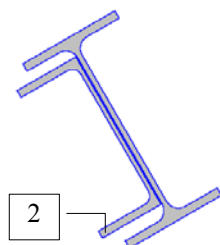


Рис. 59. Сечение после установки первого швеллера

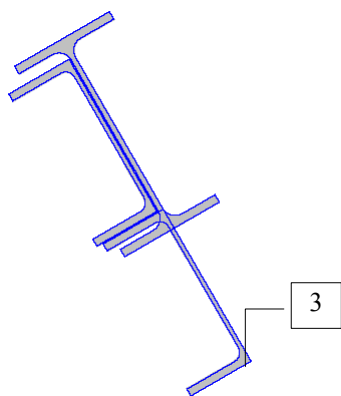


Рис. 60. Сечение после установки второго швеллера

Необходимо собрать сечение (рис. 58), в состав которого входят двутавр 20Б1 (1) и два швеллера 16П (2, 3).

Для выполнения сборки необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ✎ выбрать в качестве первого элемента двутавр;
- ✎ задав угол наклона  $30^\circ$ , установить его в сечение по правилам установки первого элемента с привязкой  $X=0$ ,  $Y=0$ ; на чертеже сечения появится двутавр [1];
- ✎ выбрать швеллер;
- ✎ нажать кнопку **Зеркально** и изменить ориентацию швеллера;
- ✎ назначить операцию **Соединить линию**;
- ✎ установить для швеллера линию с узлами 11–1 (обратите внимание: выбран вариант назначения линии сборки, в котором она проходит в обратном направлении — от узла 11 к узлу 1);
- ✎ установить для двутавра линию с узлами 4–8;
- ✎ нажать кнопку **Поставить**; на чертеже появится швеллер [2] (рис. 59). После установки швеллера будет выдано сообщение о пересечении его с двутавром (см. раздел «Пересечение элементов сечения»). В данном примере это вызвано тем, что швеллер вышел за границу плоской части стенки двутавра. В примере это пересечение можно игнорировать;
- ✎ нажать кнопку **Зеркально** и изменить ориентацию швеллера;
- ✎ назначить операцию **Соединить линию** для швеллера с узлами 1–11 и для двутавра с узлами 5–9;
- ✎ нажать кнопку **Поставить** (рис. 60); на чертеже появится швеллер [3]. В данном случае следует проигнорировать сообщение о пересечении элементов сечения;
- ✎ указанием курсора сделать установленный швеллер [3] активным;
- ✎ активизировать в инструментальной панели операцию **Сдвиг и/или поворот выбранного элемента**;
- ✎ в появившемся диалоговом окне **Сдвиг/поворот элемента** в поле **Поворот** указан угол установки швеллера в сечении ( $30^\circ$ ). Для того, чтобы швеллер занял необходимое положение, его следует повернуть еще на  $180^\circ$ , т.е. задать в поле **Поворот** угол  $210^\circ$ ;
- ✎ в результате швеллер [3] займет положение, показанное на рис. 58;

# С Е З А М — подбор эквивалентного сечения

## Назначение

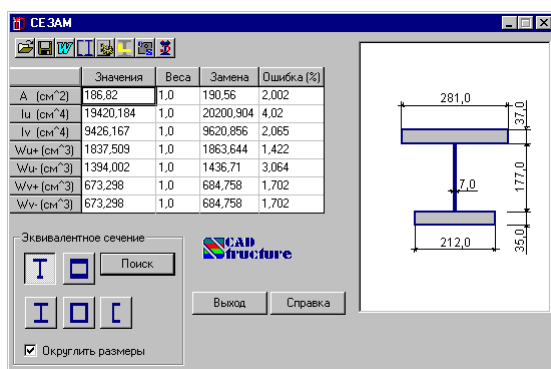


Рис. 61. Окно программы Сезам

Произвольное сечение в лучшем случае можно проверить на прочность по формулам, приведенным в учебнике по сопротивлению материалов. Но когда речь идет об учете упругопластической стадии работы, проверке устойчивости плоской формы изгиба, проверки на выпучивание из силовой плоскости или о других проверках по нормам, то оказывается, что все нормативные документы ориентированы на формы поперечных сечений только определенного типа. Инженеры обычно используют такой подход — прочность проверяется для реального поперечного сечения, а все прочие проверки выполняются для «похожего» сечения, геометрические характеристики которого специально подбираются из соображений эквивалентности.

Эквивалентность понимается в смысле близости геометрических характеристик поперечного сечения (площадь, моменты инерции, моменты сопротивления и др.). Иногда в процессе приведения используются некоторые дополнительные соображения, с помощью которых само понятие эквивалентности может уточняться. Например, добавляются равенства только моментов инерции, если предстоит только проверка устойчивости.

Программа **Сезам** предназначена для поиска сечения (в данной версии только коробки, двутавра или швеллера), которое наиболее близко аппроксимирует заданное пользователем произвольное сечение по геометрическим характеристикам. Исходное сечение может быть задано:

- как файл, полученный в результате работы программы **Консул**;
- как файл, полученный в результате работы программы **Конструктор сечений**;
- набором геометрических характеристик;
- как составное сечение из предлагаемого в программе набора прототипов (например, два швеллера, два двутавра и т.д.).

При любом методе задания сечения в программе используются для расчета только геометрические характеристики. Для сечения аппроксимируются следующие характеристики:

- площадь (A);
- главные моменты инерции ( $I_u$ ,  $I_v$ );
- моменты сопротивления ( $W_{u+}$ ,  $W_{u-}$ ,  $W_{v+}$ ,  $W_{v-}$ ).

Кроме указанных параметров, необходимо задать весовые коэффициенты для каждой из характеристик (по умолчанию все веса равны 1).

Задача состоит в подборе геометрических размеров коробки или двутавра, при которых минимизируется функционал

$$k_1(1 - \frac{A}{A^0})^2 + k_2(1 - \frac{I_u}{I_u^0})^2 + k_3(1 - \frac{I_v}{I_v^0})^2 + k_4(1 - \frac{W_{u+}}{W_{u+}^0})^2 + k_5(1 - \frac{W_{u-}}{W_{u-}^0})^2 + k_6(1 - \frac{W_{v+}}{W_{v+}^0})^2 + k_7(1 - \frac{W_{v-}}{W_{v-}^0})^2, \quad (1)$$

где  $A^0, I_u^0, I_v^0, W_{u+}^0, W_{u-}^0, W_{v+}^0, W_{v-}^0$  — соответствующие геометрические характеристики искомого сечения (коробки или двутавра).

Коэффициенты  $k_i$  ( $i=1, \dots, 7$ ) позволяют придать больший или меньший вес (важность) той или иной геометрической характеристике, в частности, задав какой-то коэффициент равным нулю, можно отказаться от аппроксимации соответствующей геометрической характеристики.

## Результаты подбора

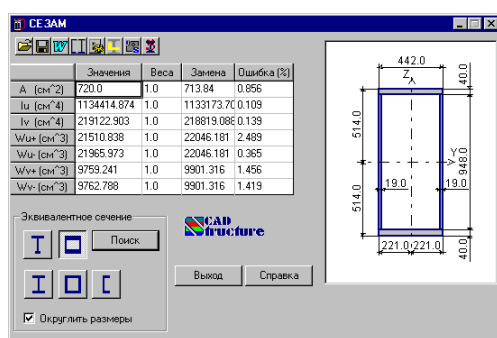


Рис. 62. Диалоговое окно **Сечение** с результатами подбора

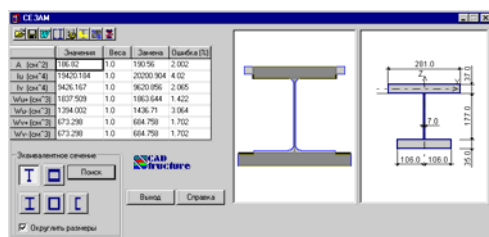


Рис. 63. Диалоговое окно **Сечение** с результатами подбора (в левом окне показаны исходное и эквивалентное сечения)

После нажатия кнопки **Поиск** программа находит эквивалентное сечение в соответствии с заданным прототипом (двутавр, равнополочный двутавр, коробка, прямоугольная труба или швеллер) и заданными весовыми коэффициентами. В окне появляется рисунок подобранного сечения и его размеры (рис. 62). Одновременно в таблице отображаются геометрические характеристики эквивалентного сечения и расхождения значений исходного и результирующего сечений (в процентах) по каждой из геометрической характеристик.

Если сечение было выбрано как файл, созданный программой **Консул** или **Конструктор Сечений**, то в окне одновременно отображаются исходное и эквивалентное сечения (рис. 63), что позволяет качественно оценить их соответствие.

**Вызов Конструктора Сечений**

Эта операция позволяет вызвать **Конструктор Сечений** и автоматически загрузить в него выбранное эквивалентное сечение. В **Конструкторе Сечений** пользователь может вычислить дополнительные геометрические характеристики и, при необходимости, изменить само сечение.

**Вызов Консула**

Эта операция позволяет вызвать **Консул** и автоматически загрузить в него выбранное эквивалентное сечение. В **Консوله** пользователь может вычислить дополнительные геометрические характеристики и, при необходимости, изменить само сечение.

**Вызов программы Тонус**

Эта операция позволяет вызвать программу **Тонус** (формирование тонкостенных сечений) и автоматически загрузить в него выбранное эквивалентное сечение. С помощью программы **Тонус** можно вычислить дополнительные геометрические характеристики и, при необходимости, изменить само сечение.

**Экспорт данных в STAAD-III**

С помощью этой операции выполняется экспорт данных в программу STAD-III.

Назначения остальных кнопок на инструментальной панели описаны в разделе **Общие элементы управления** (стр.11–23).

# Приложения

## 1. Определение геометрических характеристик

### Моменты инерции

Вычисление части геометрических характеристик (например, площади, моментов инерции, положения центра тяжести) представляет собой вычисление моментов области ( $\Omega$ ), которую покрывает сечение, то есть вычисление величин вида

$$v_{pq} = \int_{\Omega} y^p z^q dydz .$$

Например, при  $p = q = 0$  мы получаем площадь сечения  $A$ .

Часто требуется вычисление моментов, нормализованных площадью ( $A$ ), то есть величин вида

$$\alpha_{pq} = v_{pq} / A .$$

При этом величины  $\alpha_{01}$  и  $\alpha_{10}$  определяют центр тяжести сечения.

При  $p+q \geq 2$  представляют интерес центральные моменты

$$\mu_{pq} = \int_{\Omega} (y - \alpha_{10})^p (z - \alpha_{01})^q dydz .$$

Величины  $\mu_{20}$ ,  $\mu_{02}$ ,  $\mu_{11}$  представляют собой соответственно центральные моменты инерции относительно осей  $Z$ ,  $Y$  и центробежный момент инерции.

### Главные моменты инерции, угол наклона главных осей

Главные моменты инерции вычисляются по формуле

$$I_{\frac{u}{v}} = \frac{(I_y + I_z)}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_y - I_z}{2}\right)^2 + I_{yz}^2} .$$

Угол наклона главных осей инерции:

$$\alpha = \arctg \left( \frac{I_{yz}}{I_y - I_{\frac{u}{v}}} \right) .$$

В последней формуле для нахождения угла оси наибольшего момента инерции в правую часть нужно подставлять  $I_u$ ; для нахождения угла наклона оси наименьшего момента инерции следует подставлять  $I_v$ .

#### Замечание:

**Консул** допускает работу с областями, ограниченными не только многоугольниками, но и кривыми (это происходит при использовании функций «Сгладить угол» и «Сделать круглое отверстие»). В этом случае программа при вычислениях заменяет кривую ломаной.

## Радиусы инерции

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}};$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}};$$

$$i_u = \sqrt{\frac{I_u}{A}};$$

$$i_v = \sqrt{\frac{I_v}{A}}.$$

## Моменты сопротивления

### Осевые моменты сопротивления

$$W_{u+} = \frac{I_u}{v_{\max}};$$

$$W_{u-} = \frac{I_u}{v_{\min}};$$

$$W_{v+} = \frac{I_v}{u_{\max}};$$

$$W_{v-} = \frac{I_v}{u_{\min}},$$

где  $u_{\max}$ ,  $u_{\min}$ ,  $v_{\max}$ ,  $v_{\min}$  — соответственно максимальные расстояния от точек внешней границы сечения до осей  $U$ ,  $V$  (по одну и другую стороны).

### Полярный момент сопротивления

$$W_{\rho} = \frac{I_y + I_z}{\rho_{\max}},$$

где  $\rho_{\max}$  — максимальное расстояние от точек сечения до центра масс.

Величина  $I_y + I_z$  называется **полярным моментом инерции**.

## Ядровые расстояния

$$a_{u+} = \frac{W_{u+}}{A};$$

$$a_{u-} = \frac{W_{u-}}{A};$$

$$a_{v+} = \frac{W_{v+}}{A};$$

$$a_{v-} = \frac{W_{v-}}{A}.$$

## Жесткость кручения

Рассмотрим в области  $\Omega$  функцию  $\varphi(y, z)$  (функцию напряжений или функцию Прандтля), которая удовлетворяет уравнению  $\Delta\varphi + 2 = 0$  и, кроме того,  $\varphi = 0$  на границе области  $\Omega$  в том случае, когда  $\Omega$  является односвязной. В случае многосвязной области (при наличии отверстий) предполагается, что  $\varphi = 0$  на внешней границе области  $\Omega$ , а на каждой из внутренних границ ( $L_i, i=1, \dots, n$ ) функция напряжений постоянна, причем постоянные  $U_i (i=1, \dots, n)$  таковы, что выполнены соотношения

$$\oint_{L_i} \frac{\partial \varphi}{\partial n} ds = -2\Omega_i,$$

где  $\Omega_i$  — площадь области, ограниченной контуром  $L_i$ .

Величина  $I_t = 2 \left( \int_{\Omega} \varphi(y, z) dy dz + \sum_{i=1}^n U_i \Omega_i \right)$  называется моментом инерции при кручении.

## Центр изгиба

Координаты центра изгиба (в главных центральных осях) определяются по формулам

$$y = \frac{1}{J_y} \int_{\Omega} \omega(y, z) z dy dz ;$$

$$z = -\frac{1}{J_z} \int_{\Omega} \omega(y, z) y dy dz ,$$

где  $\omega(y, z)$  — функция кручения Сен-Венана или функция перемещений. Эта функция является гармонической в области  $\Omega$  ( $\Delta\omega = 0$ ) и на границе удовлетворяет условию

$$\frac{\partial \omega}{\partial n} = z \cos ny - y \cos nz$$

и, кроме того,

$$\oint \frac{\partial \omega}{\partial n} ds = 0 .$$

## Площади сечения при сдвиге

Предположим, что на рис. 64 изображено сечение, причем оси  $Y, Z$  являются главными.

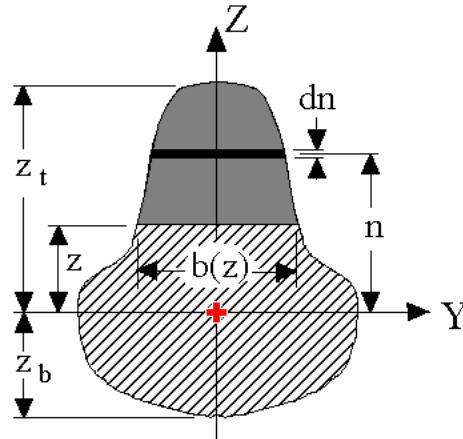


Рис. 64

Пусть

$$Q(z) = \int_z^{z_t} n b(n) dn .$$

Сдвиговой площадью относительно оси  $Y$  называется величина

$$\frac{I_y^2}{\int_{z_b}^{z_t} \frac{Q(z)^2}{b(z)} dz} .$$

Аналогично определяется сдвиговая площадь относительно оси  $Z$ .

## Пластические моменты сопротивления

Обозначим через  $\Omega$  область сечения. Пусть  $\Omega_2$  — часть области  $\Omega$ , лежащая по одну сторону от главной оси  $U$ . **Пластическим моментом сопротивления** сечения при изгибе относительно оси  $U$  называется величина

$$W_{pl,u} = 2 \int_{\Omega_2} v d\omega .$$

Аналогично определяется пластический момент  $W_{pl,v}$  относительно главной оси  $V$ .

## Секториальные характеристики

Бимомент (*секториальный момент*) инерции сечения для массивных сечений

$$I_{\omega} = \int_{\Omega} \omega^2(y, z) dy dz,$$

где  $\omega(y, z)$  — функция кручения Сен-Венана.

Отметим, что секториальные характеристики обычно используются в теории тонкостенных стержней В.З.Власова<sup>1</sup>. Но, как показал Г.Ю.Джанелидзе<sup>2</sup>, приведенные выше формулы, которые применимы к сечениям любой формы, и с точностью  $1+O(h/\rho)$  соответствуют понятиям бимоента и секториального статического момента теории Власова, где  $h$  — толщина тонкостенного сечения,  $\rho$  — радиус кривизны.

## Нормальные напряжения

Задаются компоненты усилий в сечении, т.е. компонента  $N$  интегрального вектора сил и компонента  $M_u, M_v$  интегрального момента сил относительно центра масс сечения.

Значение нормального напряжения в точке равно

$$\sigma = \frac{N}{A} - \frac{M_u \cdot v}{I_u} - \frac{M_v \cdot u}{I_v},$$

где  $N, M_u, M_v$  — соответственно: нормальная сила и моменты (в главных осях), действующие в сечении;  $u, v$  — координаты точки в главных осях сечения.

<sup>1</sup> Власов В.З.— Избранные труды, Т. 2— М.: Изд-во АН СССР, 1963.

<sup>2</sup> Джанелидзе Г.Ю. К теории тонких и тонкостенных стержней // Прикл. матем. и мех.— 1949.— XIII; № 6.— С.597–608.

## 2. Формат файлов

Программа имеет возможность импортировать сечения, созданные другими программами. В частности, **Консул** умеет импортировать файлы типа **CON** (которые могут быть созданы, например, программой **SCAD**).

**CON**-файлы являются текстовыми файлами следующей структуры:

- ◇ сечение описывается набором полигонов.
- ◇ первый полигон является внешним контуром, а все последующие (если они есть) описывают отверстия (внутренние контуры).
- ◇ каждый полигон (внешний и внутренние) должен быть описан в следующем формате:
  - первая строка — целое число  $n$ , которое определяет количество вершин полигона.
  - далее следует  $n$  строк, каждая из которых содержит по три числа с плавающей запятой, которые являются координатами очередной вершины в плоскости сечения и радиусом закругления контура в этой вершине (последнее число может отсутствовать — при этом считается, что закругления нет).

Все размеры задаются в метрах. Разделителем между этими двумя числами служит пробел. В качестве разделителя десятичной точки служит символ точки.

**Пример:** Сечение, изображенное на рис. П2.1 описывается в формате **CON** следующим образом:

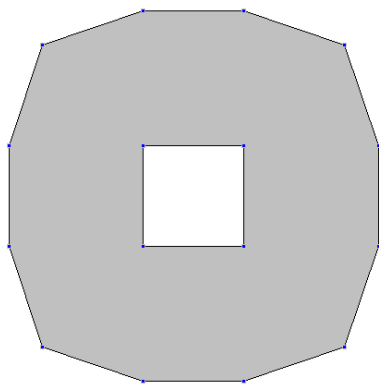


Рис. П2.1

```

12
-1.000  3.000
 0.000  0.000
 3.000 -1.000
 6.000 -1.000
 9.000  0.000
10.000  3.000
10.000  6.000
 9.000  9.000
 6.000 10.000
 3.000 10.000
 0.000  9.000
-1.000  6.000
4
 3.000  3.000
 6.000  3.000
 6.000  6.000
 3.000  6.000
    
```

### 3. Расширение набора параметрических сечений

Квалифицированный пользователь имеет возможность расширить набор параметрических сечений, добавив свои собственные прототипы.

Для этого необходимо:

- ✎ изменить файл **ParamSec.ini**;
- ✎ подготовить два рисунка в формате **BMP** (Windows Bitmap);
- ✎ подготовить файл формата **DSC** с описанием нового параметрического сечения.

Файл **ParamSec.ini** содержит список параметрических сечений и имеет следующий формат:

[LIST]

quantity= <количество типов параметрических сечений>

.....

Name<*i*>=<имя файла с описанием *i*-го типа>

.....

Пример:

```
[LIST]
quantity=10
Name1=RoundRect.dsc
Name2=Hollow.dsc
Name3=Channel.dsc
Name4=CP.dsc
Name5=I.dsc
Name6=T.dsc
Name7=TT.dsc
Name8=Wedge.dsc
Name9=Z.dsc
Name10=Pipe.dsc
```

Файлы с описанием параметрических сечений имеют расширение **.DSC** и представляют собой текстовые файлы следующей структуры:

Каждая строка, которая начинается с символов //, считается строкой комментариев и не несет «полезной» информации (везде далее, говоря об *i*-й строке мы имеем ввиду номер строки без учета строк комментариев).

Строка 1 содержит имя **BMP**-файла с малым рисунком сечения, который появляется в списке выбора типа параметрического сечения. Рекомендуемый размер этого рисунка — 64×32 пикселя.

Строка 2 содержит имя **BMP**-файла с рисунком сечения и обозначением параметров. Рекомендуемый размер этого рисунка — 140×148 пикселей.

Строка 3 — количество параметров *n*.

Далее следует *n* строк с описанием параметров. Каждая строка содержит три поля, разделенные пробелами:

1. Число 0 или 1 (0 в том случае, если параметр может принимать нулевое значение и 1 — в противном случае). Предполагается, что все параметры могут принимать только неотрицательные значения.
2. Число 0, если параметр представляет линейный размер, и 1 — в случае измерения углов.
3. <Имя параметра> (длиной до 4-х символов).

В следующей строке должно быть записано количество ограничений  $m$  на соотношение между параметрами, после чего —  $m$  строк с описанием ограничений. Ограничения должны быть представлены в виде неравенств типа  $X \leq Y$ . Каждая строка с ограничением состоит из трех полей, разделенных точкой с запятой (;):

1. <Нижняя граница неравенства>;
2. <Верхняя граница неравенства>;
3. <Текст сообщения> при нарушении данного ограничения (при выводе сообщения программа формирует его следующим образом: «Нарушено ограничение: <текст>»).

Нижняя и верхняя границы могут быть записаны как в виде констант, так и в виде формул. В качестве переменных в формулах участвуют параметры (строчные символы латинского алфавита). Правила наименования параметров следующие:

a — <параметр 1>

b — <параметр 2>

и т.д. в порядке следования букв латинского алфавита.

Формулы могут содержать:

- арифметические операции, задаваемые символами +, −, \*, /, ^ (возведение в степень), например,  $2.5 * 2.5 * 2.5$  записывается как  $2.5^3$ ;
- круглые скобки;
- элементарные функции.

При записи формул можно использовать следующие функции:

|              |   |                                                  |
|--------------|---|--------------------------------------------------|
| <b>floor</b> | — | наибольшее целое число, не превышающее заданное; |
| <b>tan</b>   | — | тангенс;                                         |
| <b>sin</b>   | — | синус;                                           |
| <b>cos</b>   | — | косинус;                                         |
| <b>asin</b>  | — | арксинус;                                        |
| <b>acos</b>  | — | арккосинус;                                      |
| <b>atan</b>  | — | арктангенс;                                      |
| <b>exp</b>   | — | экспонента;                                      |
| <b>ceil</b>  | — | наименьшее целое число, превышающее заданное;    |
| <b>tanh</b>  | — | тангенс гиперболический;                         |
| <b>sinh</b>  | — | синус гиперболический;                           |
| <b>cosh</b>  | — | косинус гиперболический;                         |
| <b>log</b>   | — | натуральный логарифм;                            |
| <b>log10</b> | — | десятичный логарифм;                             |
| <b>abs</b>   | — | абсолютное значение;                             |
| <b>sqrt</b>  | — | корень квадратный.                               |

Аргументы тригонометрических функций (**sin**, **cos**, **tan**) и результаты обратных тригонометрических функций (**asin**, **acos**, **atan**) задаются/получаются в градусах.

Допускается использование только круглых скобок при произвольной глубине вложенности.

Далее в файле описания параметрического сечения следует информация о контурах сечения в формате, аналогичном формату CON-файла, но для каждой строки с описанием вершины вместо трех чисел (две координаты и радиус закругления) должны стоять формулы для вычисления этих координат и радиуса,

в зависимости от параметров. Формулы должны заканчиваться символом «;» (точка с запятой). В конце строки символ «;» можно опустить.

Пример 1 (для файла RoundRect.dsc):

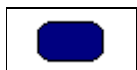


Рисунок RoundRectS.bmp

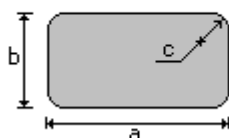


Рисунок RoundRectL.bmp

```
// закругленный прямоугольник
// images (small and large)
RoundRectS.bmp
RoundRectL.bmp
// quantity, unit types, and names of parameters
3
1 0 a
1 0 b
0 0 r
// verification
2
c;a/2; r<=a/2
c;b/2; r<=b/2
// nodes (quantity; 2 coordinates and radius)
4
-a/2;-b/2;c
-a/2;b/2;c
a/2;b/2;c
a/2;-b/2;c
```

Пример 2 (для файла CP.dsc):

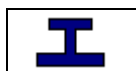


Рисунок CPS.bmp

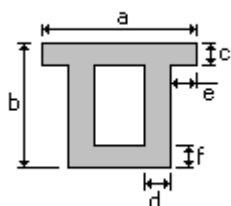


Рисунок CPL.bmp

```
// images (small and large)
CPS.bmp
CPL.bmp
// quantity, unit types, and names of parameters
6
1 0 a
1 0 b
1 0 c
1 0 d
1 0 e
1 0 f
// verification - quantity of inequalities
2
f+c;b; f+c < b
2*(e+d);a; 2(e+d) < a
// nodes (quantity; 2 coordinates and radius)
8
0;0;0
0; b-c;0
-e;b-c;0
-e;b;0
a-e;b;0
a-e;b-c;0
a-2*e;b-c;0
a-2*e;0;0
4
d;f;0
d;b-c;0
a-2*e-d;b-c;0
a-2*e-d;f;0
```

## 4. Сервисные функции

### Вычисление по формулам

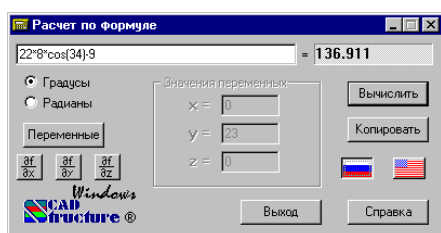


Рис. П4.1. Окно вычислителя

Поскольку при работе с пакетом часто возникает необходимость выполнить некоторые дополнительные расчеты, в разделе меню **Сервис** предусматривается возможность вызова как стандартного калькулятора среды Windows (если он установлен при установке системы), так и специального вычислителя (рис. П4.1), позволяющего выполнять расчеты по формулам.

Вычислитель предназначен для проведения вычислений по формулам, которые задаются пользователем в окне ввода.

При вводе формул следует соблюдать следующие правила:

наименования функций вводятся строчными буквами латинского алфавита;  
разделителем дробной и целой частей числа является точка;  
арифметические операции задаются символами  $+$ ,  $-$ ,  $*$ ,  $/$ ,  $^$  (возведение в степень), например,  $2.5*2.5*2.5$  записывается как  $2.5^3$ .

При записи формул можно использовать следующие функции:

|              |   |                                                  |
|--------------|---|--------------------------------------------------|
| <b>floor</b> | — | наибольшее целое число, не превышающее заданное; |
| <b>tan</b>   | — | тангенс;                                         |
| <b>sin</b>   | — | синус;                                           |
| <b>cos</b>   | — | косинус;                                         |
| <b>asin</b>  | — | арксинус;                                        |
| <b>acos</b>  | — | арккосинус;                                      |
| <b>atan</b>  | — | арктангенс;                                      |
| <b>exp</b>   | — | экспонента;                                      |
| <b>ceil</b>  | — | наименьшее целое число, превышающее заданное;    |
| <b>tanh</b>  | — | тангенс гиперболический;                         |
| <b>sinh</b>  | — | синус гиперболический;                           |
| <b>cosh</b>  | — | косинус гиперболический;                         |
| <b>log</b>   | — | натуральный логарифм;                            |
| <b>log10</b> | — | десятичный логарифм;                             |
| <b>abs</b>   | — | абсолютное значение;                             |
| <b>sqrt</b>  | — | корень квадратный.                               |

В зависимости от состояния переключателя **Градусы/Рadiany** аргументы тригонометрических функций (**sin**, **cos**, **tan**) и результаты обратных тригонометрических функций (**asin**, **acos**, **atan**) приводятся в градусах или радианах соответственно.

Допускается использование только круглых скобок при

произвольной глубине вложенности.

Пример.

Формула

$$1,2 + \sin(0,43) + 6,7\sqrt{6,8} - \sqrt[5]{0,003}$$

должна быть записана следующим образом:

$$1.2+\sin(0.43)+6.7*\text{sqrt}(6.8)-0.003^{(1/5)}.$$

Если активизировать кнопку **Переменные**, то появляется дополнительная возможность использовать в формуле три независимые переменные **x, y, z**. При этом сами значения переменных задаются в соответствующих окнах ввода. Это позволяет проводить серию однотипных вычислений при различных значениях параметров. Например, в этом режиме формула

$$1,2 + \sin(x) + 6,7\sqrt{6,8} - \sqrt[5]{y}$$

должна быть записана в виде

$$1.2+\sin(x)+6.7*\text{sqrt}(6.8)-y^{(1/5)}.$$

Для проведения вычислений следует нажать кнопку **Вычислить**. Кнопка **Копировать** позволяет поместить результат в буфер обмена.

Кроме того, программа позволяет записать в поле ввода формул символическое выражение, зависящее от переменных

**x, y, z** и нажатием на одну из кнопок , ,  получить символическое выражение для соответствующей частной производной.

## Преобразование единиц измерений



Программа предназначена для преобразования данных, заданных в различных единицах измерений (рис. П4.2). Для выполнения операции необходимо выбрать страницу с соответствующими мерами (Длина, Площадь, и т.д.), ввести число в какое либо из полей ввода и нажать на клавишу **Enter**. В результате будут получены значения этой величины во всех остальных единицах измерений.

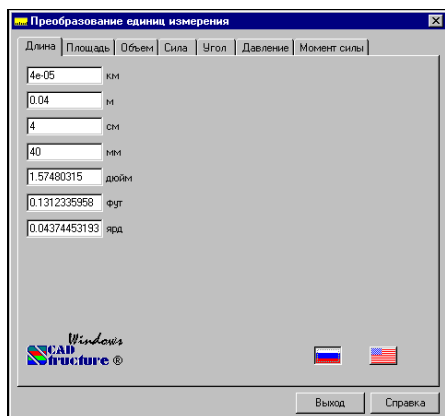


Рис. П4.2. Окно программы преобразования единиц измерения

## Просмотр сортаментов металлопроката

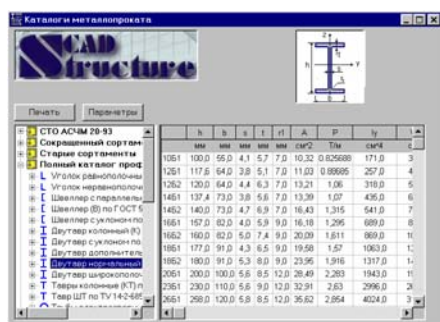


Рис. П4.3. Окно программы просмотра сортаментов

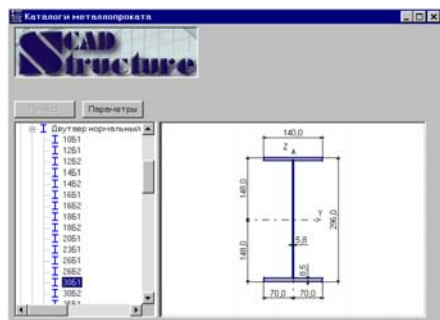


Рис. П4.4. Отображение профиля

Эта программа вызывается с Desktop и используется для просмотра сортаментов металлопроката. Окно программы (рис. П4.3) включает список сортаментов и таблицу с характеристиками профилей.

Для активизации таблицы со списком профилей определенного вида следует раскрыть список профилей нужного сортамента и выбрать в списке наименование группы необходимого вида профилей.

Для получения изображения профиля с конкретными размерами необходимо раскрыть список группы профилей и выбрать из него нужный профиль (рис. П4.4).

При необходимости выбранная таблица профилей может экспортироваться в форматах **RTF**-файла в редактор, ассоциированный с этим форматом (кнопка **Печать**). Если при вызове печати выбрана была не группа профилей, а наименование сортамента, то на печать выводятся все таблицы профилей этого сортамента.

Настройка параметров (кнопка **Параметры**) режима просмотра и печати выполняется по тем же правилам, что и для программ пакета.

## 5. Программный интерфейс

Файлы, созданные программами **Конструктор Сечений** (SEC-файл) и **Консул** (CNS-файл) могут быть использованы в других программах, например, в программах анализа напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений для задания жесткостных характеристик стержневым элементам. Для этого достаточно воспользоваться динамически загружаемыми библиотеками, которые поставляются в составе пакета.

### Использование файлов Конструктора Сечений

Приложение, которое использует файл **Конструктора Сечений**, должно прочитать этот файл (с расширением **.SEC**) в оперативную память. Далее приложение может использовать две функции, реализованные в динамически загружаемой библиотеке **SD.DLL**:

#### 1. Рисование сечения

```
void SDDraw(HDC hDC,           // контекст устройства отображения
             LPRECT Rect,      // указатель на прямоугольник рисования
             void *Buffer);    // указатель на буфер с информацией, прочитанной из файла SEC
```

#### 2. Вычисление геометрических характеристик

```
void SDCalc(void *Buffer, // указатель на буфер с информацией, прочитанной из файла SEC
             struct GeoProperties *GeoProp); // указатель на структуру с вычисленными
                                             // геометрическими характеристиками (см. ниже)
```

```
struct GeoProperties
{
    double A;           // площадь сечения
    double Avy;         // резерв
    double Avz;         // резерв
    double alpha;       // угол наклона главных осей инерции
    double Iy;          // момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y
    double Iz;          // момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z
    double It;          // момент инерции при свободном кручении
    double Iw;          // резерв
    double iy;          // радиус инерции относительно оси Y1
    double iz;          // радиус инерции относительно оси Z1
    double Ys;          // резерв
    double Zs;          // резерв
    double Wyplus;      // максимальный момент сопротивления относительно оси U
    double Wyminus;     // минимальный момент сопротивления относительно оси U
    double Wzplus;      // максимальный момент сопротивления относительно оси V
    double Wzminus;     // минимальный момент сопротивления относительно оси V
    double Wply;        // пластический момент сопротивления относительно оси U
    double Wplz;        // пластический момент сопротивления относительно оси V
    double Iu;          // максимальный момент инерции
    double Iv;          // минимальный момент инерции
    double iu;          // максимальный радиус инерции
    double iv;          // минимальный радиус инерции
    double ayplus;      // ядерные расстояния
    double ayminus;
    double azplus;
    double azminus;
    double xM;          // y координата центра масс
    double yM;          // z координата центра масс
    double Iyz;         // резерв
};
```

## Использование файлов программы Консул

Приложение, которое использует файл **Консула**, должно прочитать этот файл (с расширением **.CNS**) в оперативную память. В первых шести байтах файла содержится сигнатура «Consul», которая может использоваться для контроля правильности чтения и проверки того факта, что файл создан **Консулом**. Далее приложение может использовать две функции, реализованные в динамически загружаемых библиотеках **ModelDLL.DLL** и **CalcDLL.DLL**:

### 1. Рисование сечения

```

BOOL ConDraw(
    const char* buf,          // указатель на буфер с информацией, прочитанной из
                              // CNS-файла со смещением на 11 байт
    int size,                 // размер CNS-файла уменьшенный на 11 байт
    HDC hDC,                  // контекст устройства отображения
    const RECT * Rect);       // указатель на прямоугольник рисования

```

### 2. Вычисление геометрических характеристик

```

void ConCalc (
    const char* buf,          // указатель на буфер с информацией, прочитанной из
                              // CNS-файла со смещением на 11 байт

    int size,                 // размер CNS-файла уменьшенный на 11 байт
    double Mu,                // коэффициент Пуассона
    struct GeoPropertiesEx *geo, // указатель на структуру с вычисленными
                              // геометрическими характеристиками (см. ниже)
    BOOL Full); // признак вычисления всех геометрических характеристик (Full = TRUE) или
               // только моментов инерции и положения центра масс (Full=FALSE)

struct GeoPropertiesEx
{
    double A;                 // площадь сечения
    double Avy;               // условные площади среза
    double Avz;
    double alpha;             // угол наклона главных осей инерции
    double Iy;                // момент инерции относительно центральной оси Y1 параллельной оси Y
    double Iz;                // момент инерции относительно центральной оси Z1 параллельной оси Z
    double It;                // момент инерции при свободном кручении
    double Iw;                // бимомент
    double iy;                // радиус инерции относительно оси Y1
    double iz;                // радиус инерции относительно оси Z1
    double Ys;                // резерв
    double Zs;                // резерв
    double Wyplus;            // максимальный момент сопротивления относительно оси U
    double Wyminus;           // минимальный момент сопротивления относительно оси U
    double Wzplus;            // максимальный момент сопротивления относительно оси V
    double Wzminus;           // минимальный момент сопротивления относительно оси V
    double Wply;              // пластический момент сопротивления относительно оси U
    double Wplz;              // пластический момент сопротивления относительно оси V
    double Iu;                // максимальный момент инерции
    double Iv;                // минимальный момент инерции
    double iu;                // максимальный радиус инерции
    double iv;                // минимальный радиус инерции
    double ayplus;            // ядровые расстояния
    double ayminus;
    double azplus;
    double azminus;
    double xM;                // y координата центра масс
    double yM;                // z координата центра масс
}

```

```
double Iyz;      // резерв
double Sw;       // секториальный статический момент
double Yb;       // y координата центра изгиба
double Zb;       // z координата центра изгиба
double P;        // периметр
double Pi;       // внутренний периметр
double Pe;       // внешний периметр
double I1;       // момент инерции в глобальной системе координат относительно оси Y
double I2;       // момент инерции в глобальной системе координат относительно оси Z
double I12;      // центробежный момент инерции в глобальной системе координат
double Ip;       // полярный момент инерции
double ip;       // полярный радиус инерции
double Wp;       // полярный радиус сопротивления

};
```

## 6. Экспорт данных

Экспорт геометрических характеристик сечения в вычислительный комплекс SCAD осуществляется путем чтения данных из файлов формата SEC и CNS в режиме задания жесткостных характеристик стержневым элементам. В программах пакета предусмотрена также возможность экспорта данных в программу STAAD-III<sup>3</sup>.

### Конструктор Сечений



#### Консул

**Общее**

Имя:

Ax: 59.2096 CM<sup>2</sup> Sz: 109.792 CM<sup>3</sup>

D: 10 CM Sy: 129.214 CM<sup>3</sup>

TD: 2.96048 CM Ay: 30.7496 CM<sup>2</sup>

B: 8.5 CM Az: 42.2582 CM<sup>2</sup>

TB: 3.48292 CM Pz: 109.792 CM<sup>3</sup>

Iz: 389.705 CM<sup>4</sup> Py: 129.214 CM<sup>3</sup>

Iy: 291.795 CM<sup>4</sup> HSS: 0.0067132 CM<sup>6</sup>

Ix: 578.565 CM<sup>4</sup> DEE: 4.07904 CM

OK Отмена

Рис. П6.1. Диалоговое окно  
Общее

**Призма**

Имя:

Площадь (Ax): 59.2096 CM<sup>2</sup>

Момент инерции (Iz): 389.705 CM<sup>4</sup>

Момент инерции (Iy): 291.795 CM<sup>4</sup>

Момент инерции при кручении (Ix): 578.565 CM<sup>4</sup>

YD: 10 CM Площадь сдвига по Y (Ay): 30.7496 CM<sup>2</sup>

ZD: 8.5 CM Площадь сдвига по Z (Az): 42.2582 CM<sup>2</sup>

OK Отмена

Рис. П6.2. Диалоговое окно  
Призма

Для экспорта данных из программ **Конструктор сечений** и **Консул** следует активизировать операцию **Экспорт в STAAD** в разделе меню **Файл** и выбрать тип, в соответствии с которым будут экспортированы данные (**Общее** или **Призма**). В диалоговом окне **Открытие таблицы пользователя** указать директорию и имя таблицы, в которую заносятся параметры сечения (тип таблицы должен соответствовать типу сечения). Если таблица с указанным именем отсутствует, то создается новая. После выбора имени таблицы (кнопка **Open**) и выбора в специальном диалоге единиц измерений, которые будут использоваться при формировании файла STAAD, появляется диалоговое окно (рис. П6.1) для типа данных **Общее** или (рис. П6.2) — для типа данных **Призма**.

В поле **Имя сечения** необходимо ввести уникальное имя, с которым сечение заносится в таблицу. Вычисленные геометрические характеристики, приведенные в окне, могут быть изменены. Экспорт данных выполняется после нажатия кнопки **OK** в диалоговом окне.

#### Замечание:

В случае, когда точное определение условных площадей сдвига не представляется возможным, при экспорте данных в **STAAD** предполагается, что имеет место гипотеза равномерного распределения касательных напряжений по сечению и условные площади принимаются равными площади сечения.

<sup>3</sup> STAAD-III for Windows: Reference Manual.— Research Engineers (Europe), Ltd, 1996

## Сезам



Рис. П6.3. Диалоговое окно  
Равнополочный двутавр

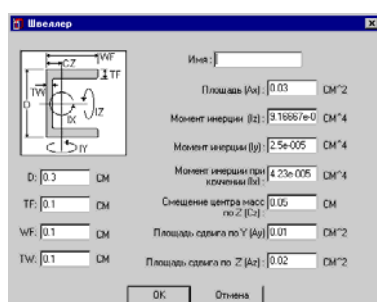


Рис. П6.4. Диалоговое окно  
Швеллер



Рис. П6.5. Диалоговое окно  
Прямоугольная труба

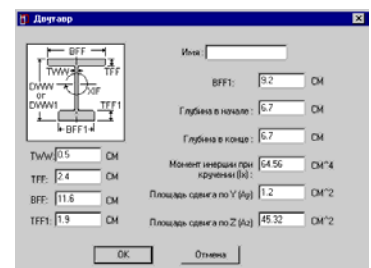


Рис. П6.6. Диалоговое окно  
Двутавр

Для экспорта данных из программы **Сезам** следует выполнить поиск эквивалентного сечения и нажать кнопку **Экспорт в STAAD**. В диалоговом окне **Открытие таблицы пользователя** указать директорию и имя таблицы, в которую заносятся параметры сечения (тип таблицы должен соответствовать типу сечения). Если таблица с указанным именем отсутствует, то создается новая. После выбора имени таблицы (кнопка **Open**) и выбора в специальном диалогом окне единиц измерений, которые будут использоваться при формировании файла STAAD, появляется диалоговое окно (рис. П6.3–П6.6) с геометрическими характеристиками эквивалентного сечения выбранного типа. Экспорт производится по типам сечений: Равнополочный двутавр, Швеллер, Прямоугольная труба или Двутавр.

Для сечения типа Коробка необходимо выбрать тип, в соответствии с которым будут экспортированы данные (Общий или Призматический). Диалоговые окна с характеристиками сечений этих типов приведены выше в описании экспорта данных из программ **Конструктор сечений** и **Консул**.

В поле **Имя сечения** необходимо ввести уникальное имя, с которым сечение заносится в таблицу. Вычисленные геометрические характеристики, приведенные в окне, могут быть изменены. Экспорт данных выполняется после нажатия кнопки **OK** в диалоговом окне.

Замечание:

В случае, когда точное определение условных площадей сдвига не представляется возможным, при экспорте данных в **STAAD** предполагается, что имеет место гипотеза равномерного распределения касательных напряжений по сечению, и условные площади принимаются равными площади сечения.

## 7. Список сортаментов прокатных профилей, поставляемых с пакетом программ

**Сортамент Челябинского металлургического комбината  
(Chelyabinsk metall manufactures)**

| Russian                                  | English                                |
|------------------------------------------|----------------------------------------|
| Двутавр нормальный (Б) по СТО АСЧМ 20-93 | Regular I-beam per STO ASChM 20-93     |
| Двутавр широкополочный по СТО АСЧМ 20-93 | Broad-flanged beam per STO ASChM 20-93 |
| Двутавр колонный (К) по СТО АСЧМ 20-93   | Column I-beam per STO ASChM 20-93      |
| Двутавр по Р40-93                        | I-beam R 40-93                         |
| Специальные двутавры по СТО АСЧМ 20-93   | Special I-beam per STO ASChM 20-93     |

### ГОСТ (GOST)

| Russian                                                          | English                                                       |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93                             | Equal legs angle per GOST 8509-93                             |
| Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86*                          | Unequal legs angle per GOST 8510-86*                          |
| Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89            | Channel with parallel edges of flanges per GOST 8240-89       |
| Швеллер (В) по ГОСТ 5267.1-90                                    | Channel per GOST 8240-89                                      |
| Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-89                          | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Двутавр колонный (К) по ГОСТ 26020-83                            | Column I-beam GOST 26020-83                                   |
| Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89                          | I-beam with inclined inner edges of flanges per GOST 8239-89  |
| Двутавр дополнительной серии (Д) по ГОСТ 26020-83                | Additional series I-beam GOST 26020-83                        |
| Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-83                          | Regular I-beam per GOST 26020-83                              |
| Двутавр широкополочный по ГОСТ 26020-83                          | Broad-flanged beam per GOST 26020-83                          |
| Тавры колонные (КТ) по ТУ 14-2-685-86                            | Column T-bar per TU 14-2-685-86                               |
| Тавр ШТ по ТУ 14-2-685-86                                        | T-bar per TU 14-2-685-86                                      |
| Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91                | Pipe per GOST 10704-91                                        |
| Трубы по ГОСТ 10704-91 (сокращенные)                             | Pipe per GOST 10704-91 (reduced list)                         |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С239-С245 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С255-С275 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Квадратные трубы по ТУ 36-2287-80                                | Square Hollow Structural Tubing per TU 36-2287-80             |
| Прямоугольные трубы по ТУ 67-2287-80                             | Rectangular Hollow Structural Tubing per TU 67-2287-80        |

**Сокращенный сортамент (Reduced GOST)**

| Russian                                                          | English                                                       |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Уголок равнополочный по ГОСТ 8509-93                             | Equal legs angle per GOST 8509-93                             |
| Уголок неравнополочный по ГОСТ 8510-86*                          | Unequal legs angle per GOST 8510-86*                          |
| Швеллер с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240-89            | Channel with parallel edges of flanges per GOST 8240-89       |
| Швеллер с уклоном полок по ГОСТ 8240-89                          | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Двутавр колонный (К) по ГОСТ 26020-83                            | Column I-beam GOST 26020-83                                   |
| Двутавр с уклоном полок по ГОСТ 8239-89                          | I-beam with inclined inner edges of flanges per GOST 8239-89  |
| Двутавр дополнительной серии (Д) по ГОСТ 26020-83                | Additional series I-beam GOST 26020-83                        |
| Двутавр нормальный (Б) по ГОСТ 26020-83                          | Regular I-beam per GOST 26020-83                              |
| Двутавр широкополочный по ГОСТ 26020-83                          | Broad-flanged beam per GOST 26020-83                          |
| Тавры колонные (КТ) по ТУ 14-2-685-86                            | Column T-bar per TU 14-2-685-86                               |
| Тавр ШТ по ТУ 14-2-685-86                                        | T-bar per TU 14-2-685-86                                      |
| Трубы электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91                | Pipe per GOST 10704-91                                        |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С239-С245 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Гнутый равнополочный швеллер по ГОСТ 8278-83 из сталей С255-С275 | Channel with inclined inner edges of flanges per GOST 8240-89 |
| Квадратные трубы по ТУ 36-2287-80                                | Square Hollow Structural Tubing per TU 36-2287-80             |
| Прямоугольные трубы по ТУ 67-2287-80                             | Rectangular Hollow Structural Tubing per TU 67-2287-80        |

**Старые сортаменты (Old russian)**

| Russian                                | English                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Уголок равнополочный по ОСТ 14-1926    | Equal legs angle per OST 14-1926                             |
| Уголок равнополочный по ОСТ 14-1932    | Equal legs angle per OST 14-1932                             |
| Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1926  | Unequal legs angle per OST 15-1926                           |
| Уголок неравнополочный по ОСТ 15-1932  | Unequal legs angle per OST 15-1932                           |
| Двутавр балочный по ОСТ 16-1926        | I-beam per OST 16-1926                                       |
| Двутавр балочный по ОСТ 16-1932        | I-beam per OST 16-1932                                       |
| Швеллер с уклоном полок по ОСТ 17-1926 | Channel with inclined inner edges of flanges per OST 17-1926 |
| Швеллер с уклоном полок по ОСТ 17-1933 | Channel with inclined inner edges of flanges per OST 17-1933 |

## ASTM

| Russian                | English                    |
|------------------------|----------------------------|
| Равнополочный уголок   | Equal Angles               |
| Неравнополочный уголок | Unequal Angles             |
| Двутавр HP             | H-Piles                    |
| Двутавр M              | Miscellaneous Shapes       |
| Двутавр S              | American Standard Shapes   |
| Двутавр W              | Wide Flange Shapes         |
| Тавр MT                | Miscellaneous Tees         |
| Тавр ST                | American Standard Tees     |
| Тавр WT                | Wide Flange Tees           |
| Швеллер C              | American Standard Channels |
| Швеллер MC             | Miscellaneous Channels     |
| Труба круглая P        | Pipe                       |
| Труба круглая PX       | Extra Strong Pipe          |
| Труба круглая PXX      | Double-Extra Strong Pipe   |
| Труба квадратная       | Tube Steel (Square)        |
| Труба прямоугольная    | Tube Steel (Rectangular)   |

## Великобритания — стандартные профили (British Standard Sections)

| Russian                                | English                       |
|----------------------------------------|-------------------------------|
| Двутавр Universal Beams to BS4         | Universal Beams               |
| Двутавр Universal Columns to BS4       | Universal Columns             |
| Двутавр Universal Bearing Piles to BS4 | Universal Bearing Piles       |
| Труба прямоугольная EN10210 (UK)       | Rectangular Hollow Sections   |
| Труба круглая EN10210(UK)              | Circular Hollow Sections      |
| Труба квадратная EN10210 (UK)          | Square Hollow Sections        |
| Двутавр Joists                         | Joists                        |
| Уголок равнополочный                   | Equal Angles                  |
| Уголок неравнополочный                 | Unequal Angles                |
| Швеллер                                | Channels                      |
| Тавр Tees from Ubs to BS4              | Structural Tees cut from UB's |
| Тавр Tees from Ucs to BS4              | Structural Tees cut from UC's |

**Великобритания - импортируемые профили (Overseas Shapes)**

| Russian                          | English                                          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Двутавр ASTM Shapes              | ASTM W Shapes (Universal beams and columns)      |
| Двутавр Euronorm IPE Sections    | IPE Shapes (European universal beams)            |
| Двутавр Euronorm HE Sections     | HE Shapes (European universal beams and columns) |
| Труба прямоугольная EN10210 (OS) | Rectangular Hollow Sections                      |
| Труба круглая EN10210 (OS)       | Circular Hollow Sections                         |
| Труба квадратная EN10210 (OS)    | Square Hollow Sections                           |

**Arbed**

| Russian                                  | English                         |
|------------------------------------------|---------------------------------|
| Равнополочный уголок по Euronorm 56-77   | Equal Angles Euronorm 56-77     |
| Неравнополочный уголок по Euronorm 57-78 | Unequal Angles Euronorm 57-78   |
| Двутавр IPE Euronorm 19-57               | European I-beams (IPE)          |
| Двутавр IPN                              | European standard beams (IPN)   |
| Двутавр HE Euronorm 53-62                | European wide flange beams (HE) |
| Двутавр HL Euronorm 53-62                | European wide flange beams (HL) |
| Двутавр HD                               | Wide flange columns (HD)        |
| Двутавр HP                               | Wide flange bearing piles (HP)  |
| Двутавр W                                | American wide flange beams (W)  |
| Двутавр UB                               | British universal beams (UB)    |
| Двутавр UC                               | British universal columns (UC)  |
| Швеллер UAP                              | Channels with parallel flanges  |
| Швеллер UPN                              | European standard channels      |

**OTUA**

| Russian                               | English                                    |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Равнополочный уголок по NF A 45-009   | Equal Angles NF A 45-009                   |
| Неравнополочный уголок по NF A 45-010 | Unequal Angles NF A 45-010                 |
| Двутавр IPN по NF A 45-209            | IPN Shapes NF A 45-209                     |
| Двутавр PA по NF A 45-205             | PA Shapes NF A 45-205                      |
| Двутавр IPE-A по NF A 45-205          | IPE-A Shapes NF A 45-205                   |
| Двутавр IPE по NF A 45-205            | IPE Shapes NF A 45-205                     |
| Двутавр IPE-R по NF A 45-205          | IPE-R Shapes NF A 45-205                   |
| Двутавр HEA-A по NF A 45-201          | HEA-A Shapes NF A 45-201                   |
| Двутавр HEA по NF A 45-201            | HEA Shapes NF A 45-201                     |
| Двутавр HEB по NF A 45-201            | HEB Shapes NF A 45-201                     |
| Двутавр HEM, HEC по NF A 45-201       | HEM, HEC Shapes NF A 45-201                |
| Тавр PA по NF A 45-205                | Structural Tees cut from PA NF A 45-205    |
| Тавр IPE-A по NF A 45-205             | Structural Tees cut from IPE-A NF A 45-205 |
| Тавр IPE по NF A 45-205               | Structural Tees cut from IPE NF A 45-205   |
| Тавр IPE-R по NF A 45-205             | Structural Tees cut from IPE-R NF A 45-205 |
| Тавр HEA-A по NF A 45-211             | Structural Tees cut from HEA-A NF A 45-211 |
| Тавр HEA по NF A 45-201               | Structural Tees cut from HEA NF A 45-201   |

**Для заметок**

|                               |                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| Тавр НЕВ по NF A 45-201       | Structural Tees cut from HEB NF A 45-201      |
| Тавр НЕМ, НЕС по NF A 45-201  | Structural Tees cut from HEM, HEC NF A 45-201 |
| Швеллеры UPN по NF A 45-202   | Channels UPN NF A 45-202                      |
| Швеллеры UPN-A по NF A 45-202 | Channels UPN-A NF A 45-202                    |
| Швеллеры UAP по NF A 45-255   | Channels UAP NF A 45-255                      |
| Швеллеры UAP-A по NF A 45-255 | Channels UAP-A NF A 45-255                    |
| Труба круглая                 | Tubes Ronds                                   |
| Труба прямоугольная           | Tubes Rectangular                             |
| Труба квадратная              | Tubes Carres                                  |

**DIN**

| Russian                                                  | English                              |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Равнополочный уголок по DIN 1028                         | Equal Angles DIN 1028                |
| Неравнополочный уголок по DIN 1029                       | Unequal Angles DIN 1029              |
| Балки двутавровые по DIN 1025                            | Beam DIN 1025                        |
| Широкополочные двутавры по DIN 1025 (с паралл. Граниями) | IP DIN 1025                          |
| Широкополочные двутавры по DIN 1025 (9% уклон)           | IP DIN 1025 (9%)                     |
| Швеллеры по DIN 1026                                     | Channels DIN 1026                    |
| Труба круглая DIN 2428                                   | Circular Hollow Section DIN 2428     |
| Труба прямоугольная DIN 59410                            | Rectangular Hollow Section DIN 59410 |
| Труба квадратная DIN 59410                               | Square Hollow Section DIN 59410      |

**Сварные профили (welded profiles)**

| Russian                               | English                                |
|---------------------------------------|----------------------------------------|
| Двутавры сварные ТУ У 01412851.001-95 | Welded I-beam per TU U 01412851.001-95 |