

В.С. Карпиловский
Э.З. Криксунов
А.А. Маляренко
А.В. Перельмутер
М.А. Перельмутер

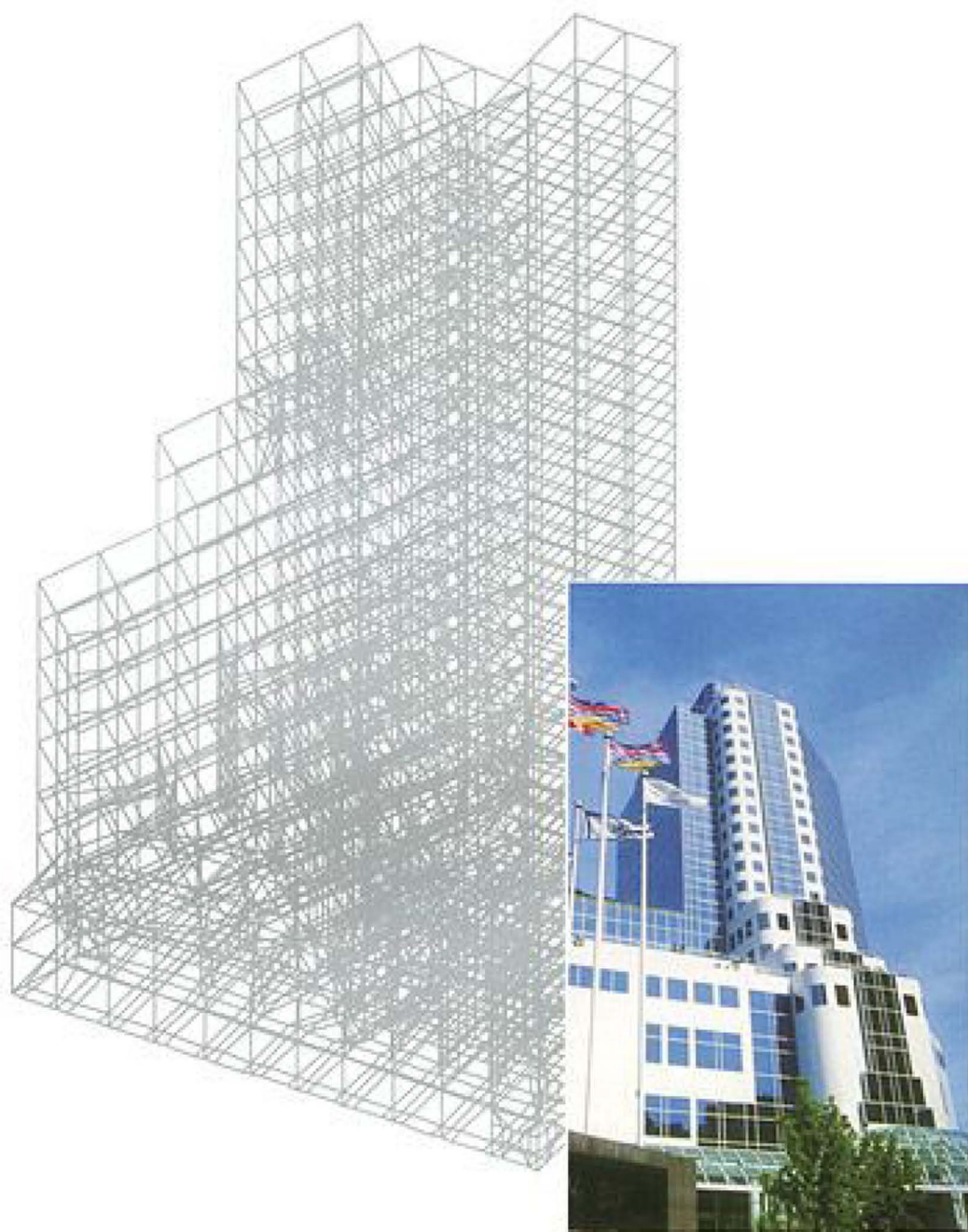
SCAD OFFICE

ФОРМИРОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ И РАСЧЕТ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА КОНСТРУКЦИЙ



structure SCAD



**В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко,
А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер**

SCAD Office

ФОРМИРОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ И РАСЧЕТ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению
653500 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2008

ББК 32.97
К 26
УДК (539.3+624.014):681.3

Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А.
К 26 SCAD Office. Формирование сечений и расчет их геометрических характеристик. Учебное пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. — 80 стр. с ил.

ISBN 978-5-93093-291-3

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, Тонус 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.

Рекомендовано к печати Ученым советом Украинского научно-исследовательского и проектного института стальных конструкций (УкрНИИпроектстальконструкция)

УДК 658.512: 681.3
ББК 32.97

ISBN 978-5-93093-291-3

© Издательство АСВ, 2008
© SCAD Soft, 2008
© Коллектив авторов, 2008

Оглавление

ОТ АВТОРОВ.....	6
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
СИСТЕМА КООРДИНАТ.....	8
ВЫЧИСЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	8
ФАЙЛЫ, СОЗДАВАЕМЫЕ ПРОГРАММАМИ.....	9
ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ	10
ПАРАМЕТРЫ НАСТРОЙКИ	10
Единицы измерений	11
Отчет и языки.....	11
Визуализация.....	12
Каталоги сечений.....	12
Прочие параметры.....	13
МНОГООКОННАЯ СРЕДА	13
СОХРАНЕНИЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ	13
МЕНЮ	14
Раздел меню <i>Файл</i>	14
Раздел меню <i>Редактирование</i>	15
Раздел меню <i>Настройки</i>	17
Раздел меню <i>Вид</i>	17
Раздел меню <i>Окно</i>	18
Раздел меню <i>Справка</i>	18
СТРОКА СОСТОЯНИЯ.....	18
ОПЕРАЦИИ	18
Новое сечение.....	18
Загрузить ранее созданное сечение	19
Отправить.....	19
Сохранить сечение.....	19
Отменить	20
Восстановить.....	20
Поворот сечения.....	20
Создать стандартное сечение из проката.....	20
Импорт файлов	21
Показать координатные оси	21
Показать размерную сетку.....	21
Показать главные оси инерции	21
Показать центр масс сечения	21
Вычислить характеристики сечения.....	22
Показать поле нормальных напряжений.....	22
Увеличение и уменьшение изображения сечения.....	24
Сформировать отчет	24
Вызов справки	24
О программе.....	24
КОНСУЛ.....	26
КУРСОРЫ	26

Ввод сечения.....	27
Габариты сечения.....	27
Координатная сетка.....	28
Ввод внешнего контура.....	28
Корректировка внешнего контура.....	29
Ввод внутренних контуров.....	29
Параметрические отверстия.....	30
Удаление внутреннего контура.....	30
Копирование внутреннего контура.....	30
Размножение внутреннего контура.....	31
Сглаживание углов.....	31
Формирование дуги на контуре.....	32
Перемещение контура.....	33
Перемещение вершин.....	33
Корректировка координат вершин.....	34
Удаление вершин.....	34
Сброс операции.....	35
Привязка к вершинам.....	35
Сдвиг начала координат.....	35
Выбор сечения металлопроката.....	36
Центр изгиба.....	36
Стандартные сечения.....	37
КОНСТРУКТОР СЕЧЕНИЙ.....	38
КУРСОРЫ.....	38
Диалоговое окно ЭЛЕМЕНТ СЕЧЕНИЯ.....	39
Диалоговое окно ВЫБОР ЭЛЕМЕНТА.....	40
ОРИЕНТАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ.....	41
ИНФОРМАЦИЯ ОБ ЭЛЕМЕНТЕ.....	42
ИСТОРИЯ СБОРКИ.....	42
ОПЕРАЦИИ.....	43
Сдвиг начала координат.....	43
Удалить элемент сечения.....	43
Сдвиг и/или поворот элемента.....	43
Привязка к точкам.....	44
Учет коррозии.....	44
Перемещение элемента.....	44
Копирование элемента.....	44
СБОРКА СЕЧЕНИЯ.....	45
Включение элемента в сечение.....	45
Установка первого элемента.....	46
Первый способ сборки.....	47
Второй способ сборки.....	48
Третий способ сборки.....	48
ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЧЕНИЯ.....	49
ТОНУС.....	50
Окно ПРОГРАММЫ.....	51
КУРСОРЫ.....	51
ВВОД СЕЧЕНИЯ.....	52
Координатная сетка.....	52

<i>Размеры сечения</i>	53
<i>Полоски</i>	53
<i>Удаление полосок</i>	54
<i>Назначение толщины</i>	54
<i>Вершины</i>	54
<i>Удаление вершин</i>	54
<i>Привязка к сетке</i>	54
<i>Сглаживание углов</i>	55
<i>Перемещение группы выбранных вершин</i>	56
<i>Сдвиг начала координат</i>	56
<i>Таблица вершин</i>	56
<i>Таблица полосок</i>	57
<i>Центр изгиба</i>	58
<i>Показать без толщин</i>	58
<i>Привязка к вершинам</i>	58
<i>Стандартные сечения</i>	59
СЕЗАМ — ПОДБОР ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЕЧЕНИЯ	60
НАЗНАЧЕНИЕ.....	60
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДБОРА.....	61
<i>Вызов программы Конструктор Сечений</i>	62
<i>Вызов программы Консул</i>	62
<i>Вызов программы Тонус</i>	62
ПРИЛОЖЕНИЯ	63
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	63
<i>Моменты инерции</i>	63
<i>Главные моменты инерции, угол наклона главных осей</i>	63
<i>Радиусы инерции</i>	64
<i>Моменты сопротивления</i>	64
<i>Ядровые расстояния</i>	64
<i>Жесткость кручения</i>	64
<i>Центр изгиба</i>	64
<i>Площади сечения при сдвиге</i>	65
<i>Пластические моменты сопротивления</i>	65
<i>Секториальные характеристики</i>	66
<i>Нормальные напряжения</i>	66
2. ФОРМАТ ФАЙЛОВ.....	67
<i>Программа Консул</i>	67
<i>Программа Тонус</i>	68
3. СЕРВИСНЫЕ ФУНКЦИИ.....	69
<i>Калькулятор для расчета по формулам</i>	69
<i>Калькулятор для преобразования единиц измерения</i>	70
<i>Просмотр сортаментов металлопроката</i>	71
4. СПИСОК СОРТАМЕНТОВ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ, ПОСТАВЛЯЕМЫХ С ПАКЕТОМ ПРОГРАММ.....	73
ЛИТЕРАТУРА	78

Предисловие

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

Основное назначение программ — следующее:

Консул — формирование произвольных сечений и расчет их геометрических характеристик, исходя из теории **сплошных** стержней;

Конструктор сечений (Конструктор) — формирование и расчет геометрических характеристик произвольных составных сечений из стальных прокатных профилей и листов;

Тонус — формирование и расчет геометрических характеристик сечений тонкостенных стержней, то есть стержней, имеющих вид достаточно длинных цилиндрических оболочек;

Сезам — поиск сечения (коробка, двутавр, тавр или швеллер), наиболее близко аппроксимирующего заданное произвольное сечение по геометрическим характеристикам.

Все программы, входящие в пакет, интегрированы друг с другом и вычислительным комплексом **SCAD** [5]. 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**, **.TNS** — обозначения расширений (форматов) файлов.

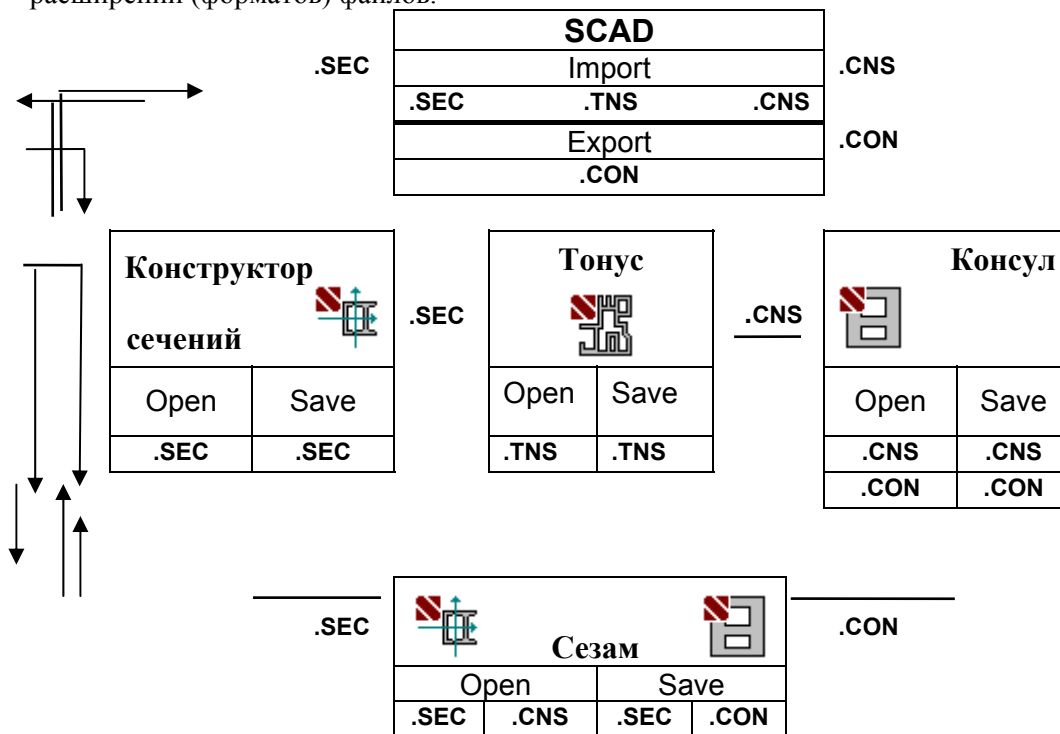


Рис. 1. Диаграмма взаимосвязей программ

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. Однако, пользователь может изменить имена осей, используя диалоговое окно **Настройки** (см. ниже).

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;
- радиусы инерции i_y и i_z относительно тех же осей;
- момент инерции при свободном кручении I_t ;
- координаты центра масс;
- значение угла наклона главных центральных осей инерции (угол α 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** или **Тонус**, 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 момент инерции.

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 **Конструктор сечений** вычисляет не все геометрические характеристики (по сравнению с программами **Консул** и **Тонус**), в частности, момент инерции **при свободном кручении** приближенно определен как сумма моментов инерции свободного кручения профилей, составляющих сечение.

Во всех программах пакета 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 α 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. Например, в программе ВЕСТ (см. [9]), которая входит в состав системы SCAD Office, для оценки пульсационной составляющей ветровой нагрузки предусмотрена возможность определить геометрические характеристики ядра жесткости здания с помощью программы **Тонус**.

Сами программы **Консул**, **Тонус** 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 — **CNS** и **CON** (с расширениями **.cns** и **.con** соответственно).

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 **SEC** (с расширением **.sec**), в которых хранится информация об элементах, из которых состоит сечение, и их взаимном расположении.

Тонус может создавать, сохранять результаты и читать файлы в формате **TNS** (с расширением **.tns**), в которых хранится информация о сечении.

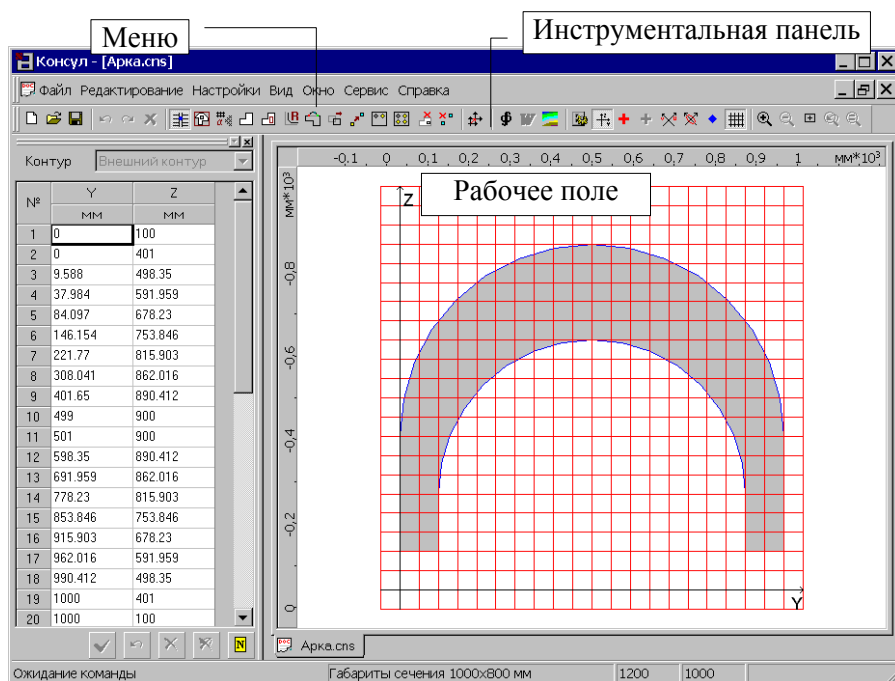
Программа **Сезам** может читать файлы как в формате **Конструктора (SEC)**, так и в формате **Консула (CNS)** и **Тонуса (TNS)**.

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**, в третьей — к программе **Тонус**, в четвертой — 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, включают операции настройки, с помощью которых назначаются единицы измерения основных величин и правила формирования отчета, осуществляется выбор каталогов сортамента металлопроката, настраиваются цвета, шрифты и пр. Эти операции сосредоточены в многостраничном диалоговом окне **Настройки**, состав и содержание страниц которого зависят от вызывающей его программы пакета. Окно **Настройки** может быть вызвано из раздела меню **Опции** в программах **Консул** и **Конструктор сечений**, а

также из инструментальной панели (кнопка **Настройки** — ) во всех программах пакета.

Как правило, окно содержит закладки: **Единицы измерения**, **Отчет и языки**, **Визуализация**, **Каталоги сечений** и **Прочие**.

Каждой из закладок соответствует страница, которая обеспечивает выбор определенного вида параметров настройки.

Единицы измерений

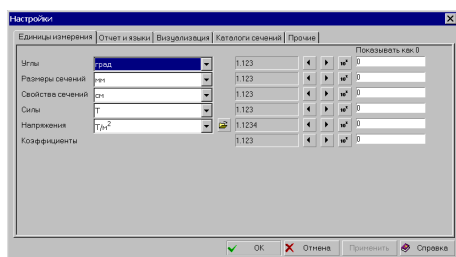


Рис. 2. Страница Единицы измерений диалогового окна Настройки

Страница **Единицы измерения** (рис. 2) определяет используемые единицы измерения величин. Она включает две группы данных. В первой задаются единицы измерения, применяемые для определения размеров конструкции, сил, моментов и т.д.

Для составных единиц (таких, как моменты сил, напряжение и т.д.) предусмотрена возможность отдельного выбора единиц измерения составляющих (например, единиц измерения сил и единиц измерения плеча для моментов). Для этого используется кнопка

Вторая группа позволяет регулировать форму представления и точность задания данных. Специальные элементы управления используются для назначения форматов представления данных. Здесь задается количество значащих цифр при представлении данных в форме с десятичной точкой или в экспоненциальном представлении.

Точность представления данных (количество значащих цифр после запятой) назначается с помощью кнопок (уменьшить) и (увеличить), а установка экспоненциальной формы числа — маркером . Кроме того, в полях ввода **Показывать как 0** можно определить, какое значение той или иной единицы следует интерпретировать как «очень малое» и при визуализации соответствующих данных показывать как 0, если значение по абсолютной величине меньше заданного.

Отчет и языки

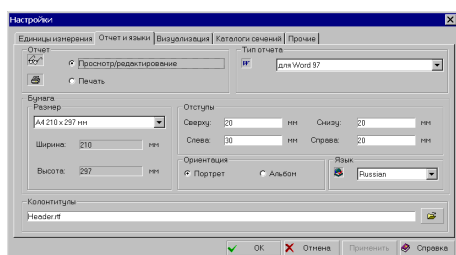


Рис. 3. Страница Отчет и языки диалогового окна Настройки

Страница **Отчет и языки** (рис. 3) дает возможность выбрать язык, на котором будут представлены все тексты в управляющих окнах и оформлен отчет.

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

В режиме **Просмотр/Редактирование** нажатие кнопки **Отчет** в любом рабочем окне позволяет просмотреть текст отчета на экране и отредактировать его. Для этого вызывается приложение, ассоциированное с форматом **RTF** (Rich Text Format) файла (например, **MS Word Pad** или **MS Word**).

Естественно, что за исправления, внесенные в текст отчета (а могут быть исправлены и результаты расчета), ответственность несет пользователь.

Учебное издание

Виктор Семенович **Карпиловский**
Эдуард Зиновьевич **Криксунов**
Анатолий Александрович **Маляренко**
Анатолий Викторович **Перельмутер**
Михаил Анатольевич **Перельмутер**

SCAD Office

ФОРМИРОВАНИЕ СЕЧЕНИЙ И РАСЧЕТ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Редактор: *А.Н. Хрулева*
Дизайн и верстка: *И.Ф. Лайкина*
Дизайн обложки: *О.Д. Безгин*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98 Сдано в набор 12.07.2004
Подписано к печати 10.08.2004. Формат 60x90 1/8.
Бумага офс. Гарнитура таймс. Печать офсетная. III завод
Усл. печ. л. 10. Тираж 2000 экз. Заказ .

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (495)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>