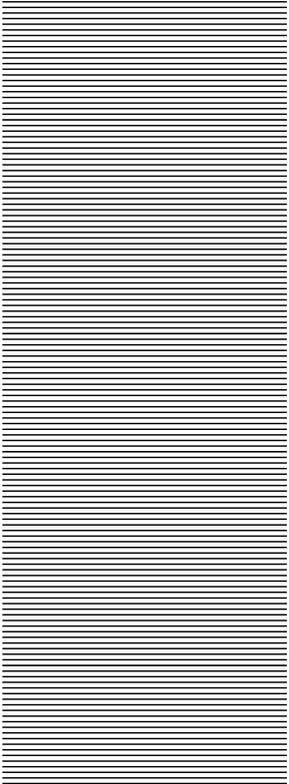


SCAD Group



Руководство пользователя

**Дополнения и изменения
Версия 7.31**

2002

Оглавление

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Инструментальная панель Схема | 5 |
| | Генерация сетки конечных элементов на плоскости..... | 5 |
| | Сгущение сетки | 5 |
| | Триангуляция ортогональных областей..... | 6 |
| 2. | Графический редактор..... | 8 |
| | Меню | 8 |
| | Настройка редактора..... | 11 |
| | Ввод графических объектов | 13 |
| | Редактирование объектов | 16 |
| 3. | Операции с узлами и элементами..... | 20 |
| | Перенос узлов в заданную плоскость..... | 20 |
| | Операции с элементами..... | 20 |
| | Дробление стержней в точке пересечения..... | 20 |
| | Отсоединение дополнительных узлов от высокоточных элементов..... | 21 |
| | Ввод вантовых элементов | 21 |
| | Односторонние связи..... | 21 |
| 4. | Задание характеристик узлов и элементов | 22 |
| | Назначение жесткостных характеристик..... | 22 |
| | Работа с сортаментом металлопроката | 22 |
| | Физико-механические свойства материалов | 23 |
| | Назначение типа элемента..... | 23 |
| | Углы ориентации местных осей стержневых элементов..... | 23 |
| | Объединение перемещений..... | 24 |
| | Назначение коэффициентов постели элементам расчетной схемы с помощью программы КРОСС | 24 |
| 5. | Задание схем нагружений | 26 |
| | Узловые нагрузки..... | 26 |
| | Нагрузки на стержневые элементы | 27 |
| | Нагрузки на пластины..... | 27 |
| | Задание нагрузок в виде смещения связи (Расчет на заданные перемещения)..... | 27 |
| | Удаление нагружений и групп нагрузок..... | 28 |
| | Подготовка данных для расчета на динамические воздействия | 28 |
| 6. | Отображение информации на расчетной схеме | 30 |
| | Отображение групп конструктивных элементов | 30 |
| | Индикация количества нагрузок на элементы..... | 30 |
| | Отображение заданных перемещений..... | 31 |
| | Построение карты распределенных нагрузок..... | 31 |
| | Построение карты узловых нагрузок | 31 |
| | Отображение координационных осей..... | 32 |
| | Вывод номеров типов жесткости..... | 32 |
| | Цветовая индикация групп узлов и элементов..... | 33 |
| | Отображение на схеме длин стержней..... | 33 |
| | Информация об элементе | 34 |
| | Настройка графической среды..... | 35 |
| 7. | Управление расчетом..... | 36 |
| 8. | Графический анализ результатов расчета..... | 38 |
| | Цветовая шкала | 38 |
| | Построение эпюр напряжений | 38 |
| | Изополя напряжений | 39 |
| 9. | Армирование сечений железобетонных элементов | 40 |
| | Параметры настройки | 40 |
| | Модуль 11 (Плита. Оболочка)..... | 40 |
| | Подготовка данных | 40 |
| | Графический анализ результатов расчета..... | 41 |

| | |
|--|----|
| 10. Энергетический постпроцессор | 42 |
| Разрешающие уравнения | 42 |
| Однопараметрическое загрузеение | 42 |
| Роль отдельных подсистем | 43 |
| Отображение результатов работы энергетического постпроцессора..... | 44 |
| 11. Экспорт данных в программу ФОК-ПК | 46 |

1.1 Инструментальная панель Схема

1.2 Генерация сетки конечных элементов на плоскости



Рис. 1.2–1 Инструментальная панель режима генерации сетки

В этом режиме реализован ряд новых операций, позволяющих автоматически выполнять сгущение сетки в окрестности заданных узлов и линий, выполнять разбиение ортогональных областей на прямоугольные элементы, а также отменять результаты триангуляции, не выходя из режима генерации сетки.

В инструментальную панель (рис. 1.2-1) добавлены следующие кнопки вызова операций:



— выбор узлов, в окрестностях которых выполняется сгущение сетки;



— назначение линий, вдоль которых выполняется сгущение сетки;



— отмена результатов триангуляции, включая сброс контура;

1.2.1 Сгущение сетки

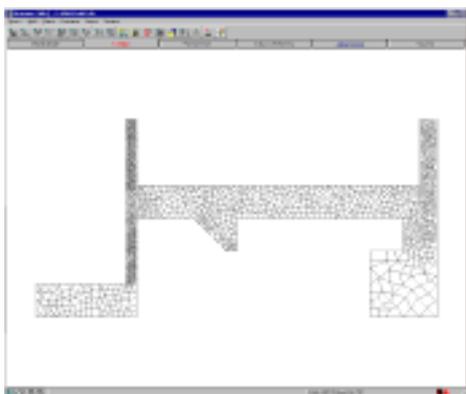


Рис. 1.2–2 Результаты триангуляции с активной опцией *Триангуляция со сгущением на «тонких» участках*

Локальные сгущения сетки КЭ можно получать на «тонких» участках области триангуляции, в окрестности заданного узла и вдоль заданной линии.

В первом случае шаг сетки автоматически изменяется в зависимости от ширины области триангуляции. Чем уже триангулируемый участок, тем меньше шаг сетки. Этот режим назначается в окне **Автоматическая триангуляция** с помощью опции *Триангуляция со сгущением на тонких участках*.

Для сгущения сетки в окрестностях заданных узлов следует выполнить следующие действия:

- ☞ отметить узлы, в окрестностях которых сгущается сетка;
- ☞ нажать кнопку **Узлы сгущения сетки** (узлы будут выделены цветом);
- ☞ назначить контур триангуляции;
- ☞ нажать кнопку **Генерация треугольной сетки КЭ на плоскости**;
- ☞ в диалоговом окне **Автоматическая триангуляция** выбрать режим триангуляции и назначить коэффициент сгущения сетки;
- ☞ нажать кнопку **ОК** в диалоговом окне.

Сгущение сетки вдоль линии выполняется аналогично сгущению в узлах. В этом случае перед выполнением триангуляции следует нажать кнопку **Указание линии сгущения сетки** и провести линию между двумя узлами, вдоль которой выполняется сгущение (аналогично вводу стержневых элементов).

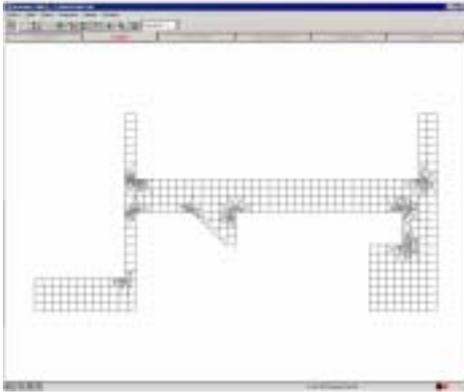


Рис . 1.2–3 Результаты триангуляции со сгущением сетки в указанных узлах

1.2.2 Триангуляция ортогональных областей

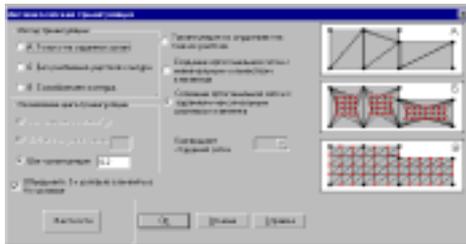


Рис. 1.2–4 Диалоговое окно Автоматическая триангуляция

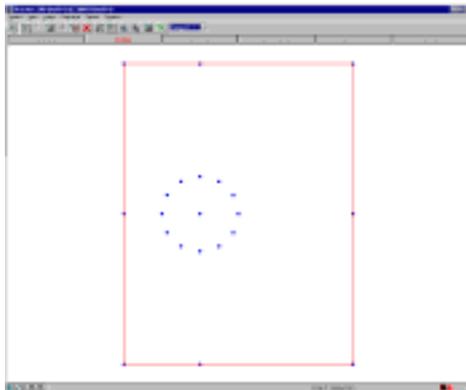


Рис. 1.2–5 Контур и узлы внутри контура

Если все точки перелома заданного контура, включая отверстия, образуют прямые углы, то при генерации сетки конечных элементов можно воспользоваться одной из опций создания ортогональной сетки в диалоговом окне **Автоматическая триангуляция** (рис. 1.2-4):

- создание ортогональной сетки с минимальным количеством элементов;
- создание ортогональной сетки с заданным максимальным размером элемента.

В первом случае область будет разбита на минимально возможное количество прямоугольных конечных элементов, а во втором случае максимальный размер стороны прямоугольников не будет превышать размера, заданного в поле **Шаг триангуляции**.

Если выбранная область не ортогональна, то указанные выше опции будут проигнорированы и сетка элементов будет строиться обычным способом.

На рисунках 1.2-5–1.2-7 приведены контур и результаты триангуляции в зависимости от выбранной опции. Следует обратить внимание на то, что находящаяся внутри контура группа узлов, расположенных по дуге окружности, не повлияла на ортогональность сетки, так как не принадлежала контуру.

И, наконец, на рисунке 1.2-8 приведены результаты триангуляции области без учета ортогональности.

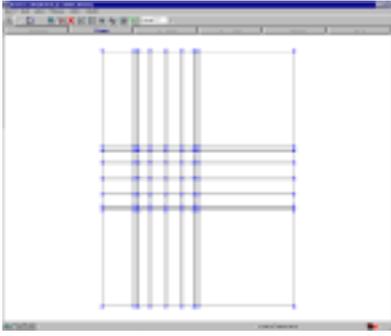


Рис. 1.2–6 Сетка элементов после триангуляции с признаком минимального количества элементов

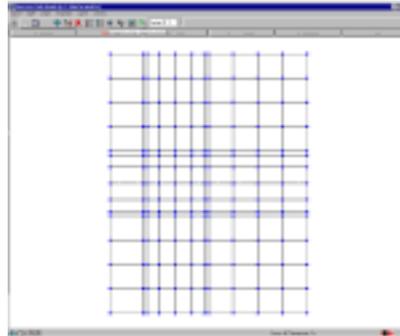


Рис. 1.2–7 Сетка элементов после триангуляции с заданным максимальным размером элемента

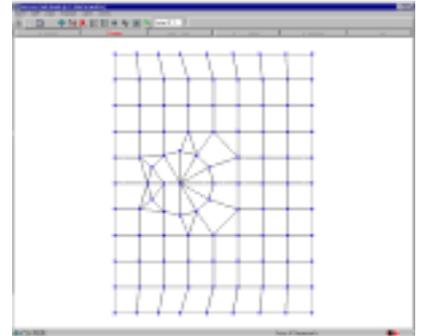


Рис. 1.2–8 Сетка элементов после триангуляции с заданным шагом

2 Графический редактор

Графический редактор позволяет задать расчетную схему стержневой конструкции или ее фрагмент с помощью набора графических операций, напоминающих среду 2D AutoCAD (AutoCAD Light). Кроме того, редактор позволяет ввести файлы в форматах DXF, PLT, SHP и VEC, выполнить их корректировку и загрузить результаты в препроцессор SCAD или запомнить их в виде отдельной схемы.

Следует отметить, что в графическом редакторе в составе SCAD не используются операции, связанные с оформлением чертежей, простановкой размеров и т.п. В связи с этим часть настроек и операций могут оказаться недоступными. Авторы системы не ставили своей целью подменить такие признанные графические средства, как AutoCAD, Micro Station и им подобные. Цель была скромнее — дать возможность знатокам и любителям указанных графических систем работать в знакомой среде.

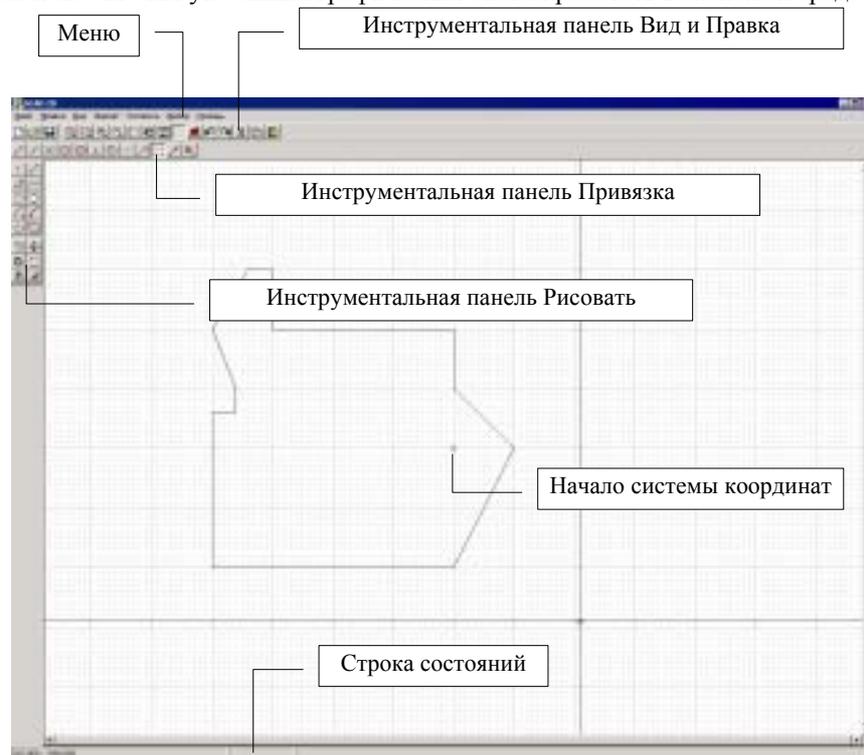


Рис. 2.1. Общий вид окна графического редактора

2.1 Меню

Файл

Окно редактора включает меню, три инструментальных панели, рабочее поле, информационную строку (строку состояний) и полосы прокрутки.

Меню содержит семь пунктов: Файл, Правка, Вид, Формат, Рисовать, Выбор и Помощь.

Пункт меню **Файл** состоит из следующих разделов:

Новый — этот раздел используется при создании нового проекта . После обращения к нему очищается рабочее поле и восстанавливаются значения всех настроек, предусмотренные по умолчанию;

Открыть — загрузить ранее созданный проект в одном из следующих форматов :

- текстовый формат обмена данными системы AutoCAD® (расширение DXF);
- формат HPGL® входного языка плоттеров фирмы HP (расширение PLT);

- формат системы Arc View (расширение SHP);
- внутренний формат графического редактора (расширение VEC);

Сохранить — сохранение текущего состояния проекта во внутреннем формате графического редактора и передача проекта в SCAD ;

Выход — завершение работы с редактором.

Меню **Правка** включает следующие разделы:

Отмена — отмена предыдущей операции (Undo), уровень вложенности не ограничен ;

Возврат — возврат после отмены (Redo) ;

Вырезать, *Копировать*, *Вставить* — типовые операции вырезания (с удалением из схемы)  или копирования (без удаления из схемы)  выделенной части схемы в буферную память и вставка ее в указанную позицию ;

Свойства — выдача информации об отмеченной на схеме линии в диалоговое окно **Свойство объекта** (рис. 2.3-2).

Копировать — многократное копирование выделенной части схемы без запоминания ее в буферной памяти ;

Переместить — операция переноса выделенной части схемы без запоминания ее в буферной памяти ;

Повернуть — разворот выделенной части схемы относительно указанной точки ;

Масштабировать — масштабирование выделенной части схемы ;

Отразить — зеркальное отражение выделенной части схемы относительно заданной прямой ;

Расчлнить — разделить дугу или полилинию на отдельные сегменты;

Стереть — удаление выбранных объектов .

Меню **Вид** содержит следующие разделы:

Показать все — отображение всей схемы целиком ;

Увеличить по рамке — увеличение выбранной части изображения схемы ;

Сдвинуть — перемещение изображения схемы ;

Увеличить — пошаговое увеличение изображения ;

Уменьшить — пошаговое уменьшение изображения .

Этот пункт меню используется для назначения параметров настройки редактора и содержит следующие разделы:

Сетка — в диалоговом окне **Привязка курсора** на странице **Сетка** назначаются параметры сетки;

Объектная привязка — в диалоговом окне **Привязка курсора** на странице **Объектная** активизируются опции управления привязкой курсора к объекту;

Правка

Вид

Формат

Угловая привязка — в диалоговом окне **Привязка курсора** на странице **Угловая** назначаются параметры угловой привязки курсора;

Настройки ... — в одноименном диалоговом окне задаются параметры настройки редактора.

РИСОВАТЬ

Этот пункт меню дублирует инструментальную панель режима **Рисовать** и включает разделы для вызова следующих операций;

Точка — рисование точки .

Линия — рисование линии .

Полилиния — рисование полилинии .

Слайн — рисование сплайна .

Окружность — рисование окружности (по заданному центру и радиусу, по заданным трем точкам)  .

Дуга — рисование дуги (центр, начало и конец, начало, середина и конец)  .

Эллипс — рисование эллипса .

Прямоугольник — рисование прямоугольника .

Выбор

В этом пункте меню назначаются правила выбора объектов на схеме. Выбор можно выполнять точечным указанием на объект (*Точкой*), путем охвата нужных объектов прямоугольной *рамкой*, произвольным многоугольником (*Полигоном*) или *полилинией*.

Помощь

Информация о программе и краткие правила работы.

2.2 Настройка редактора

Сетка и привязка к сетке

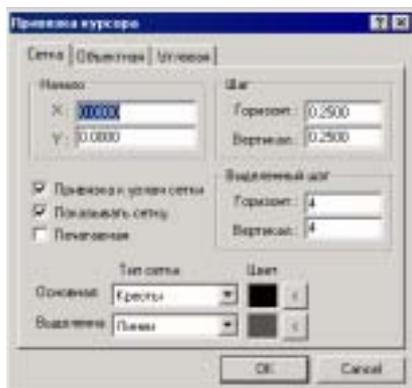


Рис. 2.2–1 Диалоговое окно
Привязка курсора
страница Сетка

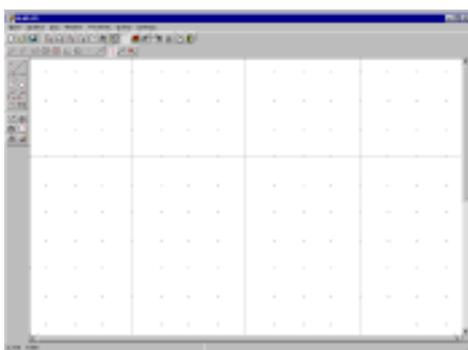


Рис. 2.2–2. Отображение сетки

Объектная привязка

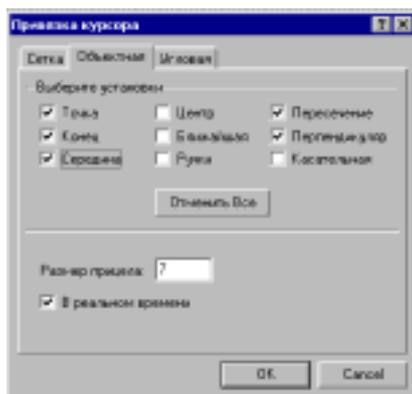


Рис. 2.2–3 Диалоговое окно
Привязка курсора
страница Объектная



Удобнее всего выполнять построения на сетке, к узлам которой притягивается курсор. Параметры сетки задаются в диалоговом окне **Привязка курсора** (рис. 2.2-1), которое вызывается из раздела **Сетка** пункта меню **Формат**. В этом окне назначается шаг сетки и количество шагов в ячейке (группа **Выделенный шаг**). Шаг и количество шагов могут быть разными по направлениям X и Y. Способ указания на экране сетки и ее цвет задается в группе **Тип сетки**. Включение и отключение изображения сетки выполняется кнопкой . Единицы измерения сетки соответствуют единицам измерения линейных размеров, назначенных для текущей задачи. Начало системы координат обычно размещается в центре рабочего поля и имеет нулевые координаты. При необходимости их можно изменить, задав новые значения в полях ввода группы **Начало**.

На рисунке 2.2-2 показан фрагмент рабочего поля с сеткой, имеющей шаг 0,25 м (показана точками) и ячейками по четыре шага в каждой (показаны линиями).

Для активизации режима привязки курсора к сетке используется кнопка .

На этой странице диалогового окна **Привязка курсора** (рис. 2.2-3) назначаются правила привязки одного объекта к другому. Маркеры, установленные в этом окне, дублируются соответствующими кнопками инструментальной панели **Привязки**. Предусмотрены следующие виды привязок:

Точка — привязка к объекту типа точка .

Конец — привязка к началу или концу линии .

Середина — привязка к середине линии .

Центр — привязка к центру окружности .

Ближайшая — привязка к ближайшей позиции линии .

Ручки — привязка к ручкам .

Пересечение — привязка к точке пересечения линий .

Перпендикуляр — привязка к перпендикуляру .

Касательная — привязка к касательной 

Привязки курсора — это средства для точного позиционирования. Они используются для попадания в нужную точку, принадлежащую уже созданному геометрическому объекту. Механизм использования привязок состоит в автоматическом позиционировании курсора в точке объекта, соответствующей выбранному виду привязки, например, в центре окружности, концах отрезка или в точке пересечения отрезков. Область привязки — это квадрат в перекрестье курсора, который появляется, если включить какую-либо привязку. Размеры этого квадрата (в пикселях) назначаются в поле **Размер прицела**.

Если не заданы привязки, то точно установить курсор на определенную точку схемы практически невозможно (пространство схемы в графическом редакторе носит непрерывный характер вещественных координат).

Угловая привязка

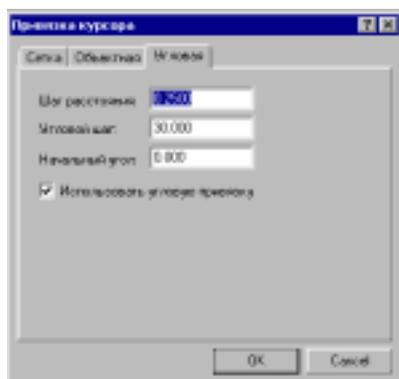


Рис. 2.2–4. Диалоговое окно
Привязка курсора
страница **Угловая**



Использование угловой привязки позволяет выполнять построение линий, проводя их под заданным углом и заданной длины.

В поле **Шаг расстояния** задается длина единичного шага проводимой линии. Это означает, что линия может быть любой длины, кратной заданному шагу.

В поле **Угловой шаг** задается единичный угол в градусах. Это означает, что линию можно провести под любым углом, кратным заданному шагу.

Начальный угол линии задается в одноименном поле. Например, при угловом шаге 45° и начальном угле 10° линию можно будет провести под углами 10, 55, 100... и т.д. градусов.

Настройки

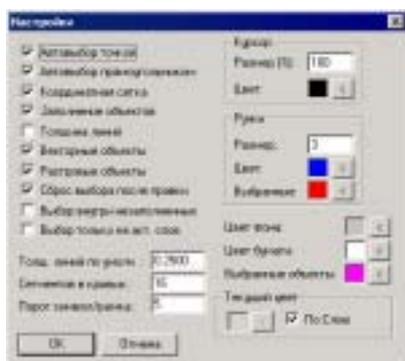


Рис. 2.2–5 Диалоговое окно **Настройки**

Обращение к пункту **Настройки** в разделе меню **Формат** приводит к появлению одноименного диалогового окна (рис. 2.2-5), в котором выполняется настройка некоторых параметров редактора. К ним относятся следующие опции:

- управление выбором объектов (выбор точкой и/или прямоугольником);
- вывод на экран координатной сетки;
- работа с векторными объектами;
- сброс выбора после привязки.

Кроме того, в этом окне есть целый ряд опций, не имеющих отношения к созданию расчетной схемы (они используются в режиме рисования схем и чертежей и здесь не описываются).

2.3 Ввод графических объектов

При формировании расчетной схемы в графическом редакторе можно использовать такие объекты, как точка, линия, полилиния, сплайн, окружность, дуга, эллипс, прямоугольник.

Ввод всех объектов выполняется с помощью курсора. Курсор в виде перекрестья используется для ввода объектов. Если операция ввода не активна, то перекрестье курсора окружено «малым» квадратом и в этом режиме он используется для выбора объектов. При включенных привязках перекрестье курсора окружено «большим» квадратом.

Если операция ввода объекта активна, то в строке состояния указывается вид объекта и дается краткая подсказка, какое действие следует выполнять. Прервать ввод объекта можно нажатием на правую кнопку мыши. В этот момент исчезнет подсказка в строке состояния и появится курсор с малым квадратом. Для продолжения ранее назначенной операции следует еще раз нажать правую кнопку мыши.

Точка

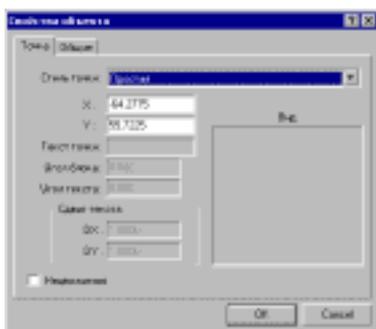


Рис. 2.3–1. Диалоговое окно Свойства объекта страница Точка



Для ввода последовательности точек необходимо активизировать операцию, указать курсором положение точки на схеме и нажать левую кнопку мыши. Если активна опция привязки к сетке (нажата кнопка ) , то точка будет установлена в ближайший к курсору узел сетки. Для продолжения ввода точек следует нажать правую кнопку мыши, указать положение новой точки, нажать левую кнопку мыши т.д.

Для корректировки координат точки следует выбрать точку и нажать правую кнопку мыши. В выпадающем меню выбрать позицию **Свойства** и выполнить назначение новых координат на странице **Точка** диалогового окна **Свойства объекта** (рис.2.3-1).

ЛИНИЯ

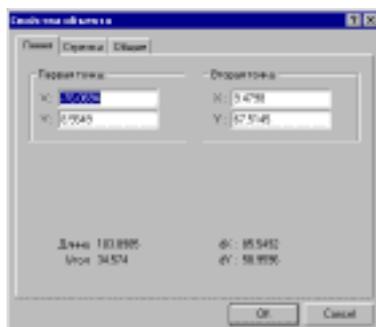


Рис. 2.3–2. Диалоговое окно Свойства объекта страница Линия



В редакторе предусмотрен ввод ломаной линии, который выполняется путем последовательного указания курсором точек перелома и фиксации каждой точки нажатием на левую кнопку мыши. Для прерывания ввода нажимается правая кнопка мыши. Для ввода следующей линии следует еще раз нажать правую кнопку мыши и после смены курсора ввести линию.

Для корректировки координат точек начала и конца участка ломаной следует выбрать этот участок и нажать правую кнопку мыши. В выпадающем меню выбрать позицию **Свойства** и выполнить назначение новых координат на странице **Линия** диалогового окна **Свойства объекта** (рис. 2.3-2).

Полилиния

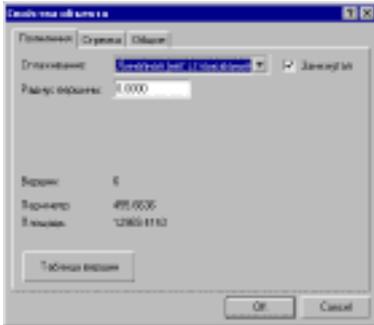


Рис. 2.3–3 Диалоговое окно
Свойства объекта
страница Полилиния

| # | X | Y |
|----|----------|-------|
| 1 | 495.0000 | 22.59 |
| 2 | 82.4897 | 23.21 |
| 3 | 82.2769 | 23.82 |
| 4 | 82.0649 | 24.44 |
| 5 | 81.8550 | 25.04 |
| 6 | 81.5885 | 25.63 |
| 7 | 81.2872 | 26.15 |
| 8 | 80.9603 | 26.69 |
| 9 | 80.4989 | 27.17 |
| 10 | 80.0567 | 27.63 |
| 11 | 79.5794 | 28.09 |
| 12 | 79.0700 | 28.44 |
| 13 | 78.5319 | 28.79 |
| 14 | 77.9682 | 29.07 |
| 15 | 77.3820 | 29.32 |

Рис. 2.3–4 Диалоговое окно
Полилиния



Построение полилинии выполняется в два этапа. Первый этап — это ввод ломаной, а второй — превращение ломаной в линию нужной формы. Порядок выполнения этой операции следующий:

- ☞ задать параметры сетки;
- ☞ нажать кнопку **Полилиния**;
- ☞ ввести ломаную линию, точки перелома которой будут принадлежать результирующей полилинии;
- ☞ завершить ввод ломаной нажатием на правую кнопку мыши;
- ☞ выбрать введенную линию и нажать правую кнопку мыши;
- ☞ в выпадающем меню выбрать позицию **Свойства**, после чего появится диалоговое окно **Свойства объекта** (рис.2.3-3);
- ☞ откорректировать, если это необходимо, координаты точек перелома в диалоговом окне **Полилиния** (рис. 2.3-4), которое вызывается нажатием кнопки **Таблица вершин**, выбрать вид преобразования полилинии в списке **Сглаживание**, ввести дополнительную информацию и нажать кнопку **ОК**.

В зависимости от выбранного вида с исходной полилинией могут быть выполнены следующие преобразования:

- *Линейная (нет сглаживания);*
- *Квадратичный B-сплайн;*
- *Кубический B-сплайн;*
- *Вписанный B-сплайн;*
- *Линейно квадратичная кривая;*
- *Управляемая кривая Безье;*
- *Автоматически построенная кривая Безье;*
- *Ломаная линия с Равно закругленными вершинами;*
- *Закругленные вершины;*
- *Дуговые сегменты.*

При выборе вида полилинии *Линейная* преобразования исходной ломаной не выполняются. Следующие шесть видов преобразований выполняются автоматически.

Если в поле **Радиус вершины** введено число, отличное от нуля, то при выборе вида *Равно закругленные вершины* все вершины ломаной будут закруглены.

При использовании вида *Закругленные вершины* каждой вершине можно задать свой радиус закругления. Для этого следует подвести курсор к вершине и нажать правую кнопку мыши. В выпадающем меню выбрать позицию **Радиус вершины** и в появившемся одноименном диалоговом окне задать значение радиуса. Повторить описанные действия для других вершин.

Следует помнить, что закругленные вершины будут корректно передаваться в препроцессор только в том случае, если после построения полилинии к ней будет применена

операция **Расчленить**. При этом закругления будут представлены как набор сегментов, количество которых определяется полем **Сегментов в кривых** диалогового окна **Настройки**.

Преобразование *Дуговые сегменты* позволяет превратить в дуги участки ломаной. Для этого следует выбрать полилинию, подвести курсор к центральной точке изменяемого сегмента и, не отпуская левую кнопку мыши, переместить эту точку на нужное расстояние. Количество сегментов дуги определяется по тем же правилам, что и при закруглении вершин.

Сплайн



Эта операция аналогична построению полилинии с автоматически установленным видом *Вписанный B-сплайн*. Если выбрать полученный сплайн и назначить для него другие свойства (по аналогии с полилинией), то в результате будут получены те же результаты, что и для полилинии.

Окружность



Рис. 2.3–5. Диалоговое окно **Свойства объекта** страница **Дуга**



Окружность может быть построена путем указания курсором точки привязки центра и радиуса или трех точек, лежащих на окружности. Количество сегментов, на которые разбивается окружность назначается в окне **Настройки** (рис.2.3-5). Если выбрать построенную окружность и активизировать позицию **Свойства ...** в падающем меню, то появляется диалоговое окно **Свойства объекта**, в котором на странице **Дуга** можно изменить параметры построенной окружности, например, поменять положение центра, изменить радиус, в том числе, задать разные радиусы по горизонтали и вертикали, превратить окружность в дугу, дугу с хордой или сектор.

Дуга



Построение дуг может выполняться путем указания курсором точки привязки центра и двух точек начала и конца дуги или по трем точкам на дуге. Изменение параметров дуги выполняется по тем же правилам, что и для окружности (см. раздел **Окружность**).

Эллипс



Для построения эллипса следует указать курсором точку привязки центра и зафиксировать ее нажатием левой кнопки мыши, протянуть нить до точки, определяющей конец одной из осей, и после ее фиксации протянуть вторую нить до точки, определяющей половину длины другой оси эллипса. Если выбрать построенный эллипс, то на чертеже будет показан «рычаг», привязанный к его центру. Захватив

курсором свободный конец рычага, можно развернуть эллипс на нужный угол относительно центра.

Корректировка эллипса выполняется по тем же правилам, что и окружность.

Следует помнить, что эллипс или его часть будут корректно переданы в препроцессор SCAD только после применения к ним операции **Расчленить** (меню **Правка**), в результате выполнения которой кривые, образующие эллипс, будут заменены на набор прямолинейных сегментов.

Прямоугольник

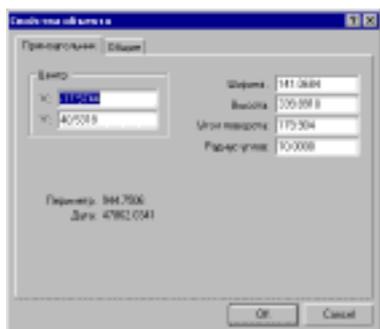


Рис. 2.3–6. Диалоговое окно **Свойства объекта** страница **Прямоугольник**



Ввод прямоугольника выполняется путем указания курсором начальной и конечной точек его диагонали. Для корректировки параметров используется страница **Прямоугольник** диалогового окна **Свойства объекта** (рис.2.3-6). Поворот объекта относительно его центра выполняется с помощью «рычага», аналогично эллипсу. Если задан радиус закругления углов, то перед передачей схемы в SCAD следует выполнить операцию **Расчленить**. В противном случае в препроцессор попадет исходный прямоугольник.

Отображение информации в строке состояния

-21.60 : 67.37 [36.52<351.37] 36.10 x -5.48

Рис. 2.3–7. Левая часть строки состояния

Скругленность: Третья точка

Рис. 2.3–8. Центральная часть строки состояния

В процессе ввода объектов с последовательным вводом точек в левой части строки состояния отображается следующая информация:

- первая пара чисел — абсолютные координаты точки в общей декартовой системе координат (текущие координаты курсора);
- вторая (в скобках) — относительные координаты текущей точки в полярной системе координат (расстояние от предыдущей точки и угол относительно предыдущей точки);
- третья пара чисел — горизонтальное и вертикальное смещения относительно предыдущей точки.

В ходе построения или редактирования созданных геометрических объектов в центральной части строки состояния высвечиваются подсказки о порядке выполнения действий (рис.2.3-8).

2.4 Редактирование объектов

Базовые точки



Рис. 2.4–1. Базовые точки геометрических объектов

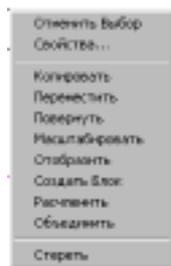


Рис. 2.4–2. Падающее меню с перечнем функций редактирования

Для всех геометрических объектов предусмотрена система базовых точек, с помощью которых можно выполнять различные преобразования формы и положения объектов. В зависимости от вида объекта базовые точки расположены следующим образом:

- линия — концы и средняя точка;
- полилиния — концы сегментов;
- сплайн — определяющие точки;
- дуга — концы и средняя точка;
- прямоугольник — центр, угловые точки и средние точки на сторонах;
- окружность и эллипс — центр и четыре точки на линии контура.

Для корректировки объекта с помощью базовых точек следует выполнить такие действия:

- ☞ выбрать объект;
- ☞ подвести курсор к базовой точке и нажать левую кнопку мыши;
- ☞ не отпуская мышь, переместить базовую точку в необходимое место.

Если для перемещения объекта используется базовая точка, расположенная в центре линии, окружности, прямоугольника или эллипса, то весь объект перемещается целиком. Кроме базовых точек, у эллипса и прямоугольника предусмотрены «рычаги», с помощью которых можно выполнить поворот объекта. Аналогичные рычаги используются для изменения формы кривой в случае преобразования полилинии в управляемую кривую Безье.

Перечень функций редактирования (рис.2.4-2) вызывается нажатием на правую кнопку мыши (если объект выбран).

Копирование



Для копирования объектов необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ☞ выбрать объекты для копирования (окончание выбора — нажатие правой кнопки мыши);
- ☞ указать базовую точку копирования, т.е. точку, которой объект будет привязан к точке копирования;
- ☞ при помощи «нити» переместить объекты в точку копирования;
- ☞ нажатием левой кнопки мыши подтвердить копирование (правой — отказаться).

Копирование одного и того же объекта можно произвести последовательно несколько раз, каждый раз подтверждая копирование. Закончить копирование можно нажатием правой кнопки мыши.

Перемещение



Изменение положения объектов осуществляется путем их перемещения без изменения ориентации и размера. Для выполнения этой операции следует:

- ☞ выбрать перемещаемые объекты (окончание выбора — нажатие правой кнопки мыши);
- ☞ указать базовую точку перемещения;
- ☞ при помощи «нити» переместить объекты;
- ☞ нажатием левой кнопки мыши подтвердить операцию (правой — отказаться).

Зеркальное отражение



Зеркальное отражение производится относительно заданной оси, определяемой двумя точками. После выполнения операции исходные объекты не сохраняются. Для выполнения операции следует:

- ☞ выбрать отражаемые объекты (окончание выбора — нажатие правой кнопки мыши);
- ☞ указать первую точку оси отражения;
- ☞ указать вторую точку;
- ☞ нажатием левой клавиши мыши подтвердить отражение (правой — отказаться).

Поворот



Поворот объектов производится путем задания центра вращения и точки начала вращения. Для выполнения операции следует:

- ☞ выбрать поворачиваемые объекты (окончание выбора — нажатие правой клавиши);
- ☞ указать точку, соответствующую центру вращения;
- ☞ указать точку начала вращения;
- ☞ повернуть объекты;
- ☞ нажатием левой клавиши мыши подтвердить поворот (правой — отказаться).

Стирание объектов



Для выполнения этой операции следует выбрать удаляемые объекты и нажать кнопку **Стереть**. Эту же операцию можно осуществить и путем нажатия клавиши Delete на клавиатуре.

Масштабирование

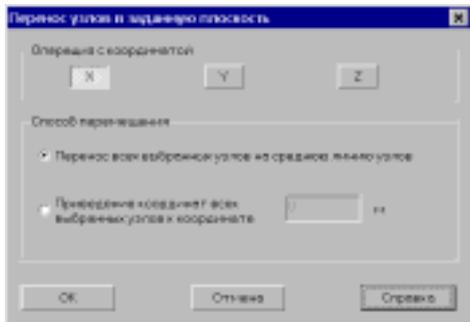


При масштабировании объектов соблюдается равенство масштабных коэффициентов по осям X и Y. Таким образом, при увеличении и уменьшении размеров пропорции объекта сохраняются. Масштабирование выполняется путем указания базового отрезка. Коэффициент масштабирования определяется из отношения длин базового и текущего отрезков.

- ☞ Выбрать масштабируемые объекты;
- ☞ указать начальную точку базового отрезка;
- ☞ указать конечную точку базового отрезка;
- ☞ провести масштабирование путем изменения длины текущего отрезка (уменьшение или увеличение);
- ☞ нажатием левой кнопки мыши подтвердить масштабирование (правой — отказаться).

3 Операции с узлами и элементами

3.1 Перенос узлов в заданную плоскость



С помощью этой операции выполняется перенос выбранных узлов в плоскость, параллельную одной из плоскостей общей системы координат. Настройка операции выполняется в диалоговом окне, показанном на рис. 3.1-1. В зависимости от активной опции в группе **Способ перемещения** перенос может выполняться в плоскость, которой принадлежит средняя линия отмеченных узлов (**Перенос всех выбранных узлов на среднюю линию узлов**) или приведение одной из координат выбранных узлов к заданному значению (**Приведение координат всех выбранных узлов к координате...**).

Рис. 3.1–1. Диалоговое окно
Перенос узлов в заданную плоскость

Выбор координаты **X** в группе **Операция с координатой** означает перенос узлов в плоскость, параллельную **YoZ**, выбор координаты **Y** — перенос в **XoZ**, а выбор **Z** — в **XoY**.

3.2 Операции с элементами



Рис. 3.2–1. Группа кнопок **Элементы**

В инструментальной панели **Элементы** упорядочены кнопки доступа к операциям. Первыми идут кнопки операций ввода новых элементов, за ними — операции удаления, дробления, сдвига и т.д. На панели появились и новые кнопки:



— ввод и назначение параметров односторонних связей;



— ввод вантовых элементов;



— отсоединение дополнительных узлов от высокоточных элементов.

3.3 Дробление стержней в точке пересечения



Эта операция позволяет разделить пересекающиеся стержни таким образом, что точка пересечения становится узлом, к которому примыкают новые стержни, полученные в результате пересечения. Для ее выполнения достаточно отметить *все пересекающиеся стержни* и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели или клавишу **Enter**.

3.4 Отсоединение дополнительных узлов от высокоточных элементов



С помощью этой операции можно «отсоединить» все дополнительные узлы от выбранных высокоточных элементов. Для ее выполнения следует отметить на схеме элементы, на ребрах которых есть дополнительные узлы, и нажать кнопку ОК в инструментальной панели.

Следует помнить, что в результате выполнения этой операции не происходит удаление отсоединенных узлов.

3.5 Ввод вантовых элементов

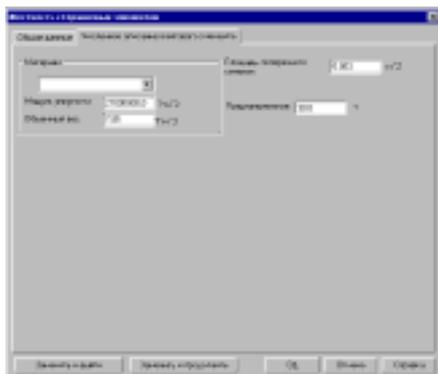


Рис. 3.5–1 Диалоговое окно **Характеристики вант** страница **Численное описание вантового элемента**



Ввод вантовых элементов и задание их характеристик выполняется по тем же правилам, что и стержней. Однако, в отличие от последних, эти два действия объединены в единую цепочку.

После активизации операции ввода на экране появляется диалоговое окно **Характеристики вант** (рис. 3.5-1), в котором задаются жесткостные характеристики элементов и значение преднапряжения.

В отличие от стержней, характеристики вант могут быть заданы только в виде параметрических сечений, описаны численно или взяты из сортамента. Правила задания характеристик аналогичны приведенным в разделе «Назначение жесткостных характеристик».

После выхода из окна выполняется ввод элементов путем протягивания резиновой нити между узлами, к которым примыкают ванты.

3.6 Односторонние связи



Вызов этой операции перенесен в раздел **Элементы** инструментальной панели **Узлы и Элементы**.

4 Задание характеристик узлов и элементов



Рис. 4-1. Раздел инструментальной панели **Назначение**

В инструментальной панели **Назначение** отсутствует кнопка **Назначения односторонних связей**. Эта операция перенесена в раздел **Элементы** инструментальной панели **Узлы и Элементы**.

В инструментальной панели **Назначение** добавлена операция вызова программы КРОСС —  для расчета коэффициентов постели упругого основания.

4.1 Назначение жесткостных характеристик

В режиме назначения жесткостных характеристик стержневым элементам из металлопроката добавлена возможность использовать составные сечения семи видов из уголков, швеллеров и двутавров.

4.2 Работа с сортаментом металлопроката

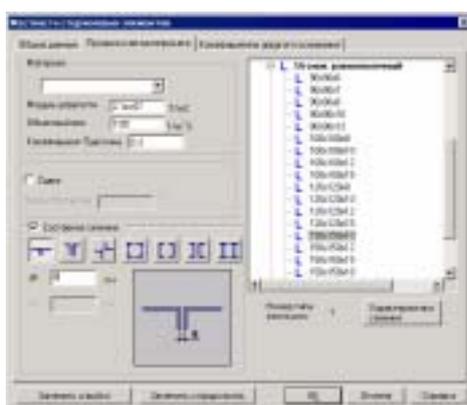


Рис. 4.2–1 *Страница Профили металлопроката*

Если в качестве сечения принимается комбинация прокатных профилей одного из семи предусмотренных в программе видов (рис. 4.2-1), то очередность действий будет такой:

- ☞ активизировать маркер **Составное сечение**;
- ☞ нажать кнопку с изображением требуемого сечения;
- ☞ в списке сортаментов выбрать сортамент, вид и размер профилей (доступными будут только те профили, которые входят в состав сечения);
- ☞ ввести геометрические параметры компоновки, характерные для выбранного сечения;
- ☞ выйти из диалогового окна, нажав кнопку **OK**;
- ☞ назначить установленный тип жесткости элементам схемы.

При назначении толщины фасонки в сечениях из спаренных уголков желательно придерживаться рекомендаций норм. Например, в СНиП величина зазора ограничивается интервалом $0.8t$ и $2t$, где t — толщина уголка.

Для сечений из спаренных швеллеров и двутавров момент инерции кручения вычисляется без учета влияния соединительной решетки. Если после задания параметров компоновки нажать кнопку **Характеристики сечения**, появится окно **Момент инерции кручения** (рис. 4.2-2) с соответствующим сообщением. В поле ввода этого окна можно ввести уточненное значение момента инерции, полученное, например, с помощью программы КРИСТАЛЛ.

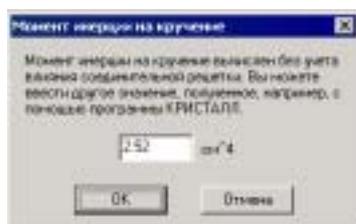


Рис. 4.2–2 *Диалоговое окно Момент инерции на кручение*

4.3 Физико-механические свойства материалов

При вводе жесткостных характеристик такие свойства материалов, как модуль упругости, объемный вес и коэффициент Пуассона могут быть назначены автоматически. Для этого используется список материалов, помещенный в разделе **Материал** диалоговых окон. Список может пополняться и изменяться пользователями программы путем редактирования файла. Для корректировки или подготовки нового списка можно воспользоваться редактором **WordPad**. Если возникла необходимость в корректировке таблицы материалов, следует выбирать файл **material.txt** из соответствующей языковой поддиректории — RUSSIAN или ENGLISH.

4.4 Назначение типа элемента



Рис. 4.4–1. Диалоговое окно Назначение типа элемента



При назначении типа элементам оболочки, балки-стенки и плиты можно активизировать опцию **Учет сдвига в пластинах и оболочках**. При этом вместо указанного типа элемента будет назначен соответствующий ему элемент (номер типа увеличивается на 100), позволяющий учесть сдвиг (конечные элементы Рейснера-Миндлина).

4.5 Углы ориентации местных осей стержневых элементов

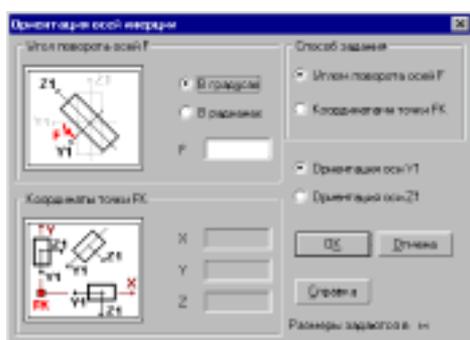


Рис. 4.5–1. Диалоговое окно Ориентация осей инерции



Начиная с версии 7.31, добавлена возможность указать, относительно какой местной оси выполняется операция разворота местных осей сечения. По умолчанию разворот выполняется относительно оси Y1, но можно выполнить разворот сечения поворотом относительно оси Z1. Выбор оси выполняется с помощью соответствующих маркеров.

4.6 Объединение перемещений



Рис. 4.6–1 Диалоговое окно
Объединение перемещений



При активном маркере **Объединять перемещения в совпадающих узлах** выполняется объединение перемещений по заданным направлениям для всех выбранных (отмеченных) пар совпадающих узлов.

4.7 Назначение коэффициентов постели элементам расчетной схемы с помощью программы КРОСС

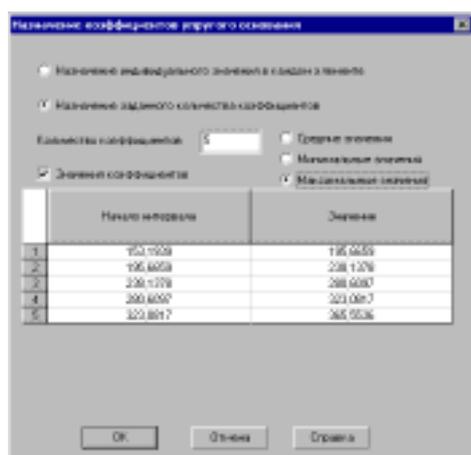


Рис. 4.7–1 Диалоговое окно
Назначение коэффициентов упругого
основания



С помощью программы КРОСС можно назначить значения коэффициентов постели для элементов, входящих в выбранный фрагмент расчетной схемы. Для этого следует:

- ↖ задать жесткостные характеристики элементам схемы;
- ↖ выделить фрагмент схемы, который моделирует плиту фундамента;
- ↖ отметить все, входящие во фрагмент, пластинчатые элементы;
- ↖ активизировать операцию вызова программы КРОСС.

После определения коэффициентов постели в программе КРОСС необходимо нажать кнопку передачи

результатов в SCAD , и затем выйти из программы. Управление будет передано препроцессору SCAD, и на экране появится диалоговое окно **Назначение коэффициентов упругого основания** (рис. 4.7-1). Элементы управления этого окна включают два маркера, с помощью которых выбирается способ назначения коэффициентов постели элементам. В случае, если активен первый маркер, коэффициенты постели назначаются индивидуально каждому конечному элементу. Очевидно, что в этом случае количество типов жесткости в схеме увеличится на количество элементов в плите.

Если активизировать маркер **Назначение заданного количества коэффициентов**, появляется возможность задать количество значений (поле ввода **Количество коэффициентов**), а также определить правила назначения коэффициентов, полученным из программы КРОСС по: средним значениям, минимальным или максимальным.

Кроме того, допускается задание значений коэффициентов пользователем. Для этого следует активизировать опцию **Значения коэффициентов** — и в графе **Значение** заменить данные, предлагаемые программой, на иные.

5 Задание схем загрузок

В разделе **Загрузки** инструментальной панели добавлены две операции: **Задание нагрузок в виде смещения связи**  и **Удаление загрузок и групп нагрузок** .



Рис.5.1 Раздел **Загрузки** инструментальной панели

Кроме того, из инструментальной панели **Загрузки** в панель фильтров отображения перенесены операции построения карт распределенных —  и узловых —  нагрузок, благодаря чему они стали доступны как в пре- так и в постпроцессоре.

5.1 Узловые нагрузки



Рис. 5.1–1 Диалоговое окно Узловые нагрузки



Рис. 5.1–2 Диалоговое окно Узловые нагрузки с открытой таблицей нагрузок



В отличие от предыдущих версий программы, в окне **Узловые нагрузки** предусмотрена возможность задать в узле сразу несколько нагрузок, отличающихся направлением действия.

Кроме того, в этом окне добавлена кнопка **Таблица нагрузок**, после нажатия которой открывается правая часть диалогового окна. Если в текущем загрузке были узловые нагрузки, то с помощью группы кнопок **Выбрать нагрузки по направлению** можно указать направления нагрузок и получить таблицу со значениями соответствующих нагрузок. Эта таблица позволяет перенести значение ранее заданной нагрузки в поле ввода по установленному направлению, а также изменить значение ранее заданной нагрузки.

Для выполнения переноса следует отметить в таблице строку со значением нагрузки и нажать кнопку **Назначить**. Выбранное значение попадет в соответствующее поле в группе **Силы** или **Моменты**. В случае выполнения второй операции новое значение нагрузки следует записать в таблице поверх предыдущего и нажать кнопку **Заменить**.

5.2 Нагрузки на стержневые элементы



Рис. 5.2–1. Диалоговое окно
Задание нагрузок на стержневые
элементы



Аналогично узловым нагрузкам при вводе и корректировке нагрузок на стержневые элементы также можно воспользоваться операциями с таблицей, которая открывается

после нажатия кнопки . Содержимое таблицы зависит от установленной комбинации маркеров назначения вида нагрузки и системы координат, а также кнопок группы **Направление действия нагрузки**.

Для выбора ранее заданного значения нагрузки следует отметить в таблице соответствующую строку и нажать кнопку **Назначить**. Выбранное значение попадет в соответствующие поля группы **Значение нагрузки**. В случае выполнения операции замены величины нагрузки новое значение следует записать в таблице поверх предыдущего и нажать кнопку **Заменить**.

5.3 Нагрузки на пластины



Рис. 5.3–1. Диалоговое окно
Задание нагрузок на пластинчатые
элементы



Работа с окном **Задание нагрузок на пластинчатые элементы** при работе с таблицей аналогична описанной выше в разделе «Нагрузки на стержневые элементы».

5.4 Задание нагрузок в виде смещения связи (расчет на заданные перемещения)

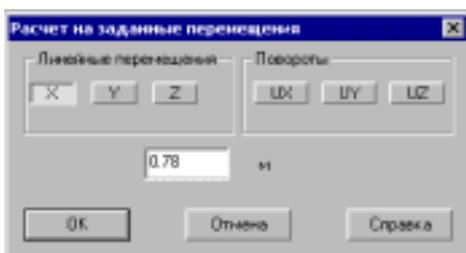


Рис. 5.4–1. Диалоговое окно
Расчет на заданные перемещения



Для расчета на заданные перемещения можно наряду с «нуль-элементом» воспользоваться заданием узловой нагрузки специального вида — смещением связи. Величина смещения назначается для линейных перемещений в установленных для задачи единицах длины (например, в метрах), а для угловых перемещений — в радианах. Положительное направление линейных смещений совпадает с направлением общих осей координат, а угловых — с направлением движения часовой стрелки, если смотреть с конца соответствующей оси.

Направление и величина смещения задаются в диалоговом окне **Расчет на заданные перемещения** (рис. 5.4.-1).



Нагрузка такого вида может быть задана только в том случае, если в узле по направлению ее действия введена связь.

5.5 Удаление загрузений и групп нагрузок



Рис. 5.5–1. Диалоговое окно
Удаление загрузений и групп
нагрузок



С помощью этой операции можно удалить одно или несколько загрузений и групп нагрузок. Операции удаления выполняются в одноименном диалоговом окне (рис. 5.5-1), в список которого, в зависимости от активного маркера, попадают имена загрузений или групп нагрузок.

Для выполнения операции следует отметить в списке удаляемые позиции и нажать кнопку **Удалить выбранное**.

5.6 Подготовка данных для расчета на динамические воздействия

В версии 7.31 реализован расчет следующих видов динамических воздействий :

- сеймика по СНиП II-7-81*;
- сеймика по СНиП II-7-81* с изменениями от 01.01.2000 г.;
- сеймика по нормам республики Казахстан (СНиП В1.2-4-98);
- сеймика по заданным акселерограммам;
- пульсации ветра;
- импульс;
- удар;
- гармонические воздействия;
- модальный анализ;
- импульс с отслеживанием истории;
- удар с отслеживанием истории;
- удар с учетом влияния массы ударяющего тела;
- сеймика по заданным акселерограммам при использовании трех различных графиков.



Рис. 5.6–1. Диалоговое окно
Параметры динамических
воздействий

Правила ввода и корректировки динамических нагрузений в версии 7.31 не отличаются от описанных для версии 7.29.

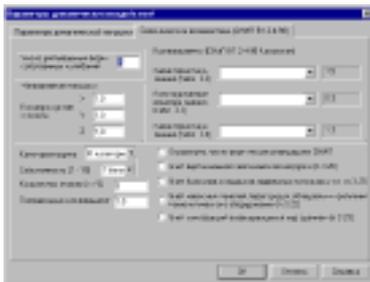


Рис. 5.6–2 Страница Сейсмическое
воздействие (СНиП В1.2-4-98)

На странице **Сейсмическое воздействие (СНиП В1.2-4-98)** задаются исходные данные для расчета в соответствии с действующими нормами республики Казахстан (рис. 5.6-2).

Правила подготовки данных аналогичны описанным выше (см. описание страницы **Сеймика по СНиП**).



Рис. 5.6–3. Страница Сеймика по
заданным акселерограммам

На этой странице вводятся исходные данные для выполнения расчета на сейсмические воздействия, заданные тремя акселерограммами одновременно. Акселерограммы, на которые выполняется расчет, должны быть загружены в список в соответствующем порядке. Первой загружается акселерограмма воздействий по направлению X, затем Y и Z.

Напомним, что акселерограммы должны находиться в директории с исходными данными, например, SDATA.

Загрузка выполняется кнопкой .

Коэффициент масштабирования времени действия акселерограммы должен быть не менее 2.

6 отображение информации на расчетной схеме



Рис.6.1 Панель **Фильтры отображения**

Панель фильтров отображения (рис.6.1) пополнилась рядом новых операций:



— отображение групп конструктивных элементов;



— индикация количества нагрузок на элементы;



— отображение заданных перемещений;



— построение карты распределенных нагрузок;



— построение карты узловых нагрузок.

6.1 отображение групп конструктивных элементов



Рис. 6.1–1 *Шкала Группы конструктивных элементов*



Эта кнопка используется для цветовой индикации групп в тех случаях, когда создавались группы конструктивных элементов для проверки и подбора сечений металлопроката. Цветовая шкала (рис. 6.1-1) включает имена групп, маркеры отображения и кнопки **Применить** и **Фрагментировать**, выполняющие те же функции, что и аналогичные элементы управления цветовой индикации групп элементов.

6.2 Индикация количества нагрузок на элементы



Рис. 6.2–1 *Цветовая шкала Индикация количества местных нагрузок*



Этот фильтр служит для отображения цветовой карты количества нагрузок на элементы. Каждый элемент схемы или фрагмента будет окрашен в свой цвет в зависимости от количества приложенных к нему в данном загрузении местных нагрузок. Стандартная цветовая шкала (рис. 6.2-1) позволяет управлять отображением, включая выделение элементов во фрагмент в зависимости от количества нагрузок.

6.3 Отображение заданных перемещений



Этот фильтр служит для отображения нагрузок, заданных как смещение связи (расчет на заданные перемещения). Значение заданного перемещения можно вывести на экран, используя кнопку фильтров **Значения**

нагрузок —

6.4 Построение карты распределенных нагрузок

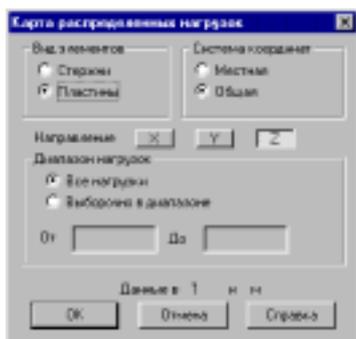


Рис. 6.4–1 Диалоговое окно
Карта распределенных нагрузок



Операция построения карты распределенных нагрузок используется для контроля суммарных равномерно распределенных нагрузок, заданных в текущем загрузении. В результате выполнения этой операции элементы расчетной схемы окрашиваются в различные цвета в зависимости от значения суммарной нагрузки.

Настройка операции выполняется в диалоговом окне **Карта распределенных нагрузок** (рис. 6.4-1) по следующим параметрам:

- **Вид элементов** — стержни или пластины;
- **Система координат задания нагрузок** — местная или общая;
- **Направление действия нагрузки** — X, Y или Z;
- **Диапазон значений нагрузки** — все нагрузки или выборочно в заданном диапазоне (в последнем случае следует задать диапазон, в котором лежат значения нагрузок).

Значения суммарных нагрузок могут быть выведены в центрах элементов с помощью кнопки фильтров **Значения** нагрузок —

6.5 Построение карты узловых нагрузок

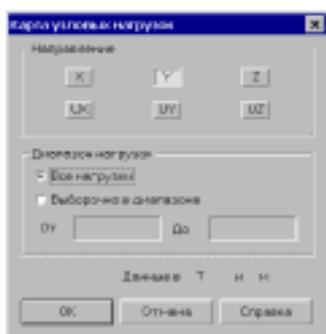


Рис. 6.5–1 Диалоговое окно
Карта узловых нагрузок



Операция построения карты узловых нагрузок используется для контроля суммарных узловых нагрузок, заданных в текущем загрузении. В результате выполнения этой операции узлы расчетной схемы помечаются цветовыми маркерами в зависимости от значения суммарной нагрузки.

Настройка операции выполняется в диалоговом окне **Карта узловых нагрузок** (Рис. 6.5-1) по следующим параметрам:

- **Направление действия нагрузки** — X, Y, Z, UX, UY, UZ;
- **Диапазон значений нагрузки** — все нагрузки или выборочно в заданном диапазоне (в последнем случае следует задать диапазон, в котором лежат значения нагрузок).

Значения суммарных нагрузок могут быть выведены с помощью кнопки фильтров **Значения нагрузок** — .

6.6 Отображение координационных осей

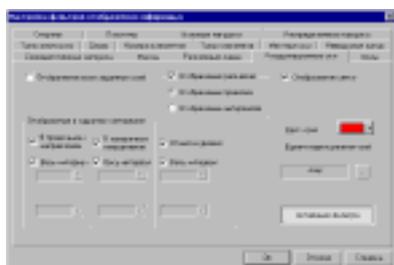


Рис. 6.6–1. Страница Координационные оси



На странице Координационные оси (рис.6.6-1) добавлена группа маркеров **Отображение размеров**, что позволяет отображать размеры вместе с осями. Размеры могут быть показаны в виде привязок к крайним осям (рис.6.6-2) или в виде интервалов между осями (рис.6.6-3).

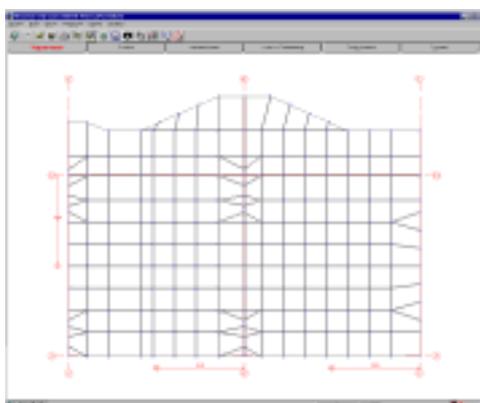


Рис. 6.6–2. Отображение на схеме привязок осей

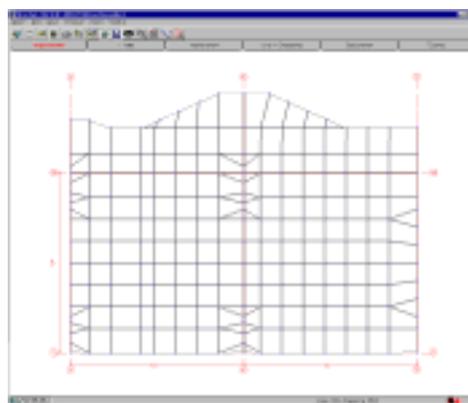


Рис. 6.6–3. Отображение на схеме интервалов между осями

6.7 Вывод номеров типов жесткости



Рис. 6.7–1. Шкала Жесткости



В цветовой шкале **Жесткости** добавлена кнопка **Сохранить шкалу**, что позволяет сохранить цветовые настройки, выполненные пользователем, и использовать их в последующих сеансах работы с программой как стандартные.

6.8 Цветовая индикация групп узлов и элементов



Рис. 6.8–1. Шкалы Группы узлов и Группы элементов



При работе со шкалами групп узлов и элементов добавлена операция **Исключить группу (группы)**, которая позволяет удалить из списка ненужные группы, не обращаясь к диалоговым окнам создания групп. Для удаления достаточно оставить в шкале включенными только маркеры таких групп и нажать одноименную кнопку.

После вызова операции исключения появляется окно сообщений (рис. 6.8-2). Группы будут удалены из списка после подтверждения (Yes), сделанного в этом окне.

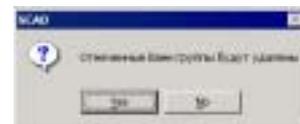


Рис. 6.8–2. Окно сообщений

6.9 Отображение на схеме длин стержней

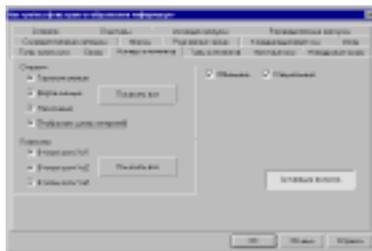


Рис. 6.9–1 Страница Номера элементов



На странице **Номера элементов** (рис.6.9-1) добавлена опция **Отображать длины стержней**, активизация которой приводит к выводу на схеме вместо номеров элементов значений их длин.

6.10 информация об элементе



Рис. 6.10–1. Диалоговое окно
Информация об элементе

| Сочетание | N | Mx | My | Qz | Mz |
|-----------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 476.7528 | -0.3755 | 0.0384 | 50.026 | 0.0005 |
| 2 | 482.2202 | 0.0176 | 0.7328 | 3.0887 | 1.4928 |
| 3 | 476.9054 | -0.3755 | 0.2583 | 50.026 | -1.275 |

Рис. 6.10–2. Диалоговое окно
Расчетные сочетания в элементе



Рис. 6.10–3. Диалоговое окно
Группы, содержащие элемент



В этом окне (рис.6.10-1) добавились следующие новые операции:

- **Сочетания усилий** — операция позволяет сохранить в файле с расширением RSU значения расчетных сочетаний усилий для передачи их в режим **Сопротивление сечений** программ КРИСТАЛЛ и АРБАТ;
- **Принадлежность группам** — выводится список групп, в которые входит анализируемый элемент.

После нажатия кнопки **Сочетания усилий** появляется диалоговое окно **Расчетные сочетания в элементе** (рис. 6.10-2), в таблице которого приводится список полученных сочетаний. В зависимости от назначения сочетаний может быть выполнен отбор нужных по номеру сечения и по времени действия вошедших в сочетание загружений.

В списке **Номер сечения** можно выбрать или все сечения, или любое одно (в зависимости от заданного количества сечений вычисления усилий).

В списке **Отбор по времени действия** можно указать на выбор всех нагрузок или только нагрузок длительного действия (все загрузки с признаками «постоянное» и «длительного действия»).

После нажатия кнопки **Экспорт** открывается окно **Экспорт данных в программы спутники**, в котором задается имя файла со значениями PCY (расширение RSU) и каталог, в который он записывается.

С помощью кнопки **Принадлежность группам** вызывается диалоговое окно **Группы содержащие элемент** (рис. 6.10-3), в котором приводится список групп, содержащих данный элемент. Если элемент не входит в группы, выдается соответствующее сообщение (рис. 6.10-4).



Рис. 6.10–4. Окно сообщений

6.11 Настройка графической среды

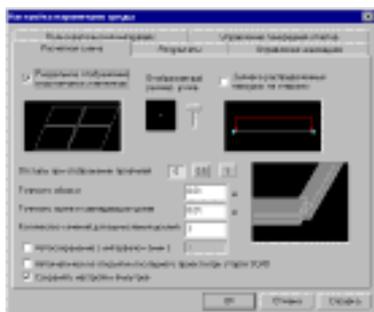


Рис. 6.11-1. Страница **Расчетная схема**

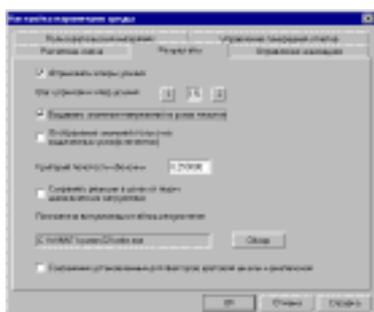


Рис. 6.11-2. Страница **Результаты**



Рис. 6.11-3. Страница **Управление анимацией**

На странице **Расчетная схема** (рис. 6.11-1) предусмотрена возможность изменения размеров отображения узлов на расчетной схеме. Размер можно изменить перемещением ползуна.

На странице **Результаты** (рис. 6.11-2) добавлены следующие возможности управления отображением:

- штриховка эпюр усилий, включая изменение шага штриховки;
- отображение значений силовых факторов и перемещений только для выделенных элементов и узлов;
- сохранение реакций в узлах от форм динамических нагрузок;
- сохранение для каждого из анализируемых факторов установленной цветовой шкалы и диапазонов значений.

В режиме **Управления анимацией** (рис. 6.11-3) появилась возможность задания частоты смены кадров.

7 управление расчетом

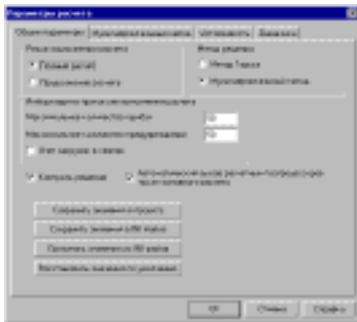


Рис. 7.1 Диалоговое окно
Параметры расчета
страница **Общие параметры**

Разложение матрицы жесткости может быть выполнено процессорами двух видов. В первом реализован метод Гаусса, а во втором — многофронтальный метод, алгоритм и программа реализации которого предложены С.Ю.Фиалко. Чаще всего многофронтальный метод используется для решения задач большой размерности (от 80000 степеней свободы и больше) и, как правило, позволяет в 10 и более раз уменьшить время расчета и в 5-6 раз — объем памяти на диске, необходимый для хранения матрицы жесткости. Для задач меньшей размерности этот метод не дает особых преимуществ перед методом Гаусса и даже может несколько проигрывать ему по времени в связи с затратами времени на подготовку расчета. Кроме того, следует иметь в виду, что в многофронтальном методе не предусмотрено использование нуль-элементов.

Выбор метода расчета и настройка процессора выполняется в диалоговом окне **Параметры расчета** (рис. 7.1). Это окно включает четыре страницы. На странице **Общие параметры** назначаются:

- метод расчета;
- режим работы (полный расчет или продолжение расчета);
- содержание протокола выполнения расчета;
- необходимость выполнения контроля решения;
- необходимость автоматического вызова расчетных постпроцессоров после выполнения расчета.

Выполненные настройки можно сохранить для текущего проекта, записать в INI файл, т.е. сделать доступными для всех последующих проектов. Кроме того, настройки можно прочитать из INI файла или восстановить те настройки, которые были предложены разработчиками по умолчанию. Все эти операции выполняются нажатием соответствующих кнопок.

Страницы, показанные на рисунках 7.2 и 7.3 используются для настройки процессоров при использовании мультифронтального метода и метода Гаусса соответственно. Здесь назначается метод оптимизации матрицы жесткости, точность разложения матрицы и др. Аналогично описанной выше странице на этих страницах есть кнопки для сохранения выполненных назначений или чтения их из INI файла.

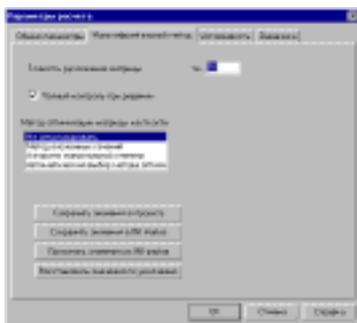


Рис.7.2 Страница **Мультифронтальный метод**

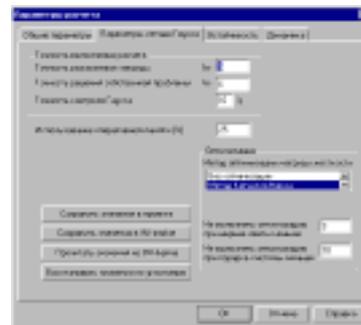


Рис.7.3 Страница **Метода Гаусса**

Следующие две страницы — **Устойчивость** (рис. 7.4) и **Динамика** (рис. 7.5) используются для назначения параметров при анализе устойчивости и расчетах на динамические воздействия и не зависят от выбранного метода разложения матрицы.

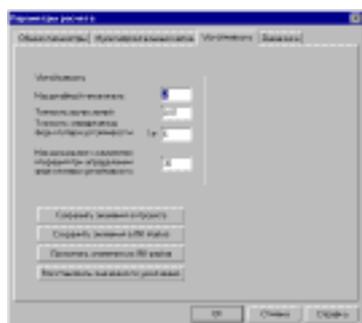


Рис.7.4 Страница **Устойчивость**



Рис.7.5 Страница **Динамика**

Литература:

S. Yu. Fialko High-performance iterative and sparse direct solvers ROBOT software for static and dynamic analysis of large-scale structures, 2nd European Conference on Computational Mechanics, Cracow, Poland, 2000, Abstracts, vol. 2, p.52-53

8 Графический анализ результатов расчета

8.1 Цветовая шкала



Рис. 8.1–1. Цветовая шкала

В управление цветовыми шкалами добавлена кнопка автоматического деления цветовой шкалы на два диапазона, в один из которых попадают значения больше, а в другой — меньше величины указанного значения исследуемого фактора (рис. 8.1-1). После нажатия этой кнопки появляется диалоговое окно **Значение разделителя** (рис. 8.1-2), в выпадающем списке которого можно ввести величину фактора, определяющую цветовую границу. Значения больше разделителя будут окрашены в оттенки одного цвета, а значения меньше его — в оттенки другого цвета. Настройка цветов выполняется в разделе *Настройка цветовой палитры* меню **Опции**. На странице **Результаты** эти цвета определены опциями *Цвет положительных изолиний (изополей)* и *Цвет отрицательных изолиний (изополей)*. Хотя следует отметить, что понятия «отрицательных» и «положительных» весьма условны, т.к. цветом можно разделить и значения фактора, имеющие один знак.

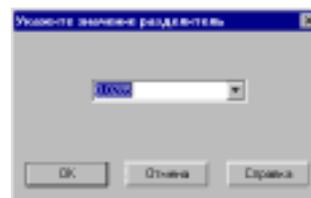


Рис. 8.1–2. Диалоговое окно **Значение разделителя**

8.2 Построение эпюр напряжений

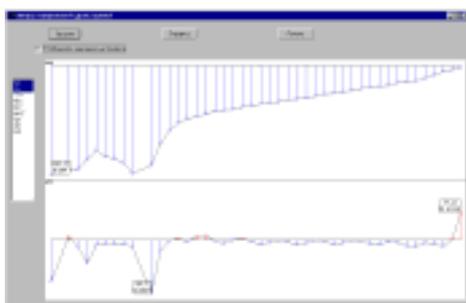


Рис. 8.2–1 Диалоговое окно
Эпюры напряжений вдоль прямой

Эта операция предназначена для построения эпюр силовых факторов вдоль заданной линии (секущей) в элементах оболочки, плиты и балки-стенки. Построение эпюр выполняется только для плоского фрагмента расчетной схемы.

После активизации операции следует провести секущую через интересующий участок схемы, после чего открывается диалоговое окно **Эпюры напряжений вдоль прямой** (рис. 8.2-1). Элементы управления этого окна включают:

- список силовых факторов, где отмечаются наименования факторов, для которых строятся эпюры;
- маркер **Отображать значения на графике**, активизация которого означает, что следует выводить значение фактора в указанных курсором точках эпюры (кроме значения выводится номер элемента, которому принадлежит указанная точка);
- кнопка **Печать** — для сохранения эпюр в формате Windows-метафайла (расширение WMF).

Положительные значения факторов показаны на эпюрах красным цветом.

8.3 Изополя напряжений

В версии 7.31 предусмотрено построение изолиний и изополей напряжений для верхней и нижней граней элементов пластин. В списке силовых факторов раздела **Поля напряжений** эти напряжения обозначены как:

S_x низ, S_y низ — напряжения на нижней грани элементов по направлениям X_1 и Y_1 соответственно;

S_x верх, S_y верх — напряжения на верхней грани элементов по направлениям X_1 и Y_1 соответственно.

9 Армирование элементов

сечений железобетонных

9.1 параметры настройки

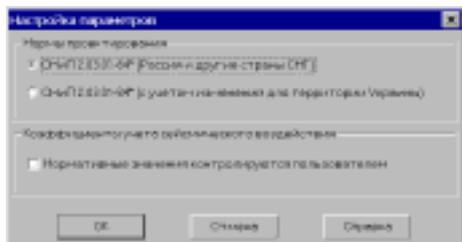


Рис. 9.1–1. Диалоговое окно
Параметры настройки

При подборе арматуры предусмотрена возможность выполнения расчета с учетом изменений СНиП, принятых в Украине, а также задание отличных от указанных в СНиП значений коэффициентов учета сейсмического воздействия. Назначение норм проектирования выполняется в диалоговом окне **Параметры настройки** (рис. 9.1-1), которое вызывается из раздела **Параметры**.

На странице **Арматура** можно назначить максимально допустимый процент армирования, превышение которого прерывает процесс подбора арматуры в сечении элемента и инициирует выдачу соответствующего сообщения в таблице с результатами.

9.2 Модуль 11 (плита. оболочка)

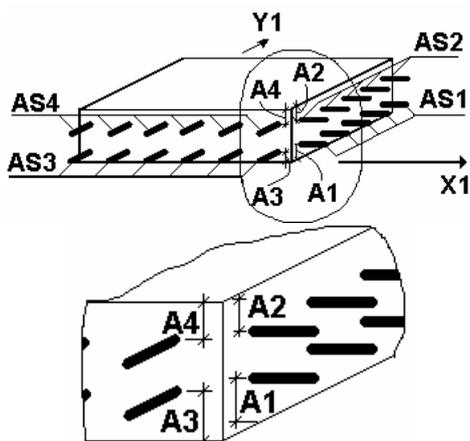


Рис. 9.2–1. Армирование элементов
железобетонной оболочки

В версии 7.31 расстояние до центра тяжести арматуры в пластинчатых элементах можно задать четырьмя числами:

A1 — для нижней арматуры AS1, расположенной вдоль оси X1;

A2 — для верхней арматуры AS2, расположенной вдоль оси X1;

A3 — для нижней арматуры AS3, расположенной вдоль оси Y1;

A4 — для верхней арматуры AS4, расположенной вдоль оси Y1.

Если значения A3 и A4 заданы равными нулю, то расчет выполняется по правилам, действовавшим в предыдущих версиях комплекса.

9.3 Подготовка данных

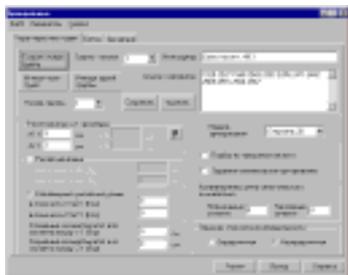


Рис. 9.3–1. Страница **Характеристики групп**

На странице **Характеристики групп** добавлен список **Группа-аналог**, из которого можно выбрать номер группы, значения всех параметров которой будут назначены параметрам текущей группы (номер текущей группы показан в поле списка **Номер группы**).

Кроме того, на странице **Арматура** (рис. 9.3-2) можно назначить максимально допустимый процент армирования, превышение которого прерывает процесс подбора арматуры в сечении элемента и инициирует выдачу соответствующего сообщения в таблице с результатами.

На странице **Трещиностойкость** (рис.9.3-3) добавлен маркер, позволяющий учесть рекомендации пункта 2.17 СНиП

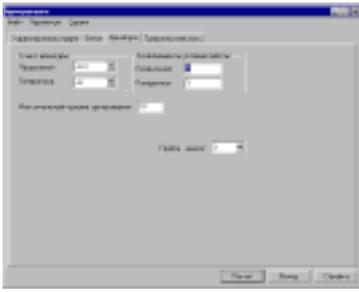


Рис. 9.3–2. Страница Арматура

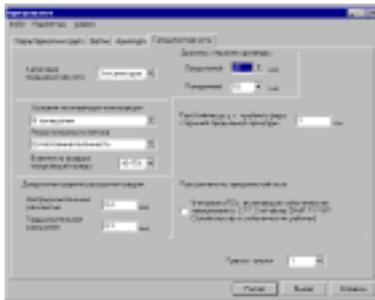


Рис. 9.3–3. Страница Трещиностойкость

9.4 Графический анализ результатов расчета

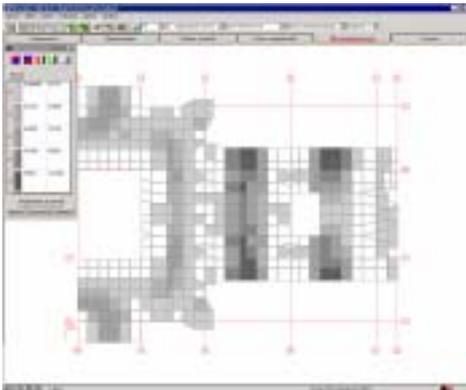


Рис. 9.4–1. Графическая карта отображения результатов подбора арматуры



В режиме графического анализа результатов расчета для элементов пластин появилась возможность строить графическую карту результатов, в которой каждый элемент целиком окрашивается в цвет, соответствующий значению анализируемого фактора.

10 Энергетический постпроцессор

Энергетический постпроцессор можно рассматривать как универсальное средство для получения отображения особенностей напряженно-деформированного состояния системы в виде картины распределения энергии деформаций.

Если энергетическая картина построена с учетом влияния матрицы геометрической жесткости, то появляется возможность относить отдельные части системы (вплоть до отдельных ее элементов) к одному из следующих двух классов: к классу *удерживающих* и к классу *толкающих* элементов (или частей) системы. Удерживающие элементы способствуют сохранению устойчивости равновесия системы, тогда как роль толкающих элементов отрицательна, поскольку именно они понуждают (подталкивают) механическую систему к потере ею устойчивости.

Проверка роли отдельных подсистем производится при подсчете значения энергии, накапливаемой в различных частях системы при ее деформировании по форме потери устойчивости. Для системы в целом эта энергия равна нулю, а те ее части, где энергия неположительная, относятся к толкающим, в то время как части системы с положительной энергией деформаций можно отнести к удерживающим.

На основании численных значений энергии толкающие элементы системы могут быть ранжированы по степени их «виновности» в наступлении критического состояния системы, поскольку вклад каждого из элементов системы в ее общий энергетический баланс может служить удобной количественной мерой его ответственности за устойчивость равновесия.

10.1 Разрешающие уравнения

Будем рассматривать равновесие системы, у которой в начальной конфигурации выполняются условия

$$\mathbf{K}_0 \mathbf{u} = \mathbf{p}, \quad (1)$$

а под влиянием приращения нагрузки на величину $\delta \mathbf{p}$ приращения усилий $\delta \mathbf{s}$ и перемещений $\delta \mathbf{u}$ таковы, что компоненты вектора дополнительных перемещений $\delta \mathbf{u}$ относительно невелики, но все же требуют геометрически нелинейного анализа. Тогда, как известно [1], уравнения в вариациях можно представить в форме

$$[\mathbf{K}_0 + \mathbf{K}_1(\mathbf{s}_0) + \mathbf{K}_2(\mathbf{u}_0)] \delta \mathbf{u} = (\mathbf{K}_0 + \mathbf{K}_G) \delta \mathbf{u} = \delta \mathbf{p}. \quad (2)$$

Здесь к обычной матрице жесткости \mathbf{K}_0 добавляется матрица начальных напряжений $\mathbf{K}_1(\mathbf{s}_0) = \mathbf{T}(\mathbf{s}_0)$, линейно зависящая от усилий в системе перед началом приращения нагрузки, и матрица начальных поворотов $\mathbf{K}_2(\mathbf{u}_0)$, не более, чем квадратично зависящая от перемещений. В уравнениях (2) не представлена матрица начального нагружения Дж. Одена [2], которая корректирует нагрузку. Неучет матрицы начального нагружения говорит о том, что предполагается независимость нагрузки от конфигурации системы или же считается, что соответствующие коррективы введены при формировании вектора приращений $\delta \mathbf{p}$. Матрицу \mathbf{K}_G принято называть *матрицей геометрической жесткости*.

10.2 Однопараметрическое нагружение

Рассмотрим систему, находящуюся в равновесии в состоянии, для которого выполняются уравнения (2), и напишем равенства, определяющие изменения при пробном нагружении силами, пропорциональными одному параметру, т.е. при приращении нагрузки $\lambda \delta \mathbf{p}$. Обозначая соответствующие изменения сил и перемещений как $\lambda \delta \mathbf{s}$ и $\lambda \delta \mathbf{u}$, имеем

$$[\mathbf{K}_0 + \mathbf{K}_1(\mathbf{s}_0 + \lambda \times \delta \mathbf{s}) + \mathbf{K}_2(\mathbf{u}_0 + \lambda \times \delta \mathbf{u})] \delta \mathbf{u} = \delta \mathbf{p}. \quad (3)$$

Теперь используем новую матрицу жесткости для того, чтобы найти критическое значение нагрузки $\mathbf{p}_{кр} = \mathbf{p}_0 + \delta \mathbf{p}$ раскладывая \mathbf{K}_1 и \mathbf{K}_2 из (3) в ряд с сохранением членов, линейно зависящих от λ , получаем уравнение

$$\{[\mathbf{K}_0 + \mathbf{K}_1(\mathbf{s}_0) + \mathbf{K}_2(\mathbf{u}_0)] + \lambda [\mathbf{K}_1(\delta \mathbf{s}) + \mathbf{K}_2(\mathbf{u}_0, \delta \mathbf{u})]\} \delta \mathbf{u} = \mathbf{0}. \quad (4)$$

или

$$[\mathbf{K}_0 + \lambda \Delta \mathbf{K}_G(\delta \mathbf{s}, \mathbf{u}_0, \delta \mathbf{u})] \delta \mathbf{U} = \mathbf{0}, \quad (5)$$

где $\delta \mathbf{U}$ — собственный вектор, характеризующий форму потери устойчивости системы, а через $\Delta \mathbf{K}_G$ обозначен матричный множитель, стоящий в квадратных скобках справа от λ в уравнении (4).

Проблема собственных значений (5) основана на решении задачи в линейном приближении для окрестности смещенного состояния равновесия, отсюда можно получить и линейную задачу устойчивости, полагая все начальные усилия и начальные перемещения равными нулю. Если при этом еще пренебречь квадратичными слагаемыми в матрице начальных смещений, то получим, что левая часть (3) линейно зависит от нагрузки

$$\{\mathbf{K}_0 + \lambda [\mathbf{K}_1(\delta \mathbf{s}) + \mathbf{K}_2(\delta \mathbf{u})]\} \delta \mathbf{U} = \mathbf{0}. \quad (6)$$

Допущение о независимости критической нагрузки от перемещений $\lambda \delta \mathbf{u}$ приводит к исчезновению матрицы \mathbf{K}_2 , и мы приходим к уравнениям эйлерового типа для критической нагрузки

$$[\mathbf{K}_0 + \lambda \mathbf{K}_1(\delta \mathbf{s})] \delta \mathbf{U} = \mathbf{0}. \quad (7)$$

Наименьшее собственное значение этого уравнения λ_1 определяет критическую нагрузку как $\lambda_1 \delta \mathbf{p}$, а сама величина λ_1 является коэффициентом запаса по устойчивости, и вектор $\lambda_1 \delta \mathbf{s} = \mathbf{S}^*$ определяет внутренние усилия в системе при потере устойчивости.

Полезно обратить внимание на то обстоятельство, что при использовании уравнений эйлерового типа по сути предполагается неизменность распределения внутренних усилий в системе при увеличении интенсивности нагружения λ . Это свойство не всегда выполняется, в особенности для нелинейно деформирующихся систем. Поэтому некоторые программные разработки [3] определяют два критических значения нагрузки — первое является наименьшим критическим значением λ_1 уравнений типа (7), а второе определяется как интенсивность нагрузки, при котором теряется положительная определенность уравнений типа (2) в процессе некоторого более или менее реалистического закона нагружения (например, при увеличении интенсивности только временной нагрузки и неизменном значении постоянной нагрузки), который моделируется шаговой процедурой. При этом возникает нетривиальная задача о выборе того критического значения, которое следует продемонстрировать как свидетельство достаточности полученного коэффициента запаса по устойчивости. К сожалению, нормы проектирования, регламентирующие то или иное значение коэффициента запаса по устойчивости, ничего не говорят об этом, хотя по некоторым косвенным свидетельствам можно предположить, что чаще всего имеется в виду эйлеров случай.

10.3 Роль отдельных подсистем

При анализе особенностей проявления возможной неустойчивости используются понятия *стесненного и принужденного состояния* отдельных элементов системы при потере системой устойчивости [4]. Считается, что при потере системой устойчивости отдельный ее элемент находится в стесненном состоянии, если будучи отделенным от других частей системы он потеряет устойчивость при меньшей интенсивности нагрузки, передаваемой на этот элемент. Если же при таком «изолированном рассмотрении» для потери устойчивости элемента необходимо приложить нагрузку большей интенсивности или же он вообще не теряет устойчивости, то говорят о принужденной потере устойчивости такого элемента. Естественно, что эти понятия сказываются на стратегии усиления системы, если признано, что общий коэффициент запаса устойчивости недостаточен. Обычно в этом случае начинают с увеличения сечений тех элементов, которые находятся в стесненном состоянии, но при этом следует помнить, что такая мера эффективна лишь до определенного предела, который характеризуется тем, что усиливаемая подсистема приобретает такую же «мощность», как и остальные части конструкции. Для эффективности дальнейшего усиления надо усиливать все сжатые элементы одновременно, сохраняя достигнутое состояние равноустойчивости элементов системы [4, с.254].

Понятия стесненного и принужденного состояний по отношению к выделенным фрагментам конструкции, введенные в инженерный обиход уже более полувека назад, позволяют формировать целенаправленную стратегию усиления конструкции, несущая способность которой определяется условиями ее устойчивости. А между тем формальный вычислительный инструмент, особенно необходимый в компьютеризованных условиях проектирования, насколько известно авторам, до сих пор не

был выработан. Это тем более удивительно, что такой инструмент в алгоритмическом смысле на удивление прост и очевиден.

В самом деле, проверка роли отдельных подсистем может быть произведена при подсчете значения энергии, накапливаемой в различных частях системы, при ее деформировании по форме потери устойчивости. Для системы в целом эта энергия равна нулю

$$E = 0,5(\mathbf{u}^*)^T [\mathbf{K}_0 - \mathbf{K}_1(\mathbf{S}^*)] \mathbf{u}^* = 0. \quad (8)$$

Если система мысленно разбита на какие-то две части, то для любой из этих частей может быть составлена матрица жесткости $\mathbf{K}_{0,i} - \mathbf{K}_{1,i}(k)$ ($i = 1,2$), которую мы будем представлять дополненной нулями до размера полной матрицы жесткости системы. Вычисляя значение

$$E_1 = 0,5(\mathbf{u}^*)^T [\mathbf{K}_{0,1} - \mathbf{K}_{1,1}(\mathbf{S}^*)] \mathbf{u}^* \quad (9)$$

и значение

$$E_2 = 0,5(\mathbf{u}^*)^T [\mathbf{K}_{0,2} - \mathbf{K}_{1,2}(\mathbf{S}^*)] \mathbf{u}^*, \quad (10)$$

мы всегда получим величины различных знаков, поскольку их сумма должна равняться нулю. Этим определяется та подсистема (ей соответствует $E_i < 0$), которую целесообразнее ужесточить или дополнительно раскрепить. Соотнося эти величины с понятиями стесненного и принужденного состояний, несложно догадаться, что, если $E_i < 0$, то соответствующая i -ая подсистема находится в стесненном состоянии, в противном случае при $E_i > 0$ — в принужденном состоянии. Грубо говоря, именно те элементы конструкции, которые находятся в стесненном состоянии, в первую очередь виновны в том, что система теряет устойчивость.

Естественно, что можно расчленять конструкцию не на две части, а на большее число, вплоть до отдельных элементов с последующим сопоставлением вклада каждого элемента в отрицательную и положительную части общей энергии и получением рекомендаций по усилению/ослаблению отдельных элементов. При этом можно более подробно установить роль отдельных элементов в общей картине потери устойчивости.

Следует заметить, что при использовании результатов описанного анализа для принятия решений о модификации элементов или подсистем полезно проявить определенную сдержанность. Дело в том, что подсчет энергии реализуется с помощью формы потери устойчивости \mathbf{u}^* , которая была определена для системы с первоначальным распределением жесткостей и усилий, а при их изменениях эта форма также меняется. Поэтому результат модификации подлежит обязательной проверке. Кроме того, и это более существенно, при усилении отдельных элементов имеется определенная граница, выше которой эта операция уже не сказывается на результатах. Справедливость этого утверждения легко понять, если заметить, что даже бесконечное увеличение жесткости одной из частей системы не приведет к такому же росту коэффициента запаса, поскольку система начнет терять устойчивость по «локальной» форме, без деформирования ее пережесточенной части. По-видимому, впервые на это свойство задачи устойчивости упругих систем обратил внимание И.Г. Бубнов, который указал, что в задаче устойчивости балки на упругих опорах существует некоторая критическая жесткость этих опор, за которой дальнейшее увеличение жесткости опор не приводит к увеличению критической силы, а сами опоры с критической жесткостью ведут себя как абсолютно недеформируемые [5].

10.4 отображение результатов работы энергетического постпроцессора



Рис. 10.4–1 Инструментальная панель Постпроцессоры раздел Энергетический постпроцессор

Режим анализа результатов работы энергетического постпроцессора активизируется нажатием

кнопки . Инструментальная панель режима включает следующие кнопки:

 — отображение распределения энергии в виде цветовых полей;

-  — отображение распределения энергии в виде цветowych маркеров;
-  — отображение распределения удельной энергии в виде цветowych полей;
-  — отображение распределения удельной энергии в виде цветowych маркеров;
-  — вызов диалогового окна установки параметров цветовой шкалы;
-  — отображение исходной расчетной схемы.

Результаты работы энергетического процессора отображаются в виде цветowych полей или маркеров. При этом распределение энергии в системе можно получить приведенным к объему конечного элемента или к единице объема (удельная энергия).

Энергетические показатели системы имеют смысл не только при анализе устойчивости, но и для статических нагрузений и их комбинаций. В этом случае распределение удельной энергии характеризует энергетическую «нагрузку» элементов расчетной схемы, а распределение энергии, приведенное ко всему объему КЭ, косвенно может служить показателем качества конечноэлементной сетки.

Литература:

- [1] Makiatt R.N., Marcal P.V. Finite Element Analysis of Nonlinear Structures < Journal Structural Division. Proc. ASCE, 1968, Vol.94, No ST9, p.2081-2105.
- [2] Oden J.T. Finite elements of nonlinear continua.— New York: McGraw Hill Book Company, 1972.
- [3] Н.М.Медведева, М.А.Микитаренко, А.В.Перельмутер. Статический и динамический расчет мачт на ЭВМ. - В сб.: *Сопротивление материалов и теория сооружений* Вып.48.- К.:Будівельник,1986.-с.79-82.
- [4] Смирнов А.Ф. Статическая и динамическая устойчивость сооружений.— М.: Трансжелдориздат, 1947.
- [5] Timoshenko S.P. Theory of elastic stability.— New York: McGraw Hill Book Company, 1961.

11 Экспорт данных в программу ФОК-ПК

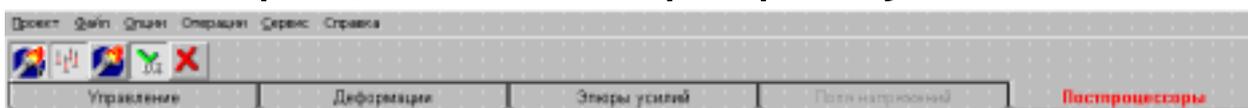


Рис.11-1 Инструментальная панель Постпроцессоры раздел Экспорт данных в ФОК

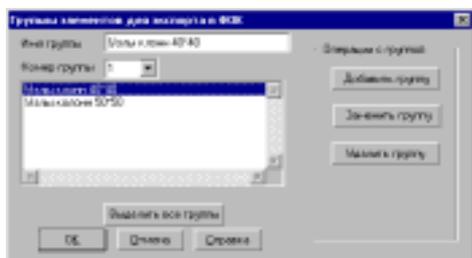


Рис. 11-2 Диалоговое окно Группы элементов для экспорта в ФОК

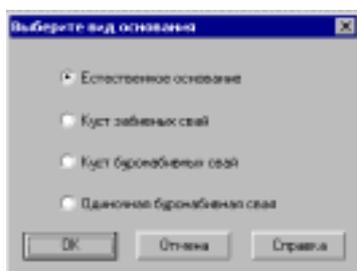


Рис. 11-3 Диалоговое окно Вид основания



Программная система «ФОК - ПК» предназначена для проектирования отдельно стоящих фундаментов под колонны каркасных зданий на естественном, свайном забивном и свайном буронабивном основании.

Экспорт данных из системы SCAD в «ФОК - ПК» заключается в передаче расчетных сочетаний усилий в концевых сечениях колонн, полученных по результатам прочностного расчета конструкции. Операции по отбору узлов, примыкающих к концевым сечениям колонн, выполняются в разделе **Экспорт данных в ФОК** инструментальной панели **Постпроцессоры** (рис. 11-1). В этом разделе расположены

кнопки  — создание групп для экспорта в ФОК и  — экспорт данных в ФОК, а также стандартные кнопки для подтверждения и отказа от выполнения операции.

Порядок действий при экспорте следующий:

- ☞ нажать кнопку  в разделе **Постпроцессоры**, после чего на экране останутся только вертикально расположенные стержневые элементы;
- ☞ нажать кнопку  и выбрать узлы, примыкающие к концевым сечениям колонн, имеющим одинаковое поперечное сечение;
- ☞ нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели, после чего открывается диалоговое окно **Группы элементов для экспорта в ФОК** (рис. 11-2);
- ☞ в диалоговом окне ввести имя группы, нажать кнопку **Добавить группу** (более подробно правила работы в этом окне описаны в разделе «Группы узлов и элементов»), выбрать в диалоговом окне **Вид основания** (рис. 11-3) нужный вид и завершить работу нажатием кнопки **ОК**;
- ☞ выбрать узлы, примыкающие к концевым сечениям колонн другого сечения, и повторить описанные выше действия по их записи в новую группу и т.д.;
- ☞ после формирования всех групп элементов следует нажать кнопку , в результате чего в рабочую директорию (например, SWORK) записывается файл с именем, составленным из первых трех символов имени файла проекта SCAD и расширением FTX.

Информация, которая находится в этом файле, представляет собой набор исходных данных в форматах системы ФОК. В этом наборе раздел нагрузки содержит значения расчетных сочетаний усилий, полученные в результате расчета, а

остальные данные заполнены наиболее часто встречающимися значениями параметров, рекомендованными разработчиками программы ФОК. При необходимости этот файл можно перенести в директорию с файлами исходных данных системы ФОК.



Следует помнить, что в режиме экспорта фрагментация схемы выполняется путем автоматической настройки фильтров, которая заключается в отключении отображения элементов пластин, а также горизонтальных и наклонных стержней. Для восстановления изображения схемы после выхода из постпроцессора можно воспользоваться кнопкой  — Восстановить исходное состояние фильтров отображения.