

Рис. 4.6-4. Пример отображения силовых факторов в многооконном режиме

#### 4.7. Формирование расчетной схемы из двумерных элементов

В этом разделе приводится пример формирования расчетной схемы из элементов оболочки. Рассматривается лежащая горизонтально прямоугольная оболочка, опертая по трем сторонам контура (рис. 4.7-1).



Рис. 4.7-1.

Аналогично предыдущему примеру, при создании схемы используется параметрическая модель, которая вызывается нажатием кнопки  — Генерация прямоугольной сетки конечных элементов на плоскости, расположенной в разделе Схема инструментальной панели (рис. 4.7-2).



Рис. 4.7-2.



Рис. 4.7-3. Диалоговое окно Генерация пластинчатой схемы

В диалоговом окне **Генерация пластинчатой схемы** (рис. 4.7-3) задаются параметры схемы, к которым относятся:

- вид и положение схемы в пространстве — выберем **Оболочка в плоскости XOY**;
- шаг конечных элементов вдоль оси X и количество шагов — введем шаг равный 0.125 м и количество шагов — 20;
- шаг конечных элементов вдоль другой оси, в зависимости от положения схемы (в нашем случае — оси Y), и количество шагов — введем шаг равный 0.125 м и количество шагов — 16.

Кроме того, из этого диалогового окна нажатием соответствующих кнопок вызывается операция назначения жесткости конечным элементам (КЭ) и выбирается их тип (диалоговые окна **Жесткости пластин** (рис. 4.7-4) и **Назначение типа элемента** (рис. 4.7-5) соответственно).

Для назначения жесткостных характеристик элементам оболочки достаточно в диалоговом окне **Жесткости пластин** выбрать из списка в группе **Материал** наименование материала и задать толщину пластин (например, бетон B20 и 0.3 м). Тип элемента, например, КЭ 44 (четырёхузловой конечный элемент оболочки общего вида) выбирается из списка диалогового окна **Назначение типа элемента**.

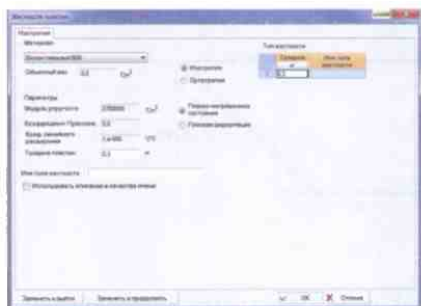


Рис. 4.7-4. Диалоговое окно Жесткости пластин

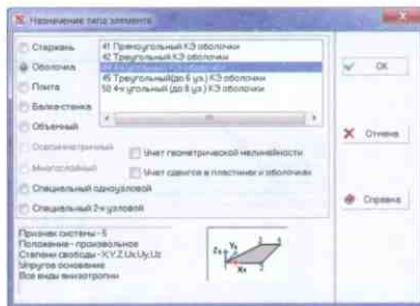


Рис. 4.7-5. Диалоговое окно Назначение типа элемента

После задания всех параметров и выхода из диалогового окна **Генерация пластинчатой схемы** (кнопка **OK**) будет сформирована расчетная схема прямоугольной оболочки из квадратных четырехузловых конечных элементов (рис. 4.7-6).

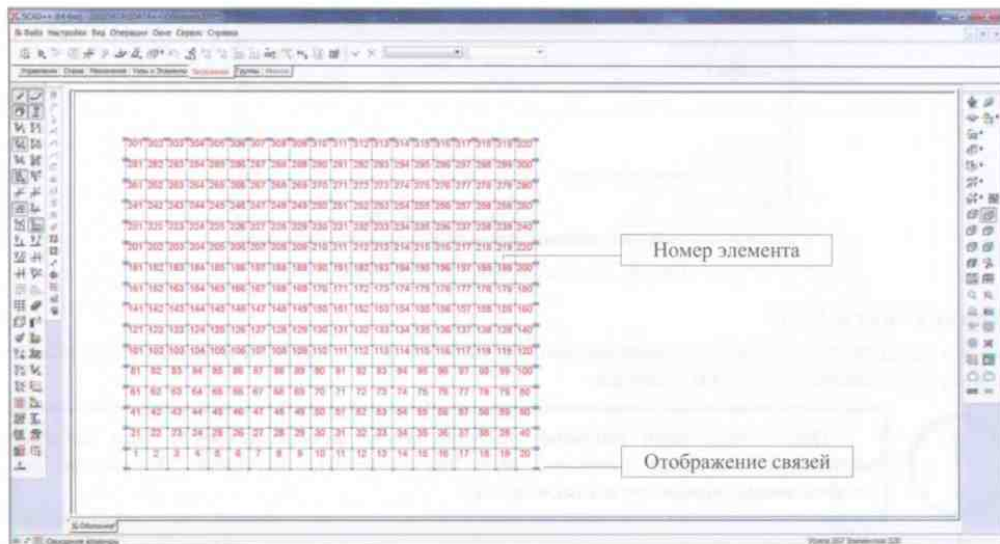


Рис. 4.7-6. Расчетная схема оболочки

### Назначение условий опирания

В качестве условий опирания примем жесткое защемление схемы по трем сторонам. Защемление реализуется путем установки связей в узлы, лежащие на контуре опирания.

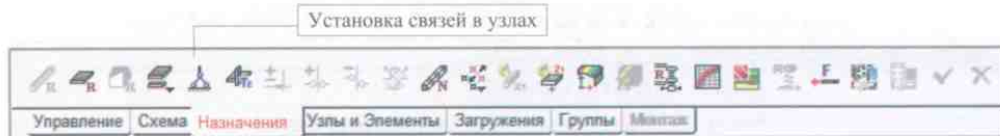


Рис. 4.7-7. Инструментальная панель **Назначение**

Для установки связей используется одноименная операция в разделе **Назначение** инструментальной панели (рис. 4.7-7). После нажатия кнопки **Установка связей в узлах** появляется диалоговое окно **Связи**, в котором путем активации маркеров отмечаются направления перемещений, на которые накладываются связи (рис. 4.7-8). Следующие порядок действий является стандартным — закрыть диалоговое окно (кнопка **ОК**), выбрать с помощью одного из курсоров узлы, в которые устанавливаются связи, и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели **Назначение** или клавишу **Enter** на клавиатуре.

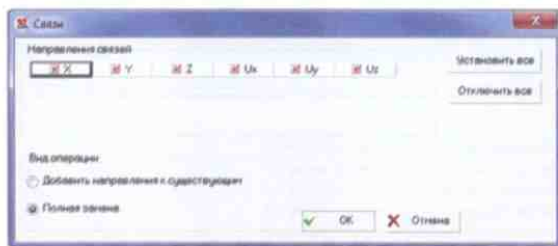


Рис. 4.7-8. Диалоговое окно Связи

### Задание нагрузок

Как и в предыдущем примере, управление вводом нагрузок и созданием загружений выполняется из инструментальной панели **Загружения**.



*При выполнении расчета по умолчанию предполагается, что заданы расчетные значения нагрузок, т. е. нормативные значения умножены на коэффициент надежности по нагрузке.*

В качестве первого загружения примем собственный вес плиты. Для его назначения используется одноименная операция в инструментальной панели (рис. 4.7-9). После нажатия кнопки **Собственный вес** появляется диалоговое окно, в котором задается коэффициент, с которым нагрузка от собственного веса будет включена в загружение (рис. 4.7-10).

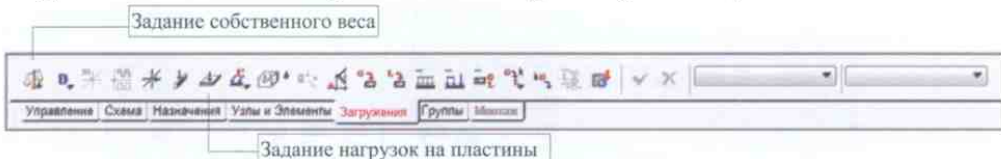


Рис. 4.7-9. Инструментальная панель Загружения

Для автоматического задания собственного веса необходимо, чтобы перед активацией этой операции были назначены жесткостные характеристики элементов, включающие описание сечения (для стержней) или толщину элемента (для пластин и оболочек), а также характеристики материала (удельный вес).

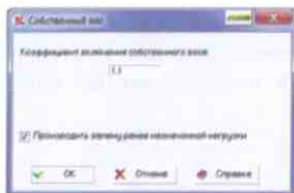




Рис. 4.7-10. Диалоговое окно Собственный вес

Нагрузка будет назначена элементам схемы после выхода из диалогового окна (кнопка **ОК**). Как уже отмечалось выше, для записи загружения следует нажать кнопку **Сохранить/Добавить загружение** —  в инструментальной панели, после чего на экране появится диалоговое окно **Сохранение загружения** (рис. 4.4-15), где задаются тип загружения и вид нагрузки и выполняется запись загружения в проект.

Для подготовки схемы к заданию нового загружения ее следует очистить от ранее заданных нагрузок.

Во втором загружении приложим местную нагрузку (квадрат  $0.5\text{ м} \times 0.5\text{ м}$ ) в центре плиты. Для

этого выполним следующие действия:

- в инструментальной панели **Загружения** нажать кнопку **Задание нагрузок на пластины** (рис. 4.7-9);
- в диалоговом окне **Задание нагрузок на пластинчатые элементы** (рис. 4.7-11) в группе **Вид нагрузки** активировать маркер **Распределенная**;
- в группе **Направление действия нагрузки** активировать маркер **Z**;
- в группе **Значение нагрузки** задать нагрузку, например,  $50 \text{ т/м}^2$ ;
- с помощью одного из курсоров выбрать на схеме элементы, которым назначается нагрузка (отмеченные элементы будут окрашены в красный цвет);
- нажать кнопку  в инструментальной панели режима **Загружения** или клавишу **Enter** на клавиатуре (если активировать фильтр **Распределенные нагрузки**, то введенная нагрузка будет показана на расчетной схеме — рис. 4.7-12);
- сохранить загрузку (см. описание первого примера).

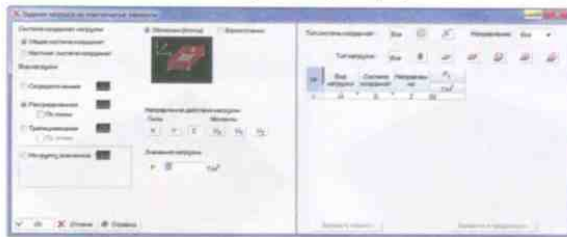


Рис. 4.7-11. Диалоговое окно **Задание нагрузок на пластинчатые элементы**

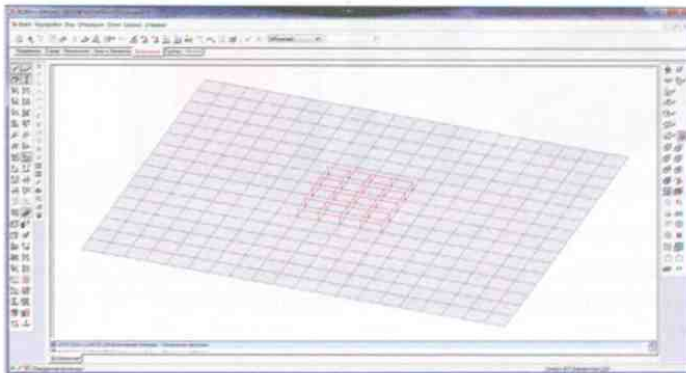







Рис. 4.7-12. *Нагрузка на плиту*

### Графический анализ результатов расчета

Выполнив расчет по правилам, приведенным в описании предыдущего примера, перейдем в режим графического анализа результатов. Для схем из двумерных элементов (пластины и оболочки) доступны следующие виды отображения результатов: деформированная схема, цветовые маркеры перемещений и силовых факторов, изолинии и изополя перемещений и силовых факторов (рис. 4.7-13).

В отличие от стержневых систем, для которых цветовая шкала перемещений может быть представлена только цветовыми маркерами в узлах, для систем из двумерных элементов кроме маркеров возможно построение изополей и изолиний. Управление выводом изополей и изолиний перемещений выполняется в инструментальной панели **Перемещения** (рис. 4.6-2). Для этого используются следующие кнопки:

-  — отображение изополей перемещений;
-  — отображение изополей и изолиний перемещений;
-  — отображение изополей перемещений с постоянным (заданным) шагом;
-  — отображение изолиний перемещений;
-  — отображение изолиний перемещений с постоянным (заданным) шагом.

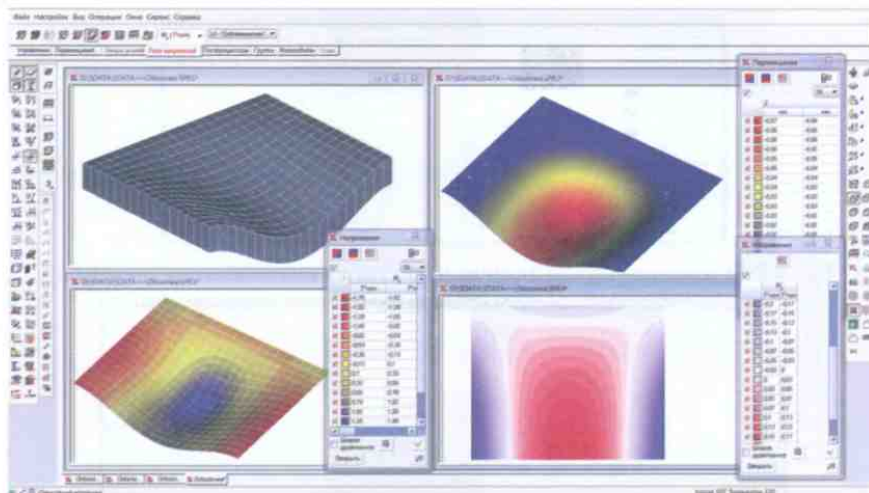








Рис. 4.7-13. *Различные формы отображения результатов расчета двумерных элементов*

Управление отображением результатов расчета силовых факторов для двумерных элементов выполняется из инструментальной панели **Поля напряжений** (рис. 4.7-14). Для этого используются следующие кнопки:

-  — отображение изополей напряжений;
-  — отображение изополей и изолиний напряжений;
-  — отображение изополей напряжений с постоянным (заданным) шагом;
-  — отображение изолиний напряжений;
-  — отображение изолиний напряжений с постоянным (заданным) шагом;
-  — построение эпюр напряжений вдоль секущей.

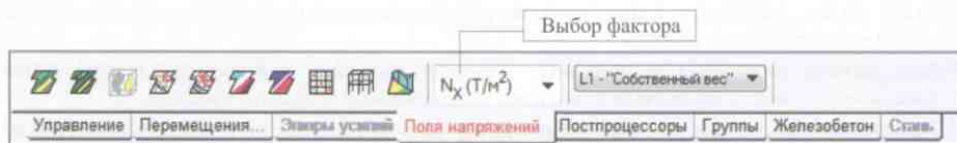


Рис. 4.7-14. Инструментальная панель Поля напряжений

#### 4.8. ТАКИМ ОБРАЗОМ ...

**Черная королева покачала головой:**

**Вы, конечно, можете называть это чушью, но я-то встречала такую чушь, что в сравнении с ней эта кажется толковым словарем.**

Л.КЭРРОЛЛ "Алиса в стране чудес"

... в главе **Structure CAD не только для ОРЛОВ** рассматривались простые и, как правило, чаще всего используемые на практике приемы работы с вычислительным комплексом. На примере решения простейших задач продемонстрирована последовательность действий от формирования расчетной схемы до анализа результатов расчета, которая, несмотря на минимум использованных возможностей, в целом отражает технологию работы с программой.

Для начинающих пользователей можно сформулировать следующие основные требования к расчетной модели и принципы управления вычислительным комплексом:

1. В состав обязательных исходных данных, минимально необходимых для выполнения расчета, входят: геометрия расчетной схемы (описание узлов и элементов), жесткостные характеристики элементов, описание условий опирания (например, связей) и нагрузки.
2. Активация любых функций комплекса выполняется из **Дерева проекта**.
3. Подавляющее число операций формирования расчетной схемы может быть выполнено следующей последовательностью действий:
  - указанием курсора на закладку установить необходимый раздел в инструментальной панели;
  - нажать кнопку с пиктограммой выполняемой операции;
  - если для выполнения операции требуется дополнительная информация, то в появившемся диалоговом окне задать необходимые данные и выйти из окна нажатием кнопки **ОК**;
  - выбрать (отметить курсором) нужные узлы или элементы (они будут перекрашены в красный цвет);
  - нажать кнопку **ОК (Подтверждение)** —  в том разделе **Инструментальной панели**, в котором выбиралась операция, или клавишу **Enter** на клавиатуре (клавиши **Enter** и **Esc** называют «горячими», ими можно пользоваться вместо кнопок инструментальной панели **Подтверждение** и **Отказ**);
  - если операция завершилась успешно, то элементы или узлы, участвующие в операции, будут снова перекрашены в цвет расчетной схемы; в противном случае будет выдано сообщение о причинах отказа от выполнения операции.
4. Для оперативного отражения на схеме результатов выполнения операций используется система фильтров отображения.

5. Расчет будет доступен в дереве проекта, если подготовленных данных о расчетной схеме достаточно для его выполнения.
6. Ход расчета отражается в протоколе, который содержит информацию о выполненных действиях, а также о замечаниях и ошибках, обнаруженных в процессе расчета.
7. Если расчет завершился успешно (в данном случае речь идет только о том, что сформированы файлы с результатами расчета, а не качество результатов), то в дереве проекта в разделе **Результаты** будет доступна функция **Графический анализ**.
8. При графическом анализе результатов рекомендуется действовать в такой последовательности:
  - указанием курсора на закладку установить раздел инструментальной панели с интересующей информацией (**Перемещения, Эпюры усилий, Поля напряжений**);
  - в списке загружений выбрать нужное загружение;
  - в списке факторов (направление перемещений или вид силового фактора) установить анализируемый фактор;
  - нажать кнопку, соответствующую выбранной форме представления результата (деформированная схема, эпюры, изополя и т. п.).
9. Для сравнения различных результатов, например, перемещений от разных загружений, можно воспользоваться отображением различных анализируемых факторов в отдельных окнах.