

Препроцессор

Меню Отмена операции

В этом разделе меню (рис. 1) предусмотрена возможность возврата к предыдущему состоянию расчетной схемы, т.е. отмены результатов работы нескольких ранее выполненных операций (пункт **Отмена**) или восстановления результатов выполнения операций после их отмены (пункт **Возврат**).

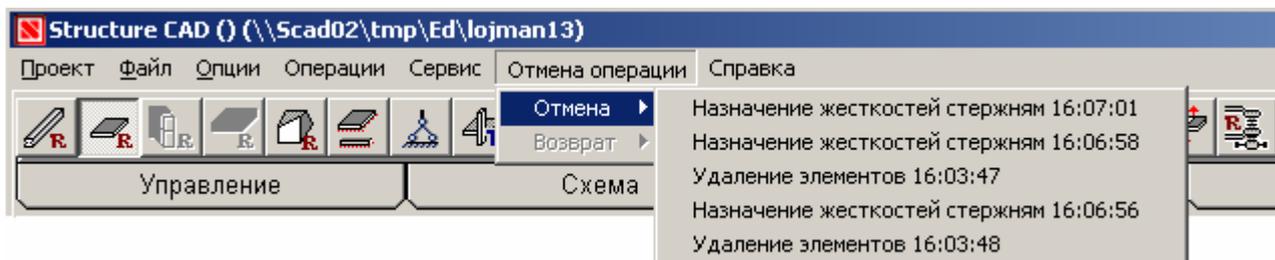


Рис. 1. Меню Отмена операции

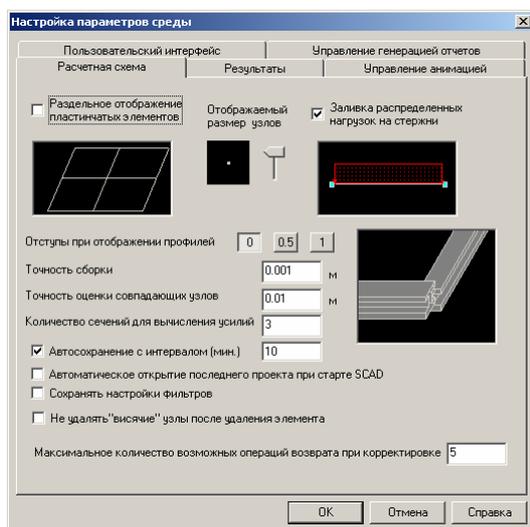


Рис.2. Диалоговое окно
Настройка параметров среды

Следует учитывать, что время сохранения информации о выполненных операциях и возврат к предыдущему состоянию расчетной схемы существенно зависит от размеров расчетной модели (количества узлов и элементов, загрузений и т.п.). Чем больше расчетная схема, тем больше времени будет уходить на выполнение каждой операции после нажатия кнопки **ОК**.

Время выполнения операций в больших расчетных схемах (более 50 000 узлов и элементов) может быть существенно уменьшено при отключении режима отмены операций. Для этого следует задать равным нулю количество возможных операций возврата.

Операция Просмотр протокола решения задачи



Кнопка вызова операции просмотра Протокола решения задачи расположена в разделе **Управление** инструментальных панелей пре- и постпроцессора. Нажатием на эту кнопку вызывается стандартный текстовый редактор **Notepad** с последним состоянием протокола.

Операция Назначение коэффициентов упругого основания



В отличие от предыдущих версий комплекса SCAD, коэффициенты постели выделены в самостоятельный вид данных и не являются частью описания жесткостных характеристик элементов. Таким образом, элементы, имеющие одинаковые жесткостные характеристики, могут иметь одинаковый тип жесткости, независимо от заданного им коэффициента постели.

Значения коэффициентов постели задаются в диалоговом окне **Назначение коэффициентов упругого основания**, которое вызывается нажатием соответствующей кнопки в инструментальной панели **Назначение**. Значения коэффициентов для пластинчатых и стержневых элементов вводятся соответственно на страницах **Пластины** (рис. 3) и **Стержни** (рис.4). Операция назначения коэффициентов выбранным элементам схемы выполняется нажатием кнопки **ОК** в инструментальной панели. Значения коэффициентов будут назначены стержням или пластинам в зависимости от того каким из этих типов элементов в окне **Назначение коэффициентов упругого основания** заданы ненулевые значения.

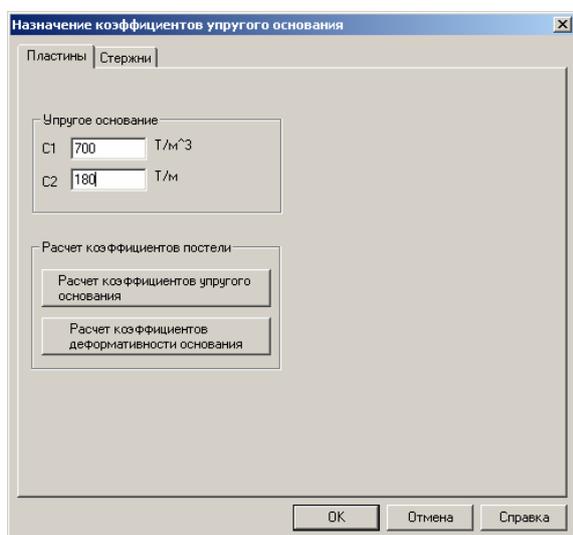


Рис. 3. Страница **Пластины** диалогового окна **Коэффициенты постели**

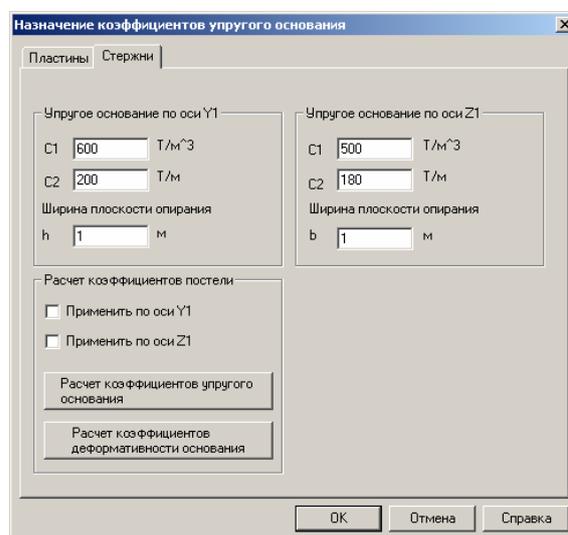


Рис. 4. Страница **Стержни** диалогового окна **Коэффициенты постели**

Значения коэффициентов могут быть вычислены с помощью специальных программ. Для определения коэффициентов постели C_1 (модель Винклера) под фундаментной плитой можно воспользоваться программой КРОСС, для связи с которой используется кнопка

Расчет коэффициентов упругого основания —  в инструментальной панели **Назначение**. С помощью кнопок **Расчет коэффициентов упругого основания** или **Расчет коэффициентов деформативности основания**, установленных на страницах диалогового окна (рис. 3, 4), могут быть вычислены коэффициенты C_1 и C_2 (модель Пастернака) как для пластинчатых, так и для стержневых элементов. В этом случае для расчета используются рекомендации, приведенные в работе В.Г. Пискунова [1]. Полученные значения коэффициентов автоматически переносятся в соответствующие поля страницы. При этом для стержневых элементов перенос выполняется в зависимости от установленных опций **Применить по оси ...** (рис. 4).

Назначение жесткостных характеристик специальным конечным элементам



Эта операция может использоваться как для переназначения жесткостных характеристик ранее введенным специальным конечным элементам, так и для смены типа конечного элемента одновременно с заданием жесткостных характеристик. Характеристики задаются в диалоговом окне **Жесткости специальных КЭ** (рис. 5), которое появляется после нажатия кнопки вызова операции. На первой странице этого окна находятся маркеры с наименованием специальных элементов. После активизации необходимого маркера появляется закладка второй страницы, имя которой совпадает с наименованием элемента (рис. 6). Набор элементов управления и полей ввода второй страницы аналогичен соответствующим страницам назначения характеристик специальных элементов при их вводе.

При назначении жесткостных характеристик элементов анализируется количество узлов. Так например, если выбрать на схеме несколько двухузловых элементов, независимо от их типа, а затем выполнить для них описываемую операцию с характеристиками упругой связи (КЭ 55), то все выбранные элементы получают тип 55 с соответствующими параметрами жесткости. Очевидно, что характеристики связей конечной жесткости и тип 51 в результате выполнения этой операции будут присвоены только одноузловым элементам.

Дальнейшие действия по назначению характеристик элементам обычные для комплекса SCAD и включают выбор на схеме необходимых элементов и нажатие кнопки **ОК** в инструментальной панели **Назначение** (или клавиши **Enter**).

Обратите внимание, что в отличие от операции ввода связей конечной жесткости, где допускалось одновременное задание характеристик различным по направлению действия связям, здесь выполняется задание жесткости только связям одного направления. В связи с этим перед выполнением операции необходимо оставить на экране только те элементы, у которых меняются характеристики (это можно сделать используя режим фрагментации цветовой шкалы типов жесткости).

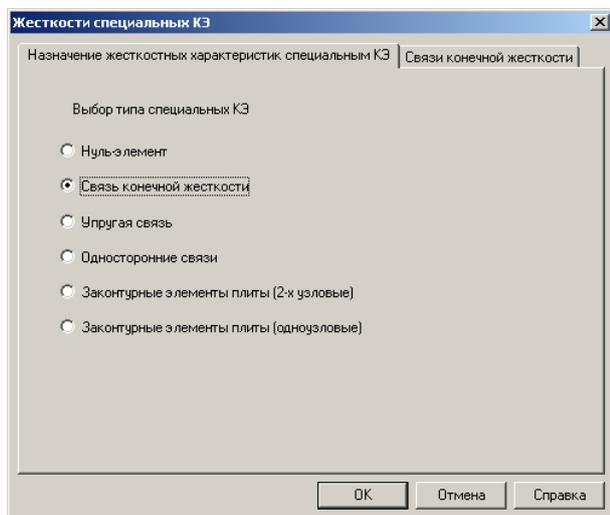


Рис. 5. Страница **Пластины** диалогового окна **Коэффициенты постели**

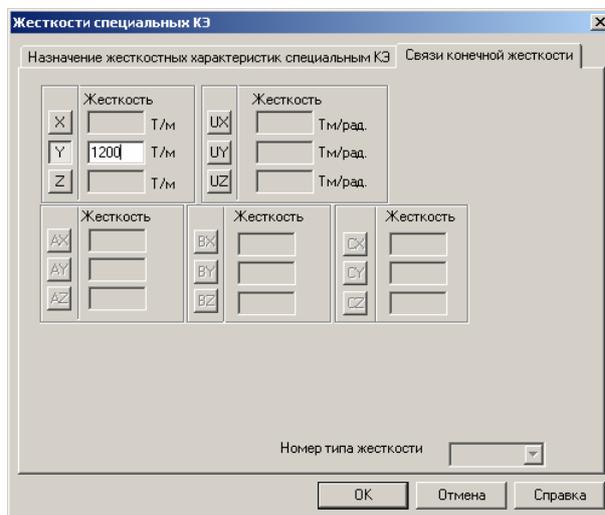


Рис. 6. Страница **Стержни** диалогового окна **Коэффициенты постели**

Ввод и назначение параметров абсолютно твердых тел



Жесткие тела. Постановка задачи

Жесткое тело – это конечный элемент специального типа, обладающее набором узлов, расстояния между которыми для любой пары узлов остаются неизменными. Жесткое тело можно представить наглядно в виде «паука», состоящего из одного ведущего узла (master node) и множества ведомых узлов (slave nodes) – рис. 1. Различают полное связывание и частичное.

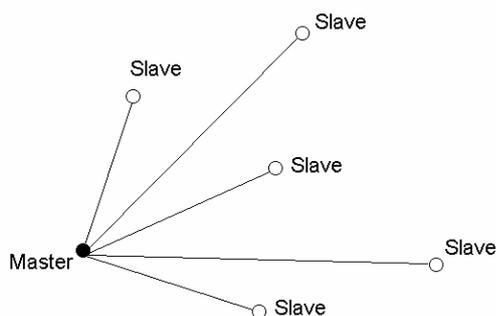


Рис. 1

При полном связывании все перемещения ведомых узлов выражаются через перемещения ведущего узла на основании теорем кинематики абсолютно твердого тела:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{u}_S \\ \boldsymbol{\theta}_S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{u}_M + \boldsymbol{\theta}_M \times \boldsymbol{\rho}_{M-S} \\ \boldsymbol{\theta}_M \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $\mathbf{u}, \boldsymbol{\theta}$ – векторы поступательных перемещений и углов поворота узла в глобальной системе координат, причем индексы S, M означают соответственно master, slave;

$\boldsymbol{\rho}_{M-S}$ – радиус-вектор, соединяющий ведущий узел с ведомым.

При частичном связывании выражение (1) охватывает только те степени свободы, которые удовлетворяют соотношениям кинематики абсолютно твердого тела. Остальные перемещения и углы поворота каждого из ведомых узлов остаются независимыми и не выражаются через перемещения ведущего узла. Такое связывание можно представить как связывание в два этапа. На первом этапе производится полное связывание перемещений и углов поворота всех ведомых узлов с перемещениями и углами поворота ведущего узла, а затем выполняется отсоединение независимых степеней свободы ведомых узлов.

Поскольку в уравнения (1) входит угол поворота master-узла, то при использовании жестких тел необходимо использовать только те типы расчетных схем, степени свободы которых содержат углы поворота (тип , тип и тип 5). Если все другие узлы не должны содержать неизвестных в виде углов поворота, то этого следует добиваться выбором соответствующих типов конечных элементов.



Ведущий узел может назначаться в любом узле из множества узлов, охватываемых абсолютно твердым телом.

Ведущий узел может не совпадать ни с одним узлом расчетной модели, в которую включаются жесткие связи.

Расчетная модель может содержать произвольное количество твердых тел.

Для всех узлов, входящих в состав одного и того же тела, коды связывания должны быть одинаковыми.

Для удобства задания вида связывания вводятся коды связывания. Для пространственной расчетной модели коды связывания имеют вид $X Y Z R X R Y R Z$.

Каждый из этих параметров принимает значение f или b. Значение b (blocked) означает, что связывание перемещений, отвечающих данной степени свободы (в глобальной системе координат), производится, а значение f (free) – не производится. Возможны следующие варианты наборы узловых перемещений в коде связывания:

пространственная расчетная модель – коды связывания $X Y Z R X R Y R Z$;

плоская рама – коды связывания $X Z RY$;

изгибаемая пластина, расположенная в плоскости XOY – коды связывания $Z RY$.

Операции по вводу и корректировке твердых тел вызываются из раздела **Специальные элементы**  инструментальной панели **Узлы и элементы**. После нажатия кнопки

Твердые тела  появляется меню, включающее набор операций с абсолютно твердыми телами (рис. 7). К ним относятся:

- Ввод твердого тела;
- Изменение вида твердого тела;
- Перенос мастер-узла;
- Удаление твердого тела;
- Добавление ведомых узлов;
- Исключение ведомых узлов;
- Перенос ведомых узлов.

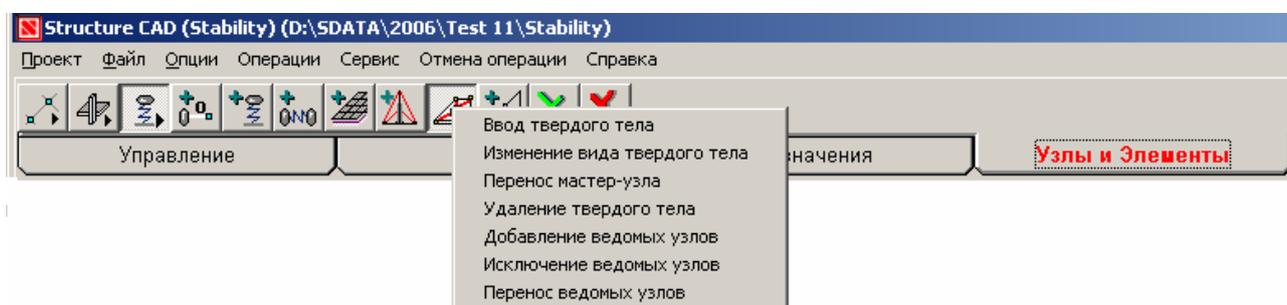


Рис. 7. Меню управления вводом и корректировкой твердых тел

Ввод твердого тела

После выбора этого пункта меню появляется диалоговое окно **Характеристики твердого тела** (рис. 8), в информационном поле которого описан порядок действий, которые необходимо выполнить для ввода элемента. На первом шаге следует выбрать на расчетной схеме узлы, входящие в твердое тело и нажать кнопку **Применить**. Выбранные узлы будут отмечены на схеме красными цветом и в информационном поле появится информация о действиях, которые выполняются на втором шаге ввода.

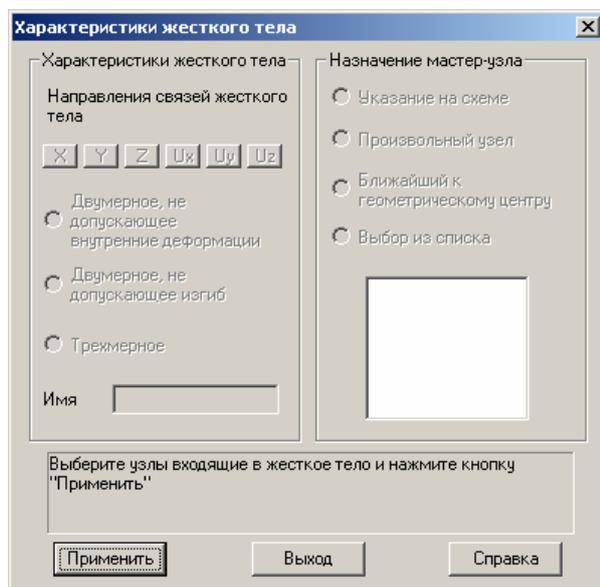


Рис. 8. Диалоговое окно **Характеристики**

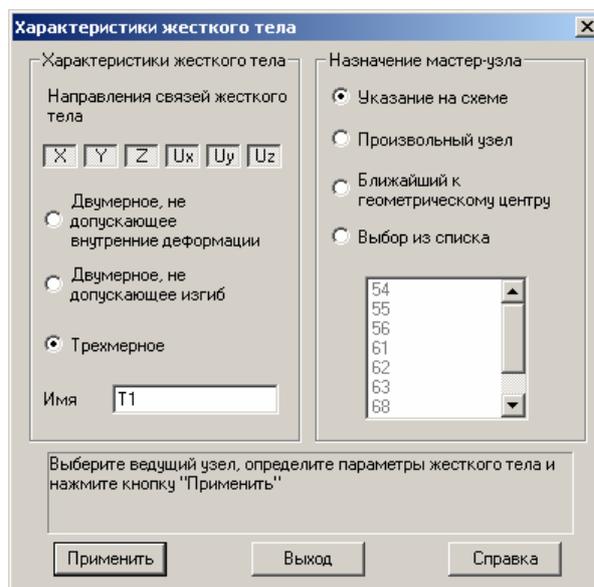


Рис. 9. Диалоговое окно **Характеристики**

твердого тела (первый шаг операции ввода) **твердого тела** (второй шаг операции ввода)

На втором шаге (рис. 9) следует выполнить следующие действия:

- в группе **Характеристики твердого тела** с помощью маркеров выбрать вид твердого тела (двумерное, не допускающее деформации в своей плоскости, двумерное, не допускающее изгиб, трехмерное)
- уточнить коды связывания (направления степеней свободы) узлов жесткого тела (по умолчанию маркеры направлений активизируются в зависимости от выбранного вида твердого тела);
- если это необходимо, ввести имя твердого тела;
- в группе **Назначение мастер-узла** выбрать способ назначения (указание на схеме, произвольный узел, ближайший к геометрическому центру или выбор из списка);
- назначить мастер-узел и нажать кнопку **Применить** в диалоговом окне.

После выполнения последнего действия твердое тело будет обозначено на схеме в виде «паука», у которого мастер-узел соединен с остальными узлами тела линиями, и диалоговое окно будет переведено в режим ввода нового твердого тела (первый шаг).

Необходимо пояснить разницу между двумя типами двумерного твердого тела:

- тело, не допускающее деформации в своей плоскости (диск), может деформироваться в виде изгибания плоскости первоначального расположения его узлов, как это происходит в плоской диафрагме, устанавливаемой для предотвращения искажений поперечного сечения тонкостенного стержня;
- тело, не допускающее изгиб (штамп), остается плоским, хотя эта плоскость может смещаться и поворачиваться, а узлы такого тела перемещаться внутри такой плоскости.

Несколько замечаний относительно назначения мастер-узла. Если мастер-узел выбирается указанием на схеме, то необходимо курсором отметить на схеме один из узлов (это может быть как один из ранее выбранных узлов твердого тела, так и другой узел). При активизации маркера **Произвольный узел** в качестве мастер-узла выбирается узел твердого тела с наименьшим номером. Ближайший к геометрическому центру узел твердого тела будет назначен мастер-узлом при выборе одноименного маркера и, наконец, мастер узел может быть назначен путем указания номера узла в списке узлов твердого тела.

Изменение вида твердого тела

Эта операция позволяет изменить вид введенного ранее твердого тела. Для выполнения операции следует выполнить следующие действия:

- выбрать в меню операции **Твердые тела** указанную выше операцию;
- в появившемся диалоговом окне **Характеристики твердого тела** (рис. 10) с помощью маркеров назначить вид твердого тела и коды связывания (направления степеней свободы) узлов жесткого тела;
- нажать кнопку **ОК**.

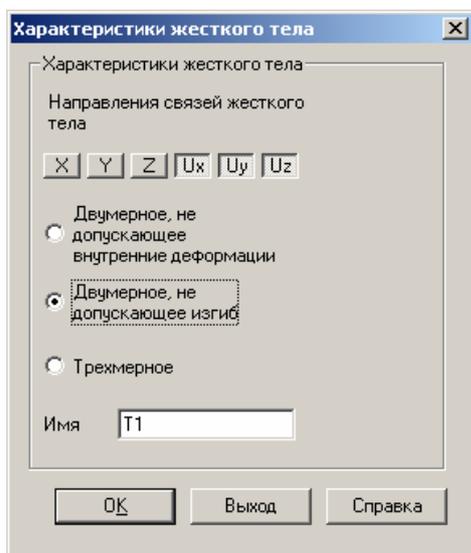


Рис. 10. Диалоговое окно **Характеристики жесткого тела** (корректировка)

Перенос мастер-узла

Мастер-узел можно перенести в любой из узлов твердого тела. Для этого следует выбрать операцию в меню, отметить существующий мастер-узел и узел, в который он переносится, нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Удаление твердого тела

Для удаления твердого тела необходимо выбрать в меню одноименную операцию, указанием на любой узел твердого тела выбрать удаляемый элемент и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Добавление ведомых узлов

Для добавления ведомых узлов необходимо выбрать в меню одноименную операцию, указанием на мастер-узел выбрать элемент, к которому добавляются узлы, отметить узлы расчетной схемы, которые войдут в твердое тело, и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Исключение ведомых узлов

Для исключения ведомых узлов необходимо выбрать в меню одноименную операцию, указанием на мастер-узел выбрать элемент, из которого исключаются узлы, отметить исключаемые узлы и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели. Удаление ведомого узла только исключает узел из твердого тела, но не удаляет его из схемы.

Перенос ведомых узлов

Для переноса ведомых узлов необходимо выбрать в меню одноименную операцию, указать курсором узел, который переносится (маркируется красным цветом) и узел, в который он переносится (маркируется синим цветом) и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Примеры применения абсолютно твердого тела

Рассмотрим несколько характерных примеров использования абсолютно твердых тел. На рис. 11 а показана конструкция мощной плиты, подкрепленной широкими ребрами. Для такой конструкции использование традиционных приемов моделирования с помощью жестких вставок приведет к тому, что изгиб плиты в пролете между подкрепляющими ребрами будет заметно большим, чем в том случае, когда учитывается сокращение пролета плиты за счет ширины ребра.

Использование в модели абсолютно жестких тел (они на рисунке условно ограничены пунктирной линией) позволяет прикрепить стержень с необходимым эксцентриситетом к узлам на срединной поверхности пластины, а также обеспечить неискажаемость сечения в месте соединения с пластиной, что исключает ее изгиб на этом участке. Заметим, что в данном случае уместно использовать пространственное жесткое тело, несмотря на то что все его узлы лежат в одной плоскости.

Неискажаемость контура поперечного сечения в схемах, составленных из тонкостенных стержней, часто реализуется за счет устройства диафрагм или аналогичных им элементов

жесткости. Если такие элементы не нагружены и их напряженное состояние расчетчика не интересует, то диафрагмы можно моделировать абсолютно жесткими телами не допускающими деформаций в своей плоскости.

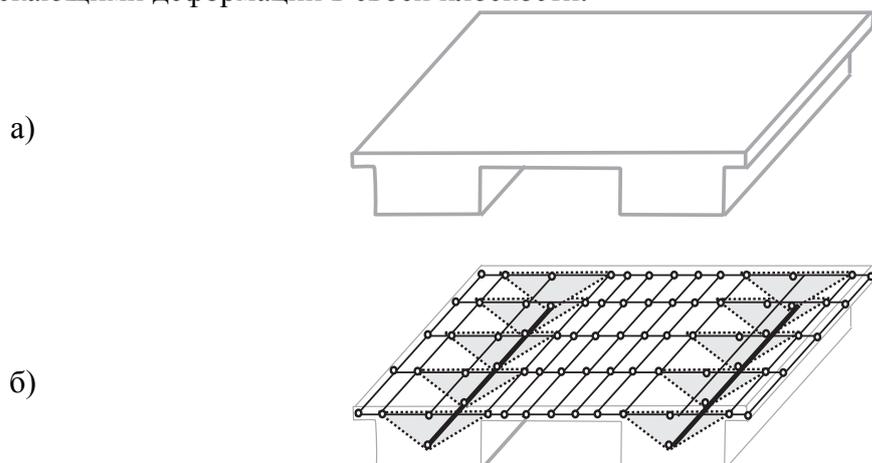


Рис. 11. Моделирование широкого ребра абсолютно жесткими телами

На рис. 12 показан пример сопряжения пластин разной толщины с выравниванием одной из поверхностей. Здесь целесообразно использовать абсолютно жесткое тело, содержащее расположенные вдоль линии изменения толщины пары узлов, примыкающие к различным срединным поверхностям пластин.

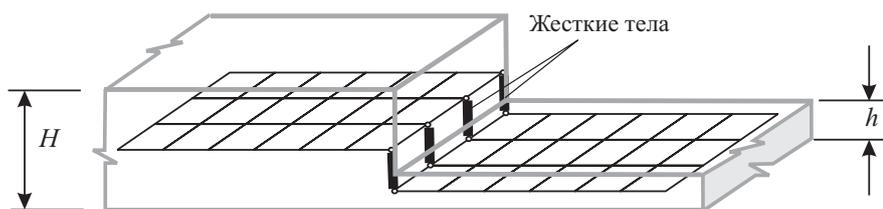


Рис. 12. Моделирование несоосного скачка толщин

Заметим, что если просто воспользоваться объединение перемещений верхних и нижних узлов, то не удастся правильно описать особенности работы такого сопряжения, поскольку тангенциальное перемещение верхнего узла определяется не только тангенциальным перемещением нижнего узла, но и его углом поворота.

Этот же прием можно применить и в том случае, когда ступень между верхней и нижней пластинами образуется балкой (рис. 13). Здесь используются трехузловые жесткие тела, к среднему узлу которых прикрепляется стержневой элемент, моделирующий балку.

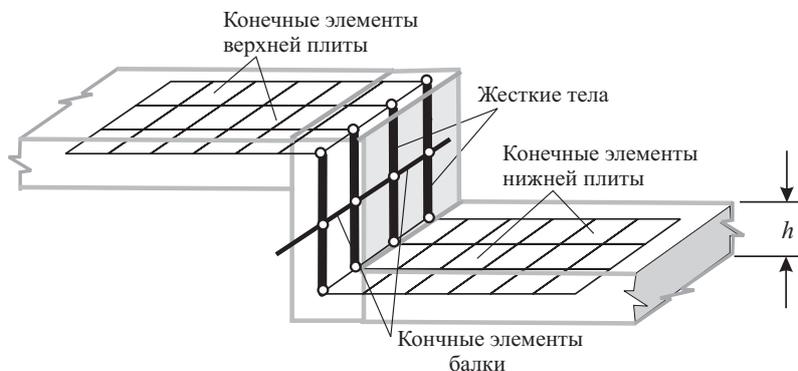


Рис. 13. Моделирование ступени

Характерным примером использования абсолютно жестких тел является моделирование области сопряжения монолитных колонны и перекрытия (рис. 14). Габариты жесткого тела в

этом случае соответствуют размерам сечения колонны. Заметим, что в препроцессоре ФОРУМ предусмотрен автоматический ввод жестких тел в область сопряжения.

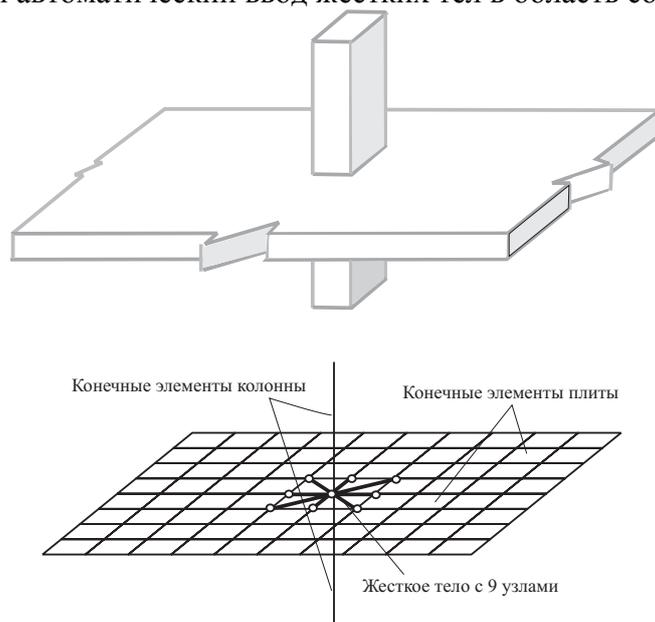


Рис. 14. Моделирование области сопряжения плиты и колонны

Округление координат узлов



Эта операция полезна при импорте геометрии расчетной схемы из графических редакторов и архитектурных систем и позволяет округлить координаты узлов импортируемой модели. Для выполнения операции следует активизировать операцию в инструментальной панели, указать в появившемся диалоговом окне (рис. 15) точность округления координат узлов и выйти из окна нажатием кнопки ОК. После этих действий значения координаты узлов будут округлены до указанной точности.

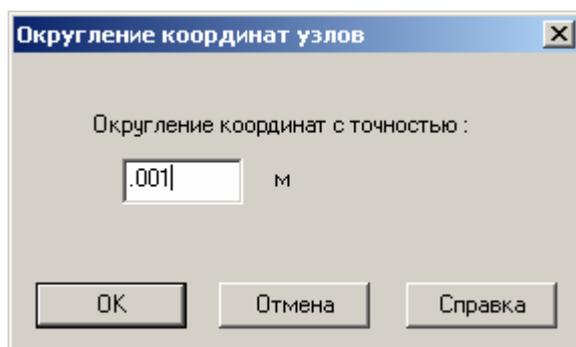


Рис. 15. Диалоговое окно **Округление координат узлов**

Назначение направления осей ортотропии



Эта операция позволяет установить для всех выбранных элементов направление оси ортотропии X_1 , совпадающее с направлением указанной оси общей системы координат, и работает аналогично режиму назначения осей выдачи усилий. Маркер активизации операции находится в диалоговом окне **Задание осей вычисления напряжений** (рис. 16), которое вызывается нажатием кнопки **Переход к напряжениям вдоль заданного направления для пластин** в инструментальной панели **Назначение**.

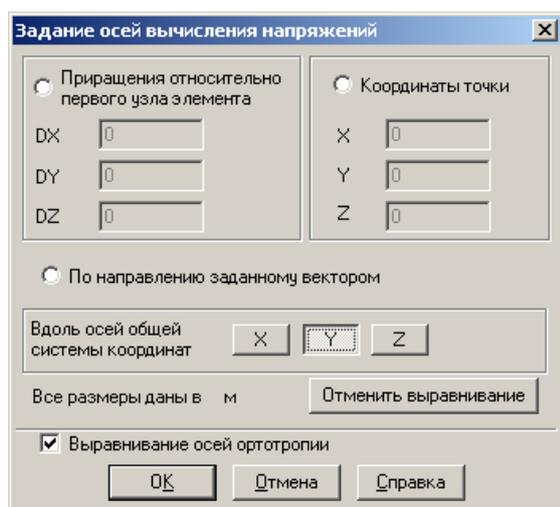


Рис.16. Диалоговое окно
Задание осей вычисления напряжений

Для выполнения операции следует в указанном диалоговом окне активизировать маркер **Выравнивание осей ортотропии** и назначить ось общей системы координат. После выхода из окна (кнопка **ОК**) выбрать на схеме необходимые элементы и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели. После выполнения указанной операции вдоль выбранной оси будут направлены оси ортотропии, соответствующие модулю упругости E_{x1} .

Расчет на прогрессирующее (лавинообразное) обрушение



Термин "прогрессирующее обрушение" относится к ситуации, когда разрушение или повреждение какой-либо малой части конструкции ведет к полному или почти полному разрушению всей конструкции. Поскольку невозможно полностью исключить вероятность возникновения аварийных воздействий или ситуаций, вызванных деятельностью человека (взрывы газа, теракты, пожары, наезды транспорта, дефекты проектирования, строительства и эксплуатации зданий, неквалифицированная их реконструкция с надстройкой, пристройкой, перепланировкой помещений, сопровождаемых ослаблением или перегрузкой несущих элементов и оснований) или природными явлениями (землетрясения, ураганы, оползни, неравномерные деформации оснований), необходимо обеспечить определенную степень безопасности находящихся в зданиях людей и сохранности их имущества за счет уменьшения вероятности прогрессирующего обрушения при локальных разрушениях несущих конструкций.

Предлагается три способа проектирования зданий, чтобы предупредить прогрессирующее обрушение: общее упрочнение всего здания, местное усиление и взаимосвязь элементов. В большинстве американских норм предпочтение отдается первому способу, при котором разрушение одного из элементов здания не приводит к разрушению всего строения. Местное усиление, т.е. упрочнение наиболее чувствительных мест, трудно поддается стандартизации для включения в нормы проектирования, т.к. для этого нужно четко представлять характер возможных воздействий на здание, в т.ч. террористических атак. Конструктивная взаимосвязь элементов или непрерывность конструкции, также является способом общего или местного упрочнения.

Одним из документов, определяющих правила проектирования для предотвращения прогрессирующего обрушения, являются Рекомендации [], разработанные МНИИТЭП и НИИЖБ, утвержденные и введенные в действие приказом Москомархитектуры в 2005 г.

Тезисно, в изложении этих Рекомендаций, проблема выглядит так:

1. Несущая система жилых зданий должна быть устойчива к прогрессирующему (цепному) обрушению в случае локального разрушения отдельных конструкций при аварийных воздействиях (взрыв бытового газа, пожар и т.п.)

2. Допускаются локальные разрушения отдельных несущих конструкций, но эти первичные разрушения не должны приводить к обрушению соседних конструкций, на которые передается нагрузка, воспринимавшаяся ранее элементами, поврежденными в результате аварийного воздействия.

3. Конструктивная система здания должна обеспечивать его прочность и устойчивость, как минимум на время, необходимое для эвакуации людей. Перемещения конструкций и раскрытие трещин в них не ограничивается.

4. Устойчивость к прогрессирующему обрушению проверяется расчетом на особое сочетание нагрузок и воздействий, включающее постоянные и временные длительные нагрузки, а также воздействие гипотетических локальных разрушений несущих конструкций. Коэффициенты надежности по нагрузкам следует принимать равными 1.

5. Расчетные характеристики материалов повышают за счет специальных коэффициентов надежности. Кроме того, расчетные сопротивления умножают на коэффициенты условий работы, учитывающие малую вероятность аварийных воздействий и рост прочности бетона после возведения здания, а также возможность работы арматуры за пределом текучести.

Реализованный в комплексе SCAD режим предназначен для моделирования поведения конструкции зданий и сооружений в случае аварийных воздействий, вызвавших локальные разрушения отдельных вертикальных несущих элементов. Основные расчетные предпосылки приняты в соответствии с указанными выше Рекомендациями.

При реализации данного режима авторами принималась во внимание очевидная условность исходных предпосылок, заключающаяся в следующем:

нет достоверной информации о месте и причине возникновения процесса и характере его протекания;

реальные параметры разрушения могут далеко отстоять от условий прочности, приведенных в нормах, т.к. известно, что расчетные значения параметров прочности могут существенно отличаться от наблюдаемых в натуре.

Кроме того, следует учесть, что „...невозможно запроектировать и построить сооружение абсолютно безопасным и при этом не учитывать стоимость предотвращения аварийных ситуаций...”, а также „...сооружения не могут быть совершенно свободными от риска обрушения из-за неопределенностей требований к системе, разброса технических свойств строительных материалов, трудностей адекватного моделирования поведения системы даже с использованием современных программных комплексов...” [...].

Таким образом, в результате численного моделирования можно получить качественную оценку характеристик устойчивости конструкции по отношению к прогрессирующему обрушению, а также сопоставить несколько возможных сценариев обрушения с целью выявления слабых мест конструкции.

В основу расчета на прогрессирующее обрушение положены следующие положения:

- в качестве исходной модели конструкции здания для расчета на прогрессирующее обрушение принимается модель, полученная по результатам прочностного анализа и последующего подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций и сечений элементов стальных конструкций;
- элементы расчетной схемы, моделирующие внезапно удаляемые элементы сооружения, объединяются в группы; количество элементов сооружения, одновременно вышедших из строя (обрушившихся), не ограничивается;
- расчет выполняется для комбинации загрузок, включающей постоянные нагрузки и длительные части временных нагрузок с коэффициентом 1;
- для учета внезапности удаления элементов конструкции и эффекта падения обрушившихся конструкций вводятся коэффициенты динамичности;
- проверка элементов железобетонных и стальных конструкций, входящих в состав расчетной схемы после внезапного удаления элементов, выполняется только с учетом первого предельного состояния;
- расчетные прочностные и деформационные характеристики материалов принимаются равными их нормативным значениям;

- поскольку в результате расчета на прогрессирующее обрушение чаще всего возникают большие перемещения, рекомендуется выполнять расчет в геометрически нелинейной постановке.

Подготовка данных и расчет

Расчет на прогрессирующее обрушение выполняется в два этапа. Первый этап включает следующие действия:

- статический и динамический (если это необходимо) расчеты с целью определения напряженно-деформированного состояния конструкции в нормальных условиях эксплуатации;
- определение расчетных сочетаний усилий (PCУ);
- подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций с учетом первого и второго (трещиностойкость) предельных состояний;
- проверка и подбор прокатных сечений элементов стальных конструкций.

Для выполнения второго этапа необходимы дополнительные данные, которые задаются в диалоговом окне **Прогрессирующее обрушение** (рис. 18). Окно появляется после активизации одноименной строки в разделе **Специальные исходные данные** дерева проекта. Дополнительные данные включают:

- список конечных элементов, входящих во внезапно удаляемый элемент конструкции;
- проверочную комбинацию нагрузжений, в которую входят постоянные нагрузки и длительная часть временных нагрузок с коэффициентом 1;
- группу нагрузок, определяющую вес обрушившихся конструкций;
- коэффициент перегрузки (динамичности) — K_f для корректировки реакции системы при внезапном удалении элемента конструкции;
- коэффициенты перегрузки — K_g для для корректировки реакции системы на обрушение вышедших из строя конструкций (по умолчанию принимается $K_g = K_f = 2$);
- значение интервала неопределенности.

Если выполняется нелинейный расчет, то следует назначить метод расчета и задать соответствующие методу параметры (количество шагов, количество итераций).

Окно **Прогрессирующее обрушение** будет доступно только в том случае, если в составе исходных данных есть группы элементов (из предположения, что среди этих групп есть такие, которые содержат списки внезапно удаляемых элементов), а также комбинации нагрузжений (из предположения, что среди этих комбинаций есть такая, которая включает необходимый набор постоянных и длительных нагрузок, на действие которых выполняется проверка поврежденной конструкции).

Активизация расчета на прогрессирующее обрушение выполняется из одноименного раздела группы **Расчет** дерева проектов. Если в окне **Прогрессирующее обрушение** активен маркер **Выполнить расчет с учетом геометрической нелинейности**, то автоматически будет выполнен указанный вид расчета.

В программе принят следующий порядок выполнения расчета:

- ↪ определяются реакции в узлах вышедших из строя элементов, примыкающих к остальной части схемы, от проверочной комбинации нагрузок;
- ↪ полученные значения реакций добавляются в расчетную комбинацию с коэффициентом K_f ;
- ↪ в проверочную комбинацию добавляется группа нагрузок от веса обрушившихся конструкций с коэффициентом K_g ;
- ↪ формируется новая расчетная схема, в которой разрушенные элементы будут неактивны;

- ↪ выполняется расчет полученной схемы на проверочную комбинацию; формируются расчетные сочетания усилий;
- ↪ выполняется экспертиза несущей способности элементов стальных и железобетонных конструкций.

Анализ результатов

Результаты расчета на прогрессирующее обрушение отображаются в графической форме в двух и трехцветной цветовой шкале. Управление отображением расположено в разделе

Прогрессирующее обрушение  инструментальной панели **Постпроцессоры** (рис. 17).

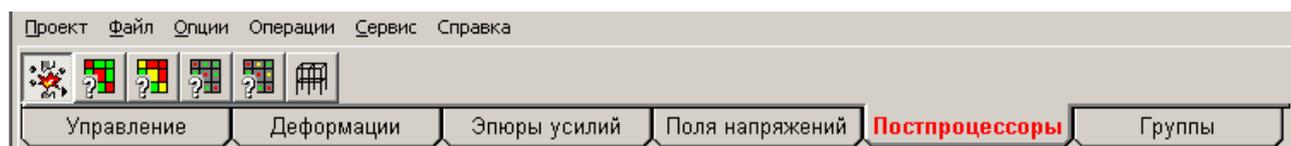


Рис. 17. Раздел **Прогрессирующее разрушение** инструментальной панели

В двухцветовой шкале элементы разделяются по цвету на работающие, у которых значение максимального по величине коэффициента использования ограничений K_{\max} меньше единицы, и вышедшие из строя ($K_{\max} \geq 1$). В трехцветной шкале третий цвет используется для указания элементов, попавших в интервал неопределенности, т.е. таких, которые, по мнению расчетчика, с одинаковой вероятностью могут быть отнесены и к вышедшим из строя, и к работающим. Значение интервала неопределенности (в % от K_{\max}) назначается пользователем.

Заметим, что найденные неработающие элементы это те, которые отказали на первом же шаге процесса лавинообразного распространения обрушений. Если их включить в список конечных элементов, входящих во внезапно удаляемый элемент конструкции и определить, куда передается нагрузка с этих элементов после их разрушения, то можно получить картину разрушений на втором шаге и т.д. Однако, чаще потребуется выполнить усиление элементов (может быть не всех), попавших в неработающие по результатам первого шага, и повторить расчет уже для усиленной конструкции. Усиливаемые элементы следует объединять в соответствующие группы армирования.

Задание первоначального армирования

При подборе арматуры по результатам прочностного анализа в сечениях элементов преобладает арматура определенного положения. Так, например, в пролетах чаще всего необходима только нижняя арматура, а на опорах — верхняя. В результате разрушения части несущих конструкций характер напряженно-деформированного состояния элемента может измениться. Приопорные сечения балки, примыкающие к вышедшей из строя колонне, становятся пролетными, со всеми вытекающими отсюда последствиями. В этом случае актуальным может оказаться задание некоего первоначального армирования, меньше которого в сечении быть не должно. Если при подборе арматуры окажется, что первоначального армирования недостаточно, то к нему будет добавлена необходимая арматура. В противном случае в сечении останется заданное первоначальное армирование.

Армирование задается значением площади арматуры для каждого вида арматуры (продольная — нижняя, верхняя, боковая; поперечная — вдоль различных граней сечения), для каждого сечения или ряда сечений стержневых элементов или для каждого пластинчатого элемента. Первоначальное армирование всегда одинаковое для всех элементов, входящих в одну группу армирования.

Данные вводятся на странице **Минимальное армирование** диалогового окна **Армирование** (рис. 19).

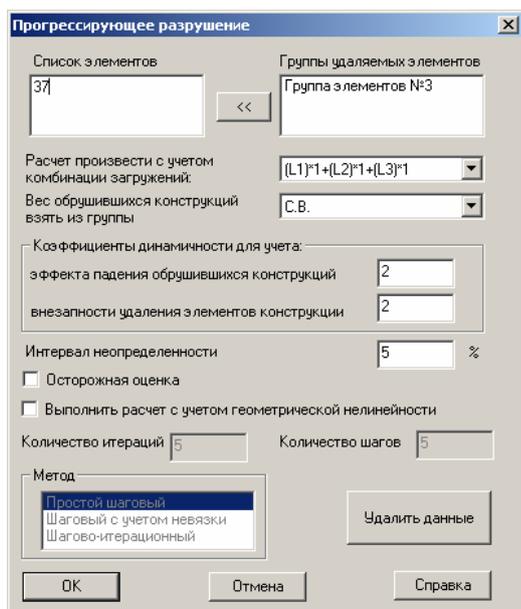


Рис. 18. Диалоговое окно Прогрессирующее обрушение

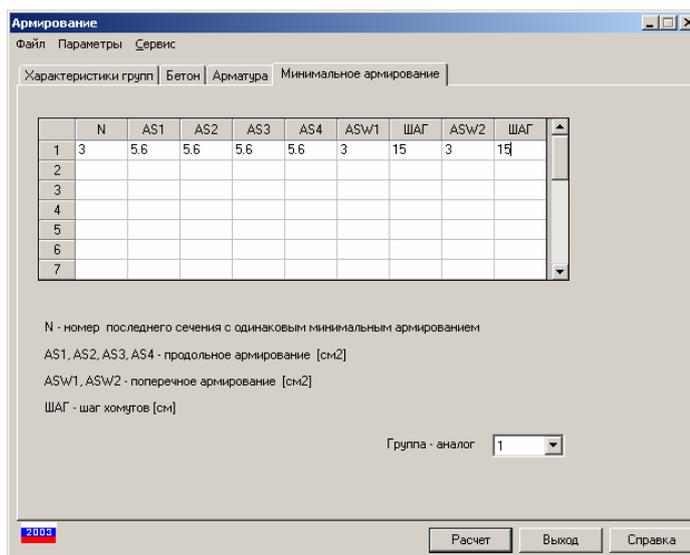


Рис.19. Страница Минимальное армирование

Связь с программой КРОСС



Определение коэффициентов постели под плитой фундамента выполняется программой КРОСС на основе данных геологических изысканий, представленных в виде характеристик скважин. Исходные данные для расчета включают информацию о площадке строительства, которая содежит габариты площадки, положение скважин и их характеристики, положение и геометрию существующих на площадке зданий и сооружений, а также другие данные, предусмотренные в программе КРОСС []. Эта информация может быть подготовлена заранее в программе КРОСС и записана в виде файла с расширением CRS. В дальнейшем при каждом обращении к программе КРОСС можно использовать эту информацию путем вызова нужного файла.

Для определеления коэффициентов постели чаще всего необходимо выполнить несколько итераций, используя для каждой следующей итерации значения давления на грунт под плитой фундамента, полученные на предыдущем шаге. В качестве давления на грунт используется величина R_z — реакция грунта. При выполнении первого расчета коэффициенты постели (чаще всего одинаковые для всех элементов плиты) назначаются пользователем. Для связи с программой КРОСС следует выполнить следующие действия:

- подготовить в программе КРОСС данные по площадке строительства и сохранить их в файле с расширением CRS;
- выделить фрагмент расчетной схемы, для которого назначаются коэффициенты постели;
- отметить входящие во фрагмент пластинчатые элементы;
- нажать кнопку **Расчет коэффициентов упругого основания** в инструментальной панели **Назначение**;
- если программа определит, что среди результатов расчета есть значения R_z , то выставляется запрос об использовании этих значений в качестве давления на грунт (рис. 20);
- в случае положительного ответа на запрос появляется диалоговое окно **Выбор загрузки** (рис. 21), в выпадающем списке которого следует выбрать номер загрузки или комбинации загрузки определяющей R_z ;

- ↪ в информационном окне (рис. 22) ответить утвердительно на запрос о загрузке существующей площадки, после чего в стандартном окне **Open (Открыть)** среды Windows выбрать файл с расширением CRS, с информацией о площадке.

После выполнения последнего действия загружается программа КРОСС с подготовленной ранее площадкой.

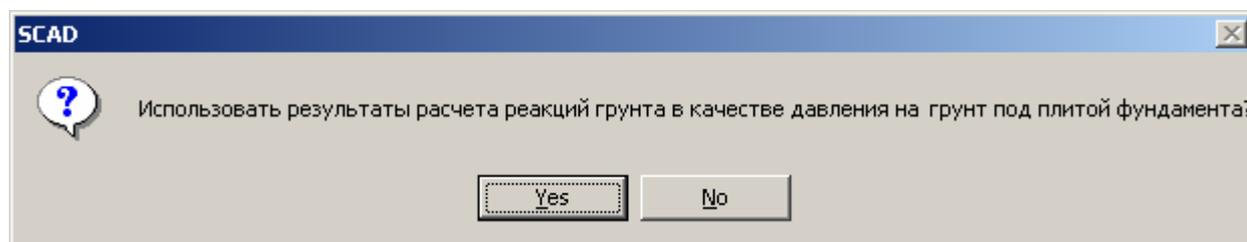


Рис. 20. Окно сообщений

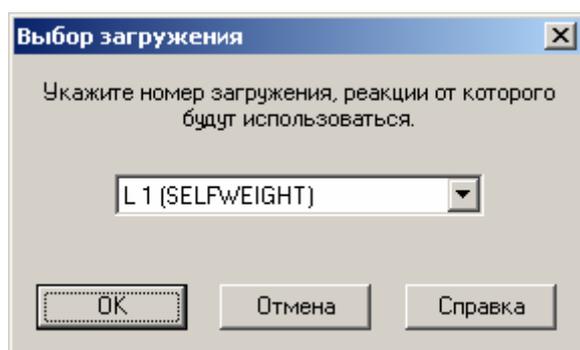


Рис. 21. Диалоговое окно **Выбор загрузки**

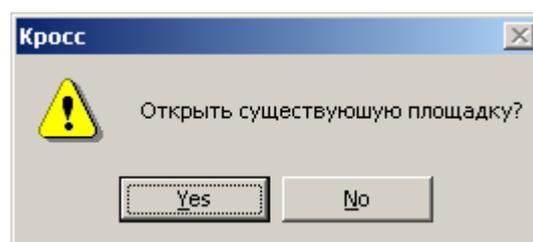


Рис. 22. Окно сообщений

В начальном состоянии фрагмент расчетной схемы (фундаментная плита), для которого определяются коэффициенты постели, размещается в левом нижнем углу площадки (рис. 23), а его контур, отмеченный курсором в виде пересечения стрелок, может перемещаться вслед за движением мыши. После перемещения контура в нужное положение следует нажать левую кнопку мыши, в результате чего положение плиты будет зафиксировано в габаритах площадки (рис. 24).

Следует помнить, что фрагмент расчетной схемы не может располагаться вне габаритов площадки или пересекать линии, ограничивающие эти габариты, кроме того, фрагмент не может пересекать контуры других фундаментов, ранее размещенных на площадке. При размещении плиты в габаритах площадки достаточно выдерживать точность позиционирования измеряемую несколькими метрами, что практически не влияет на результаты расчета.

Если существующий и рассчитываемый фундаменты находятся достаточно близко, то точность позиционирования должна быть выше.

При первом расчете давление на грунт (нагрузка) и отметка подошвы задаются пользователем по правилам, описанным в руководстве к программе КРОСС. После получения значения R_z на каждом следующем шаге итерации задается только отметка подошвы (дополнительная нагрузка может задаваться, если это необходимо).

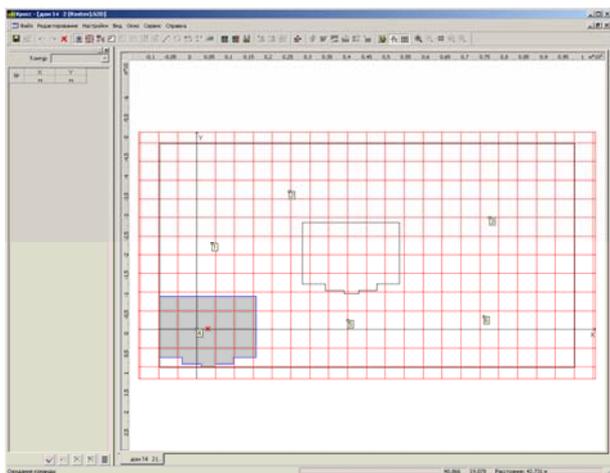


Рис. 23. Начальное положение фундаментной плиты после ее загрузки в программу КРОСС

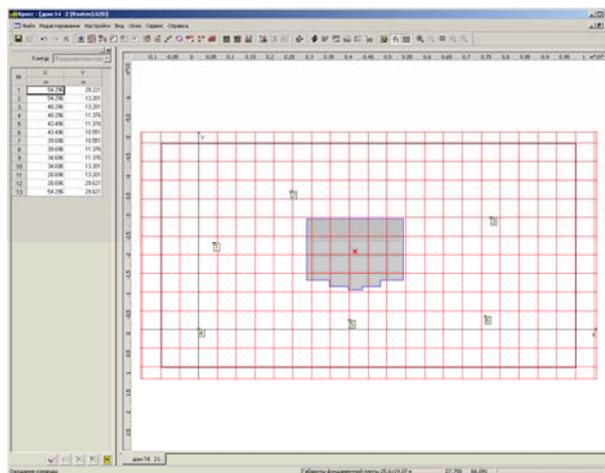


Рис. 24. Окончательное положение фундаментной плиты после фиксации

В качестве сравнительной оценки полученного на текущем шаге решения с решением на предыдущем шаге можно рассматривать вертикальные перемещения узлов плиты. Решение о прекращении итерационного процесса и принятии полученных коэффициентов постели в качестве расчетных принимает пользователь в зависимости от характера решаемой задачи.

Выбор расчетных сочетаний усилий (новые)

Предыдущая реализация режима выбора расчетных сочетаний усилий имела ряд особенностей, которые накладывали ограничения на логические связи между загрузками, т.е. на возможность моделирования отношений объединения, взаимоисключения и сопутствия между ними. Кроме того, классификация загрузок, принятая в программе, не совсем соответствовала классификации в нормах, в частности СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».

Учитывая, что для решения многих задач предыдущая реализация дает корректные результаты, авторами было решено оставить выбор режима формирования РСУ за пользователем. Поскольку другого названия для описываемой реализации найти не удалось, она идентифицируется как «новая».

Основные положения

Нагрузки, действующие на рассчитываемый объект, объединяются в загрузки, которые могут принадлежать в зависимости от продолжительности действия нагрузок к одному из следующих типов (согласно классификации СНиП): постоянные, длительные, кратковременные и особые. В модуле формирования РСУ в отдельный тип загрузки для удобства описания выделены крановые нагрузки, хотя в нормах они относятся к кратковременным.

Для корректного учета коэффициента надежности по нагрузке для каждого типа загрузок предусмотрены соответствующие нормам списки видов нагрузки, например для постоянных нагрузок (вес конструкций и грунтов) используются данные таблицы 1, для длительных — таблиц 2 и 3 и т.д. В тех случаях, когда коэффициент надежности по нагрузке не определяется однозначно, его должен задать пользователь.

При решении вопроса принадлежности нагрузки одного типа конкретному загрузке следуют учитывать, что загрузка характеризуется коэффициентом надежности по нагрузке, долей длительности и одновременностью действия входящих в него нагрузок. Это означает, что в рамках одного загрузке корректно объединять нагрузки у которых совпадают первые две характеристики и которые всегда действуют одновременно.

Наряду с загрузками в выборе расчетных сочетаний нагрузок могут участвовать и комбинации загрузок. Каждая созданная комбинация автоматически попадает в список

загружений. Очевидно, что тип загрузки и вид нагрузки для комбинации назначает пользователь.

Предусмотрена возможность объявить загрузку «неактивной», т.е. не участвующим в выборе РСУ. В исходном состоянии таблиц РСУ всем загрузкам и комбинациям присваивается тип «неактивное».

Подготовка данных

Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (рис.25) включает следующие элементы управления:

- таблицу с характеристиками загружений;
- группу кнопок **Параметры**, для вызова диалоговых окон, в которых задаются характеристики групп элементов;
- группу кнопок **Связи загружений**, для вызова диалоговых окон, в которых описываются связи между загрузками;
- кнопка **Деактивировать загрузку**, для блокировки загрузки (временного исключения из списка загружений);
- выпадающий список, для задания шага (угла) просмотра напряжений в пластинах;
- кнопки управления окном.

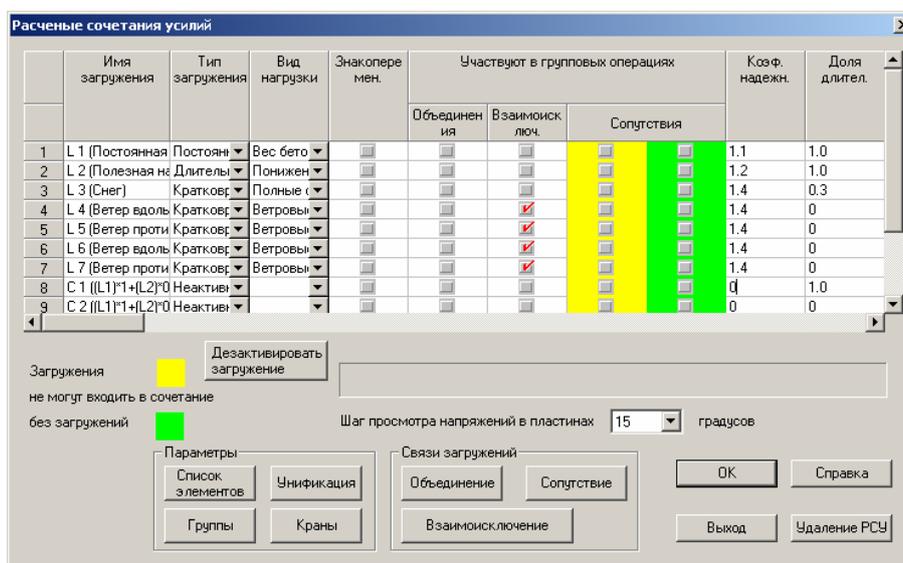


Рис. 25. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий**

Таблица с характеристиками загружений включает следующие графы:

- **Имя загрузки** — в этой графе указывается номер загрузки (номеру предшествует идентификатор L — loading), за которым следует имя загрузки, а также номер комбинации (номеру предшествует идентификатор C — combination), за которым следует формула комбинации;
- **Тип загрузки** — список предусмотренных нормами типов загружений или неактивное загрузку (в последнем случае загрузка не участвует в формировании РСУ);
- **Вид нагрузки** — в графе из списка выбирается вид нагрузки, в соответствии с установленным в предыдущей графе типом;
- **Знакопеременность** — это свойство нагрузки (чаще всего динамической) назначается путем активизации маркера в одноименной графе таблицы;
- Группа граф, объединенных под общим наименованием **Участвуют в групповых операциях:**, включает графы:

- **Объединения** — маркерами, установленными в этой графе, отмечаются загрузки и комбинации, которые в процессе формирования РСУ могут выступать как:
 - а) совместно действующие;
 - б) независимые, но при одновременном действии, выступающие как одна нагрузка (п. 1.13 СНИП 2.01.07-85).
 При этом наличие маркера в строке загрузки говорит только о том, что загрузка участвует в операции объединения. Конкретные „партнеры” указываются в таблице диалогового окна Одновременно действующие загрузки (рис. 26). В этом окне работа маркеров строиться по схеме двух щелчков. Первым щелчком („птичкой”) отмечаются загрузки, которые относятся к виду а), а вторым (крестиком) — к виду б).
- **Взаимоисключения** — маркеры этой графы отмечают загрузки, которые не могут входить в одно сочетание. Аналогично предыдущей графе активные маркеры этой графы указывают только на факт участия загрузки в операциях взаимного исключения, а само назначение групп таких загрузок выполняется в диалоговом окне, показанном на рисунке 27.
- **Сопутствия** — эта графа предназначена для описания операций сопутствия, т.е. такой связи между загрузками, при которой некоторые загрузки (назовем их вида ”s”) не могут попасть в сочетание без других загрузок (вида “m”), помеченных как сопутствующие. Например, загрузки, включающие нагрузки от сейсмического воздействия, не могут попасть в сочетание без загрузок, нагрузки которых использовались при назначении масс (собственный вес, стационарное оборудование и т.п.). В то же время, загрузки вида “m” могут самостоятельно входить в сочетания. Графа разделена на два столбца, отмеченных соответственно желтым и зеленым цветами. Маркеры “желтого” столбца используются для отметки загрузок вида “s”, а “зеленого” — вида “m”. Аналогично предыдущим графам этой группы активные маркеры указывают на участие загрузки в операциях сопутствия. При этом загрузка не может быть одновременно отмечена в желтом и зеленом столбцах, т.е. должно иметь определенный статус (рис. 28). Отношения сопутствия задаются в диалоговом окне **Сопутствующие загрузки**. В строках записываются загрузки вида “s” (они помечены желтым цветом), в столбцах — загрузки типа “m” (помечены зеленым цветом). В случае, если загрузка в некоторых операциях сопутствия должно относиться к типу “s”, а в других — к типу “m”, его следует продублировать (сделав основное загрузка и дубль взаимноисключающими).

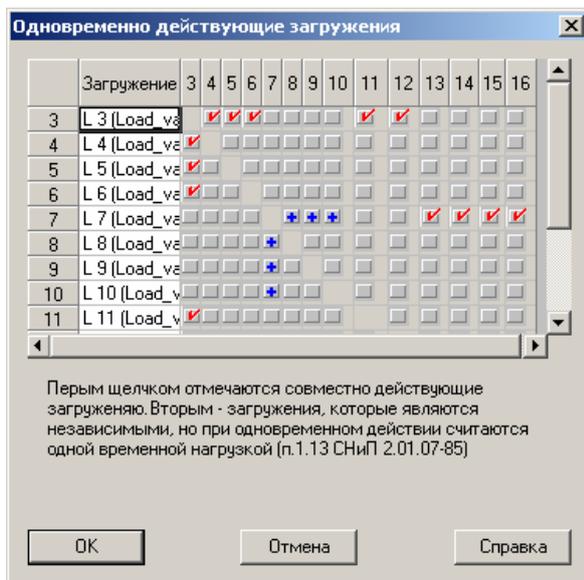


Рис. 26. Диалоговое окно
Одновременно действующие загрузки

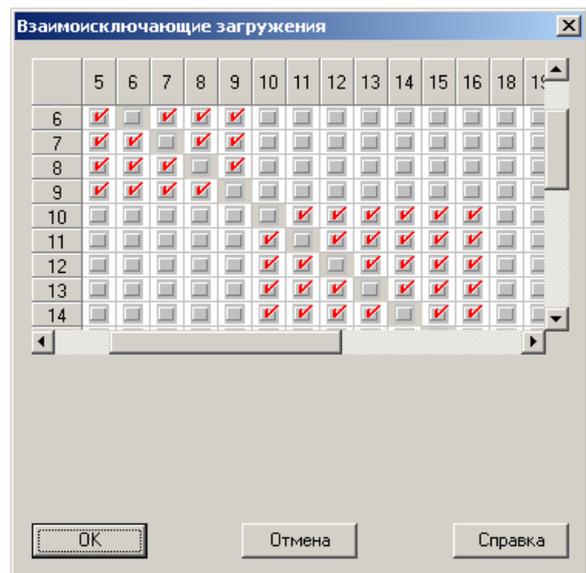


Рис. 27. Диалоговое окно
Взаимоисключающие загрузки

- **Коэффициент надежности по нагрузке** — значение этого коэффициента (γ_f) автоматически выставляется в соответствующей графе в зависимости от типа загрузки и вида нагрузки и при необходимости может быть изменено пользователем. В тех случаях, когда это значение однозначно не определено нормами, в графе выставляется знак вопроса, который необходимо заменить на конкретное число. Коэффициент используется для перехода от расчетных к нормативным значениям нагрузок при расчете элементов железобетонных конструкций по второму предельному состоянию. Очевидно, что в загрузении при задании расчетных нагрузок должен был использоваться коэффициент с тем же значением. Кроме того, в одном загрузении не должно быть нагрузок, имеющих разные значения коэффициента, например, вес элементов железобетонных конструкций ($\gamma_f = 1,1$) не может попасть в одно загрузение с весом выравнивающих слоев перекрытий ($\gamma_f = 1,3$).
- **Доля длительности** — в этой графе задается коэффициент длительной части для временных и кратковременных нагрузок. Значение коэффициента выставляется автоматически в зависимости от типа загрузки и вида нагрузки и может быть изменено пользователем.
- **Дополнительные коэффициенты надежности по нагрузке** — вслед за графой со значением коэффициента длительной части расположены 14 граф, в которых задаются дополнительные значения коэффициентов надежности по нагрузке. Если воспользоваться этими графами, то при условии равенства коэффициента длительной части, в рамках одного загрузения можно объединять группы элементов с разными значениями γ_f . Доступ к графам осуществляется через горизонтальные полосы прокрутки. Ссылки на списки элементов (группы) и графы со значениями коэффициентов, соответствующие каждой группе, задаются в диалоговом окне **Группы РСУ** (рис. 29). В этом же окне расположен список категорий сейсмического воздействия, который используется при расчете объектов атомной энергетики (в этом случае устиваивается соответствие между конкретной группой элементов, значением коэффициента надежности по нагрузке и категорией сейсмического воздействия).

Операции задания списков элементов и назначения групп унификации аналогичны предыдущей реализации режима формирования РСУ и описаны в соответствующих разделах руководства пользователя.

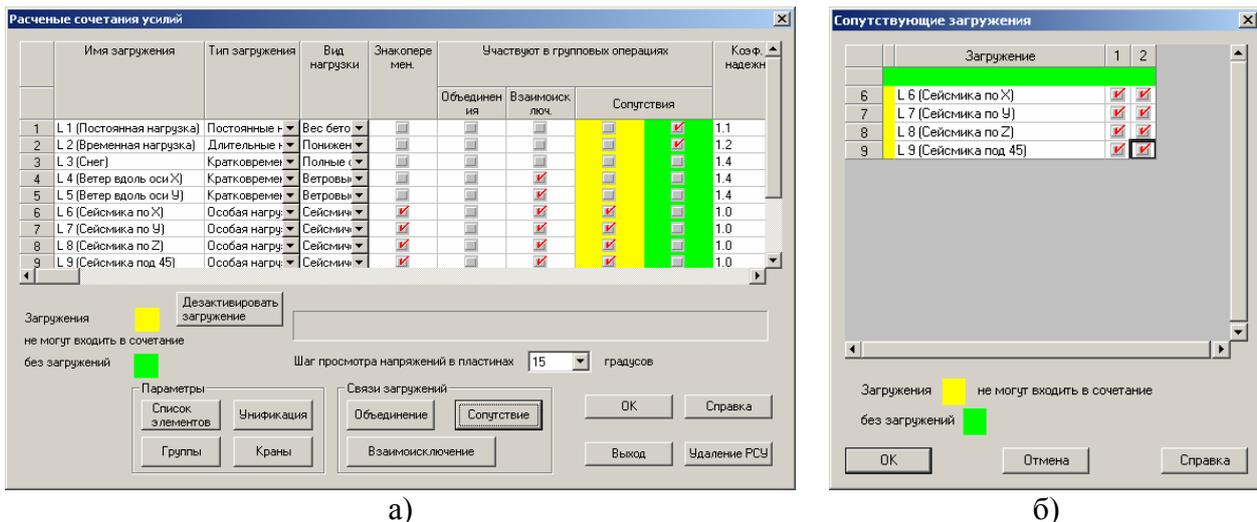


Рис. 28. Диалоговое окно **Расчетные сочетания усилий** (а) и соответствующее ему окно **Сопутствующие загрузки** (б)

Учет пульсационной составляющей ветровой нагрузки

В «новой» версии модуля формирования РСУ отсутствует такой тип загрузки, как «статическое ветровое нагружение при наличии пульсации ветра». Загрузки этого типа не участвовали в формировании РСУ, т.к. статическая составляющая учитывалась совместно с пульсационной. В описываемой реализации вопрос включения или исключения из РСУ статической и пульсационной составляющих решается автоматически.

Крановые нагрузки

Учитывая особенности задания крановых нагрузок, они выделены в самостоятельный тип загрузок и им соответствует «собственный» список видов нагрузки, который включает:

- Пониженные вертикальные нагрузки от мостовых и подвесных кранов;
- Полные вертикальные нагрузки от мостовых и подвесных кранов;
- Торможение вдоль кранового пути;
- Торможение «слева» груз «слева»;
- Торможение «слева» груз «справа»;
- Торможение груз «справа»;
- Торможение «справа» груз «слева»;
- Сейсмическая нагрузка от крана.

Важной информацией является указание на номер крана, к которому относится тот или иной вид нагрузки. При этом следует различать два принципиально важных случая:

- а) на конструкции действительно работают разные краны (реально различные краны);
- б) имеются различные позиции расположения крана или его крановой тележки (виртуально различные краны).

В первом случае разные краны могут действовать одновременно, хотя могут иметь место ограничения на их взаимное положение, которые определяются задаваемыми условиями взаимоисключения, во втором случае все варианты нагрузок от виртуально разных кранов являются взаимоисключающими, что должно быть явно указано. При этом в условиях взаимоисключения достаточно указать любую пару видов нагрузки, все другие окажутся взаимоисключающими автоматически.

Имея информацию о видах крановой нагрузки, а также зная номер крана к которому относится та или иная нагрузка, программа может учесть следующие логические особенности взаимодействия:

- все вертикальные нагрузки, относящиеся к одному и тому же крану, являются взаимоисключающими (они относятся к разным позициям моста крана и крановой тележки);
- выполняются ограничения по количеству одновременно учитываемых кранов и по коэффициенту их сочетаний по п.4.14 СНиП 2.01.07-85*;
- горизонтальная крановая нагрузка не может возникнуть без вертикального давления;
- тормозные нагрузки разного типа являются взаимоисключающими;
- сейсмическая нагрузка от крана не может действовать совместно с тормозными силами;
- при подсчете числа одновременно действующих временных нагрузок все компоненты крановой нагрузки одного и того же крана засчитываются как одна временная нагрузка (см. п. 1.13 СНиП 2.01.07-85*).

Дополнительная информация, необходимая для формирования РСУ с учетом крановых нагрузок, задается в диалоговом окне **Крановые нагрузки** (рис. 30). Здесь при задании информации о тормозных нагрузках необходимо следить за правильностью ссылок на виртуальные номера кранов, чтобы обеспечить правильное задание положения груза.

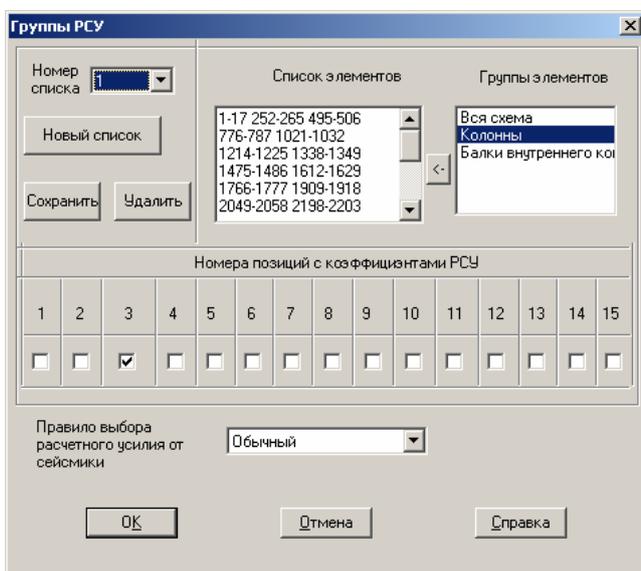


Рис. 29. Диалоговое окно
Группы РСУ

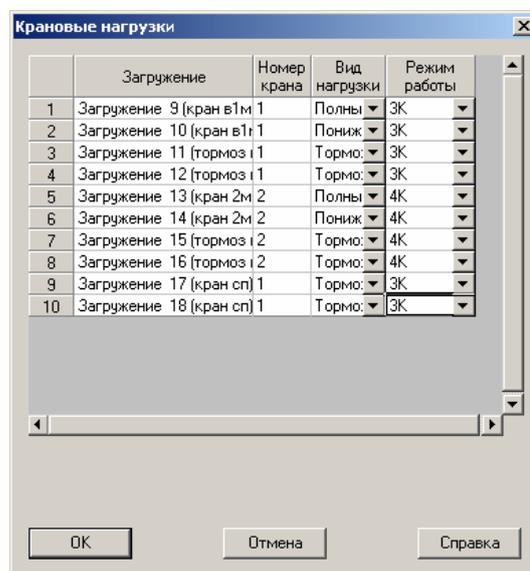


Рис. 30. Диалоговое окно
Крановые нагрузки

Подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций

В вычислительном комплексе SCAD версии 11.1 реализован подбор арматуры в элементах железобетонных конструкций в соответствии с рекомендациями СНиП 52-01-2003 и Свода правил 52-101-2003.

Настройка программы на работу с необходимыми нормативными документами выполняется в диалоговом окне **Параметры настройки** (рис.), которое вызывается из раздела меню **Параметры** диалогового окна **Армирование**. Выбор норм осуществляется активизацией соответствующего маркера.

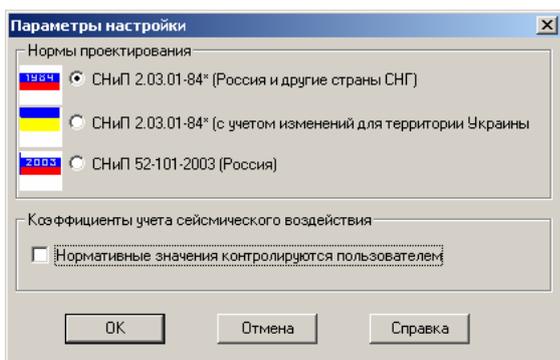


Рис. Диалоговое окно
Параметры настройки

Для совместимости с предыдущими версиями вычислительного комплекса в программе сохранены типы модулей армирования, принятые в ранних версиях. К ним относятся стержни «2D» (учитываются силовые факторы, действующие в одной силовой плоскости), стержни «3D» (учитываются силовые факторы, действующие в двух силовых плоскостях), **Оболочка** (плита), **Балка-стенка**. Для всех типов модулей армирование предусмотрен подбор арматуры по первому и второму предельным состояниям.

Подготовка исходных данных и анализ результатов расчете выполняются по тем же правилам, что и в предыдущих версиях.

При выборе в качестве нормативного документа СНиП 52-01-2003 характеристики материалов (бетон, арматура) их характеристики и сортамент соответствуют приведенным в СНиП.

В процессе подбора арматуры использованы положения СНиП и СП, относящиеся к нелинейной деформационной модели работы железобетонна. Исключение составляет проверка сечений стержней «2D» по прочности, которая выполняется по упрощенной модели (п.п. 6.2.5 – 6.2.17, 6.2.19 – 6.2.20).

Кроме рекомендаций СНиП и СП при анализе поперечного армирования использованы материалы, приведенные в Пособии к СП 52-101-2003 (п.п. 3.29-3.35, 3.50 («2D»), 3.52, 3.71, 4.28).

В процессе подбора арматуры выполняются следующие основные проверки сечений (в скобках указан пункт СП 52-101-2003);

- Деформация бетона в нормальном сечении (п. 6.2.25);
- Деформация арматуры в нормальном сечении (п. 6.2.25);
- Деформация растянутого бетона в нормальном сечении (п. 6.2.30);
- Прочность наклонной бетонной полосы по Q_z (п.6.2.33);
- Прочность наклонной бетонной полосы по Q_y (п.6.2.33);
- Прочность наклонного сечения по поперечной силе Q_z (п.6.2.34);
- Прочность наклонного сечения по поперечной силе Q_y (п.6.2.34);
- Прочность наклонного сечения по моменту M_z (п.6.2.35);
- Прочность наклонного сечения по моменту M_y (п.6.2.35);
- Прочность на кручение по бетону (п.6.2.37);
- Прочность на кручение по арматуре (п.6.2.38);
- Прочность при совместном действии изгиба и кручения (п.6.2.40);
- Прочность при совместном действии поперечной силы и кручения (п.6.2.40);
- Непродолжительная ширина раскрытия трещин (п.7.2.3);
- Продолжительная ширина раскрытия трещин (п.7.2.3);

Подбор арматуры в элементах оболочки, плиты и балки-стенки выполняется аналогично предыдущим версиям.

Расчет на динамические воздействия и анализ устойчивости после нелинейного расчета

При нелинейном анализе отсутствует возможность определить собственные частоты и соответствующие им формы собственных колебаний или же определить критическую в Эйлеровом смысле интенсивность нагрузки, поскольку такие результаты могут быть связаны только с решением линейных задач. Однако можно слегка видоизменить проблему и отыскивать решение задачи линеаризованной в окрестности какого либо нелинейного

решения (например, исследовать малые колебания около смещенного положения равновесия).

Линеаризованная задача обладает матрицей жесткости, которая равна мгновенной матрице жесткости нелинейной системы. Заметим, что корректность линеаризации программа не проверяет. Это означает, например, что при решении динамической задачи пользователь сам должен решить, будут ли динамические возмущения настолько малыми, что оставят систему в окрестности найденного нелинейного решения и при максимальном динамическом отклонении от статического положения равновесия матрица жесткости изменится незначительно.

Если же решается задача устойчивости, то это значит, что фиксируются все соотношения между продольными силами, найденные в нелинейном решении и в такой пропорции они увеличиваются до тех пор, пока не произойдет бифуркация, что и определит коэффициент запаса устойчивости. Такая схема поведения внутренних сил характерна далеко не для всех случаев, для многих из нелинейных систем необходимо считаться с тем, что соотношения между внутренними силами в системе меняются с ростом интенсивности нагружения. Поэтому и здесь целесообразна проверка путем решения нелинейной задачи до уровня критической интенсивности нагрузки и сопоставление картины продольных сил.

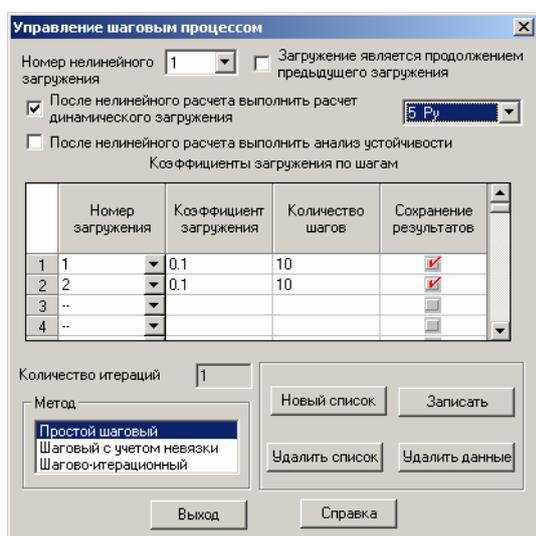


Рис. 32. Диалоговое окно Управление шаговым процессом

Для указанных случаев в нелинейном процессоре предусмотрена возможность выполнить после нелинейного статического расчета динамический расчет для какого-либо динамического нагружения и/или провести анализ устойчивости равновесия полученного нелинейного решения. Задание формируется в окне **Управление шаговым процессом** (рис. 32) путем активизации соответствующего маркера.

Если речь идет о динамическом расчете, то дополнительно следует выбрать в выпадающем списке номер того динамического нагружения, которое будет действовать на систему, находящуюся под действием тех статических нагрузок, для которых выполнен нелинейный расчет.

Анализ устойчивости при совместном действии нагружений

Классическая теория устойчивости равновесия, излагаемая в большинстве курсов строительной механики и обычно используемая при расчете строительных конструкций, предполагает (к сожалению, чаще всего молчаливо), что все внутренние силы возрастают пропорционально одному параметру, а соотношение между ними при этом остается неизменным.

Но даже для линейных систем полученный классическим способом коэффициент запаса устойчивости может не иметь четкого физического смысла. Действительно, представим себе конструкцию с элементами, сильно сжатыми за счет постоянной нагрузки G_0 от собственного веса, и в дополнение нагруженными временной нагрузкой P_0 (рис. 33).

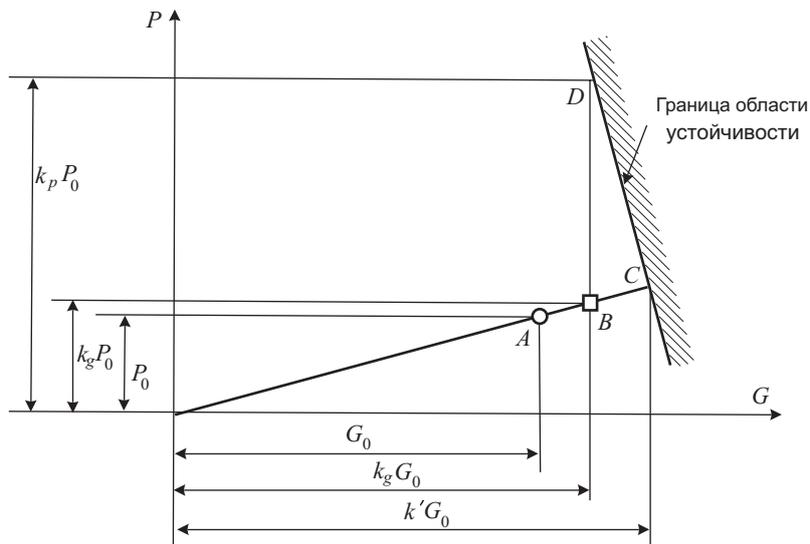


Рис. 33. Непропорциональный рост нагрузок

Коэффициент запаса $k' = 1,25$ для суммарной нагрузки соответствует явно нереальному росту собственного веса на 25%. Если же выделить возможный рост собственного веса, например, на 10% (то есть положить $k_g = 1,1$), то для достижения критического состояния временная нагрузка должна вырасти намного больше. Естественно, что при таком рассуждении, графическая иллюстрация которого представлена на рис. 1.14, довольно скромный коэффициент запаса 1,25 предстает совсем в другом свете ($k_p > 1,25$). Результат, разумеется, будет сильно зависеть от вида границы области устойчивости и при другой ее конфигурации все коэффициенты запаса могут оказаться такими, что значение $k_p P_0$ будет существенно меньше. Но важно отметить сам факт недостаточной точности анализа системы с привычной трактовкой коэффициента запаса по устойчивости.

Для учета указанных эффектов разработана операция проверки устойчивости, при выполнении которой считается возрастающим одно загрузение или комбинация загрузений и этот рост происходит на фоне стабильных загрузений или комбинаций.

Задание соответствующих условий происходит в диалоговом окне **Проверка общей устойчивости системы** (рис. 34). При выборе операции **Проверка устойчивости при совместном действии загрузений** появляются два списка — **Список загрузений (комбинаций)**, из которого выбирается анализируемое загрузение или комбинация, и список, из которого выбирается стабильное загрузение или комбинация.

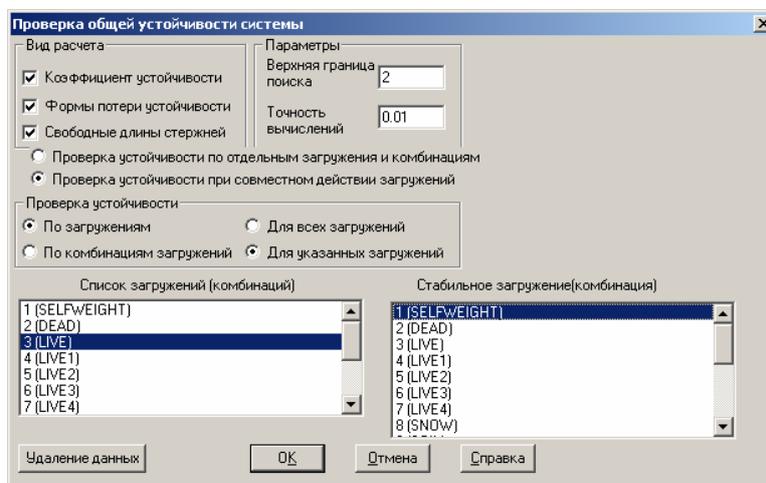


Рис. 34. Диалоговое окно Проверка общей устойчивости системы

Фильтры отображения

В настройках фильтров отображений появилась страница **Специальные КЭ** (рис. 35). На странице находятся маркеры различных видов специальных элементов, активизация или сброс которых позволяет отображать на экране только необходимые типы элементов. Для связей конечной жесткости дополнительно предусмотрены маркеры выбора направления СВЯЗИ.

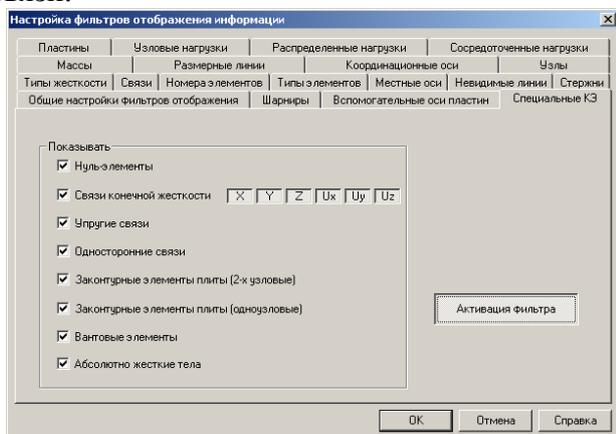


Рис. 35. Страница фильтров **Специальные КЭ**

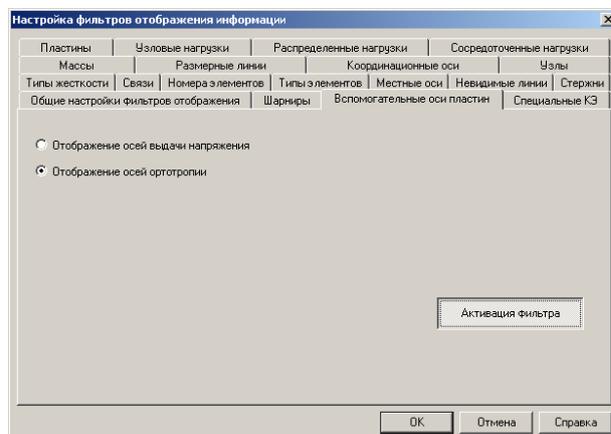
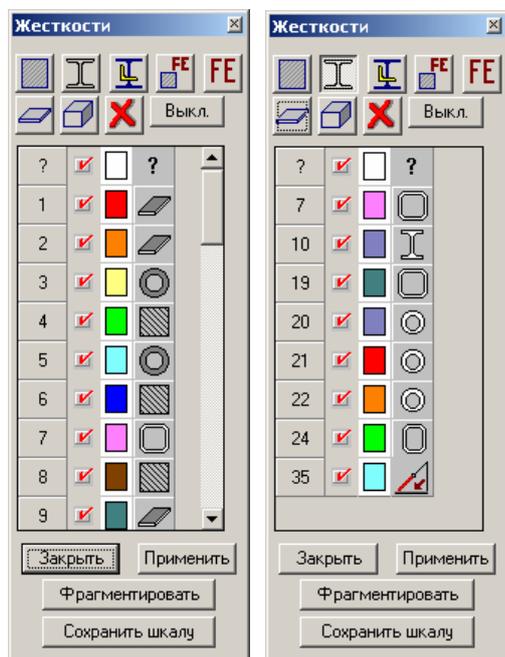


Рис.36. Страница фильтров отображения **Вспомогательные оси пластин**

Отображение осей ортотропии выполняется после активизации одноименного маркера на странице фильтров **Вспомогательные оси пластин** (рис. 36).

Цветовая индикация жесткостей



а) б)

Рис. 37. Цветовая шкала **Жесткости**

Кнопка **Сброс** —  восстанавливает исходное состояние кнопок управления, т.е. отключает все нажатые кнопки. Кнопка **Вкл/Выкл** —  управляет маркерами типов жесткостей.

Для отображения цветом на схеме выбранной комбинации кнопок следует нажать кнопку **Применить**, а для получения фрагмента — **Фрагментировать**.

Окно цветовой индикации жесткостей элементов включает ряд кнопок управления для активизации индикации в зависимости от типа или сечения элементов (рис. 37 а). Эти кнопки являются дополнительными фильтрами, позволяющими выделить на схеме элементы с определенными свойствами. Верхний ряд кнопок —  управляет отображением цветом стержневых элементов, локализуя их по способу описания жесткостных характеристик, например, только сечения из стального проката (рис. 37 б). Во втором ряду находятся кнопки для индикации пластинчатых и объемных элементов — .

Допускается использование кнопок в любой комбинации.

Информация об элементе

Для контроля значений коэффициентов постели в диалоговом окне **Информация об элементе** установлена кнопка **Коэффициенты постели**, после нажатия которой появляется диалоговое окно **Назначение коэффициентов упругого основания** (рис. 3, 4). Чтобы изменить коэффициент, связанный с конкретным элементом, следует задать его новое значение и выйти из окна нажатием кнопки **ОК**.

Определение расстояния между узлами

Назначение значений координат одного узла другому узлу выполняется с помощью набора кнопок, установленных между полями отображения координат узлов диалогового окна **Расстояние между узлами** (рис. 38).



Рис. 38. Диалоговое окно **Расстояние между узлами**

Переносить координаты можно только между значениями одного направления. В противном случае следует воспользоваться вводом с клавиатуры. Для выполнения операции следует нажать кнопку, установленную около поля ввода изменяемых координат, и после дублирования значения в поле другого узла нажать кнопку **Применить**. Результаты присвоения отображаются на расчетной схеме.

Для отмены операции используется кнопка **Отменить перенос**.

Собственный вес элементов конструкции

В программе реализован автоматический учет нагрузок от собственного веса элементов после изменения их сечений (толщин) и материала. Для задания нагрузок от собственного веса достаточно один раз нажать кнопку **Собственный вес** в инструментальной панели **Загрузки** и записать созданное загрузку, после чего программа будет автоматически отслеживать все изменения в расчетной модели, приводящие к изменению нагрузок от собственного веса. Кроме того, при назначении нагрузок предусмотрена возможность задания коэффициента, на который автоматически умножаются их значения при включении в загрузку (рис. 39).

Если на схеме выбрать часть элементов, то нагрузки и коэффициент к ним будут назначены только выбранным элементам (об этом выдается соответствующее предупреждение). Таким образом, элементам могут быть назначены различные значения коэффициентов, что позволяет учесть материал (например, железобетонные элементы с коэффициентом 1.1, а стальные — 1.05) или другие особенности задания нагрузок.

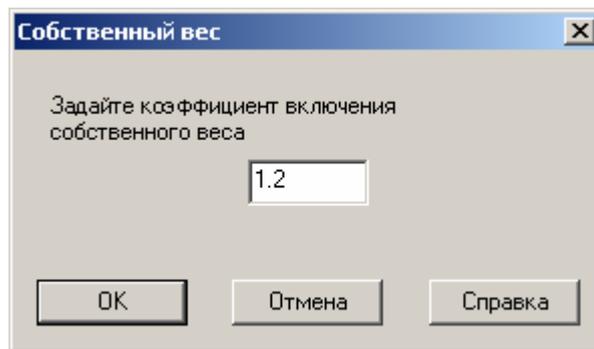


Рис. 39. Диалоговое окно **Собственный вес**

Управление архивом проектов (проводник SCAD – ФОРУМ)

Управление архивом проектов позволяет просмотреть расчетные схемы, созданные средствами SCAD, или укрупненные модели, сформированные в программе ФОРУМ, загрузить выбранную схему в соответствующую программу, удалить схему из архива, удалить рабочие файлы или файлы с результатами.

Окно управления архивом проектов включает меню, инструментальную панель и три окна (рис. 40).

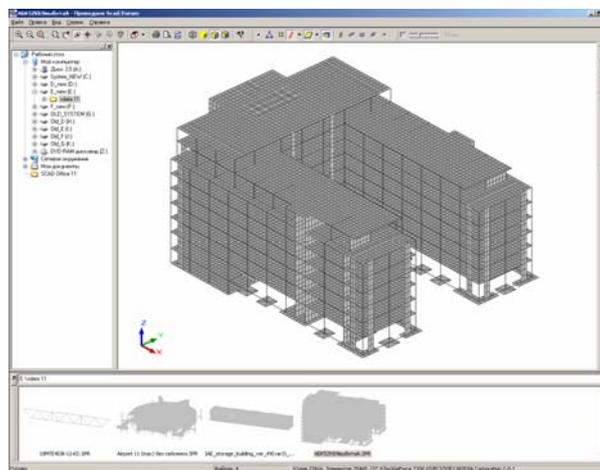


Рис. 40. Окно управления архивом проектов

Меню

Меню состоит из следующих разделов: **Файл, Правка, Вид, Сервис, Справка.**

Раздел **Файл** включает операции:

- **Открыть** — визуализация проекта в формате SPR (SCAD) или OPR (ФОРУМ) в окне проводника;
- **Экспорт** — запись геометрии расчетной схемы в формате DXF-файла системы AutoCAD или формирование точечного рисунка (BMP-файла);
- **Сохранить как ...** — сохранение выбранного проекта под другим именем;
- **Печать** — печать видимой на экране части расчетной схемы;
- **Предварительный просмотр** — визуализация на экране вида отпечатанной страницы с выбранной расчетной схемой
- **Настройка печати** — выбор принтера и параметров печати;
- **Переслать** — активизация на экране окна создания сообщения установленной на компьютере почтовой системы с присоединенным файлом выбранного проекта.

Раздел **Правка** включает операцию **Копировать**, в результате выполнения которой в буферную память помещается видимое изображение расчетной схемы (операция Ctrl-C).

Раздел **Вид** включает несколько наборов операций:

Режим — дублирует группу операций инструментальной панели управления способом отображения расчетной схемы —  (Каркас, Заполнение, Заполнение с границами элементов, Полупрозрачный);

Навигация — дублирует группу операций инструментальной панели, отвечающую за управление просмотром схемы —  (Увеличение рамкой, Панорамирование, Вращение, Выбор, Обход, Смотреть вокруг);

Элементы — включение/выключение отображения, узлов, связей, координационных осей, элементов различного вида, а также селекция конечных элементов по их положению в пространстве. Дублирует кнопки инструментальной панели, объединенные в группу Фильтры, — ;

3D виды — дублирует кнопку инструментальной панели **Проекция** — ;

Перспектива — активизация одноименной операции инструментальной панели — .

Следующие пять позиций меню **Вид** относятся к представлению списка проектов в окне (панели) содержимого текущего каталога. В зависимости от установленной опции проекты могут быть представлены в виде эскизов, значков различного размера, списком или таблицей.

Последние три позиции меню позволяют включать/отключать отображение окон (панелей) с деревом каталогов, списком проектов и строкой состояния.

Из раздела меню **Сервис** вызывается окно настройки параметров отображения расчетной схемы и эскизов в списке проектов. Окно включает две страницы — **Общие** (рис. 41) и **Панель просмотра** (рис. 42). На странице **Общие** назначается язык интерфейса (русский или английский), устанавливается размер эскиза и проекция, в которой по умолчанию (при загрузке) отображается расчетная схема на панели просмотра и на эскизе. Страница **Панель просмотра** используется для настройки цветов всех элементов расчетной схемы, а также назначения параметров настройки видеокарты.

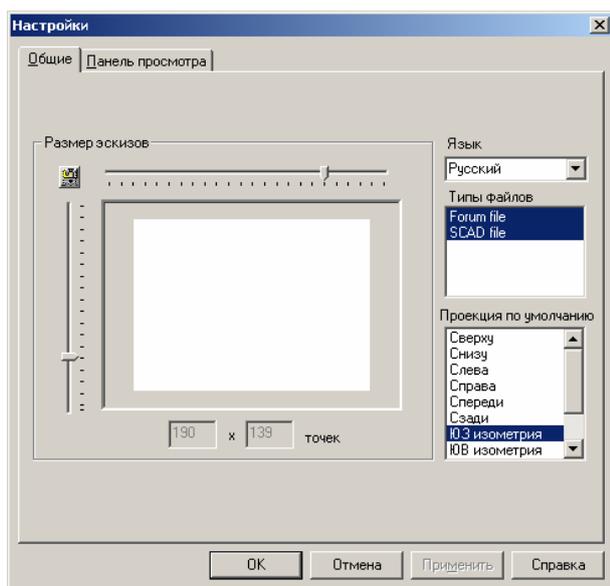


Рис. 41. Страница **Общие**

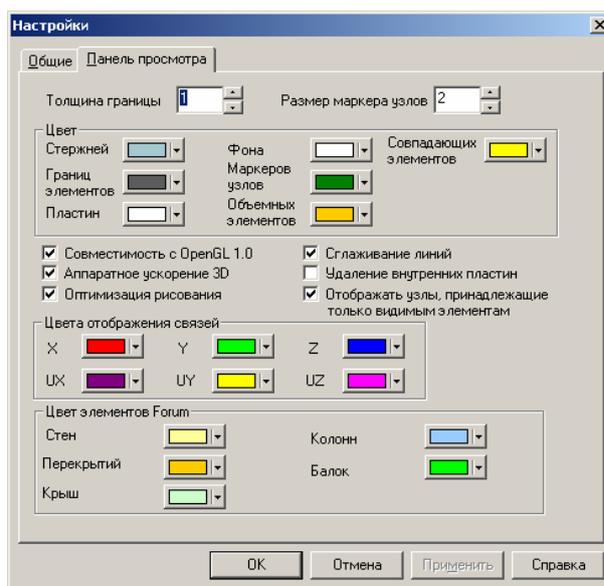


Рис.42. Страница **Панель просмотра**

Если указать курсором на проект в списке проектов (независимо от формы представления списка — эскиз, таблица и т.п.) и одновременно нажать правую кнопку мыши, то появляется выпадающее меню (рис. 43), которое включает следующие разделы:

Вид — дублирует позиции одноименного раздела в меню окна управления архивом, которые определяют форму представления списка проектов;

Редактировать — вызов программы SCAD с одновременной загрузкой выбранного проекта;

Удалить — удаление проекта из архива. Здесь предусмотрено удаление всех рабочих файлов и файлов с результатами расчета (операция **Удалить**), а также выборочное удаление (одноименная операция меню) и/или архивация (создание ZIP-архива). В случае активизации выборочного удаления или архивации на экране появляется диалоговое окно Удаление файлов (рис. 44) с таблицей файлов результатов. Файлы, которые необходимо удалить или заархивировать, отмечаются с помощью маркеров в первом столбце таблицы. В случае удаления используется кнопка **Удалить**, а архивации — кнопка **Создать ZIP архив**;

Сохранить как — сохранение копии проекта под новым именем;

Результаты расчета — удаление файлов с результатами расчета;

Экспорт — формирование файла в формате DXF системы AutoCAD, а также отображение текущего вида расчетной схемы в формате BMP (Windows bitmap);

Печать, Предварительный просмотр, Настройки печати — вывод на печать текущего вида расчетной схемы, отображение документа с текущим видом расчетной схемы, и настройка режима печати соответственно;

Отправить — вызов окна подготовки электронной почты с присоединенным файлом выбранного проекта.

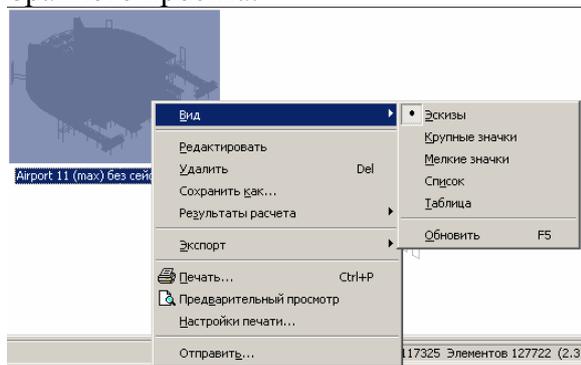


Рис. 43. Выпадающее меню

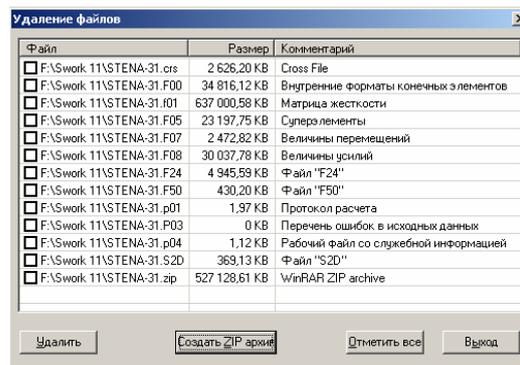


Рис.44. Диалоговое окно **Удаление файлов**

Препроцессор ФОРУМ

Назначение нагрузок

В препроцессоре ФОРУМ предусмотрена возможность задания временных и постоянных нагрузок (в том числе и нагрузок от собственного веса элементов конструкции). Нагрузки могут задаваться своими нормативными или расчетными значениями. Кроме того, они могут быть представлены как в виде загрузений, так и групп нагрузок, которые формируются в момент генерации конечноэлементной модели.

В основу режима положен принцип привязки нагрузки к перекрытиям (плитам) в зависимости от функционального назначения помещений, которым они принадлежат (за исключением нагрузки от собственного веса, которая определяется автоматически для всех элементов конструкции).

Инструментальная панель **Нагрузки** содержит следующий набор кнопок управления процессом задания нагрузок:

-  — параметры режима задания нагрузок;
-  — автоматическое задание нагрузок;
-  — ручное задание нагрузок*;
-  — таблицы нагрузок;



— назначение типов помещений;



— удаление нагрузок*.

Операции, отмеченные *, в текущей версии программы ФОРУМ не реализованы.

Параметры режима задания нагрузок



Операция используется для настройки режима формирования схем загрузений в процессе генерации конечноэлементной модели. Настройка выполняется в диалоговом окне **Параметры режима задания нагрузок** (рис. 45). Окно включает три поля ввода для задания коэффициентов надежности по нагрузке, которые используются при формировании расчетных нагрузок. Кроме того, в окне находятся две группы маркеров, с помощью которых выбираются значения, с которыми нагрузки попадут в конечноэлементную модель (нормативные или расчетные) и форма представления нагрузок — в виде групп нагрузок или загрузений.

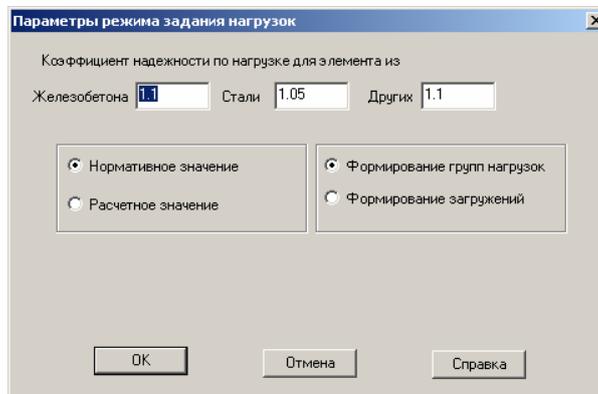


Рис. 45. Диалоговое окно **Параметры режима задания нагрузок**

Если выбран режим формирования групп нагрузок, то каждый вид нагрузки попадет в отдельную группу. Формирование загрузений из групп выполняется в препроцессоре SCAD.

Таблицы нагрузок



В автоматическом режиме задания нагрузок (в настоящей версии программы предусмотрен только автоматический режим) управление процессом формирования нагрузок выполняется на основе данных, записанных в таблицы диалогового окна **Описание нагрузок** (рис. 46-48). Окно включает три страницы с таблицами, две из которых содержат описания постоянных и временных нагрузок (приведенных к одному квадратному метру перекрытия), а третья — таблицу с правилами распределения постоянных нагрузок в зависимости от вида помещения (страница **Учет постоянных нагрузок**). Начальное содержание таблиц условно называется «стандартным» и может быть изменено пользователем.

Каждому виду помещений может соответствовать набор постоянных нагрузок (например, собственный вес перекрытия, вес полов и вес перегородок) и только одна временная нагрузка.

Постоянные нагрузки

Постоянные нагрузки могут включать как нагрузки от собственного веса элементов конструкции, так и другие виды нагрузок.

Список постоянных нагрузок и их значения записаны в таблице на странице **Постоянные нагрузки** диалогового окна **Описание нагрузок** (рис. 46). Таблица содержит нормативные и расчетные значения нагрузок, а также коэффициент надежности по нагрузке.

Нагрузка от собственного веса автоматически формируется и изменяется при изменении параметров конструктивных элементов схемы. Для автоматического учета собственного веса элементов следует активизировать одноименный маркер на рассматриваемой странице.

В программе предусмотрена возможность дополнения или изменения исходного списка нагрузок. Для этого используются кнопки, расположенные в нижней части окна.

Для ввода нового вида нагрузки необходимо выполнить следующие действия:

- нажать кнопку **Добавить строку**, после чего в таблице появится новая строка;
- в графе **Наименование** ввести наименование нагрузки;
- в графах **Нормативное значение** и **Расчетное значение** ввести нормативное и расчетное значения нагрузки. Значение коэффициента надежности по нагрузке будет назначено автоматически после смены страницы или повторного входа в окно **Описание нагрузок** (в принципе, в этой таблице достаточно заполнить любые две графы — значение в третьей будет записано автоматически);
- для использования списка постоянных нагрузок, включая вновь введенный вид нагрузки, при работе с другими проектами следует нажать кнопку **Сохранить для использования по умолчанию**, в противном случае новый вид нагрузки будет доступен только в данном проекте.

В случае необходимости с помощью кнопки **Восстановить стандарт** можно вернуть состояние таблицы, предусмотренное по умолчанию.

Значения нагрузок задаются в единицах силы на единицу площади (по умолчанию в т/м^2).

Наименование	Нормативное значение	Расчетное значение	Коэффициент надежности по нагрузке
1 Полы в зданиях	0,18	0,216	1,2
2 Полы в местах стоянки и проез	0,3	0,36	1,2
3 Межквартирные перегородки	0,5	0,6	1,2
4 Внутрквартирные перегородки	0,4	0,48	1,2
5 Стены наружные	2	2,2	1,1
6 Оборудование	0,8	0,88	1,1
7 Ограждения балконов	0,1	0,11	1,1
8 Кровля	0,2	0,24	1,2
9 Навесы и козырьки	1	1	1
10 Другие	1	1	1
11 Навесные потолки	0,12	0,144	1,2

Рис. 46. Диалоговое окно **Описание нагрузок**, страница **Постоянные нагрузки**

Наименование	Нормативное значение	Расчетное значение	Коэффициент надежности по нагрузке
1 Жилые	0,15	0,195	1,3
2 Служебные	0,2	0,24	1,2
3 Кабинеты и лаборатории	0,2	0,24	1,2
4 Читальные залы	0,2	0,24	1,2
5 Залы кафе и ресторанов	0,3	0,36	1,2
6 Залы для собраний, зрительни	0,4	0,48	1,2
7 Торговые и выставочные зал	0,4	0,48	1,2
8 Книгохранилища, архивы	0,5	0,6	1,2
9 Сцены зрелищных предприятий	0,5	0,6	1,2
10 Трибуны с закрепленными сц	0,4	0,48	1,2
11 Трибуны для стоящих зрителей	0,5	0,6	1,2
12 Чердачные помещения	0,07	0,091	1,3
13 Покрывтия на участках возм	0,4	0,48	1,2
14 Покрывтия на участках, исполь	0,15	0,195	1,3
15 Покрывтия на прочих участках	0,5	0,6	1,2
16 Участки балконов и лоджий п	0,4	0,48	1,2
17 Участки балконов и лоджий с	0,2	0,24	1,2
18 Вестибули, фойе, коридоры, г	0,4	0,48	1,2
19 Пероны вокзалов	0,4	0,48	1,2
20 Плита подвала	1,6	2,08	1,3

Рис. 47. Диалоговое окно **Описание нагрузок**, страница **Временные нагрузки**

Временные нагрузки

По умолчанию эта таблица в основном соответствует таблице 3 СНИП «Нагрузки и воздействия». Нагрузки, приведенные в таблице, задаются только на перекрытия. Привязка нагрузки к перекрытию выполняется автоматически в зависимости от типа помещения, присвоенного данному перекрытию в окне **Параметры перекрытий** (рис. 49.). Таким образом, для корректного задания нагрузок необходимо, чтобы перекрытия на функционально разных участках этажа задавались различными элементами перекрытия. Присвоение вида помещения части элемента в программе не предусмотрено.

Правила работы с таблицей **Временные нагрузки** по изменению содержания таблицы аналогичны описанным выше для таблицы **Постоянные нагрузки**.

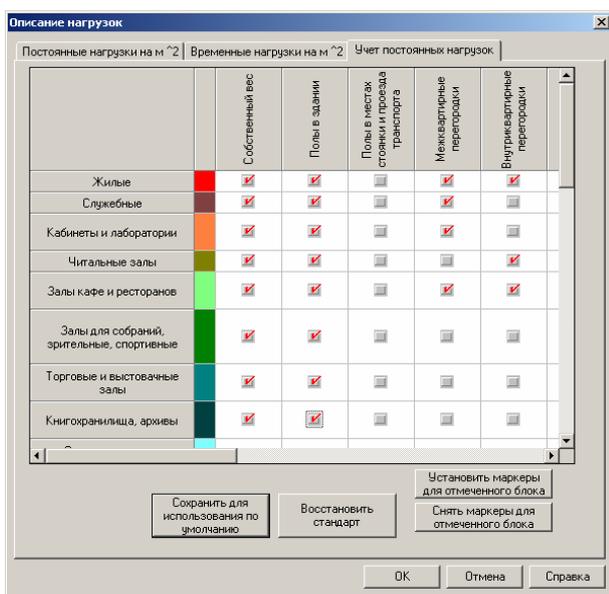


Рис. 48. Диалоговое окно **Описание нагрузок**, страница **Учет постоянных нагрузок**

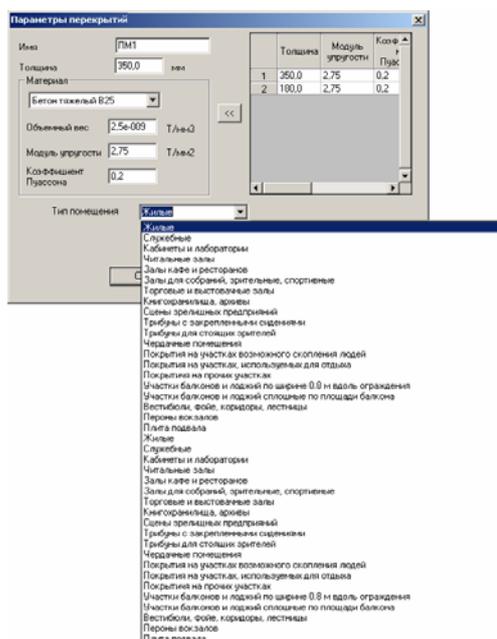


Рис. 49. Диалоговое окно **Параметры перекрытий**

Учет постоянных нагрузок

В этой таблице (рис. 48) записаны правила привязки постоянных нагрузок к перекрытиям в зависимости от типа помещений. В первой графе таблицы указаны типы помещений, повторяющие список в таблице временных нагрузок. Во второй графе показан цвет, которым помещения данного вида будут показаны на модели при активизации фильтра

Отображение нагрузок — . В остальных графах, наименования которых совпадают со списком постоянных нагрузок, находятся маркеры, указывающие (в случае активизации) на наличие данного вида нагрузки в помещении определенного типа.

Если активизировать маркеры в нужных позициях для каждого типа помещения, то в процессе формирования расчетной схемы нагрузки в зависимости от того, формируются загрузки или группы нагрузок, будут соответственно складываться или записываться в разные группы, имена которых будут совпадать с наименованием источника нагрузки.

Таким образом, процесс формирования нагрузок сводится к автоматическому определению нагрузок от собственного веса для всех элементов модели, а также назначению каждому перекрытию набора постоянных нагрузок и временной нагрузки в зависимости от типа помещения.

Особенности учета собственного веса ограждающих конструкций и перегородок

Если в модели автоматически учитываются нагрузки от собственного веса, то нагрузки от ограждающих конструкций и перегородок различного вида могут быть учтены двумя способами. Во-первых, в виде равномерно распределенной нагрузки (в этом случае активизируются соответствующие маркеры таблицы постоянных нагрузок), или в виде нагрузки «по линии». Во втором случае перегородки или ограждающие конструкции необходимо ввести в укрупненную модель как стены, а при описании их характеристик в диалоговом окне **Параметры стен** (рис. 50) установить признак «Перегородка» в списке **Назначение стены**.

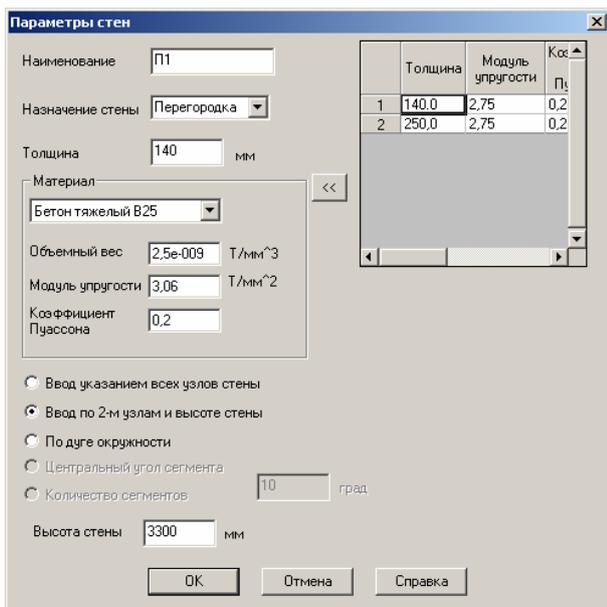


Рис. 50. Диалоговое окно **Параметры стен**

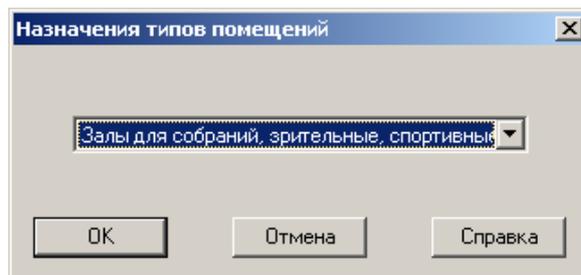


Рис. 51. Диалоговое окно **Параметры перекрытий**

Назначение типов помещений



Типы помещений можно назначить как в процессе ввода перекрытий, так и на готовой модели. В последнем случае следует воспользоваться одноименной операцией. После ее активизации появляется диалоговое окно (рис. 51), в выпадающем списке которого перечислены все типы помещений из таблицы Временные нагрузки диалогового окна Описание нагрузки (рис. 47).

После выбора в списке нужного типа помещения и выхода из окна по кнопке ОК следует отметить на модели перекрытия, которым этот тип присваивается, и нажать кнопку ОК в инструментальной панели.

Контроль постоянных нагрузок



Фильтр **Отображение нагрузок** позволяет получить цветовую карту типов помещений (рис. 52) и, соответственно, постоянных нагрузок на перекрытия. Управление цветовой шкалой нагрузки аналогично управлению другими шкалами, например, жесткостных характеристик элементов. Для получения сводной таблицы нагрузок, назначенных на перекрытие помещения конкретного вида, следует дважды щелкнуть мышью на графу цветовой шкалы с наименованием помещений. В результате открывается диалоговое окно **Постоянные нагрузки** (рис. 53), в таблице которого перечислены нагрузки, приложенные к перекрытию данного вида, указаны их нормативные и расчетные значения (приведенные к единице площади), а также показана суммарная нагрузка на 1 м^2 за исключением собственного веса.

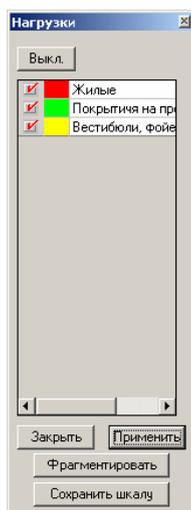


Рис. 52. Цветовая шкала **Нагрузки**

	Наименование	Нормативное значение	Расчетное значение
1	Собственный вес	xxx	xxx
2	Полы в здании	0,18	0,22
3	Межквартирные перегородки	0,5	0,6
4	Внутриквартирные перегородки	0,4	0,48
5	Суммарная нагрузка	1,08	1,3

Рис. 53. Диалоговое окно **Постоянные нагрузки**

Учет нагрузок

Параметры конечноэлементной модели задаются в диалоговом окне **Генерация проекта SCAD**, которое вызывается при обращении к операции **Генерация результирующего проекта**. Загружения или группы нагрузок будут формироваться только в случае активизации маркера **Учет заданной информации о нагрузках**.

Если в настройках проекта предусмотрено формирование групп нагрузок, то для каждого типа нагрузки будет сформирована отдельная группа, например «Собственный вес», «Полы в здании» и т.п. В случае формирования загружений распределение нагрузок по разным загружениям выполняет пользователь.

Распределение выполняется в диалоговом окне **Формирование загружений** (рис. 54), которое появляется после нажатия кнопки **ОК** в окне **Генерация проекта SCAD**. Рекомендуется следующий порядок действий в этом окне:

- ↪ в поле **Имя загрузки** ввести наименование загрузки;
- ↪ с помощью маркеров выбрать вид нагрузок, входящих в текущее загружение (постоянные или временные), после чего список соответствующих нагрузок будет показан в левой таблице;
- ↪ выбрать в таблице нагрузку, которая входит в состав текущего загружения, и перенести ее в правую таблицу (список нагрузок, входящих в текущее загружение), нажав кнопку с изображением одиночной стрелки;
- ↪ повторить последнее действие и для других нагрузок, которые помещаются в это загружение (если в загружение помещаются все нагрузки из левой таблицы, то можно воспользоваться кнопкой с двумя стрелками);
- ↪ нажать кнопку **Записать** для сохранения загружения под введенным именем.

В правой таблице во второй графе записывается значение нагрузки, а в третьей — коэффициент, с которыми данная нагрузка войдет в загружение. При необходимости коэффициент может быть изменен. Следует помнить, что приведенные в таблице значения соответствуют настройкам режима формирования нагрузок, т.е. если в настройках были назначены расчетные значения, то они будут и в таблице (в этом случае умножение на коэффициент надежности по нагрузке уже выполнено). Исключение составляет нагрузка от собственного веса, значение которой в таблице не приводится т.к. оно зависит от сечения и материала различных элементов.

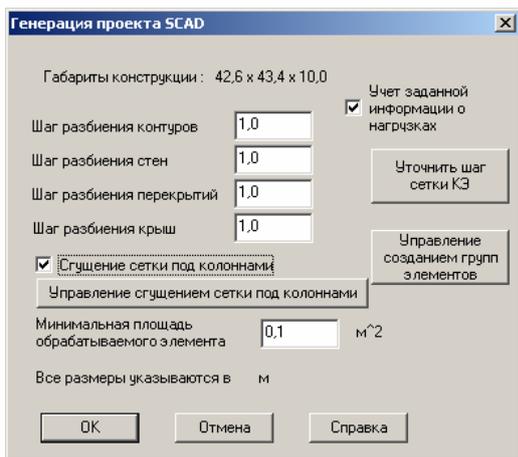


Рис. 54. Диалоговое окно Генерация проекта SCAD

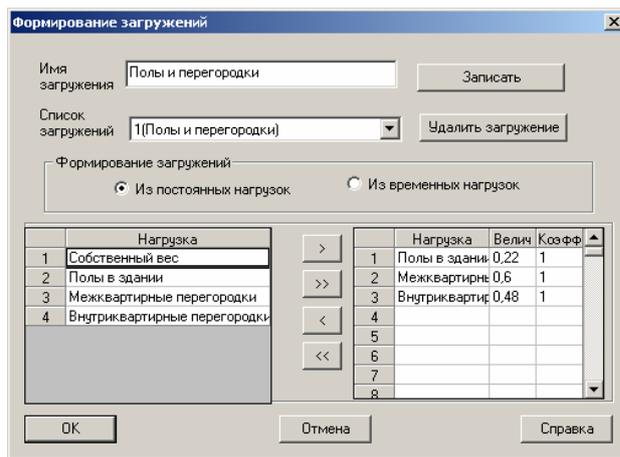


Рис. 55. Диалоговое окно Формирование загрузений

Моделирование узла пересечения колонны и перекрытия

Если в диалоговом окне **Генерация проекта SCAD** (рис. 54) включен маркер **Сгущение сетки под колоннами**, то при генерации конечноэлементной схемы на участках пересечения колонны и перекрытия будет активизирован режим формирования группы элементов, моделирующей область пересечения. Область представляет собой жесткое тело, размеры которого соответствуют размерам сечения колонны. В зависимости от положения колонны относительно края плиты область будет иметь различную конфигурацию (рис. 56). Например, на рисунке 56 показана конфигурация области опирания прямоугольной колонны на плиту в середине плиты — а) и на краю — в). Соответственно, жесткие тела для этих случаев опирания показаны на рисунках б) и г). Жесткое тело в данном примере строится искусственно из стержневых элементов, для которых в жесткостных характеристиках модуль упругости принимается на 2-3 порядка выше, чем для перекрытия и колонны.

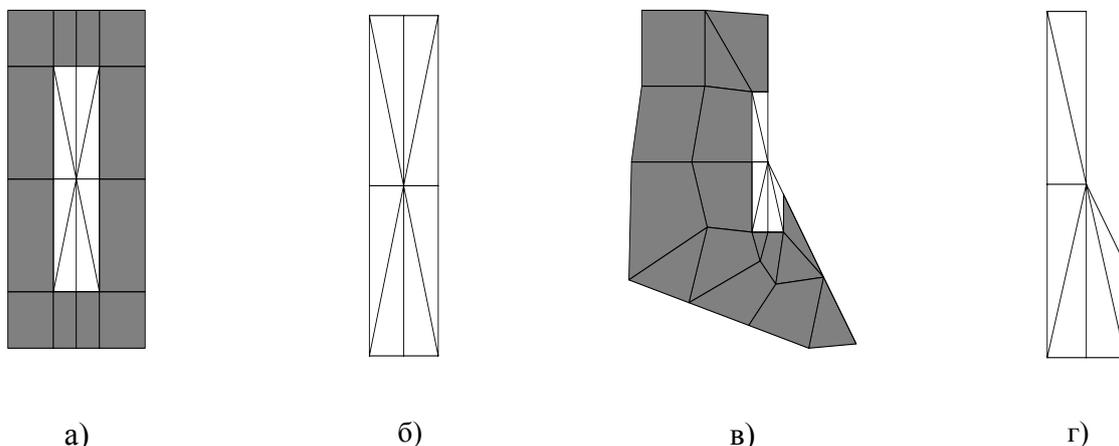


Рис. 56. Моделирование области пересечения колонны и перекрытия

В некоторых случаях программа не может автоматически построить область пересечения (например, при очень маленьком расстоянии между колоннами или между гранью колонны и краем плиты). Результаты автоматической генерации сетки желательно всегда контролировать и при необходимости вносить корректировки в расчетную схему.

Документатор

Исходные данные и результаты расчета в табличной форме могут быть переданы в редактор MS Word или электронные таблицы MS Excel. Вызов программы формирования таблиц выполняется из раздела **Документирование** дерева проекта. Диалоговое окно документатора (рис. 57) включает ряд списков:

Виды исходных данных — список исходных данных, подготовленных при описании текущей задачи;

Виды результатов расчета — список результатов, полученных в процессе решения задачи;

Информация о разделе отчета — дополнительные данные о разделах проекта, заданные пользователем;

Разделы отчета — информация, отобранная пользователем для включения в отчет.

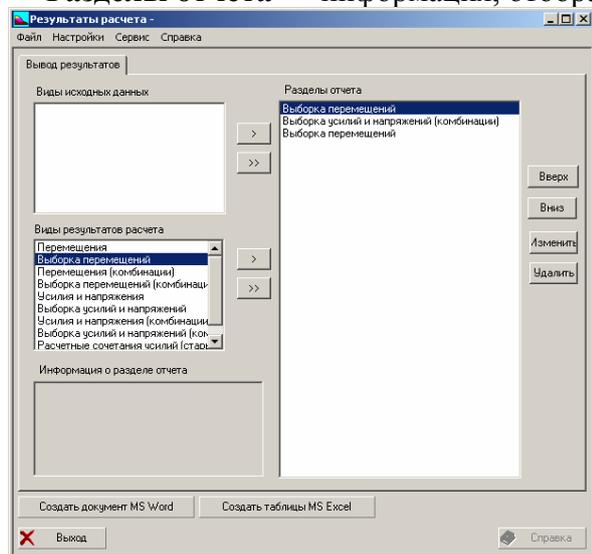


Рис. 57. Диалоговое окно
Результаты расчета

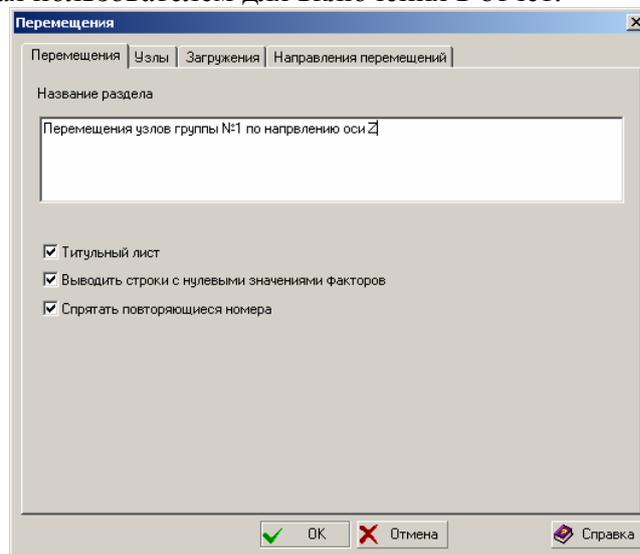


Рис. 58. Диалоговое окно
Перемещения

Для того, чтобы какая-либо информация попала в отчет, необходимо перенести ее наименование в список **Разделы отчета**. Для этого используются кнопки с изображением одной  и двух  стрелок. Первая из них обеспечивает выборочный перенос по одной строке из левого списка в правый, а вторая — перенос всего списка целиком.

При выводе результатов расчета с кнопкой  связан вызов диалогового окна настройки содержания отчета. Структура этого окна универсальна и не зависит от вида результатов расчета. Окно включает четыре страницы (рис. 58). На первой странице вводится наименование раздела отчета, которое после выхода из окна помещается в качестве названия раздела в список **Разделы отчета** окна документатора. Кроме того, на ней размещены три маркера:

Титульный лист — вывод титульного листа перед каждым разделом отчета;

Выводить строки с нулевыми значениями факторов — формирование таблиц с полным набором строк, включая и те строки, в которых все факторы имеют нулевое значение (эта возможность позволяет выполнять дополнительную обработку всех результатов в электронных таблицах Excel);

Спрятать повторяющиеся номера — исключается повторение в таблице номера одного узла или элемента (например, при выводе усилий в различных сечениях стержней одного элемента номер элемента будет выводиться только один раз рядом с номером первого сечения).

Вторая страница (**Узлы** или **Элементы**) предназначена для назначения списка объектов, соответственно узлов или элементов, с которыми связаны результаты, помещаемые в отчет (рис. 59). Страница включает два развернутых списка — **Доступные для выбора** и **Выбранные**, в первый из которых записываются имена групп узлов или элементов, сформированные в расчетной модели, а во второй — группы, результаты расчета которых помещаются в расчет. Перенос имен групп из первого списка во второй выполняется кнопкой  при переносе по одной группе или кнопкой  — при переносе всех групп.

Если какие-либо объекты не вошли в группы, то их номера можно записать в поле ввода **Список** и перенести в **Выбранные** кнопкой , находящейся справа от поля ввода.

Удаление отмеченных строк из списка **Выбранные** выполняется кнопкой .

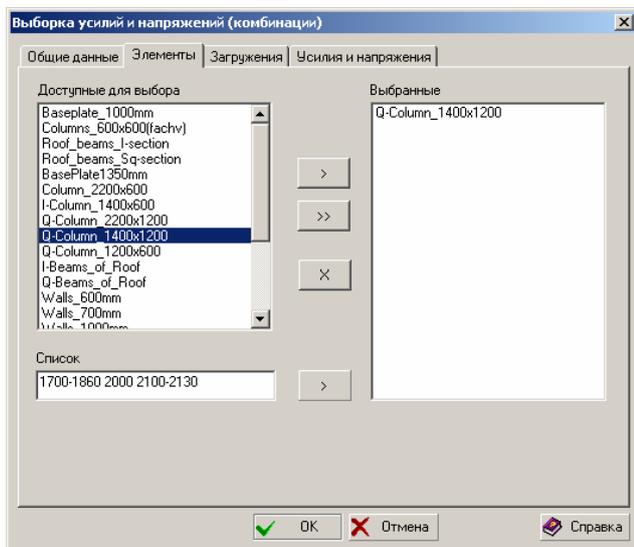


Рис. 59. Страница **Элементы**

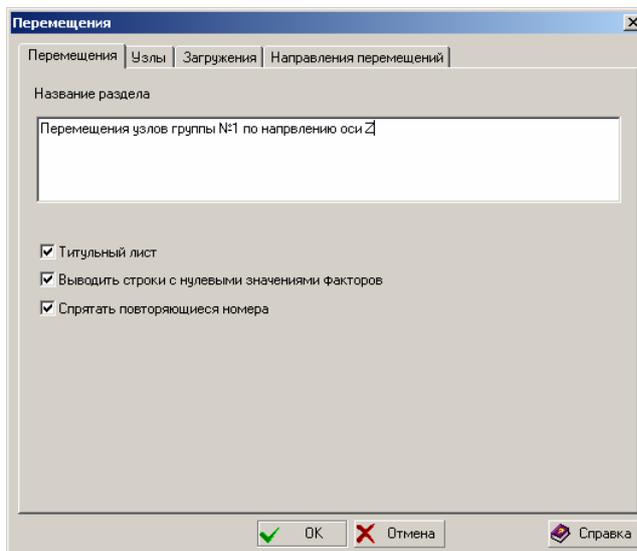


Рис. 60. Страница **Перемещения**

Вид страницы **Загрузки** (рис. 61) и правила работы с ней аналогичны предыдущей странице (за исключением того, что отсутствует поле ввода списка узлов или элементов). Результаты могут выводиться по одному или нескольким загрузкам. При этом для каждой группы узлов или элементов этот набор может быть свой.

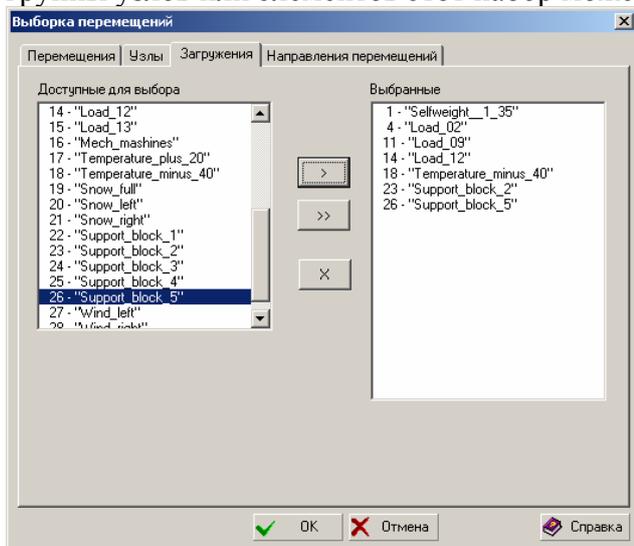


Рис. 61. Страница **Загрузка**

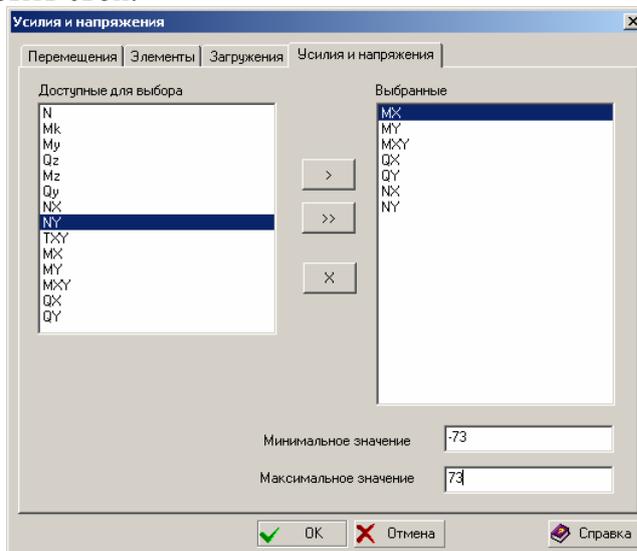


Рис. 62. Страница **Усилия и напряжения**

На последней странице (рис. 62) назначаются списки факторов, которые должны попасть в результирующий документ по данному виду расчета и по каждой группе узлов и элементов. Наименование страницы зависит от вида выводимых результатов расчета. При выводе перемещений — **Направление перемещений**, при выводе силовых факторов — **Усилия и напряжения**, для нагрузок от фрагмента схемы — **Нагрузки** и т.п.

В этом окне кроме списков выбора факторов предусмотрены два поля ввода, в которых можно указать диапазон выводимых значений для указанного фактора. Чтобы задать диапазон следует отметить строку с наименованием фактора в списке **Выбранные** и ввести значения границ диапазона (минимальное и максимальное). При необходимости эти действия можно выполнить для каждого фактора в списке.