

Объединение совпадающих элементов

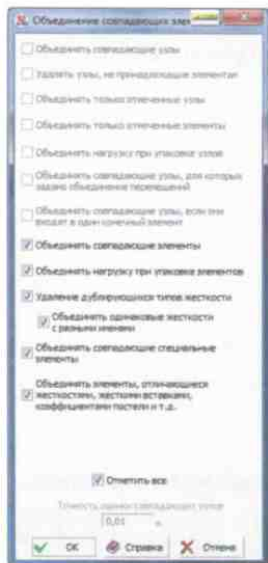



Рис. 6.3-8. Диалоговое окно **Объединение совпадающих элементов**

Операция позволяет исключить из схемы совпадающие элементы, т. е. такие элементы одного вида, у которых совпадают номера всех узлов. Правила объединения задаются в диалоговом окне (см. рис. 6.3-8).

В этом окне можно задать или отказаться от объединения специальных конечных элементов, удаления дублирующихся типов жесткостей, ...

Если на схеме нет выбранных совпадающих элементов, то после активации операции объединение будет выполнено для всей схемы целиком, если есть — операция будет произведена только с выбранными элементами, при условии, что пользователь подтвердит это включением соответствующего маркера.

Для индикации на схеме совпадающих элементов используется кнопка фильтров .

Дробление четырехузловых пластин



Эта операция позволяет раздробить выбранные четырехузловые элементы на несколько элементов.

Исходные данные, необходимые для выполнения операции, задаются в диалоговом окне **Дробление пластин** (рис. 6.3-9) и включают количество дроблений граней элемента, лежащих вдоль направлений местных осей X_1 и Y_1 . После выполнения операции в схеме могут появиться совпадающие узлы.

Если в окне включена опция **Упаковать совпадающие узлы на всей схеме**, то после выполнения дробления эта операция будет вызвана автоматически. В противном случае контроль наличия совпадающих узлов и их объединение берет на себя пользователь (см. раздел 6.2).

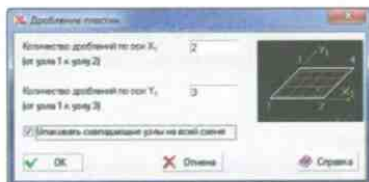


Рис. 6.3-9. Диалоговое окно **Дробление пластин**

Дробление четырехузловых пластин на трехузловые



Операция используется для дробления четырехузловых элементов на трехузловые. Модель разбиения назначается в диалоговом окне (рис. 6.3-10), которое появляется после активации операции. Порядок работы — традиционный:

- активировать операцию;
- назначить в появившемся окне модель разбиения;
- выбрать на схеме нужные элементы;
- нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

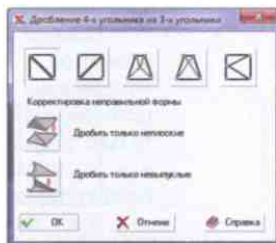


Рис. 6.3-10. Диалоговое окно **Дробление 4-х угольника на 3-х угольники**

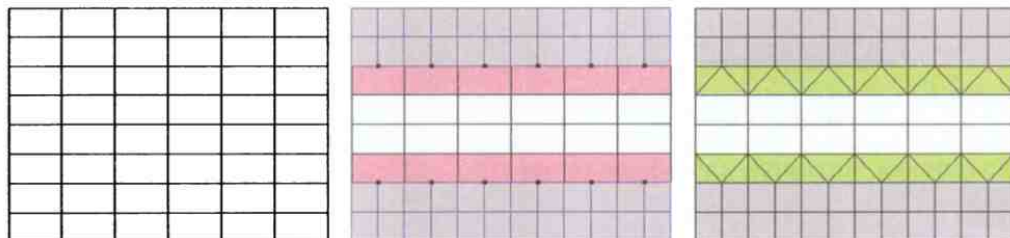



Рис. 6.3-11. Пример увязки сеток конечны элементов с различным шагом разбиения

Операция позволяет согласовать исходную сетку 4-х узловых элементов с сеткой, полученной путем дробления части элементов с коэффициентом 2. В этом случае у исходных элементов, лежащих на границе области сгущения сетки, на ребре появляется «свободный» узел. Если выбрать

такие элементы и применить к ним модель разбиения , то каждый из элементов будет разбит на три треугольника и сетки будут согласованы, как показано на рис. 6.3-11.

Другим примером, в котором возникает необходимость дробления четырехузловых элементов на трехузловые является необходимость "исправить плохие" четырехугольные элементы. В этом случае можно воспользоваться маркерами:

- дробить только неплоские;
- дробить только невыпуклые.

Если выбран один (или оба) вышеупомянутый маркер, то операция будет выполнена только для тех выбранных элементов, которые обладают соответствующими свойствами.

Дробление трехузловых пластин



Операция используется для дробления трехузловых элементов. При ее выполнении стороны выбранных треугольников разбиваются на равные отрезки в количестве, указанном в диалоговом окне **Дробление 3-х узловых пластин** (рис. 6.3-12).

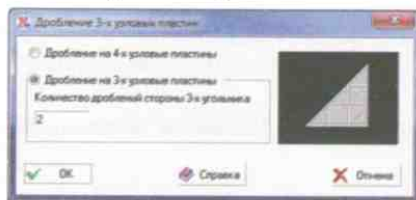


Рис. 6.3-12. Диалоговое окно **Дробление 3-х узловых пластин**

Кроме того, после выбора соответствующей опции в этом диалоговом окне может быть выполнена операция разбиения треугольного элемента на четырехугольные (из центра масс треугольника опускаются перпендикуляры на его стороны).

Дробление пластин с учетом промежуточных узлов



С помощью этой операции выполняется дробление пластинчатых элементов с учетом узлов, лежащих в их поле (включая узлы, попадающие на грани). Узел считается попавшим в поле элемента, если его расстояние до ближайшей грани не превышает значения точности оценки совпадающих узлов.

При выполнении операции не контролируется качество полученных конечных элементов. Контроль рекомендуется выполнить, воспользовавшись операцией **Оценка качества триангуляции**, описание которой приведено ниже в этом же разделе.

Элементы, полученные в результате дробления, наследуют характеристики жесткости, коэффициенты постели, ориентацию осей выдачи усилий и нагрузки, заданные для исходного элемента.

Разделение элементов



Эта операция используется в тех случаях, когда необходимо отделить один от другого соседние элементы, имеющие общие узлы (например, для моделирования деформационного шва или ввода упругих связей между соседними узлами этих элементов). Для выполнения операции должны быть выбраны узлы, через которые проходит «разрез», и элементы, которые отсоединяются от выбранных узлов.

Суть выполняемого действия такова, что на месте каждого выбранного узла появятся два узла с совпадающими координатами — исходный (выбранный узел) и новый узел. При этом к новому узлу будут присоединены только выбранные элементы.

Одновременно с разделением элементов предусмотрена возможность создания линейного шарнира вдоль линии разделения, моделируемого путем автоматического задания объединения перемещений по линейным направлениям между парами совпадающих узлов. Выбор вида операции


Дробление стержней с учетом промежуточных узлов



Эта операция позволяет разделить стержень на несколько элементов с учетом узлов, лежащих вдоль исходного стержня. Точность определения «принадлежности» узла исходному стержню определяется параметром **Точность оценки совпадающих узлов** (раздел меню *Настройка параметров среды*).

Правила наследования параметров исходного стержня элементами, полученными в результате дробления, следующие:

- жесткостные характеристики (если они были заданы) наследуются новыми элементами;
- шарниры будут примыкать к тем же узлам, что и в исходном стержне;
- жесткие вставки, заданные вдоль направления местной оси X_1 , т. е. вдоль стержня, будут примыкать к тем же узлам, что и в исходном стержне;
- жесткие вставки, заданные по другим направлениям, будут удалены (об этом будет выдано соответствующее сообщение);
- нагрузки, заданные на исходном стержне, будут перенесены на новые элементы.

Для выполнения операции следует выбрать на схеме нужные элементы и нажать кнопку  инструментальной панели.

Сдвиг элементов



Эта операция используется для переноса фрагмента расчетной схемы, состоящего из выбранных элементов, в заданном направлении. Расстояние, на которое выполняется перенос, и направление задаются в диалоговом окне **Сдвиг элементов** (рис. 6.3-14), которое появляется после активации операции.

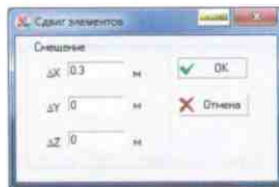


Рис. 6.3-14. Диалоговое окно **Сдвиг элементов**

Для выполнения операции следует:

- активировать операцию и задать величину сдвига в появившемся диалоговом окне;
- выбрать на схеме элементы, входящие в сдвигаемый фрагмент;
- нажать кнопку **ОК** инструментальной панели.

Если сдвигаются все элементы, примыкающие к узлу, то этот узел переместится вместе с элементами. Узлы, одновременно принадлежащие и перемещаемому фрагменту, и части схемы, остающейся на месте, заменяются двумя узлами, один из которых остается на месте, а другой — перемещается вместе с фрагментом.

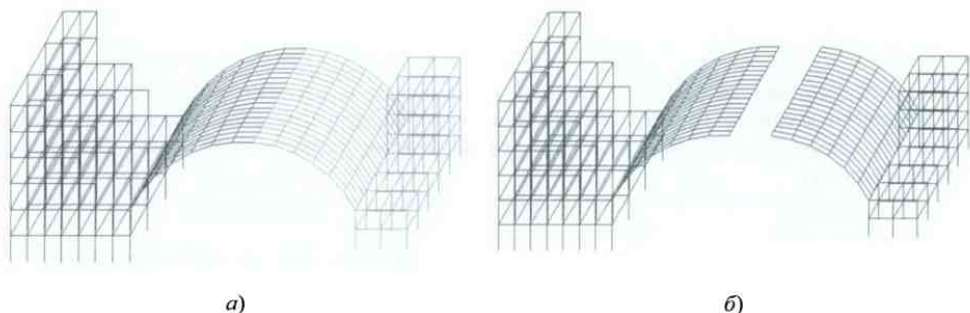


Рис. 6.3-15. Исходная схема (а) и схема-результат (б) после выполнения операции сдвига

В том случае, если в результате перемещения новый узел окажется совпавшим с другим, существующим в схеме узлом, он будет удален и в схеме останется существующий узел. Пример выполнения операции приведен на рисунке 6.3-15.

Отсоединение всех дополнительных узлов от граней элементов



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



Отсоединенные узлы после выполнения этой операции автоматически не удаляются.

Объединение элементов



Эта операция используется для объединения пар трехузловых элементов, имеющих общую грань, в четырехузловые, а также для объединения в один нескольких пластинчатых элементов. Выбор второго варианта выполнения операции осуществляется по «правой стрелке». Объединение выполняется по следующим правилам:

- если выбрано объединение трехузловых элементов в четырехузловые, то анализируется возможность объединения попарно всех селектированных треугольных КЭ, и для допустимых пар выполняется операция;
- если выполняется объединение пластинчатых элементов, то в результате могут быть получены только трех- или четырехузловые элементы без учета узлов, примыкающих к граням;
- если жесткости элементов, участвующих в операции, совпадают, то жесткость результирующего элемента будет соответствовать жесткости объединяемых элементов, в противном случае результирующий элемент не будет иметь жесткостных характеристик;
- нагрузки, заданные для исходных элементов, теряются;

- в процессе объединения осуществляется контроль геометрической формы результирующих элементов.

Порядок выполнения операции традиционный — активировать операцию (выбрать в меню вариант выполнения), отметить элементы и нажать кнопку **ОК**. Если для выбранной группы элементов операция не выполнится, то следует попробовать выполнить ее для части группы.

Учитывая, что большинство параметров, назначенных ранее трехузловым элементам, в результате объединения будет потеряно, рекомендуется использовать рассматриваемую операцию на ранних стадиях формирования модели.

Дробление пластин по линии пересечения



Операция используется для разбиения пластинчатых элементов по линиям их пересечения и построения согласованных сеток КЭ. Элементы могут пересекаться под любым углом, но не должны лежать в одной плоскости.

При выполнении операции не контролируется качество полученных конечных элементов. Контроль рекомендуется выполнить, воспользовавшись операцией **Оценка качества триангуляции**, описание которой приведено ниже в этом же разделе.

Элементы, полученные в результате дробления, наследуют характеристики жесткости, коэффициенты постели, ориентацию осей выдачи усилий и нагрузки, заданные для исходного элемента.

Для выполнения операции после ее активации следует выбрать участвующие в ней элементы и нажать кнопку **ОК** в разделе **Элементы** инструментальной панели.

Продолжить стержень до пластины



Эта операция позволяет «дотянуть» выбранный стержень до выбранной пластины. Если точка пересечения стержня с пластиной не совпадает с существующим узлом, то выполняется дробление пластины и построение сетки КЭ.

При выполнении операции не контролируется качество полученных конечных элементов. Контроль рекомендуется выполнить, воспользовавшись операцией **Оценка качества триангуляции**, описание которой приведено ниже в этом же разделе.

Элементы, полученные в результате дробления, наследуют характеристики жесткости, коэффициенты постели, ориентацию осей выдачи усилий и нагрузки, заданные для исходного элемента.

Для выполнения операции после ее активации следует выбрать участвующие в ней элементы и нажать кнопку **ОК** в разделе **Элементы** инструментальной панели.

Сопряжение стержней



Операция используется для сопряжения двух стержней, лежащих в одной плоскости, путем «дотягивания» их до точки пересечения. В точке пересечения стержней вводится узел. Если в диалоговом окне **Сопряжение стержней** (рис. 6.3-16.) задано отличное от нуля значение радиуса скругления, то стержни сопрягаются по дуге указанного радиуса, которая разбивается на p участков.

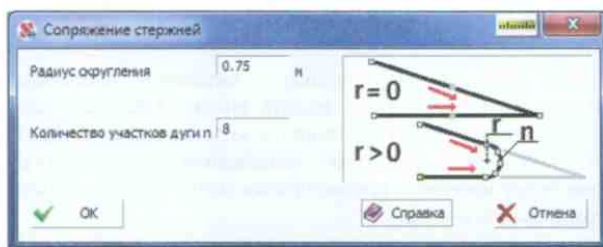


Рис. 6.3-16. Диалоговое окно **Сопряжение стержней**

Для выполнения операции после ее активации следует выбрать участвующие в ней элементы и нажать кнопку **ОК** в разделе **Элементы** инструментальной панели.

Построение стержней, перпендикулярных выбранному



Рассматриваемая операция позволяет ввести новые стержни, выходящие из выбранных узлов и направленные таким образом, чтобы они были перпендикулярны указанному стержневому элементу и дробили этот элемент в точках пересечения. Пример выполнения операции показан на рис. 6.3-17, где

E — исходный стержневой элемент;

u_1, u_2, u_3 — выбранные узлы;

$\bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3$ — узлы, образованные в точках пересечения;

$E_1 - E_4$ — элементы, полученные в результате дробления исходного стержня;

$E_5 - E_7$ — элементы, выходящие из выбранных узлов.

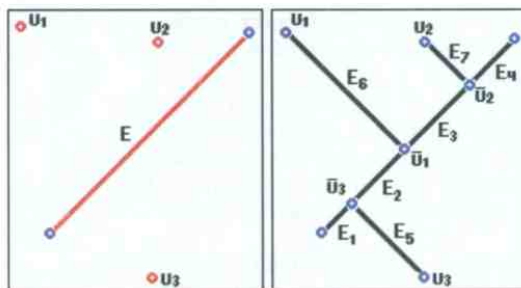


Рис. 6.3-17. Ввод стержней, перпендикулярных выбранному стержню

При выполнении операции используется следующий порядок работы:

- активировать операцию и выбрать элемент, перпендикулярно которому будут вводиться новые стержни;
- выбрать на схеме узлы, из которых будут восстанавливаться перпендикуляры к выбранному элементу;
- нажать кнопку **ОК** в разделе **Элементы** инструментальной панели **Узлы и элементы**.


Оценка качества триангуляции



Операция предназначена для оценки качества сетки конечных элементов и повторяет аналогичную операцию, рассмотренную ранее при описании генерации произвольных сеток конечных элементов на плоскости (см. раздел 5.12).

Повышение качества триангуляции




Если качество триангуляции (оценить его можно, воспользовавшись приведенной ранее операцией ) оказывается неудовлетворительным, то с помощью рассматриваемой операции можно попытаться улучшить показатели качества путем автоматического смещения узлов.

Операция выполняется в два шага. На первом шаге после активации операции и перед ее выполнением появляется сообщение о необходимости отметить на расчетной схеме элементы, форма которых должна быть изменена. Если отметку не производить и просто нажать кнопку **ОК** -



в инструментальной панели, то в операции будут участвовать все элементы модели.

На втором шаге появляется аналогичное сообщение, которое предлагает отметить узлы, координаты которых не должны изменяться (например, если речь идет о повышении качества триангуляции элементов плиты перекрытия, то узлы, к которым примыкают колонны, вероятно, нужно пометить как неподвижные). Если узлы не будут отмечены и будет нажата кнопка **ОК** -  инструментальной панели, то будет считаться, что никаких ограничений нет, и любые узлы могут быть передвинуты.

Экспорт полигона из выделенных пластин



Операция позволяет сохранить в формате файла исходных данных конструктора сечений **Консул** (расширение **.con**) полигон, состоящий из произвольного набора пластинчатых конечных элементов, лежащих в одной плоскости.

Копирование свойств элементов



Операция используется в тех случаях, когда нескольким элементам расчетной схемы необходимо назначить свойства, аналогичные свойствам элемента-эталона. Набор копируемых свойств зависит от вида элемента. Для стержней он включает:

- жесткостные характеристики;
- условия примыкания (шарниры и жесткие вставки);
- ориентация главных осей инерции;
- преднапряжение;
- коэффициенты упругого основания;
- принадлежность группам (включая группы конструктивных элементов) и заданное армирование;
- нагрузки.

Для плоскостных элементов копируются:

- жесткостные характеристики;
- коэффициенты упругого основания;
- преднапряжение;
- ориентация осей выдачи усилий;
- принадлежность группам (включая группы конструктивных элементов) и заданное армирование;
- нагрузки.

После активации операции появляется диалоговое окно **Копирование свойств элемента** (рис. 6.3-18), которое содержит две группы элементов управления. Группа **Элемент-эталон** обеспечивает выбор и визуализацию элемента, чьи свойства копируются, а группа **Элементы-наследники** — выбор и визуализацию элементов, которые получают свойства элемента-эталона.

Копирование позволяет назначить «наследникам» определенные свойства эталона, выбор которых выполняется в диалоговом окне **Параметры копирования** (рис. 6.3-19). Окно вызывается нажатием одноименной кнопки после выбора «эталона» и «наследников».

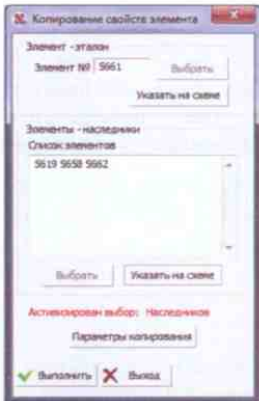


Рис. 6.3-18. Диалоговое окно **Копирование свойств элемента**

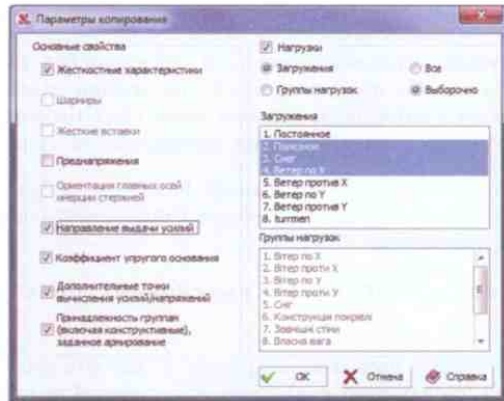


Рис. 6.3-19. Диалоговое окно **Параметры копирования**

Нажатие кнопки **Параметры копирования** приводит к появлению одноименного диалогового окна (рис. 6.3-19), в котором с помощью маркеров в группе **Основные свойства** назначается набор свойств. Кроме того, в группе **Нагрузки** можно назначить правила копирования нагрузок (загружения или группы, все или выборочно). При выборочном копировании нагрузок имена копируемых загружений или групп выбираются из одноименных списков. Рекомендуется следующий порядок действий при копировании:

- в диалоговом окне **Копирование свойств элемента** в поле *Элемент №* ввести номер элемента-эталона и нажать кнопку **Выборить**. Выбранный элемент выделяется на схеме зеленым цветом. Если это действие удобнее выполнить указанием курсора, то нажать кнопку **Указать на схеме** и затем отметить курсором нужный элемент;
- нажатием кнопки **Параметры копирования** вызвать окно назначения свойств элементам-наследникам и установить в нем набор копируемых свойств;

- ввести номера элементов-наследников в поле *Список элементов* и нажать кнопку **Выбрать** для маркировки этих элементов на схеме. Если выбор удобнее выполнить указанием курсора, то перед этим действием следует нажать кнопку **Указание на схеме**.
- после выбора всех элементов-наследников нажать кнопку **Выполнить** в диалоговом окне **Копирование свойств элемента**.

6.4. Ввод и назначение параметров специальных конечных элементов









Операции управления вводом и назначением характеристик специальным конечным элементам сосредоточены в инструментальной панели **Узлы и Элементы** препроцессора и открываются

нажатием кнопки  **Специальные элементы**.



Рис. 6.4-1. Группа кнопок **Специальные элементы**

Группа кнопок управления вводом специальных элементов (рис. 6.4-1) используется для выполнения следующих операций:

-  — ввод нуль-элементов;
-  — ввод связей конечной жесткости;
-  — ввод упругих связей;
-  — ввод одноузловых законтурных элементов плиты на упругом основании;
-  — ввод двухузловых законтурных элементов плиты на упругом основании;
-  — ввод вантовых элементов;
-  — ввод абсолютно твёрдых тел;
-  — ввод и назначение параметров односторонних связей.

Ввод нуль-элемента



Операция используется для назначения характеристик и ввода специальных конечных элементов типа 154 (так называемых «нуль-элементов»), которые обеспечивают запрещение линейных и угловых перемещений по направлениям осей местной системы координат элемента, а также расчет на заданные перемещения, не совпадающие с направлением осей общей системы координат.

При вводе новых элементов рекомендуется следующий порядок работы:

- активировать операцию и в появившемся диалоговом окне (рис. 6.4-2) указать, по каким направлениям местной системы координат элемента запрещаются или задаются перемещения (направление указывается числом, большим нуля, в соответствующем поле ввода);

- выйти из диалогового окна по кнопке **ОК** и ввести элементы по правилам, аналогичным вводу одиночных стержней с помощью резиновой нити.

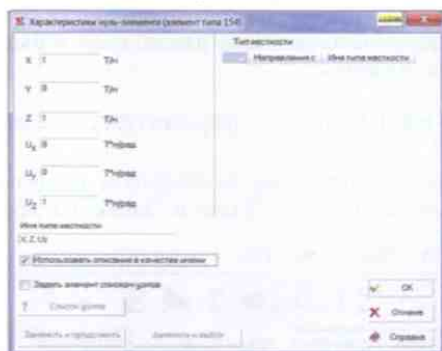


Рис. 6.4-2. Диалоговое окно **Характеристики нуля-элемента**

Следует учесть, что первый узел элементов этого типа должен обязательно примыкать к конструкции, а второй узел — быть свободным (он не может принадлежать какому-либо элементу или быть закреплен).

Маркер **Задать элемент списком узлов** позволяет создать конечный элемент не используя манипулятор мышью, а путем перечисления номеров узлов. Номера узлов можно ввести в диалоговом окне, которое активируется нажатием кнопки **Список узлов** (рис. 6.3-2).

При корректировке характеристик ранее введенных элементов рекомендуется:

- активировать операцию и в появившемся диалоговом окне отметить в таблице строку с изменяемыми характеристиками (поля ввода будут заполнены соответствующими значениями);
- заменить значения в нужных полях ввода или имя типа в одноименном поле;
- в зависимости от того, будут ли корректироваться характеристики других типов жесткости, нажать кнопку **Заменить и выйти** (корректировка других типов не выполняется) или **Заменить и продолжить** (предполагается корректировка других типов).

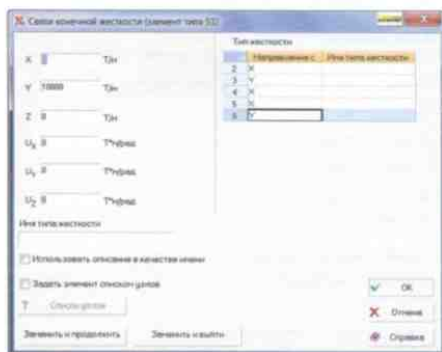
Ввод связей конечной жесткости



С помощью этой операции выполняется ввод элементов, моделирующих одноузловые связи конечной жесткости (элемент типа 51), а также назначаются их жесткостные характеристики. Направление и жесткостные характеристики связей задаются в диалоговом окне **Связи конечной жесткости** (рис. 6.4-3), вид которого зависит от признака схемы расчетной модели.

При назначении новых связей рекомендуется следующий порядок работы:

- активировать операцию и в появившемся диалоговом окне задать значения жесткости связи по соответствующим направлениям (связь считается работающей по выбранному направлению, если значение жесткости по этому направлению больше нуля);
- выйти из диалогового окна по кнопке **ОК** и выбрать на схеме узлы, к которым привязываются связи;
- нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Рис. 6.4-3. Диалоговое окно **Связи конечной жесткости**

При корректировке характеристик уже назначенных упругих связей рекомендуется:

- активировать операцию и в появившемся диалоговом окне отметить в таблице строку с номером корректируемого типа жесткости;
- заменить значения жесткости в соответствующих полях ввода или имя типа жесткости в одноименном поле;
- в зависимости от того, будут ли корректироваться характеристики других типов жесткости, нажать кнопку **Заменить** и **выйти** (корректировка других типов не выполняется) или **Заменить и продолжить** (предполагается корректировка других типов).

Маркер **Задать элемент списком узлов** позволяет создать конечный элемент не используя манипулятор мышью, а путем указания номера узла. Номер узла можно ввести в диалоговом окне, которое активируется нажатием кнопки **Список узлов** (рис. 6.3-2).


Ввод упругих связей



Эта операция позволяет выполнить ввод и назначить жесткостные характеристики элементам, моделирующим упругую связь между двумя узлами (тип 55).

Направление и жесткостные характеристики связей задаются в диалоговом окне **Упругие связи** (рис. 6.4-4), вид которого зависит от признака схемы расчетной модели. При назначении новых связей рекомендуется следующий порядок работы:

- активировать операцию и в появившемся диалоговом окне задать значения жесткости связи по соответствующим направлениям (связь считается работающей по выбранному направлению, если значение жесткости по этому направлению больше нуля);
- выйти из диалогового окна по кнопке **OK** и ввести элементы.

Ввод элементов выполняется по тем же правилам, что и одиночных стержней — установить курсор с мишенью  в узел и нажать левую кнопку мыши, протянуть резиновую нить до второго узла и опять нажать кнопку мыши. Повторить указанные действия для ввода очередного элемента. Узел, который был выбран первым, будет назначен первым узлом связи, т. е. точкой начала местной системы координат.

Следует учесть, что этот тип элемента может иметь нулевую длину, т. е. примыкать к узлам с совпадающими координатами.