

Рис. 6.2-12. Координатные оси с узлами в точках пересечения осей

Чтобы исключить появление узлов-дублеров (совпадающих узлов) на пересечении осей, следует активировать маркер **Не создавать узлы там, где они есть**.

Генерация образующей по формуле



С помощью этой операции выполняется генерация узлов по образующей, описываемой функцией $a = f(b)$ и лежащей в одной из плоскостей общей системы координат. После активации операции появляется одноименное диалоговое окно (рис. 6.2-13), в котором вводится формула образующей, назначается плоскость, в которой будут лежать узлы, задаются начальное (**Нач.**) и конечное (**Кон.**) значения аргумента функции, а также количество узлов (**Кол.**) на образующей.

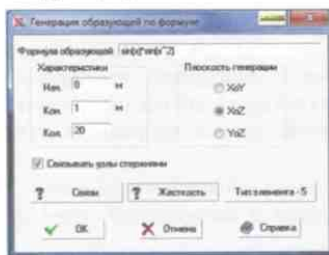


Рис. 6.2-13. Диалоговое окно Генерация образующей по формуле

В зависимости от выбранной плоскости генерации будут выполняться следующие функции:

- плоскость XOY — $y = f(x)$;
- плоскость XOZ — $z = f(x)$;
- плоскость YOZ — $z = f(y)$.

Если узлы должны быть связаны стержнями, то следует активировать одноименный маркер. При этом в окне становятся доступными кнопки **Жесткость** и **Тип элемента**, нажатие которых

открывает соответствующие диалоговые окна для задания жесткостных характеристик и типа элемента (см. главу 7).

Одновременно с вводом в узлах образующей могут назначаться связи. Для этого используется одноименная кнопка, нажатие на которую вызывает диалоговое окно **Связи** (см. раздел 7.4).

Перенос узлов в заданную плоскость

При нажатии кнопки **Перенос узлов в заданную плоскость** появляется выпадающее меню (рис. 6.2-14), в котором следует выбрать нужную операцию.

Если на схеме нет выбранных узлов, то доступен только один пункт меню. С его помощью выполняется перенос выбранных узлов в плоскость, параллельную одной из плоскостей общей системы координат. Настройка операции выполняется в одноименном диалоговом окне (рис. 6.2-15).

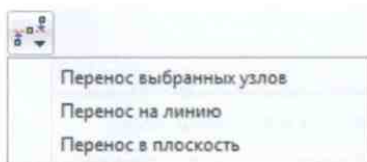


Рис. 6.2-14. Меню **Перенос узлов в заданную плоскость**

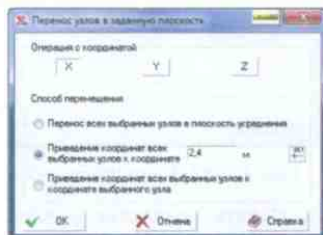



Рис. 6.2-15. Диалоговое окно **Перенос узлов в заданную плоскость**

Выбор координаты **X** в группе **Операция с координатой** означает перенос узлов в плоскость, параллельную **YOZ**, выбор **Y** — перенос в плоскость, параллельную **XOZ**, а выбор **Z** — в плоскость, параллельную **XOY**.

В зависимости от активной опции в группе **Способ перемещения** перенос может выполняться тремя способами. В первом случае (активна опция **Перенос всех выбранных узлов в плоскость усреднения**) — в плоскость, которой принадлежит точка с усредненной координатой по заданному направлению. Во втором случае (активна опция **Приведение координат всех выбранных узлов к координате**) перенос выполняется путем приведения во всех выбранных узлах указанной координаты к заданному значению. Третий способ переноса (активна опция **Приведение координат всех выбранных узлов к координате выбранного узла**) позволяет преобразовать координаты выбранных узлов таким образом, что все они получают значение координаты, указанной в группе **Операция с координатой**, равное координате отмеченного узла. Для выполнения операции следует:

- выбрать на схеме узлы, у которых меняется координата;
- активировать операцию, выбрав в выпадающем меню (рис. 6.2-14) **Перенос выбранных узлов**;
- в диалоговом окне **Перенос узлов в заданную плоскость** (рис. 6.2-15) в группе **Операция с координатой** назначить координату;
- активировать маркер **Приведение координат всех выбранных узлов к координате выбранного узла**;
- выйти из диалогового окна, нажав кнопку **ОК**, и выбрать на схеме узел с необходимым значением координаты;
- нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

Нажатие кнопки  приводит к появлению диалогового окна **Номер узла** (см. рис. 6.2-3), что позволяет назначить узел, одна из координат которого используется в качестве координаты привязки выбранных узлов. Как правило, эта операция необходима в тех случаях, когда схема получена в результате импорта данных из графических систем. При этом часто возникают ситуации, когда узлы, которые должны лежать в одной плоскости, располагаются на самом деле в ее окрестностях. Следствием такой «неточности» могут являться, например, неплоские четырехузловые элементы.

Если в схеме предварительно отметить узлы, то при вызове операции **Перенос узлов в заданную плоскость** в выпадающем меню станут доступны два вида преобразований — **Перенос на линию** и **Перенос в плоскость**. В случае выбора **Перенос на линию** следует с помощью мыши выбрать на схеме два узла, которые определяют прямую в пространстве и нажать кнопку **ОК** инструментальной панели. В результате все отмеченные узлы будут спроецированы и перенесены на эту прямую. При выборе операции **Перенос в плоскость** на схеме следует выбрать три узла, не лежащие на одной прямой, которые определяют плоскость в пространстве. После нажатия кнопки **ОК** все предварительно отмеченные узлы будут спроецированы и перенесены в эту плоскость.

Округление координат узлов



Эта операция позволяет округлить координаты узлов расчетной модели с учетом заданной точности. После активации операции появляется одноименное диалоговое окно (рис. 6.2-16), в котором задается точность округления. После выхода из окна нажатием кнопки **ОК** координаты узлов будут округлены до указанной точности. Если округление выполняется только для определенного набора узлов, то эти узлы следует отметить, а в диалоговом окне активировать соответствующий маркер.

Как правило, округление координат узлов может понадобиться после загрузки модели из графических редакторов или проектирующих систем.

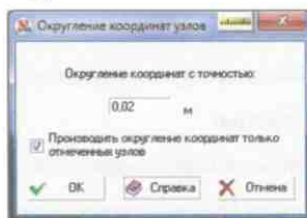


Рис. 6.2-16. Диалоговое окно **Округление координат узлов**



Если модель включает плоскостные элементы, не лежащие в плоскостях основной системы координат, использование этой операции может привести к нарушению их формы (например, выходу отдельных узлов из первоначальной плоскости).

6.3. Операции с элементами













Операции с элементами вызываются из раздела **Элементы** (рис. 6.3-1) инструментальной панели **Узлы и Элементы**.



Рис. 6.3-1. Раздел **Элементы** инструментальной панели **Узлы и Элементы**

В режиме работы с элементами в поле инструментальной панели находится *группа кнопок*, с помощью которых выполняются следующие операции:

- ввод пластин;
- ввод стержней;
- ввод объемных элементов;
- ввод стержней с учетом промежуточных узлов;
- генерация элементов по дуге;
- удаление элементов;
- восстановление удаленных элементов;
- разбивка стержня;
- дробление стержней в точке пересечения;
- дробление четырехузловых пластин;
- дробление четырехузловых пластин на трехузловые;
- дробление трехузловых пластин;
- дробление пластин с учетом промежуточных узлов;
- дробление стержней с учетом промежуточных узлов;
- объединение стержней;
- разделение элементов;
- сдвиг элементов;
- присоединение дополнительных узлов к элементам;
- отсоединение всех дополнительных узлов от граней элементов;
- объединение совпадающих элементов;
- упаковка данных;

-  — выбор элементов;
-  — дробление пластин по линии пересечения;
-  — объединение трехузловых элементов в четырехузловые;
-  — продолжить стержень до пластины;
-  — сопряжение стержней;
-  — построение стержня, перпендикулярного выбранному;
-  — копирование свойств элемента;
-  — улучшить качество триангуляции;
-  — оценка качества триангуляции;
-  — экспорт полигона из выделенных пластин.

Ввод пластин



Эта операция позволяет ввести в схему (фактически, привязать к уже введенным узлам) трех- и четырехузловые пластинчатые элементы. В программе предусмотрена возможность вводить элементы с предварительно заданными характеристиками и с характеристиками, принимаемыми «по умолчанию».

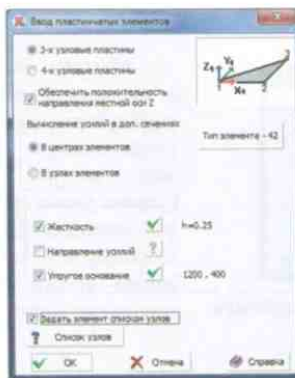


Рис. 6.3-2. Диалоговое окно **Ввод пластинчатых элементов**

Для задания характеристик перед вводом элементов следует нажать кнопку **Ввод пластин**, указав курсором на пиктограмму с изображением элементов, и в появившемся диалоговом окне **Ввод пластинчатых элементов** (рис. 6.3-2) назначить:

- количество узлов вводимых элементах (три или четыре);
- правило вычисления усилий (в центрах элементов или в центрах и узлах элементов);
- жесткостные характеристики (маркер **Жесткости** и соответствующая кнопка);

- направление выдачи усилий (маркер **Направление усилий** и соответствующая кнопка);
- тип элемента (кнопка **Тип элемента**);
- характеристики упругого основания (маркер **Упругое основание** и соответствующая кнопка).

Ввод элементов выполняется после выхода из диалогового окна нажатием кнопки **ОК**.

Правила назначения указанных выше характеристик приведены в соответствующих разделах книги (см. главу 7). Характеристики будут действовать до момента следующего обращения к операции **Ввод пластин**. Часть характеристик может не задаваться при вводе, и в этом случае они будут приниматься «по умолчанию».

Если активен маркер **Обеспечить положительность направления местной оси Z**, то независимо от последовательности выбора узлов новый элемент будет добавлен так, что местная ось Z будет иметь положительное направление.

Если выбирается ввод с характеристиками, принимаемыми «по умолчанию», то работа начинается с нажатия на стрелку, стоящую справа от кнопки **Ввод пластин**. В выпадающем меню следует выбрать количество узлов в элементах (три или четыре) и приступить к вводу. По умолчанию приняты следующие характеристики элементов:

- тип элемента — определяется типом расчетной схемы и количеством узлов;
- жесткостные характеристики — не заданы;
- направление выдачи усилий — совпадает с направлением местной оси X_1 ;
- характеристики упругого основания — не заданы;
- вычисление усилий — только в центре элемента.

Для ввода элемента, следует указать узлы, к которым он примыкает. Это можно сделать, воспользовавшись одним из курсоров (курсором с мишенью, курсором-рамкой или курсором для построения полигона). После выбора узлов элемент будет введен, если дважды нажать левую кнопку мыши или нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели, или клавишу **Enter** на клавиатуре.

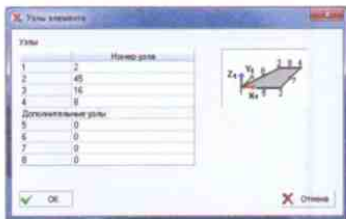


Рис. 6.3-3. Диалоговое окно Узлы элемента

Маркер **Задать элемент списком узлов** позволяет создать конечный элемент, не используя манипулятор мышь, а путем перечисления номеров узлов. Номера узлов можно ввести в диалоговом окне, которое активируется нажатием кнопки **Список узлов** (рис. 6.3-2). Если создается элемент с дополнительными узлами на сторонах, то в части таблицы, где перечислены дополнительные узлы нужно ввести 0, чтобы обозначить отсутствие дополнительного узла.

Ввод стержней



Эта операция выполняется по тем же правилам, что и предыдущая, позволяя ввести в схему (фактически, привязать к уже введенным узлам) стержневые элементы. В программе предусмотрена возможность вводить элементы с предварительно заданными характеристиками и с характеристиками, принимаемыми «по умолчанию».

Для задания характеристик перед вводом элементов следует нажать кнопку **Ввод стержней**, указав курсором на пиктограмму с изображением стержня, и в появившемся диалоговом окне **Ввод стержневых элементов** (рис. 6.3-4) назначить:

- принцип ввода стержней (по одному или цепочкой);
- количество сечений, в которых вычисляются усилия;
- жесткостные характеристики (маркер **Жесткость** и соответствующая кнопка);
- шарниры (маркер **Шарниры** и соответствующая кнопка);
- тип элемента (кнопка **Тип элемента**);
- жесткие вставки (маркер **Жесткие вставки** и соответствующая кнопка).

Ввод элементов выполняется после выхода из диалогового окна нажатием кнопки **ОК**.

Правила назначения указанных выше характеристик приведены в соответствующих разделах книги (см. главу 7). Характеристики будут действовать до момента следующего обращения к операции **Ввод стержней**. Часть характеристик может не задаваться при вводе, и в этом случае они будут приниматься «по умолчанию».

Если выбирается ввод с характеристиками, принимаемыми «по умолчанию», то работа начинается с нажатия на стрелку, стоящую справа от кнопки **Ввод стержней**. В появившемся выпадающем меню следует с помощью маркера назначить принцип ввода стержней — по одному или цепочкой и приступить к вводу. По умолчанию приняты следующие характеристики элементов:

- тип элемента — определяется типом расчетной схемы;
- количество сечений, в которых вычисляются усилия — не задано (при расчете будет использовано значение, определенное в параметрах расчета);
- шарниры — отсутствуют;
- жесткостные характеристики — не заданы;
- характеристики упругого основания — не заданы;
- жесткие вставки — не заданы.

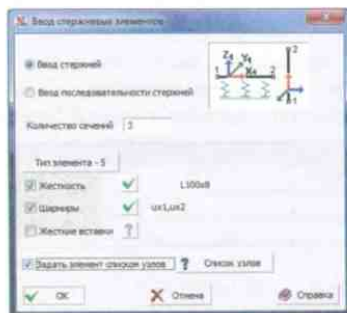



Рис. 6.3-4. Диалоговое окно **Ввод стержневых элементов**

Для ввода одного стержня следует установить курсор с мишенью  в узел и нажать левую кнопку мыши, протянуть резиновую нить до второго узла и опять нажать кнопку мыши. Узел, который был выбран первым, будет назначен первым узлом стержня, т. е. точкой начала местной системы координат элемента.

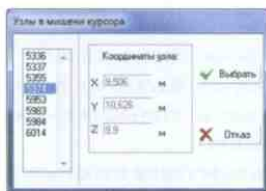




Рис. 6.3-5. Диалоговое окно **Узлы в мишени курсора**

При вводе последовательности стержней ввод цепочки будет продолжаться до тех пор, пока курсором не будет нажата кнопка  инструментальной панели (или клавиша **Enter** на клавиатуре). После этого операция ввода стержней не сбрасывается и может быть продолжена, начиная с любого другого узла.

Операцию ввода цепочки можно прервать, если указать курсором на кнопку **Отказ** —  в инструментальной панели или нажать клавишу **Esc** на клавиатуре.

Если в мишень курсора попадает более одного узла, то появляется диалоговое окно **Узлы в мишени курсора** (рис. 6.3-5). В этом окне следует выбрать из списка нужный узел и нажать кнопку **Выбрать**.

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

Ввод объемных элементов



Аналогично пластинам и стержням, ввод объемных элементов можно выполнить, предварительно задав их параметры или приняв параметры по умолчанию. В любом случае перед началом ввода необходимо назначить тип элемента, который будет вводиться.

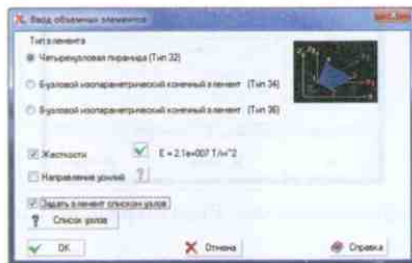


Рис. 6.3-5. Диалоговое окно **Ввод объемных элементов**

Для задания характеристик перед вводом элементов следует нажать кнопку **Ввод объемных элементов**, указав курсором на пиктограмму с изображением элементов, и в появившемся одноименном диалоговом окне (рис. 6.3-5) назначить:

- тип элемента (предусмотрен ввод элементов трех видов — четырехузловых пирамид (тип 32), а также шести- (тип 34) и восьмиузловых (тип 36) элементов);
- жесткостные характеристики (маркер **Жесткости** и соответствующая кнопка);

- направление выдачи усилий (маркер **Направление усилий** и соответствующая кнопка).

Ввод элементов выполняется после выхода из диалогового окна нажатием кнопки **ОК**.

Правила назначения указанных выше характеристик приведены в соответствующих разделах книги (см. главу 7). Характеристики будут действовать до момента следующего обращения к операции **Ввод объемных элементов**. Часть характеристик может не задаваться при вводе, и в этом случае они будут приниматься «по умолчанию».

Если выбирается ввод с характеристиками, принимаемыми «по умолчанию», то работа начинается с нажатия на стрелку, стоящую справа от кнопки **Ввод объемных элементов**. В выпадающем меню следует с помощью маркера выбрать тип элемента и приступить к вводу. По умолчанию приняты следующие характеристики элементов:

- жесткостные характеристики — не заданы;
- направление выдачи усилий — вдоль осей общей системы координат.

Для ввода элемента достаточно выбрать на схеме узлы, количество которых должно соответствовать назначенному типу элемента, после чего элемент будет введен автоматически. Для выбора узлов используется только курсор с мишенью.


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

Удаление элементов



Для удаления элементов необходимо выбрать их на схеме (после чего они маркируются красным цветом) и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели или клавишу **Enter** на клавиатуре.

Если в настройках параметров среды не выставлена опция, отменяющая удаление «висячих» узлов (узлов, не примыкающих к другим элементам схемы, кроме удаленных), то такие узлы удаляются вместе с элементами и их восстановление выполняется операцией **Восстановление удаленных узлов**.

Выбирать элементы можно любым типом курсора. При использовании курсора с мишенью  — мишень следует установить в поле элемента и нажать левую кнопку мыши. Если в мишень попало несколько элементов, то их список будет выведен в специальном диалоговом окне **Элементы** в мишени курсора. После выбора в списке нужного элемента следует нажать кнопку **Выбрать**. При использовании курсора-рамки выбираются только те элементы, все узлы которых попали в прямоугольник или полигон. Вторичное указание на выбранный элемент отменяет выбор.


Восстановление удаленных элементов



Эта операция дает возможность восстановить удаленные элементы, если после их удаления не выполнялась операция упаковки данных. Для восстановления удаленных элементов необходимо выполнить следующие действия:

- выбрать на схеме восстанавливаемые элементы (элементы маркируются красным цветом);
- нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

В процессе восстановления элементов автоматически восстанавливаются и удаленные узлы, к которым они примыкают.

Выделить на схеме удаленные элементы можно с помощью фильтра **Отображение удаленных элементов** 

Ввод стержней с учетом промежуточных узлов



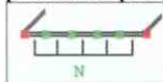
С помощью этой операции можно не только ввести новый стержень, но и автоматически разделить его на несколько элементов с учетом всех промежуточных узлов, лежащих по линии стержня. Операция выполняется как на плоских, так и на пространственных расчетных схемах по тем же правилам, что и ввод одного стержневого элемента или последовательности стержней.

Точность определения факта прохождения стержня через узел устанавливается в настройках параметров среды переменной, определяющей точность оценки совпадения узлов.

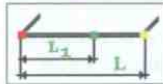
Разбивка стержня



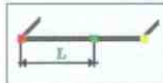
Эта операция используется для деления стержня на несколько стержней и позволяет выполнить разбиение тремя различными способами:



— N одинаковых участков (стержней);



— на два стержня в заданном соотношении;



— на два стержня заданного размера (в этом случае задается длина нового стержня, прилегающего к первому узлу исходного).



Рис. 6.3-6. Диалоговое окно **Разбивка стержня**

Для выбора способа разбиения надо активировать соответствующую опцию в диалоговом окне (рис. 6.3-6) и ввести числовые характеристики. После выхода из окна следует выбрать на схеме элементы и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели.

При вводе данных следует помнить, что при делении стержня в заданном соотношении значение L_1/L должно быть положительным и меньшим единицы, а при делении на два стержня заданного размера — длина нового стержня не должна превышать длины исходного.

При выполнении операции все нагрузки, заданные на исходном стержне, будут перенесены на новые элементы.

Условия примыкания исходного стержня (шарниры и ползуны), а также жесткие вставки, лежащие вдоль стержня, будут перенесены на концы вновь образованной цепочки стержней. Жесткие вставки из плоскости стержня будут корректно перенесены на вновь образованные элементы только в том случае, если они имеют одинаковую длину и лежат в одной плоскости.

Дробление стержней в точке пересечения



Эта операция позволяет разделить два пересекающихся стержня таким образом, что точка пересечения становится узлом, к которому примыкают новые стержни, полученные в результате пересечения. Для ее выполнения достаточно отметить нужные стержни и нажать кнопку **OK** в инструментальной панели.

Условия примыкания исходного стержня (шарниры и ползуны), а также жесткие вставки, лежащие вдоль стержня, будут перенесены на концы вновь образованных стержней. Жесткие вставки из плоскости стержня будут корректно перенесены на вновь образованные элементы только в том случае, если они имеют одинаковую длину и лежат в одной плоскости.

Объединение двух стержневых элементов



Операция позволяет объединить два любых стержневых элемента, имеющих общий узел, или цепочку стержневых элементов, лежащих на одной прямой, в один элемент. Выбор вида операции осуществляется в выпадающем меню, которое появляется после нажатия стрелки, стоящей справа от кнопки (по умолчанию принята операция объединения двух стержней). Для выполнения операции следует выбрать объединяемые стержни и нажать кнопку **OK** в инструментальной панели.

Если жесткости элементов совпадали, то результирующий элемент будет иметь тот же тип жесткости, в противном случае — жесткости не назначаются. Если у выбранных элементов не совпадает тип, то в результирующем элементе тип будет принят в соответствии с типом схемы. Описание условий примыкания, жестких вставок и нагрузок у объединенного элемента будет отсутствовать.



После объединения стержней следует проверить тип полученного элемента и ориентацию местных осей.

Ввод стержней по дуге



Эта операция используется для ввода стержневых элементов, примыкающих к узлам, лежащим на дуге окружности. Управление вводом выполняется в диалоговом окне **Ввод элементов по дуге окружности** (рис. 6.3-7). Исходные данные, необходимые для выполнения операции, включают:

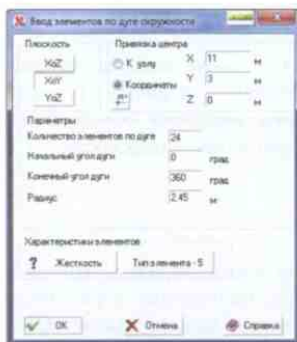



Рис. 6.3-7. Диалоговое окно
Ввод элементов по дуге
окружности

- выбор плоскости, в которой лежат новые элементы (допускаются только плоскости, параллельные плоскостям основной системы координат);
- количество элементов по дуге окружности;
- значения углов начала и конца дуги (для полной окружности, например, это 0° и 360° или 0 и 6.28 радиан соответственно);
- радиус окружности;
- привязка центра окружности (к узлу или значения координат).

Если центр задается координатами, то новые элементы будут введены в схему автоматически после выхода из окна нажатием кнопки **ОК**. Если центр лежит в узле, то после выхода из окна необходимо выбрать этот узел и нажать кнопку **ОК** в инструментальной панели или клавишу **Enter** на клавиатуре.

Одновременно с вводом параметров дуги можно задать жесткости и тип элементов (кнопки **Жесткость** и **Тип элемента** соответственно).

Чтобы назначить центром окружности узел с определенным номером, следует воспользоваться кнопкой **Получить координаты узла с заданным номером**  и в открывшемся диалоговом окне **Выбор узла** (см. рис. 6.3-3) ввести его номер. Координаты этого узла появятся в полях ввода **X**, **Y**, **Z** и могут быть изменены.

Выбор элементов



Эта операция эквивалентна одноименной операции в инструментальной панели **Управление вводом**. Выбор элементов будет выполняться с учетом состояния фильтров этой панели. Отменить операцию и выбор всех элементов можно нажатием кнопки **Отказ** в инструментальной панели или кнопкой **Сброс отметки** на панели фильтров отображения.