

# Полигональные объекты печатной платы в среде Altium Designer: общие приёмы работы

## Часть 1

Алексей Якубенко (support@idstrade.com)

Данная статья начинает цикл статей, призванных помочь пользователям САПР Altium Designer в углублённом освоении инструментов работы с полигональными объектами при проектировании печатных плат.

### ВВЕДЕНИЕ

Полигональные объекты являются неотъемлемой частью топологии практически любой печатной платы (ПП). С их помощью формируются такие элементы печатного рисунка, как заливка медью или нестандартная контактная площадка на слоях металлизации, логотипы на слоях шелкографии, различного вида вскрытия в слоях паяльной маски или трафарета паяльной пасты и т.п. Применение полигональных объектов ограничено только необходимостью и фантазией разработчика. В данной серии статей предпринята попытка свести воедино всю информацию о полигональных объектах, чтобы пользователи САПР Altium Designer (AD) получили о них чёткое представление. Будут рассмотрены все доступные виды полигональных объектов, их особенности и приёмы работы с ними. Материал статей построен следующим образом: сначала, в первой части серии статей, описаны общие приёмы работы с полигональными объектами, а затем, в последующих частях, рассказывается об особенностях каждого вида.

### Виды полигональных объектов

Среда AD предоставляет пользователю несколько видов полигональных объектов. Каждый из них предназначен для выполнения определённой задачи и имеет собственный набор возможностей и свойств. Полигональные объекты представлены следующими видами:

- *Board Shape* – область ПП;
- *Region* – регион;
- *Polygon* – полигон;
- *Fill* – прямоугольная заливка;
- *Keepout* – область запрета трассировки и расположения компонентов.

*Область ПП (Board Shape)* как полигональный объект представляет собой

зону, предназначенную для расположения на ней посадочных мест электронных компонентов, проводников, полигональных объектов и других элементов топологии.

*Регион (Region)* является сплошной замкнутой фигурой, которая может располагаться на любом слое. В свою очередь, подразделяется на следующие типы, каждый из которых также имеет своё назначение:

- *Copper region (или Solid Region)* – сплошной регион;
- *Polygon cutout* – вырез полигона;
- *Board cutout* – вырез в ПП;
- *Cavity definition* – полость для расположения компонентов внутри ПП.

*Полигон (Polygon)* также является сплошной замкнутой фигурой, которая может располагаться на любом слое, но при этом ещё и «умеет» огибать в зависимости от условий те или иные элементы металлизации, а также имеет расширенный ряд свойств и возможностей.

*Прямоугольная заливка (Fill)* представляет собой примитив в виде простого прямоугольника.

Строго говоря, класс объектов, относящихся к зоне запрета (*Keepout*), помимо полигональных объектов, включает в себя и такие примитивы, как отрезок, дуга и окружность. Однако в рамках данной статьи будут описаны только полигональные объекты, представленные видами *Keepout-Fill* и *Keepout-Region*.

В полной мере свойства и возможности практически всех видов полигональных объектов будут рассмотрены позднее в соответствующих разделах данной серии статей. Единственный полигональный объект, который опущен в статье – *область ПП*. Данный объект в полной мере описан в [1]. Теперь рассмотрим общие приёмы работы.

### ОБЩИЕ ПРИЁМЫ РАБОТЫ

В общем случае полигональные объекты ПП в среде AD являются фигурами произвольной формы. Эта форма определяется пользователем. Контур любого полигонального объекта состоит из сегментов. Сегменты могут быть как прямолинейными, так и дуговыми. Все сегменты соединяются в вершинах. Контур может состоять из любого количества сегментов и вершин, существует только два геометрических ограничения:

1. контур полигонального элемента не должен быть самопересекающимся;
2. контур полигонального элемента должен быть замкнут.

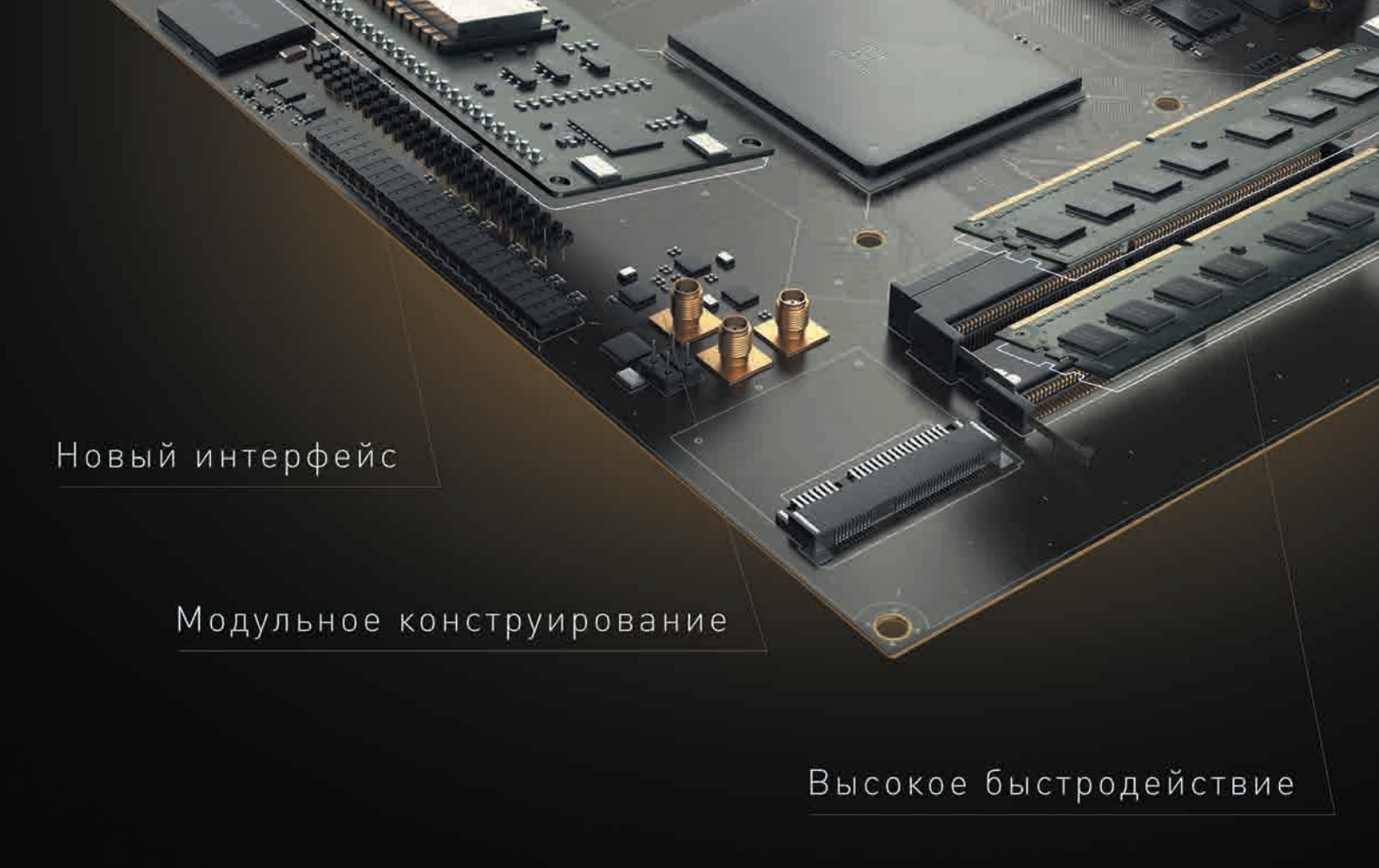
### Формирование контура

Как уже говорилось выше, контур любого полигонального объекта состоит из различного вида сегментов, соединённых в вершинах. Как следствие, данный контур формируется последовательным указанием его вершин. В общем случае данное действие требует следующих шагов:

1. Запустить соответствующую команду (каждому виду полигонального объекта соответствует собственная команда) – среда AD перейдёт в режим формирования контура.
2. Первым щелчком левой клавиши мыши (ЛКМ) задать начальную точку контура. Сформировать контур последовательностью щелчков ЛКМ в его вершинах.
3. Щелчком правой клавиши мыши (ПКМ) или нажатием клавиши ESC выйти из режима формирования контура.

В процессе формирования контура каждый последующий щелчок ЛКМ, начиная со второго, формирует один отрезок, два отрезка или два отрезка с дугой сопряжения. Количество формируемых отрезков и угол между ними определяются одним из пяти режимов формирования угла (см. рис. 1):

- *45°* – формируются сразу два отрезка под углом 45°;
- *45° с дугой сопряжения* – формируются сразу два отрезка под углом 45° с дугой сопряжения между ними;



Новый интерфейс

Модульное конструирование

Высокое быстродействие

## ALTIUM DESIGNER 18

ПЕРЕХОДИ НА НОВЫЙ УРОВЕНЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЖЕ СЕЙЧАС



ООО «АЙДИЭС» авторизованный партнер компании Altium Limited на территории РФ.

Получить подробную информацию вы можете:

На сайте:

 [www.idstrade.com](http://www.idstrade.com)

Запрос по адресу:

 [info@idstrade.com](mailto:info@idstrade.com)

По телефону:

 +7 /495/ 665-20-69

**Altium**<sup>®</sup>

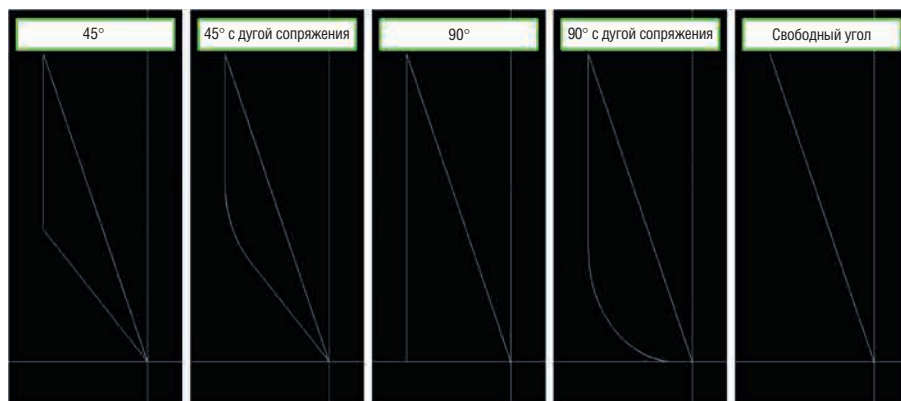


Рис. 1. Режимы формирования угла

- 90° – формируются сразу два отрезка под углом 90°;
- 90° с дугой сопряжения – формируются сразу два отрезка под углом 90° с дугой сопряжения между ними;
- свободный угол – формируется один отрезок под любым углом.

Переключение между режимами производится последовательно сочетанием клавиш Shift + «Пробел». Чтобы поменять местами вертикальный отрезок с отрезком под углом или вертикальный отрезок с горизонтальным, нужно нажать клавишу «Пробел». Нажатие клавиши Backspace удаляет последний сегмент. Для изменения радиуса дуги предназначены сочетания клавиш Shift + «<» и Shift + «>» или клавиши «<» и «>». Во втором случае радиус дуги будет меняться с меньшим шагом.

Если при формировании сразу двух отрезков необходимо, чтобы после щелчка ЛКМ формировался только первый отрезок, но при этом можно было видеть, как «ляжет» следующий, нужно воспользоваться режимом *Look-Ahead*, который активируется клавишей «1». На

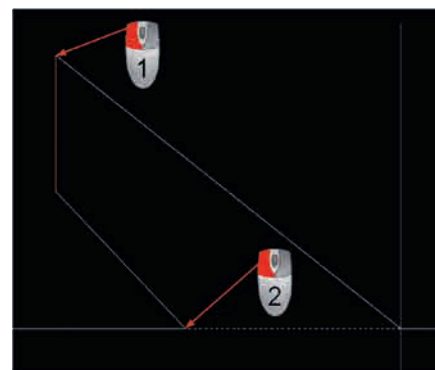
рисунке 2 продемонстрировано, как он работает:

- красной сплошной линией отображается сегмент контура, который сформировался после второго щелчка ЛКМ;
- серой сплошной линией отображается сегмент, который будет сформирован после третьего щелчка ЛКМ;
- серой штриховой линией отображается сегмент, который только предполагается, но не будет сформирован.

**Редактирование контура**

Практически не бывает случаев, чтобы единожды сформированный полигональный объект не требовал изменения своей формы в процессе проектирования. Исключение, вероятно, составляет только *прямоугольная заливка*, форма которой не подразумевает никаких изменений (хотя даже в этом случае зачастую бывает необходимо откорректировать размеры).

Редактирование контура полигонального объекта требует соответствующих



2. Пример формирования контура полигона с применением режима Look-Ahead

инструментов. Среда AD в полной мере обеспечивает пользователя такими инструментами. Их можно разделить на две основные категории: геометрическое изменение контура и табличное редактирование. В свою очередь, геометрическое изменение контура включает в себя следующие приёмы работы:

- редактирование контура с помощью маркеров и сегментов;
- частичное переопределение контура;
- объединение полигональных объектов;
- вычитание полигональных объектов.

Рассмотрим подробно каждый из указанных приёмов работы.

**Редактирование контура с помощью маркеров и сегментов**

В общем случае, чтобы отредактировать контур полигонального объекта с помощью маркера или сегмента, необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. В зависимости от вида полигонального объекта выполнить соответствующую команду или выделить полигональный объект щелчком ЛКМ – полигональный объект подсветится, а по периметру появятся маркеры вершин и центров.
2. Навести курсор на маркер или сегмент – курсор примет вид двунаправленной стрелки. Если курсор наведён на сегмент, то последний подсветится. Если курсор наведён на маркер, то последний также подсветится, а рядом с ним появится указатель, обозначающий режим редактирования.
3. Нажать ЛКМ.
4. Переместить маркер или сегмент.
5. Отпустить ЛКМ.

Если в процессе редактирования контура полигонального объекта был выбран сегмент, то его можно перенести на новую позицию. На рисунке 3 приведены примеры перемещения пря-

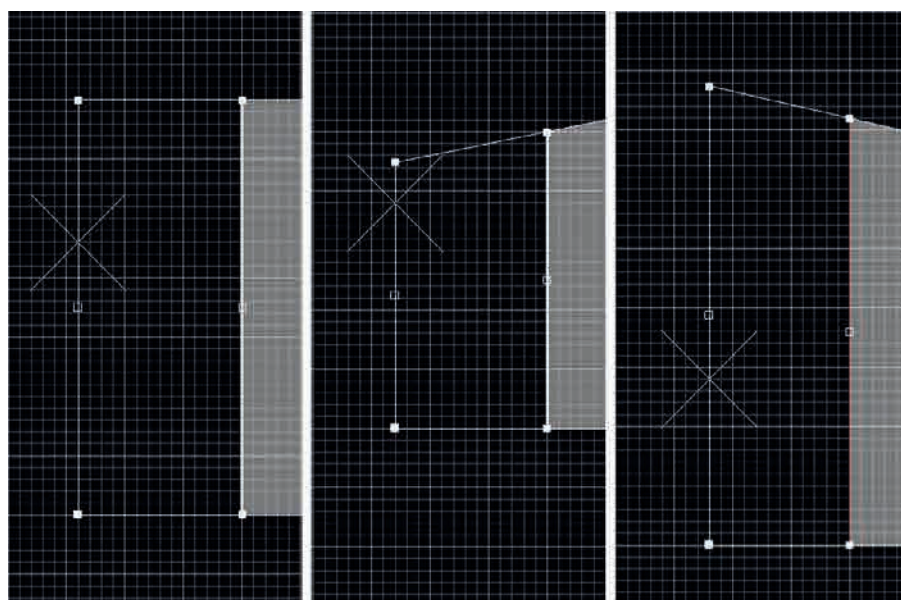


Рис. 3. Примеры перемещения отрезка

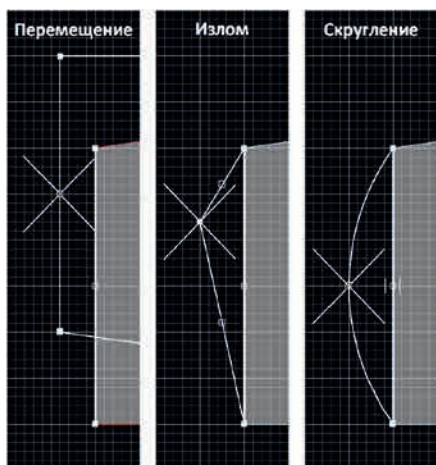


Рис. 4. Режимы редактирования сегментов полигона

молинейных сегментов. Обратите внимание, что при перемещении прямолинейного отрезка меняется его длина, если сопряжённые с ним сегменты не параллельны. Длины сопряжённых сегментов при этом также меняются, но углы, под которыми они расположены, остаются неизменными. Перемещение дуги аналогично перемещению отрезков, за исключением того, что если сопряжённые с ней сегменты не параллельны, то меняться будет её радиус.

Если в процессе редактирования контура полигонального объекта был выбран центральный маркер, то поведение соответствующего ему сегмента будет определяться одним из трёх режимов (см. рис. 4):

- свободное перемещение;
- излом;
- скругление.

В отличие от описанного выше перемещения, при свободном перемещении сегмента его длина не меняется, а у сопряжённых сегментов могут меняться и углы, и длины. Перемещение дугового сегмента идентично. При изломе образуются два новых сегмента, при этом прямолинейный сегмент преобразуется в два прямолинейных, а дуговой – в два дуговых. При скруглении прямолинейный сегмент преобразуется в дугу, а у дугового будет меняться его радиус. И в режиме излома, и в режиме скругления вершины, сопряжённые с изменяемым сегментом, остаются на месте, соответственно, в этих режимах сопряжённые сегменты не меняются. Переключение между режимами возможно только в момент переноса маркера и производится циклично сочетанием клавиш Shift + «Пробел».

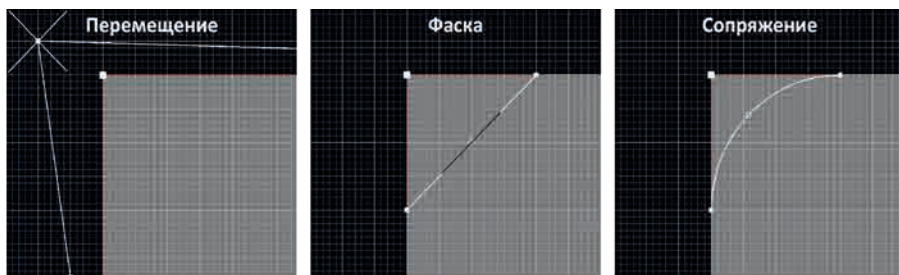


Рис. 5. Режимы редактирования углов полигонов

Если в процессе редактирования контура полигонального объекта был выбран маркер вершины, то поведение вершины также будет зависеть от одного из трёх режимов (см. рис. 5):

- перемещение вершины;
- фаска;
- сопряжение.

В режиме перемещения сегменты, которые сопряжены с перемещаемой вершиной, меняют как свою длину, так и угол, под которым они расположены. Это касается как прямолинейных сегментов, так и дуговых. В режиме фаски образуется новый отрезок, расположенный под равными углами по отношению к сопряжённым с ним. В режиме сопряжения образуется дуга, касательная к сопряжённым с ней сегментам. Переключение между режимами также возможно только в момент переноса маркера и производится циклично сочетанием клавиш Shift + «Пробел».

Помимо указанных выше приёмов редактирования, имеется также возможность ручного добавления или удаления маркеров вершин. Чтобы добавить новый маркер, необходимо выполнить следующие действия:

1. Навести курсор на сегмент – сегмент подсветится.
2. Зажать клавишу Ctrl – под курсором появится изображение нового маркера, которое будет «привязано» к курсору, но будет двигаться только вдоль сегмента.
3. Выбрав положение маркера, зажать ЛКМ, отпустить клавишу Ctrl и начать

двигать курсор, не отпуская ЛКМ. При этом сегмент разобьётся на два новых сегмента.

4. Выбрав позицию нового маркера, отпустить ЛКМ.

Чтобы удалить маркер, необходимо выполнить следующие действия:

1. Навести курсор на маркер – маркер подсветится.
2. Зажать на маркере ЛКМ.
3. Нажать клавишу Delete.
4. Отпустить ЛКМ.

При удалении маркеров вершин смежные сегменты, независимо от формы, преобразуются в один линейный сегмент [2, 3].

### Направляющие

Помимо указанных выше инструментов редактирования, пользователю доступен один очень полезный инструмент индикации – направляющие. Они показывают положение перемещаемой вершины по отношению к другим элементам контура полигонального объекта. Направляющие представляют собой тонкие линии или дуги зелёного цвета, которые проявляются в следующих случаях:

- когда вершина оказывается на продолжении линейного или дугового сегмента;
- когда вершина оказывается на линии, проведённой под углом 90° или 45° из другой существующей вершины.

На рисунке 6 представлены примеры направляющих. Направляющие можно скрывать с помощью клавиши

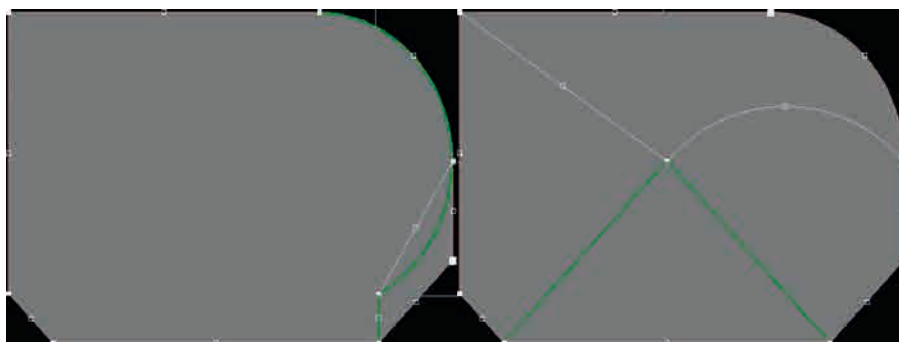


Рис. 6. Направляющие (зелёным цветом обозначены временные дуговые или линейные сегменты)

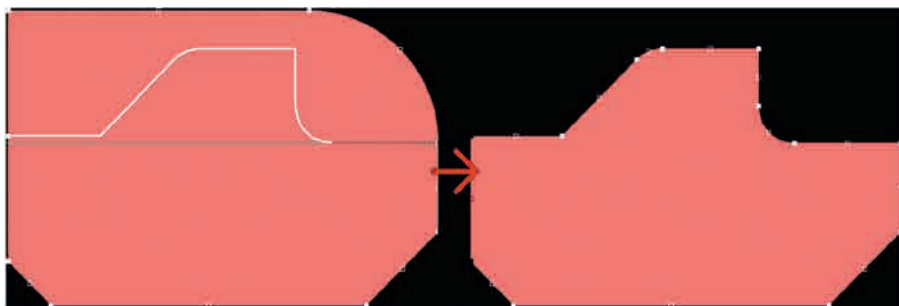


Рис. 7. Непосредственное изменение контура полигонального объекта

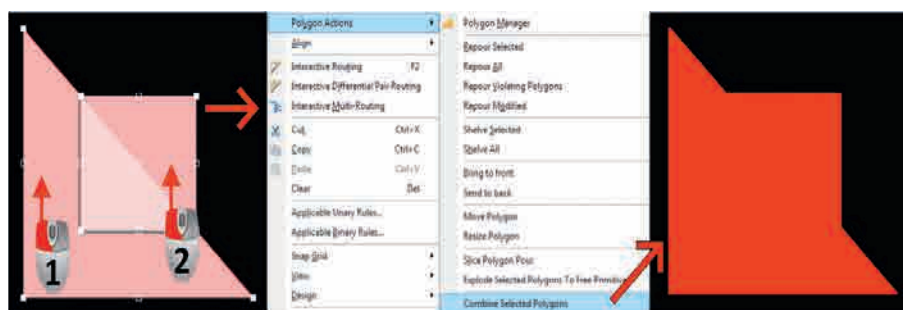


Рис. 8. Объединение полигональных объектов

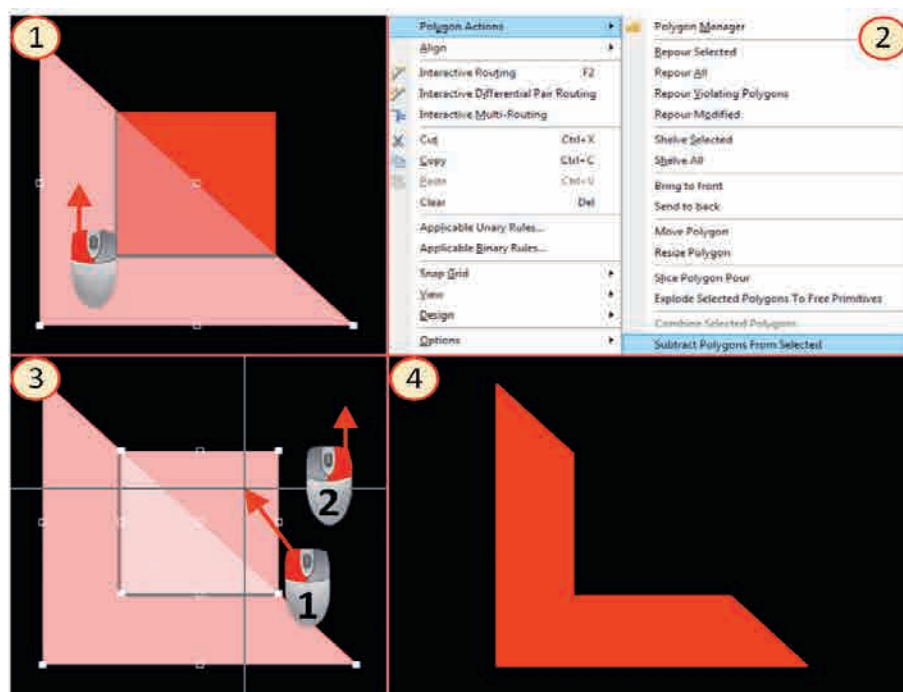


Рис. 9. Вычитание полигональных объектов

Shift: пока эта клавиша нажата, направляющие не будут отображаться [2, 3].

**Частичное переопределение контура**

В отличие от описанного ранее, данный способ редактирования контура полигонального объекта позволяет непосредственно «перерисовать» часть контура. Чтобы отредактировать контур данным способом, необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 7):

1. Запустить соответствующую команду (каждому виду полигонального объ-

екта соответствует собственная команда) – среда AD перейдёт в режим редактирования контура.

2. Первым щелчком ЛКМ на контуре задать начальную вершину изменяемой части контура.
3. Последовательностью щелчков ЛКМ сформировать новую часть контура. Данный процесс полностью аналогичен описанному ранее процессу формирования контура нового полигонального объекта.
4. Последний щелчок ЛКМ выполнить также на контуре, в последней вер-

шине изменяемой части – контур полигонального объекта изменится, а среда AD автоматически выйдет из текущего режима.

В моменты выбора начальной и конечной точек при наведении курсора на контур полигонального объекта под курсором появится маркер, облегчающий выбор этих точек. Маркер представляет собой белый квадрат, «привязанный» к курсору идвигающийся только вдоль контура по координатной сетке.

В определённом смысле можно сказать, что частичное переопределение является частным случаем формирования контура полигонального объекта, поэтому в данном случае пользователю доступны все те же режимы построения угла (см. рис. 1), что и при формировании контура [2, 3].

**Объединение полигональных объектов**

Иногда возникают случаи, когда проще не отредактировать контур, а объединить два полигональных объекта в один. Среда AD также содержит соответствующий инструмент. Для такого объединения необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 8):

1. Выделить все полигональные объекты, которые должны быть объединены.
2. Щёлкнуть ПКМ в любой точке любого из объединяемых полигональных объектов и из выпадающего меню запустить команду Polygon Actions → Combine Selected Polygons – все выбранные полигоны объединятся в один.

Объединять в один можно одновременно два и более полигональных объекта. Все объединяемые полигональные объекты должны находиться на одном слое и пересекаться. Если какой-то из объединяемых полигональных объектов не имеет пересечений с другими, необходимо либо отредактировать его контур, либо передвинуть его таким образом, чтобы пересечения объединяемых полигональных объектов различаются, то новый объединённый полигональный объект наследует свойства того, который был выделен для объединения первым [2, 3].

**Вычитание полигональных объектов**

Наравне с объединением полигональных объектов пользователям

также доступна обратная операция – вычитание. Для этого необходимо выполнить следующие действия (см. рис. 9):

- Щёлчком ЛКМ выделить уменьшаемый полигональный объект.
- Щёлкнуть ПКМ в любой точке выделенного полигонального объекта и из выпадающего меню запустить команду Polygon Actions → Subtract Polygons From Selected.
- Щёлчком ЛКМ выделить вычитаемый полигональный объект. Если таковых несколько, то последовательно выделить их все.
- Щёлкнуть в любом месте ПКМ – вычитаемые полигональные объекты будут удалены, а уменьшаемый изменит свой контур.

Все полигональные объекты, участвующие в операции вычитания, должны находиться на одном слое. Операция вычитания может быть применена одновременно только к одному уменьшаемому полигональному объекту. Все вычитаемые полигональные объекты должны иметь пересечения с уменьшаемым. Если какой-то из вычитаемых полигональных объектов не имеет пересечений с уменьшаемым, необходимо либо отредактировать контур одного из них, либо передвинуть один из них таким образом, чтобы пересечения появились [2, 4].

### Табличное редактирование контура

Помимо перечисленных выше инструментов, пользователям AD также доступен табличный способ редактирования полигональных объектов. Для данного действия предназначена таблица вершин Outline Vertices, которую можно найти в окнах свойств соответствующего полигонального объекта на одноимённой вкладке. С помощью данной таблицы можно вручную менять координаты вершин, удалять или добавлять новые вершины, менять прямолинейный сегмент на дуговой и наоборот, менять центральный угол дугового сегмента и т.д.

Каждая строка данной таблицы описывает одну из вершин полигонального объекта. В графе Index отображаются порядковые номера вершин. Графы X и Y отображают координаты вершин по осям X и Y соответственно. В графе Arc Angle выводится значение центрального угла дугового сегмента. Для прямолинейного сегмента ячейка в графе Arc Angle остаётся пустой.

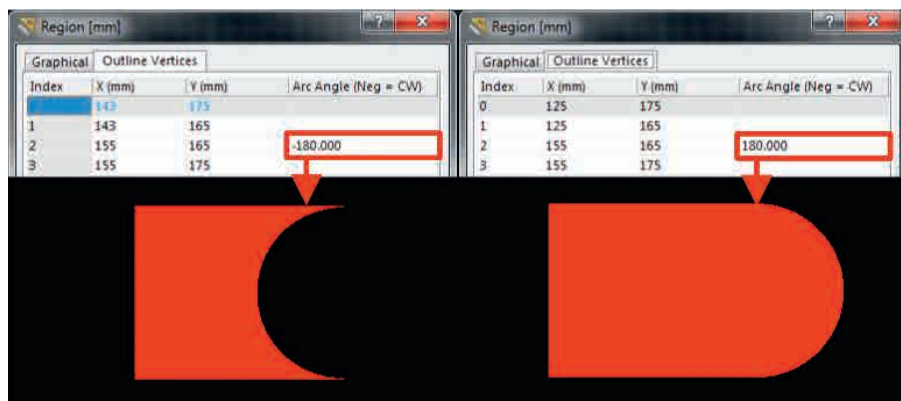


Рис. 10. Формирование дугового сегмента в зависимости от знака его значения

И прямолинейные, и дуговые сегменты строятся последовательно, от вершины с меньшим порядковым номером к вершине с большим. Если значение центрального угла дугового сегмента положительно, то он строится против часовой стрелки, если отрицательно – по часовой (см. рис. 10).

Чтобы отредактировать значение в ячейке, достаточно щёлкнуть по ней ЛКМ и ввести новое или отредактировать существующее. Отредактировать можно значение любой ячейки, кроме ячеек графы Index.

По щелчку ПКМ на любой ячейке открывается выпадающее меню, которое содержит все необходимые команды для работы с таблицей вершин:

- Edit – редактировать значения текущей ячейки (идентично ранее описанной процедуре);
- Add – добавить новую вершину (строка новой вершины добавляется ниже текущей);
- Remove – удалить текущую вершину;
- Copy – скопировать значения выделенных ячеек в буфер обмена;
- Paste – вставить из буфера;
- Export To CSV – экспортировать таблицу в файл формата \*.CSV;
- Import From CSV – импортировать таблицу из файла формата \*.CSV;
- Select All – выделить всю таблицу;
- Select Column – выделить весь столбец;
- Move Up – сдвинуть текущую строку вверх;
- Move Down – сдвинуть текущую строку вниз;
- Move By XY – сдвинуть весь полигон на заданное значение.

После выполнения команды Move By XY откроется окно Move By. В данном окне необходимо ввести значения сдвига по осям X и Y. После закрытия данного окна введённые значения сум-

мируются с соответствующими значениями в таблице.

Под таблицей расположены кнопки Menu, Add... и Remove... Кнопка Menu открывает меню, идентичное вышеописанному выпадающему меню. Кнопка Add... добавляет новую вершину, а кнопка Remove... – удаляет существующую [4].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной части статьи были рассмотрены общие приёмы работы с полигональными объектами. Далее будет показано, что эти приёмы работы применимы в подавляющем большинстве случаев.

Каждый полигональный объект предназначен для выполнения определённой задачи и, соответственно, имеет собственный набор свойств и возможностей. В следующих частях статьи будет подробно рассмотрен каждый вид полигонального объекта: регион, полигон, прямоугольная заливка и полигональные объекты зон запрета. Кроме того, когда речь пойдёт о полигонах, будут представлены ряд правил, без которых невозможно сформировать правильную заливку, а также такой полезный инструмент, как менеджер полигонов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Якубенко А. Работа с контуром печатной платы // Современная электроника. 2017. №7.
2. Altium. Documentation. Editing Polygonal Shaped Objects: [http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/\(\(Editing+Polygonal+Shaped+Objects\)\)\\_AD](http://www.altium.com/documentation/17.1/display/ADES/((Editing+Polygonal+Shaped+Objects))_AD)
3. Altium Wiki. Российская документация. Редактирование полигонов: <http://wiki.altium.com/pages/viewpage.action?pageId=52858359>
4. Altium. Documentation. Outline Vertices Editor for Polygonal Pours and Regions: <http://techdocs.altium.com/display/ADOH/Outline+Vertices+Editor+for+Polygonal+Pours+and+Regions>