

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЕКУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕШЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СРЕДСТВАМИ САПР AUTOCAD И AUTODESK INVENTOR

**С. В. Гиль**, канд. техн. наук, доцент

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: секущая поверхность, твердотельная комбинированная модель, линейчатая NURBS-поверхность, проецирование без искажения.

Аннотация. На примере решения конкретных практических задач рассмотрены особенности применения секущей поверхности в САПР AutoCAD и Autodesk Inventor при изучении специальных дисциплин второй ступени образования.

В связи с переходом на двухлетний срок обучения в магистратуре по специальности «Инженерная геометрия и компьютерная графика» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники» с 2023 года были введены новые учебные дисциплины и соответственно увеличено количество часов на изучение, ранее введенных программы обучения, дисциплин. Следовательно, появилась возможность более детально изучить функциональные возможности САПР, используемых в учебном процессе при освоении специальных дисциплин, закрепить теоретические знания и получить практические навыки на примере решения конкретных задач.

Традиционно командой Slice (Разрез) выполняют простые разрезы твердотельного объекта одной секущей плоскостью. Среди множества опций этой команды особый интерес представляет вариант создания сечения твердотельной модели поверхностью. После выбора команды Slice (Разрез) в AutoCAD необходимо указать объект для разрезания и ответить на подсказки. По умолчанию AutoCAD предлагает выполнить сечение по трем точкам. При использовании других вариантов выполнения команды секущая плоскость может определяться: плоским объектом, поверхностью, видом, осью, XY, YZ, XZ. Использование секущей плоскости для выполнения разреза твердотельного объекта является общеизвестным, однако достаточно тривиальным. Рассмотрим выполнение функции сечения/разреза поверхностью в системе AutoCAD в решении отдельных практических задач.

Выполнение четвертного выреза на 3D-модели комбинированной формы. В качестве секущей поверхности в этом случае может быть использована призматическая поверхность. Построение ее можно осуществлять двумя различными вариантами: командой Tabsurf (П-Сдвиг) и командой Extrude (Выдавить). Созданная призма является ассоциативной поверхностью, при выделении ее она подсвечивается в виде каркаса из вспомогательных вертикальных и горизонтальных образующих и может изменяться при их редактировании. Выполнение четвертного выреза на твердотельной модели комбинированной формы не представляет сложности, осуществляется командой Slice (Разрез) секущей поверхностью призмы, без традиционного применения булевой операции Вычитание в решении подобных задач (рис. 1).

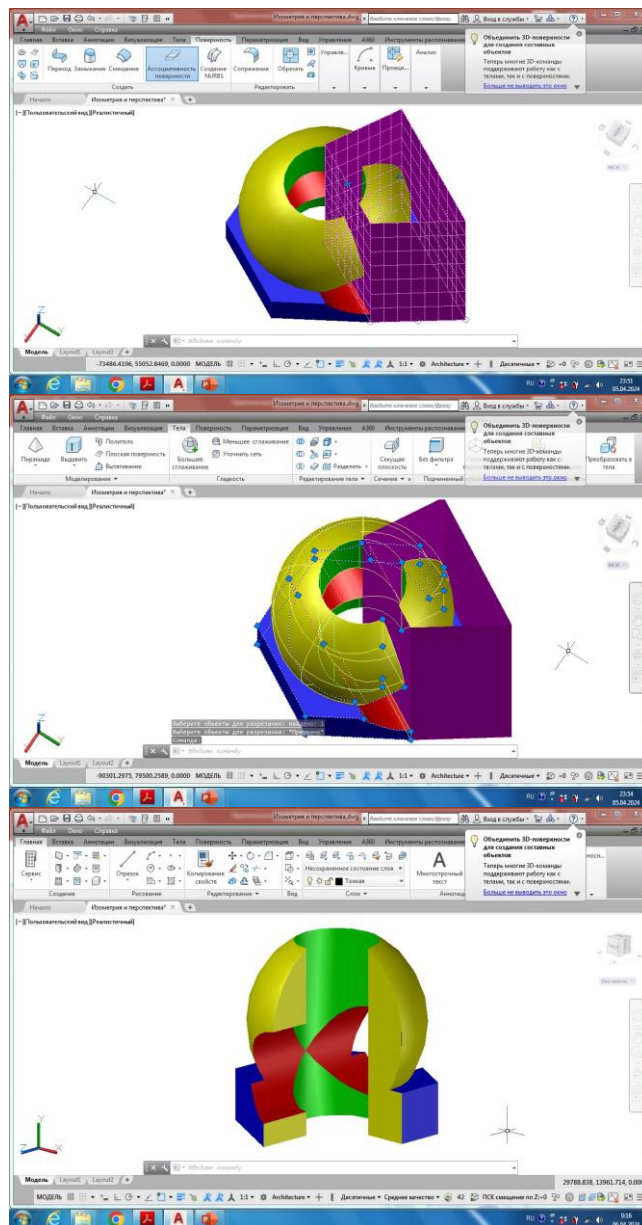


Рисунок 1 – Выполнение четвертного выреза секущей поверхностью

В зависимости от типа решаемой задачи используемые поверхности могут быть созданы различными способами: командами *Revsurf* (П-Вращ), *Tabsurf* (П-Сдвиг), *Rulesurf* (П-Соед) и *Edgesurf* (П-Кромка). Для выполнения этих команд необходимо предварительно вычертить все объекты, участвующие в построении: образующую линию (прямолинейную или криволинейную), направляющие (одну или несколько, прямолинейную или криволинейную), ось при необходимости. При выполнении построений важно отслеживать положение ПСК.

Методику применения этой функциональной возможности в системе AutoCAD можно продемонстрировать на простом примере – проецировании геометрических тел различной формы на линейчатую NURBS-поверхность без искажения. Традиционные опции, реализующие команду *Slice* (Разрез) и наиболее часто используемые на практике, эту задачу не решают. Командой *Tabsurf* (П-Сдвиг) формируется линейчатая поверхность, при этом сплайн – направляющая и прямолинейная образующая поверхности не должны лежать

в одной плоскости. Созданная поверхность копируется трижды с использованием Объектной привязки и Орто. Отдельно формируются геометрические тела. Командой Slice (Разрез) они рассекаются двумя скопированными линейчатыми NURBS-поверхностями (верхней и нижней) и таким образом создаются объемные фигурные выступы на поверхности (рис. 2).

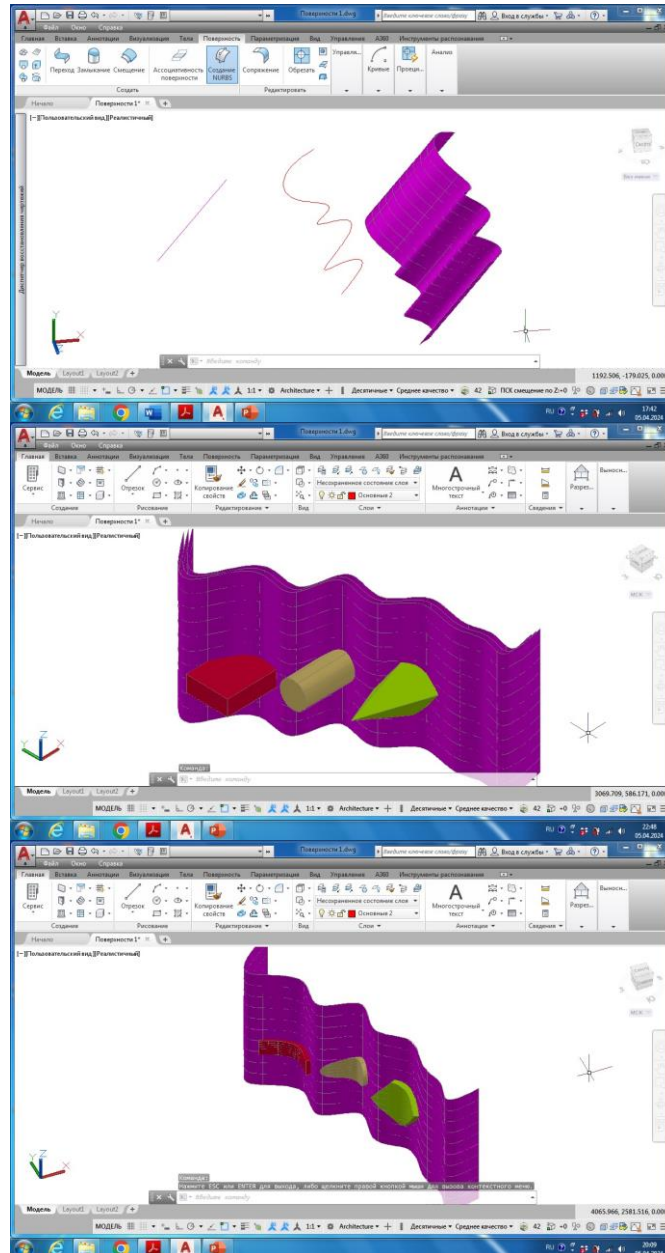


Рисунок 2 – Проецирование геометрических тел различной формы на линейчатую NURBS-поверхность без искажения

Пример решения этой задачи и ей подобной, но в более сложной интерпретации с проецированием текстовой надписи без искажения на криволинейную форму в системе AutoCAD представлен на рисунке 3. Предварительно текст расчленяется на кривые, преобразуется в область, формируется выдавливанием твердотельная форма и далее она обрезается соответствующими секущими ассоциативными поверхностями. В решении этой практической задачи отрабатывается также использование команд Sweep (Сдвиг) и Loft (По сечениям), кото-

рые в отличие от команд Revolve (Вращать) и Extrude (Выдавить) достаточно редко применяются в создании простых форм.

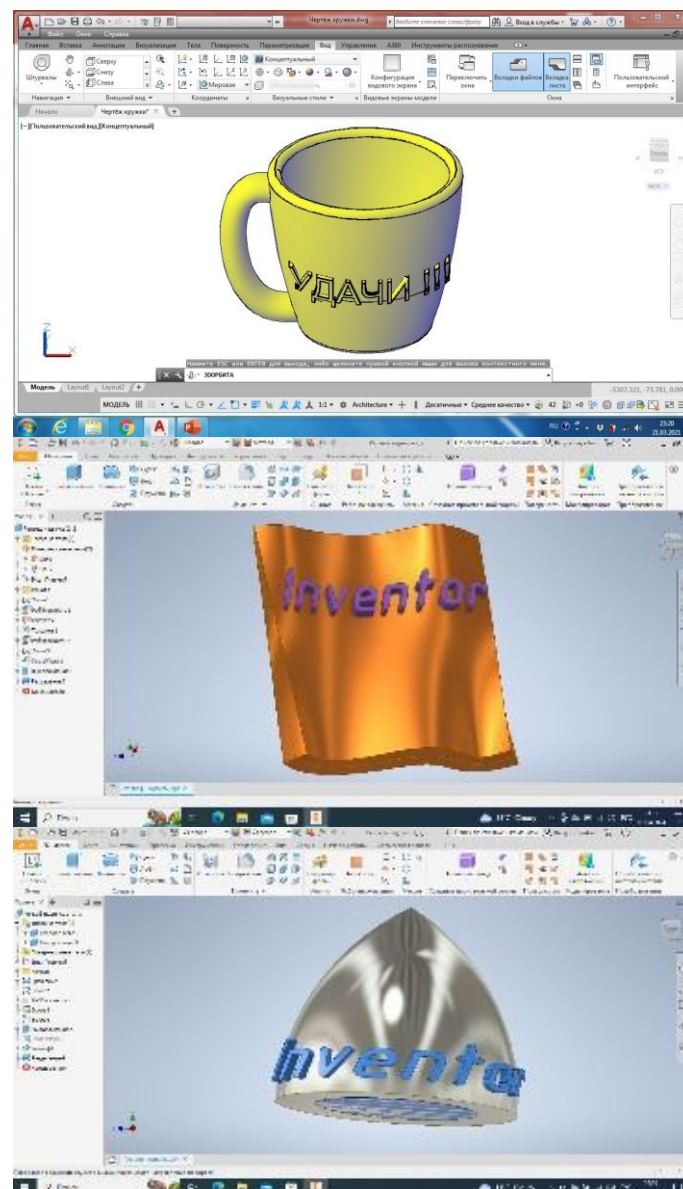


Рисунок 3 – Примеры использования секущей поверхности на 3D-моделях

Задача проецирования на твердотельные модели в САПР Autodesk Inventor реализуется при выполнении команд Маркировка и Рельеф. Иллюстрация или текстовая надпись переносится на плоскую грань тела достаточно просто. Однако, если твердотельная модель представляет собой поверхность второго или четвертого порядка, кроме прямого кругового цилиндра (конус, шар, эллипсоид, гиперboloид, параболоид вращения или все варианты торовой поверхности), проецирование без искажения возможно только с применением специальных методик построения: аппроксимации и формирования вспомогательной секущей поверхности. Так на более простом примере (рисунок 3) из сплайновых кривых сформирована командой Лофт поверхность, преобразованная в дальнейшем в твердотельную 3D-модель. Командой Смещение на заданном фиксированном расстоянии от тела создана секущая поверхность, которая не только обрезает выдавленную текстовую надпись, но

и воспроизводит при проецировании плавные переходы 3D-модели в созданной текстовой надписи. Аналогично выполнена задача формирования радиальной текстовой надписи на поверхности четвертого порядка – 3D-модели самопересекающегося тора, которая предварительно аппроксимируется цилиндрической 3D-моделью. Проецирование текстовой надписи производится на цилиндр, а обрезка и воспроизведение радиального положения создается использованием вспомогательной секущей торовой поверхности, идентичной 3D-модели самопересекающегося тора и удаленной от него на фиксированное расстояние (рис. 3).

В САПР Autodesk Inventor нет функции выполнения четвертных вырезов секущей поверхностью. Создание подобного выреза, а также простых разрезов плоскостями уровня возможно командой Сечение. При выборе варианта сечения указывается в дереве модели плоскость среза или две взаимно-перпендикулярные плоскости при выполнении четвертного выреза (рис. 4).

Интересным примером использования секущей поверхности в Autodesk Inventor является задача создания конической фаски на призматической поверхности детали типа «Пробка». Формирование детали, которая представляет собой комбинацию цилиндрической, конической и призматической поверхностей, осуществляется в четырех 2D-эскизах на различных плоскостях проекций командами Вращение и Выдавливание. Для выполнения непосредственно конической фаски на 3D-модели из построенной предварительно окружности выдавливанием внутрь под заданным углом  $60^\circ$  создается коническая поверхность, которая при помощи команды Скульптор с вычитанием материала, формирует гиперболические переходы конической фаски в призматическую составляющую 3D-модели детали (рис. 4) [1].

Применение секущей поверхности средствами AutoCAD и Inventor имеет свои отличительные особенности и позволяет решать различные практические задачи, которые невозможно выполнить с применением традиционных методик. Используя описанные методы построения, можно создать ряд практико-ориентированных заданий для углубленного изучения функциональных возможностей САПР, используемых в учебном процессе соответствующих дисциплин второй ступени образования.

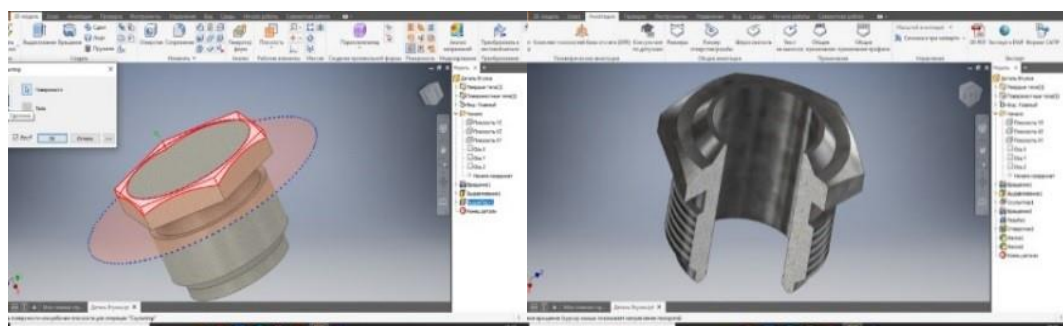


Рисунок 4 – Пример выполнения конической фаски секущей поверхностью

## Список литературы

1. **Киселевский, О. С.** Твёрдотельное трехмерное моделирование в Autodesk Inventor : учеб.-метод. пособие / О. С. Киселевский. – Минск : БГУИР, 2017. – 90 с.