



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

И. М. Шуберт

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ AUTOCAD

**Учебно-методическое пособие
для студентов строительных специальностей**



**Минск
БНТУ
2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

И. М. Шуберт

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ AUTOCAD

Учебно-методическое пособие
для студентов строительных специальностей

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2018

УДК 004.92 (075.8)
ББК 32.973я7
Ш95

3D-модели выполнены *А. П. Крюковским*
под руководством *И. М. Шуберт*

Рецензенты:
Г. И. Касперов, В. Ф. Слепцов

Шуберт, И. М.
Ш95 Моделирование поверхностей с использованием графической системы AutoCAD : учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / И. М. Шуберт. – Минск : БНТУ, 2018. – 44 с.
ISBN 978-985-583-082-6.

Учебно-методическое пособие содержит сведения по созданию 2D и 3D графических объектов с использованием AutoCAD Autodesk и способствует выполнению индивидуальных расчетно-графических работ по темам «Поверхность» и «Пересечение» дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика».

Пособие предназначено для студентов строительных специальностей дневной и заочной формы обучения и способствует организации самостоятельной работы студентов и подготовке к экзамену по дисциплине.

УДК 004.92 (075.8)
ББК 32.973я7

ISBN 978-985-583-082-6

© Шуберт И. М., 2018
© Белорусский национальный
технический университет, 2018

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое развитие информационных технологий привело к существенной трансформации содержания инженерного труда. На смену традиционным методам проектирования зданий и сооружений приходят быстро развивающиеся и совершенствующиеся современные компьютерные технологии. Однако использовать эти технологии должны специалисты с глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками в области графических дисциплин.

Без знания особого языка инженеров, на котором построена вся графическая документация, специалист не может качественно выполнять свои функции в будущей профессиональной деятельности: проектно-конструкторской, экспериментально-исследовательской, организационно-управленческой, производственно-технологической. В этой связи следует отметить, что актуальной задачей кафедр графики технических вузов по-прежнему остается формирование у будущих инженеров пространственного мышления, повышение геометрической культуры, что невозможно без изучения начертательной геометрии.

Проектирование, строительство современных зданий и сооружений, изготовление строительных изделий и конструкций, разработка и применение новых технологий в строительстве связаны с необходимостью разработки проектной документации. Применение инновационных технологий является неотъемлемым условием экономического развития любой страны. Перед строительным комплексом Беларуси сегодня поставлены задачи по выходу на современный уровень проектирования и строительства [1] и внедрения BIM-технологий. Подготовка специалистов начинается с изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика». Внедрение BIM-технологий требует от студента опыта работы с виртуальными трехмерными объектами.

Электронная 3D-модель может стать важным элементом программы графической подготовки. Но ориентация исключительно на 3D-моделирование как на базовую графическую подготовку неизбежно связана с необходимостью сохранения классических разделов начертательной геометрии, которые составляют суть геометрии как науки [2].

Высокий уровень и фундаментальность образования по графическим дисциплинам позволяют выпускнику технического вуза быстро и эффективно адаптироваться к профессиональной деятельности, а также обеспечивают широкий кругозор, развивают творческие способности будущего специалиста по созданию инновационных идей, а кроме того, позволяют непрерывно повышать уровень самообразования в среде графических информационных технологий.

1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ И КЛАССИЧЕСКИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

В настоящее время в Республике Беларусь появляется все больше уникальных зданий и сооружений и эта тенденция сохраняется (рис. 1.1–1.5).



Рис. 1.1. Здание штаб-квартиры Национального олимпийского комитета



Рис. 1.2. Оздоровительный центр с объектами общественно-делового назначения

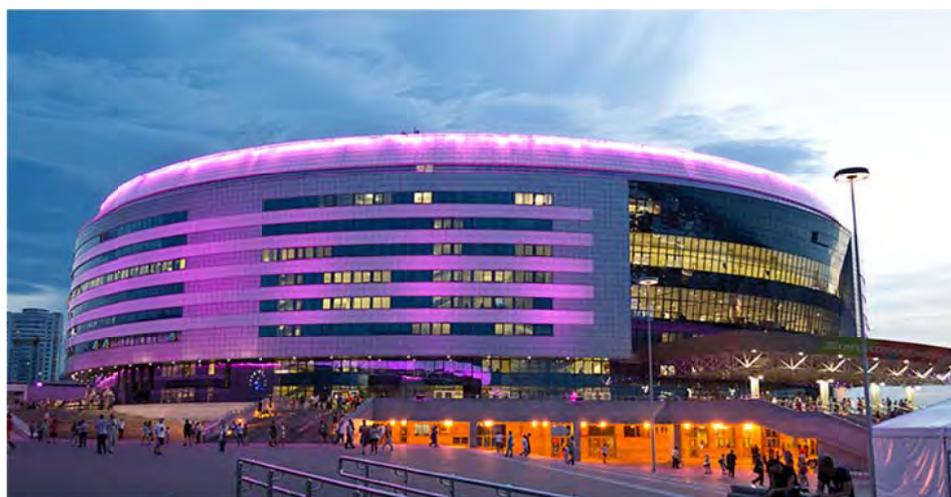


Рис. 1.3. Спортивный комплекс Минск-Арена



Рис. 1.4. Футбольный манеж



Рис. 1.5. Храм в честь Святой Живоначальной Троицы

Проектирование зданий и сооружений связано с необходимостью построения изображений (чертежей) разнообразных поверхностей. Поэтому при изучении начертательной геометрии важной является тема «Поверхности». Для лучшего усвоения учебного материала и глубокого понимания рекомендуется использовать наглядные изображения, созданные в среде графической системы AutoCAD.

Система AutoCAD позволяет создавать вариативные проекты и анализировать их как в 2D-, так и в 3D-моделях. Набор эффективных и интуитивно понятных инструментов системы AutoCAD поможет воплотить самые инновационные идеи. Для 3D-моделирования разнообразных форм имеются мощные инструменты моделирования (создания и редактирования) поверхностей, сеток и тел в AutoCAD, которые позволяют исследовать и совершенствовать идеи. Мощные средства визуализации помогают сделать изображение объекта реалистичным и еще более убедительным. Средства 3D-навигации позволяют выпол-

нять обход и облет модели. AutoCAD – это гибкое решение, позволяющее воплощать конструкторские идеи.

1.1. Основы 3D Modeling

Рабочее пространство 3D-Modeling графической системы AutoCAD служит для создания 3D-моделей графических объектов. Для многих программных продуктов фирмы AutoDESK, которая является разработчиком и системы AutoCAD, в качестве основы рабочего пространства являются ленты, которые имеют тематические вкладки. На вкладках находятся панели инструментов, сгруппированные по функциональной принадлежности. В прил. 1 приведены виды вкладок ленты рабочего пространства 3D-Modeling. Описание команд, применяемых для создания 3D-моделей, приведены в прил. 2 и 3. Список основных команд, которые использовались для создания 3D-модели, приведен в прил. 4. Работу по созданию 3D-моделей следует предварить изучением соответствующей литературы [3, 4, 5].

1.2. Линейчатые поверхности

Линейчатые поверхности (образующая поверхности – прямая линия) часто используются при проектировании зданий и сооружений. К таким поверхностям относятся:

– торсовые [6, 7]: призматические, пирамидальные, цилиндрические, конические (рис. 1.6);

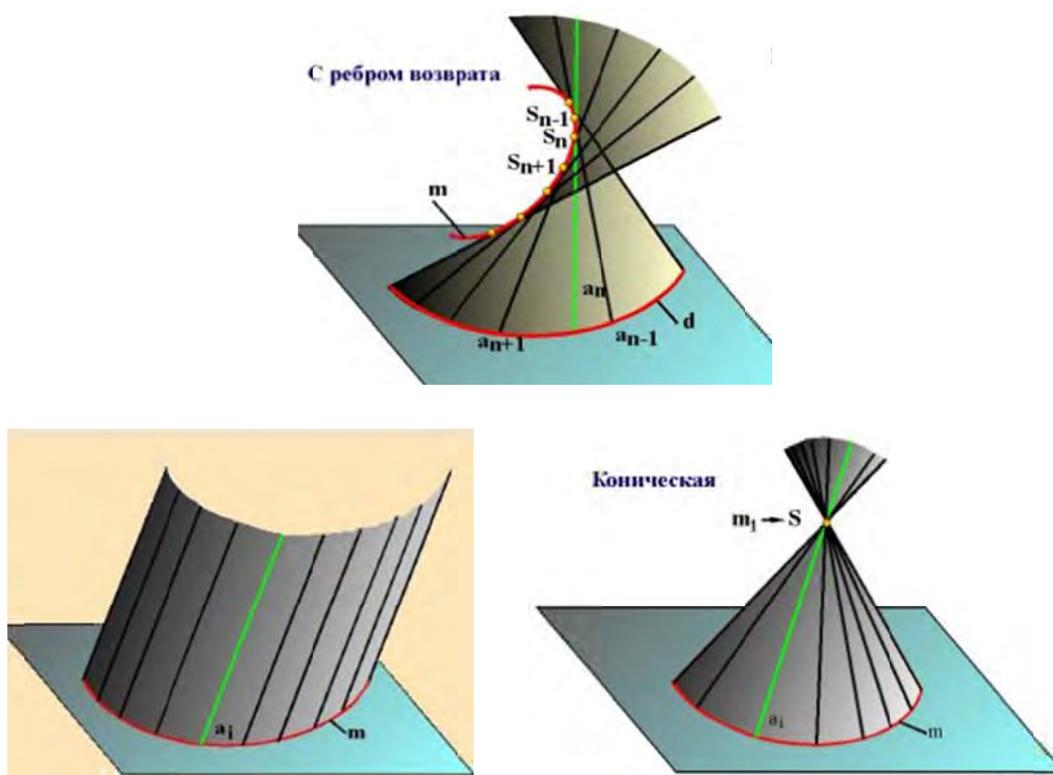


Рис. 1.6. Торсовые, цилиндрические, конические поверхности

– поверхности Каталана [6, 7, 9] (линейчатые поверхности с плоскостью параллелизма: цилиндроид, коноид, косая плоскость) (рис. 1.7), однополостный гиперboloид (рис. 1.8) и др.

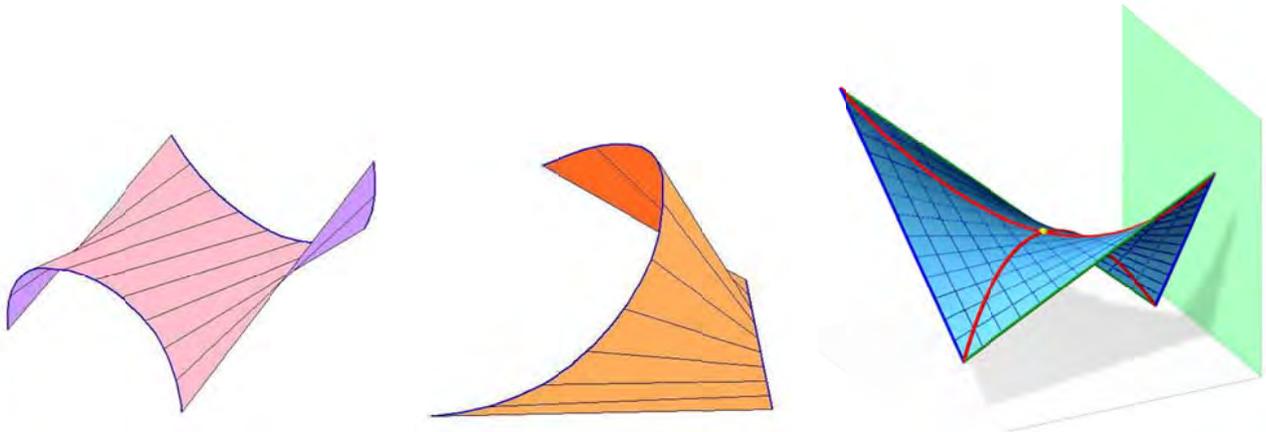


Рис. 1.7. Поверхности Каталана

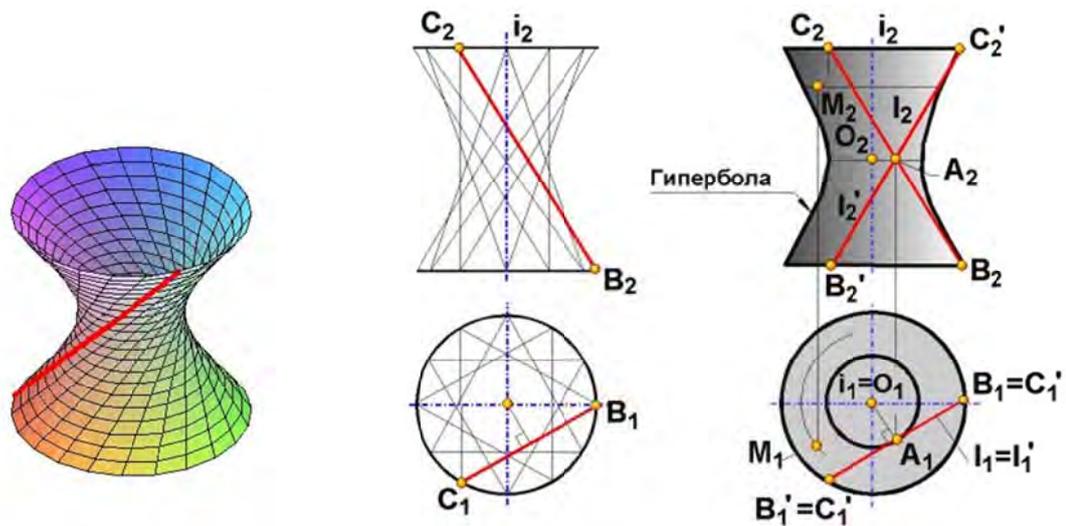


Рис. 1.8. Однополостный гиперboloид (дважды линейчатая поверхность и также поверхность вращения)

На рис. 1.9–1.14 приведены примеры построения линейчатых поверхностей (тел), выполненные в среде AutoCAD.

Построение трехмерных твердотельных моделей включало:

- создание трехмерных твердотельных объектов;
- редактирование;
- работу с командами по созданию составных тел;
- визуализацию трехмерных твердотельных объектов;
- использование четырех зон видовых экранов для получения трех проекций и наглядного аксонометрического изображения одновременно;
- использование эффектов получения реалистичных изображений (теней и т. п.).

Перечень используемых команд приведен в прил. 2–4. При построении изображений рекомендуется пользоваться учебно-методическими пособиями [3, 4, 5].

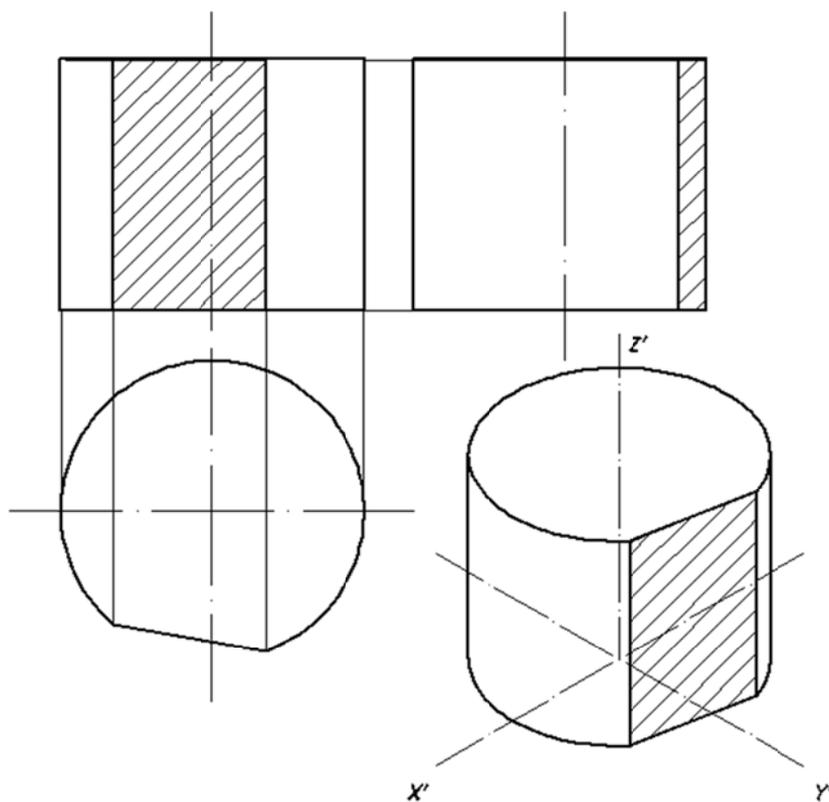


Рис. 1.9. Пересечение цилиндра горизонтально-проецирующей плоскостью

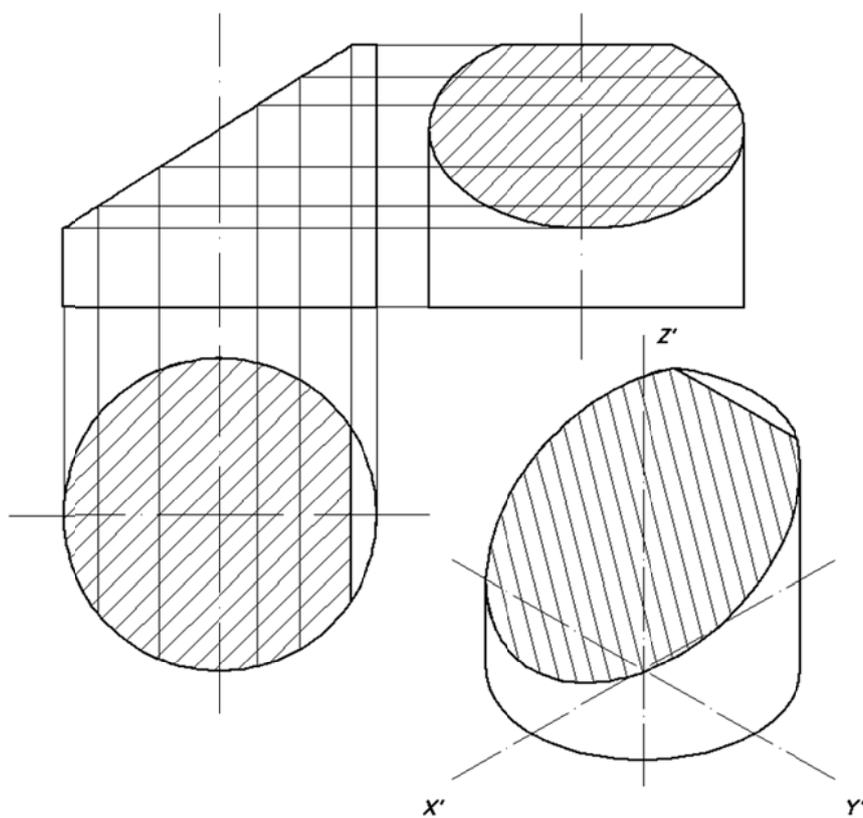


Рис. 1.10. Пересечение цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью

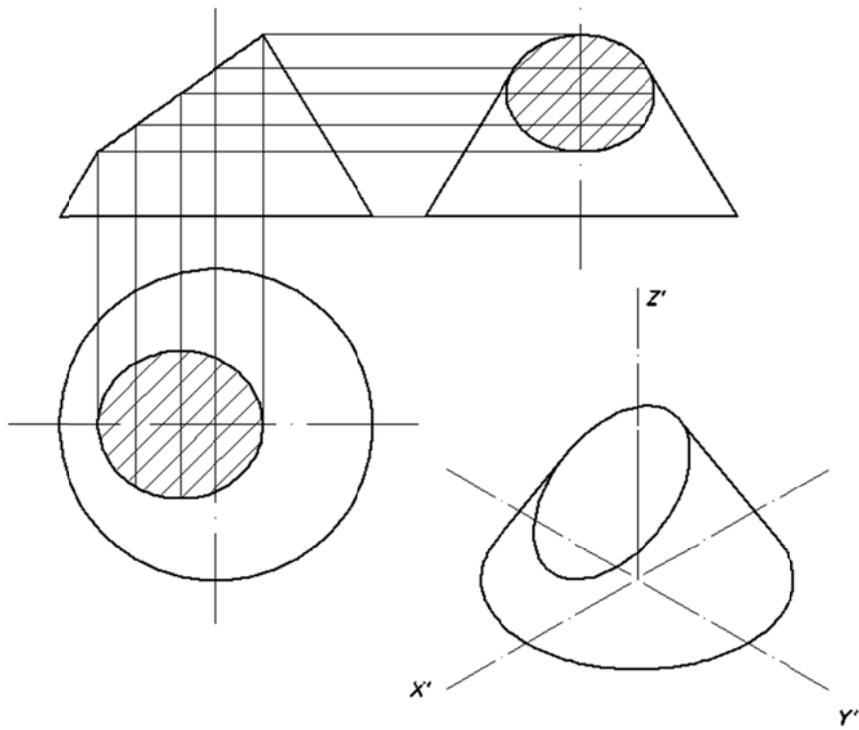


Рис. 1.11. Пересечение конуса фронтально-проецирующей плоскостью

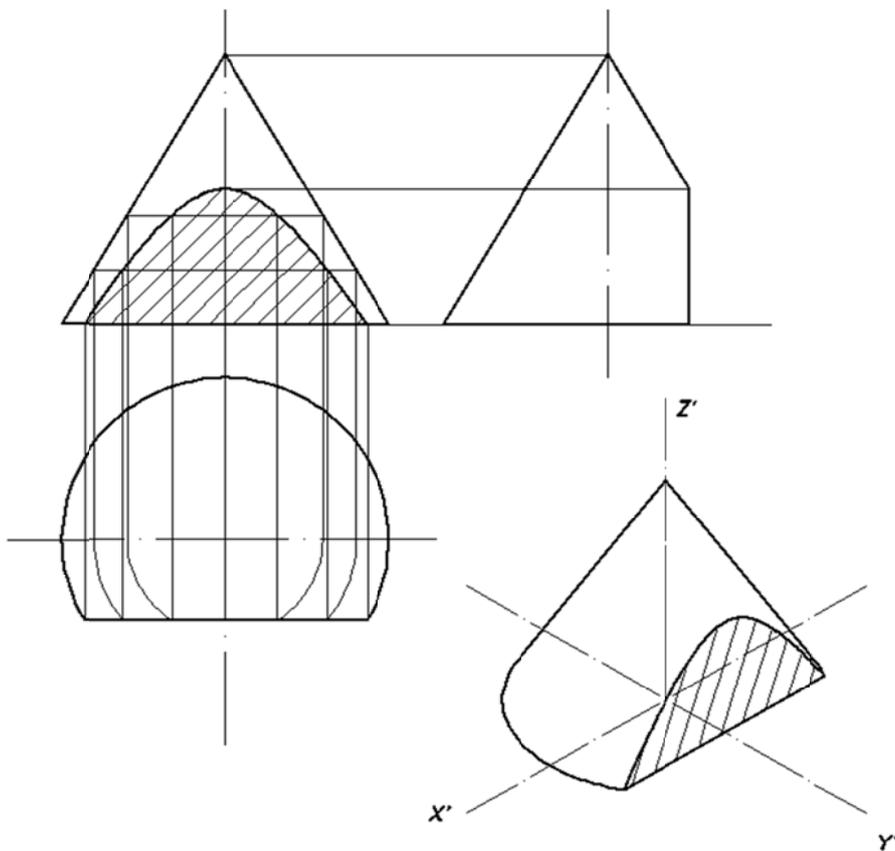


Рис. 1.12. Пересечение конуса фронтальной плоскостью

Коноид задается двумя направляющими: прямой n и кривой m , по которым перемещается прямолинейная образующей l параллельно плоскости параллелизма Γ .

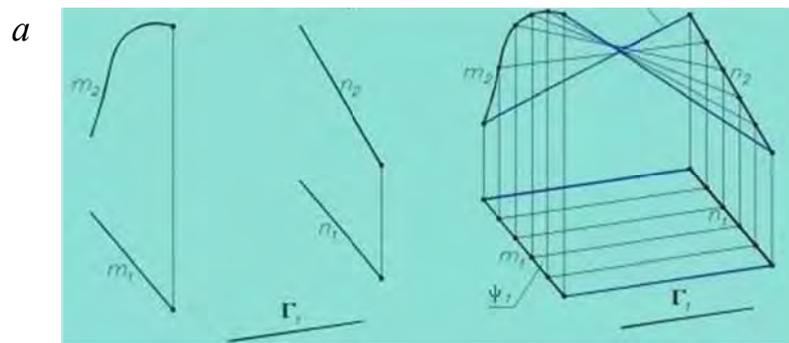


Рис. 1.13. Коноид (поверхность Каталана):
a – изображение, построенное в режиме 2D (электронного кульмана);
б – изображение, построенное в режиме 3D-графики

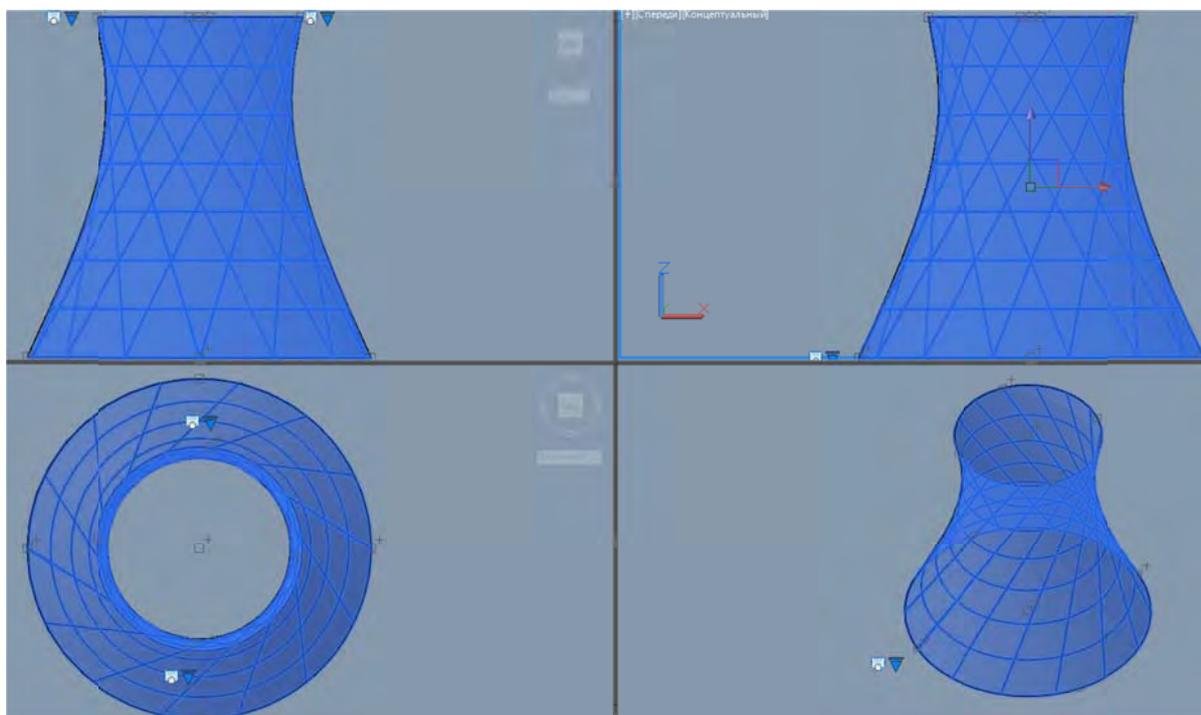


Рис. 1.14. Однополостный гиперболюид (линейчатая поверхность):
 изображение, построенное в режиме 3D-графики

1.3. Поверхности вращения

К поверхностям вращения относятся [6, 7, 8]:

– прямой круговой цилиндр и конус (рис. 1.15), когда образующая – прямая;

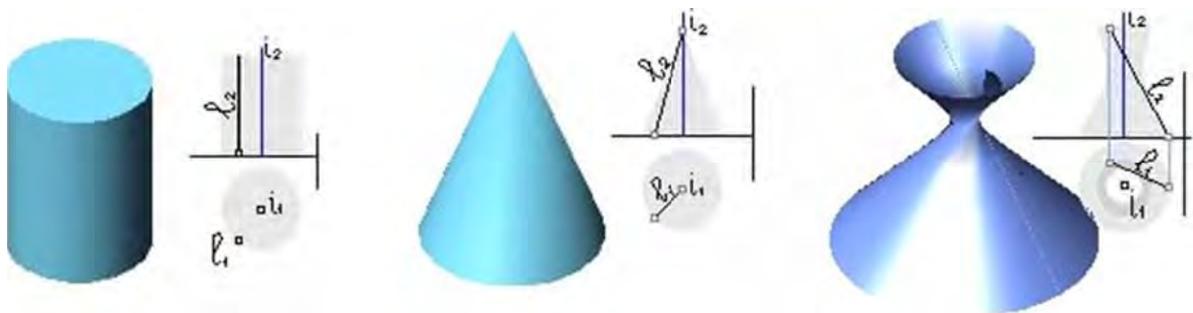


Рис. 1.15. Прямой круговой цилиндр, конус и однополостный гиперболоид

– сфера (шар);

– тор, когда образующая – кривая (рис. 1.16).

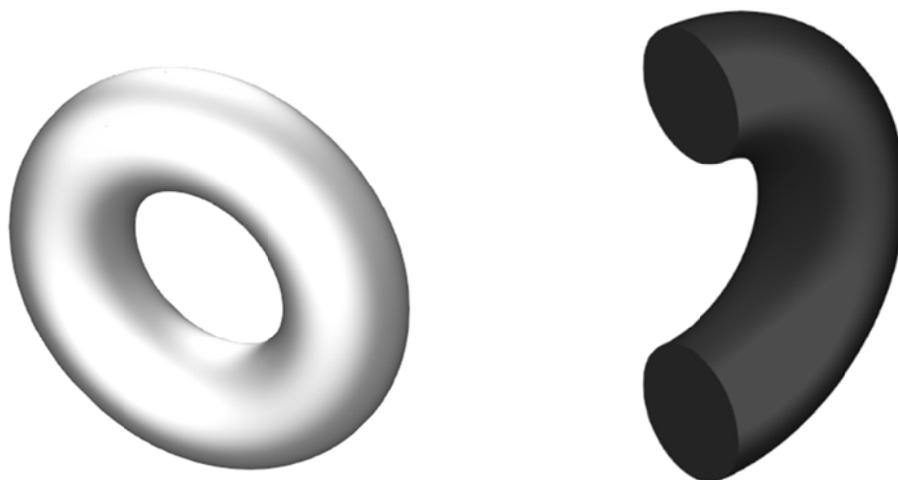
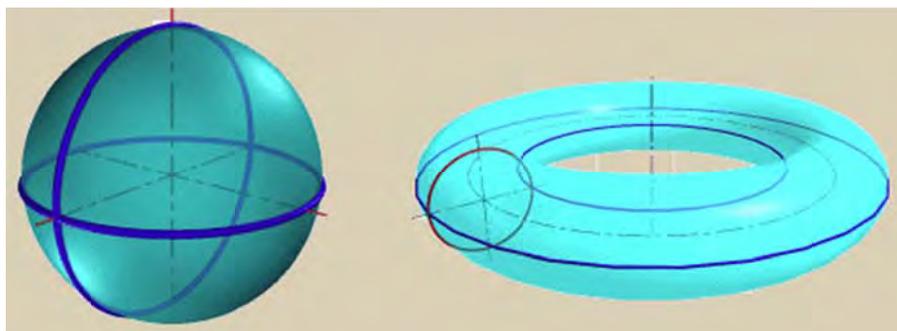
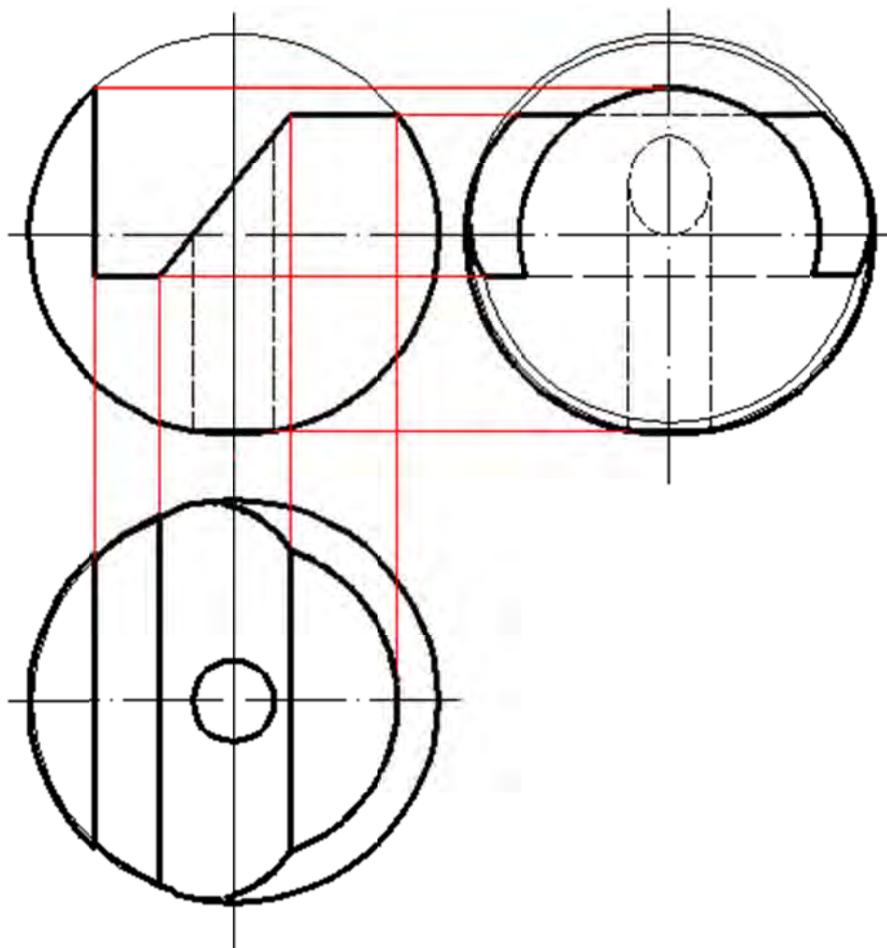
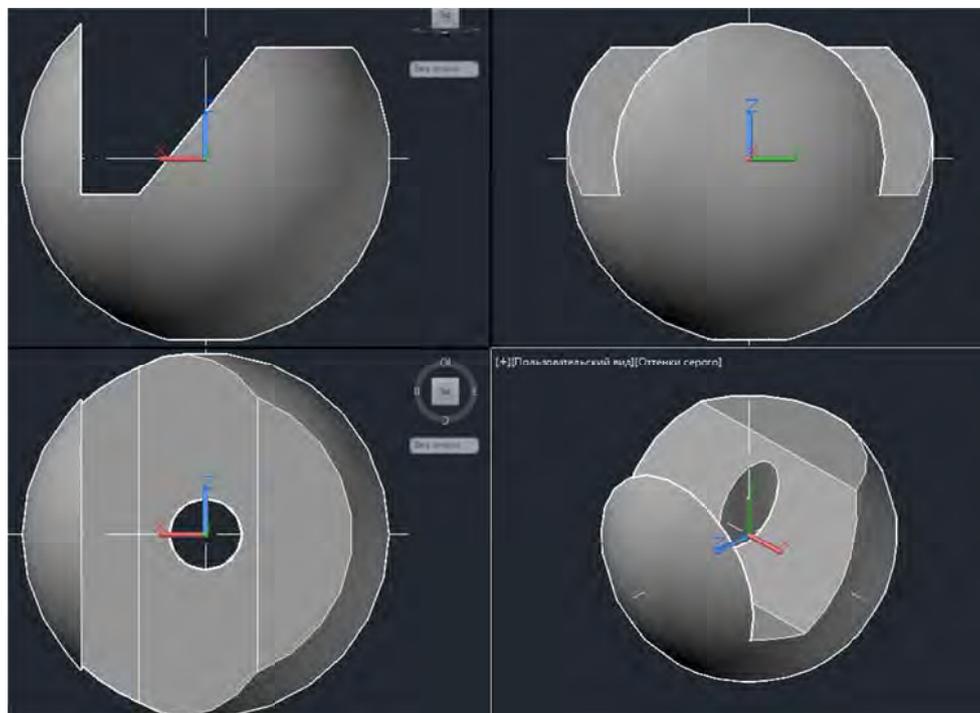


Рис. 1.16. Сфера и тор

На рис. 1.17–1.20 приведены примеры решения задач на поверхностях вращения ((сфере) шаре и торе).



a



б

Рис. 1.17. Шар:
a – изображение, построенное в режиме 2D (электронного кульмана);
б – изображение, построенное в режиме 3D-графики

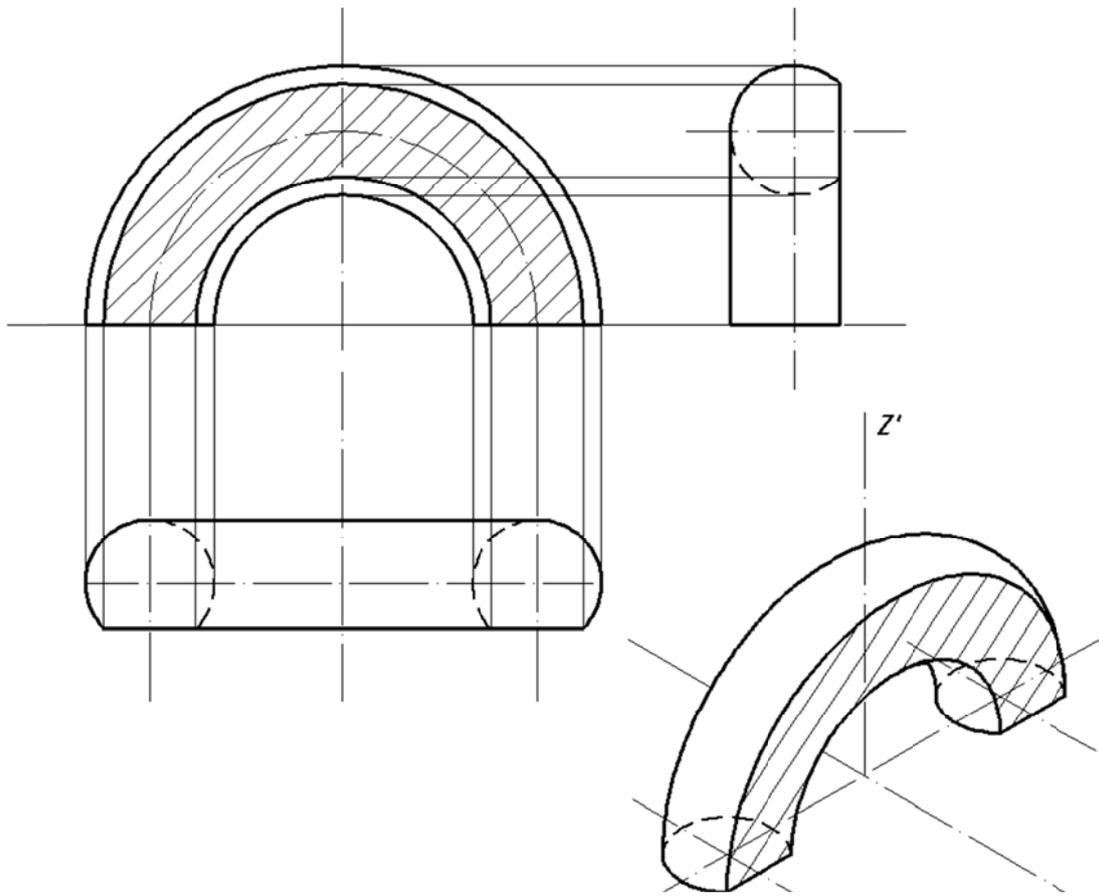


Рис. 1.18. Пересечение тора фронтальной плоскостью (по двум окружностям)

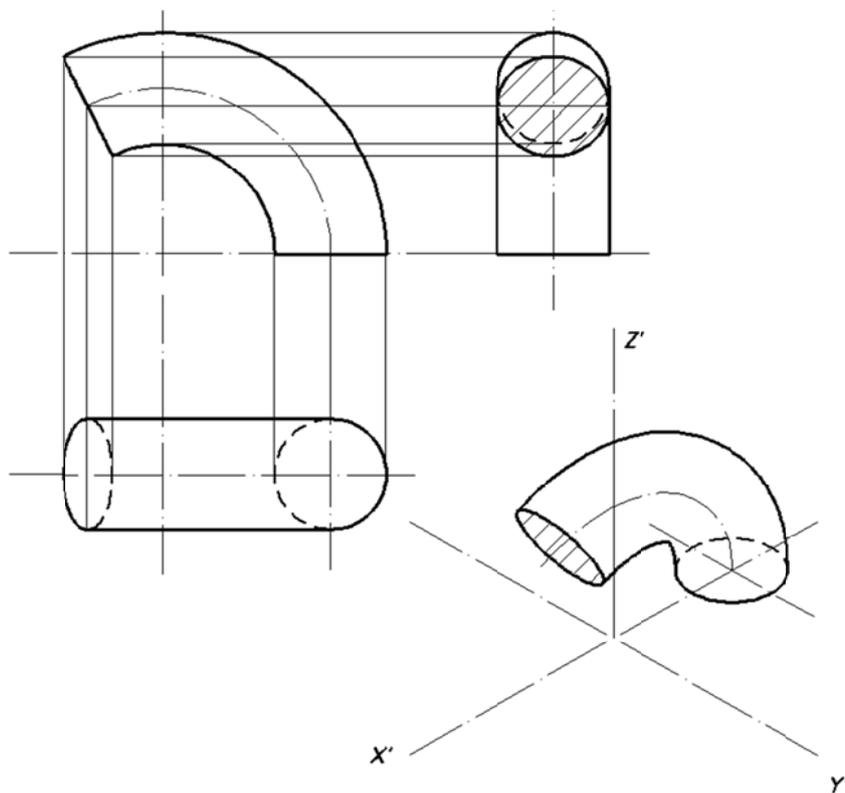


Рис. 1.19. Пересечение тора фронтальной-проецирующей плоскостью (по окружности, равной окружности основания)

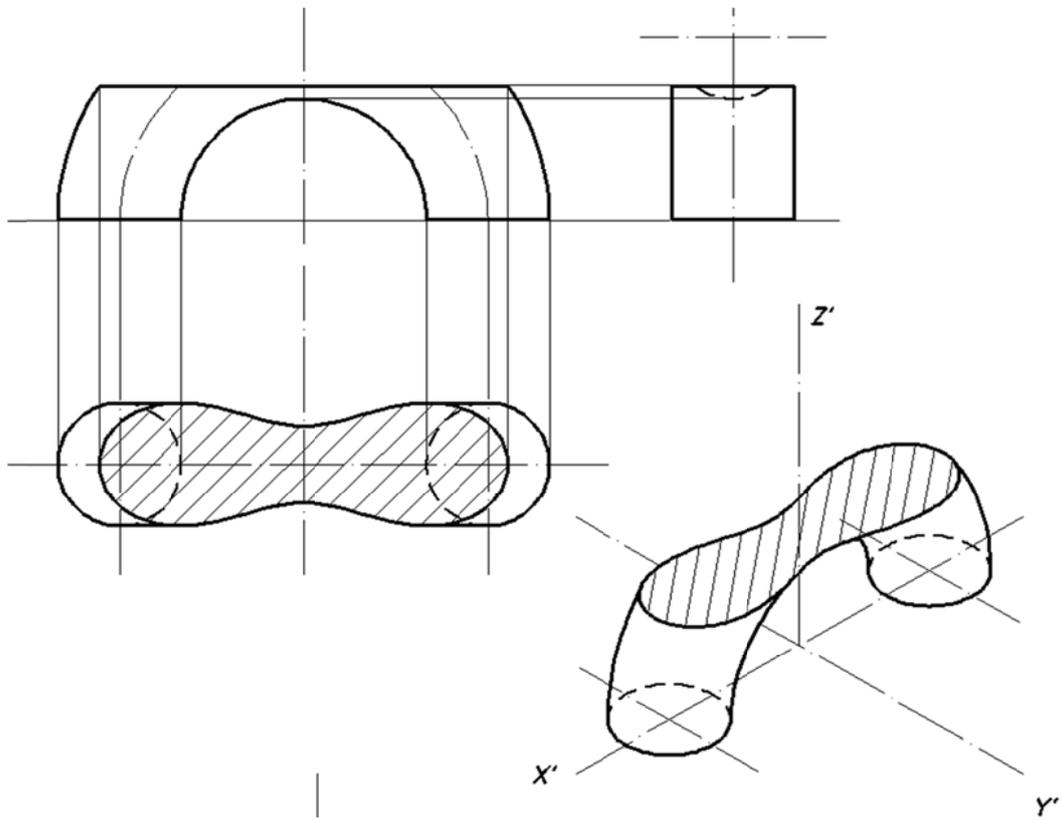
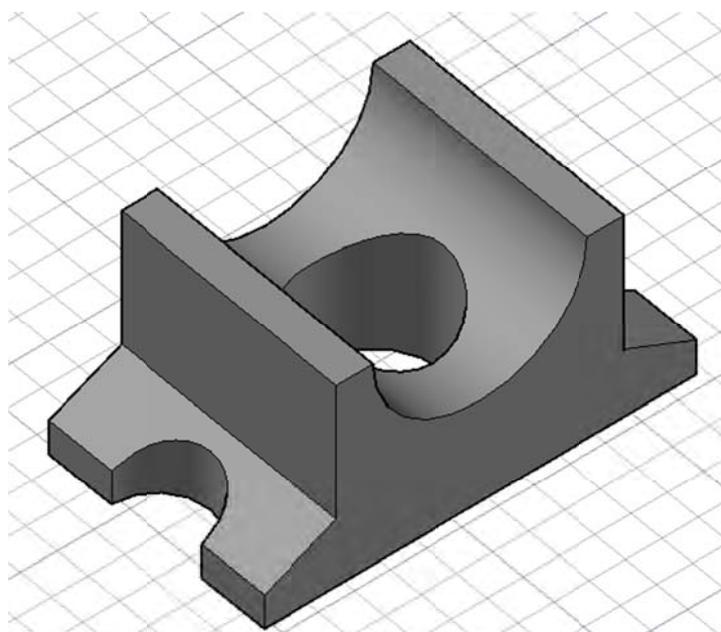


Рис. 1.20. Пересечение тора горизонтальной плоскостью (по плоской кривой)

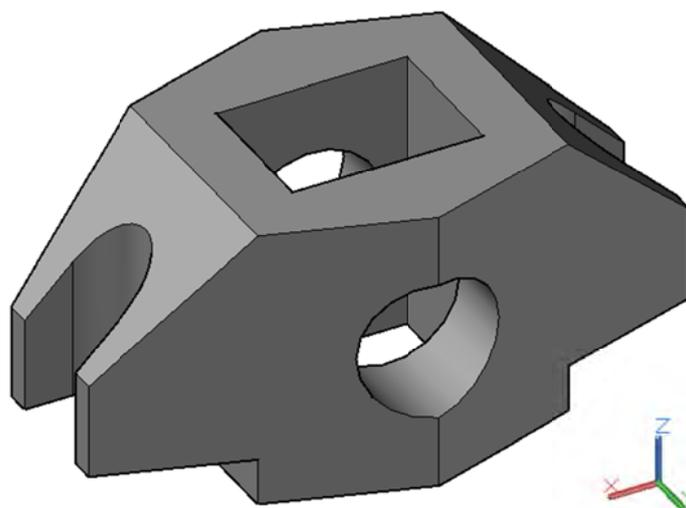
2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При решении задач на пересечение геометрических фигур, можно выделить три случая пересечения [6, 7, 8] по алгоритмам решения задач:

– пересечение двух проецирующих геометрических фигур (рис. 2.1);



a



б

Рис. 2.1. Пересечение проецирующих геометрических фигур

– пересечение проецирующей фигуры и фигуры общего положения (рис. 2.2);

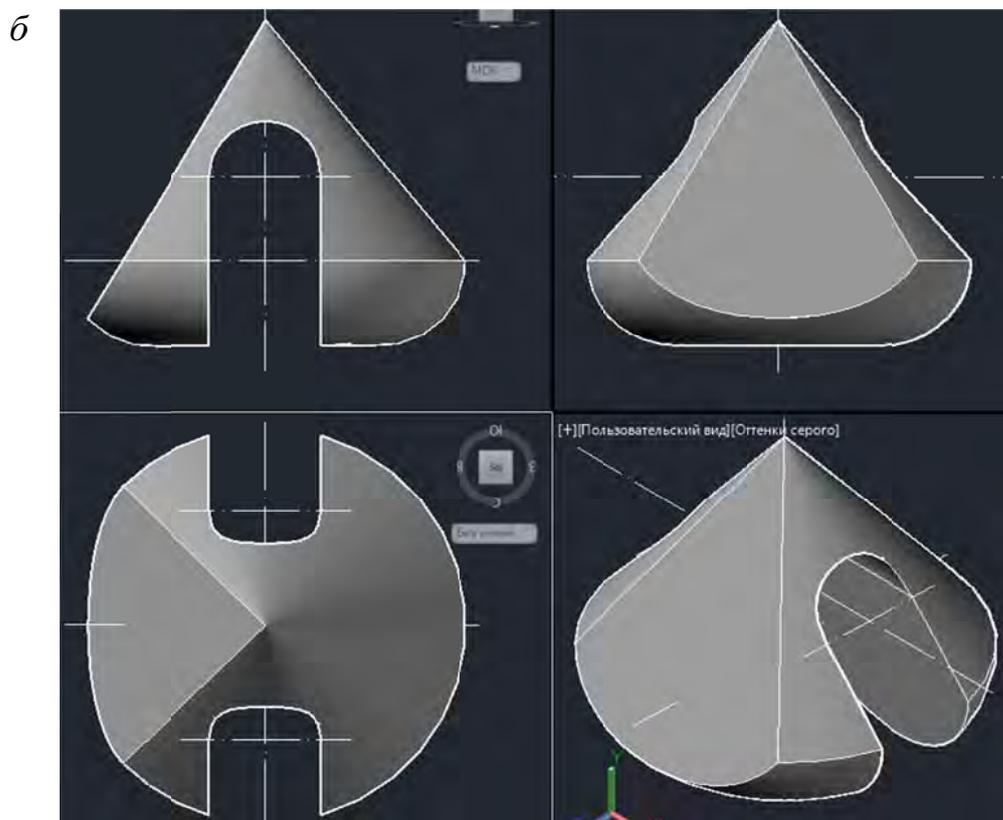
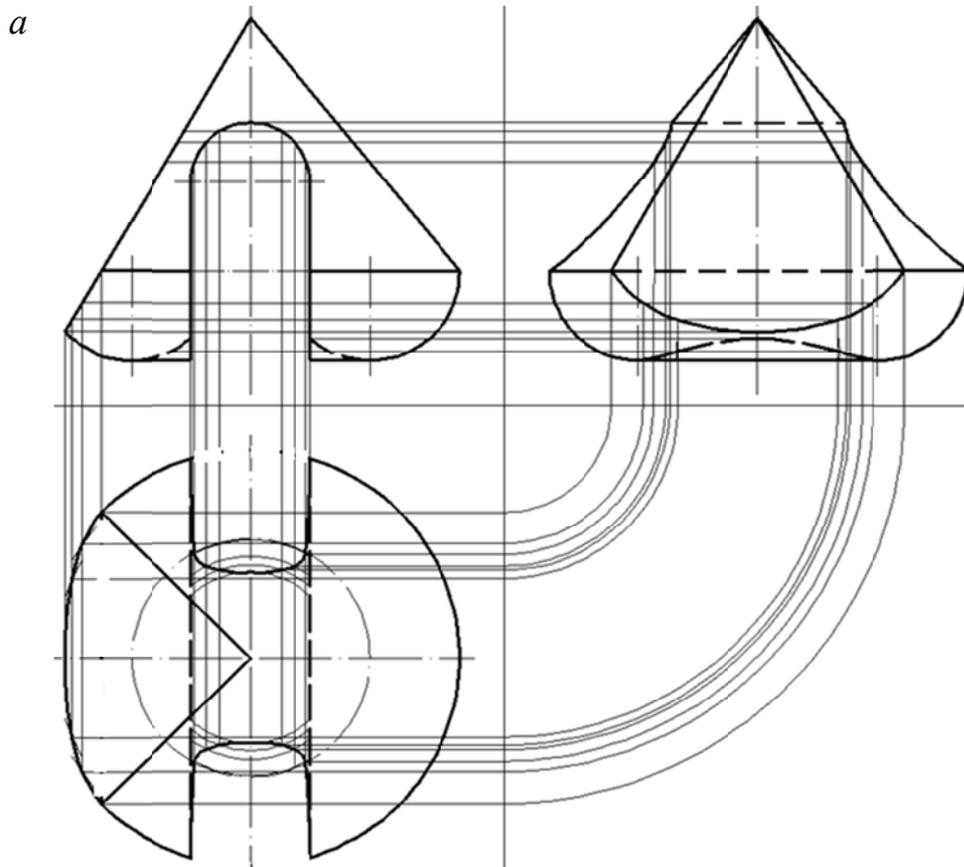


Рис. 2.2. Построение трех проекций комбинированного тела (тора, конуса, цилиндра, плоскости):
a – в режиме «электронного кульмана»; *б* – трех проекций и аксонометрии средствами 3D-моделирования и создания реалистичных изображений

– пересечение двух фигур общего положения (рис. 2.3).

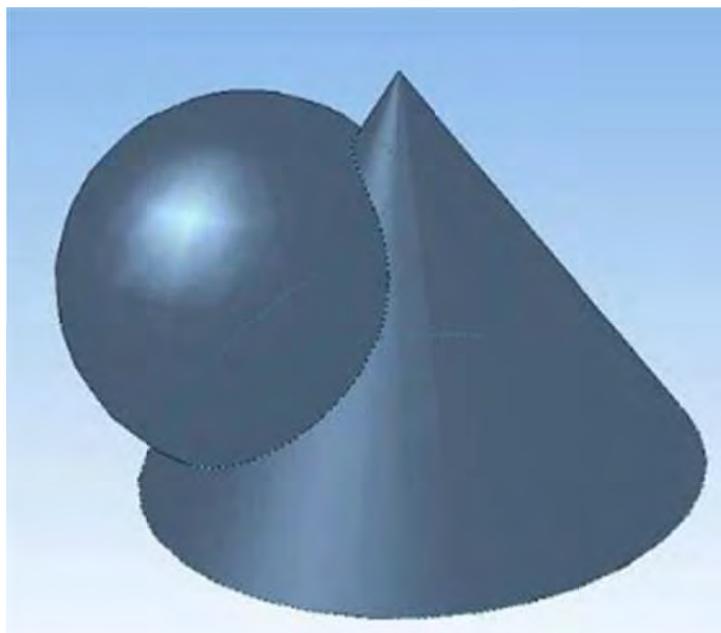
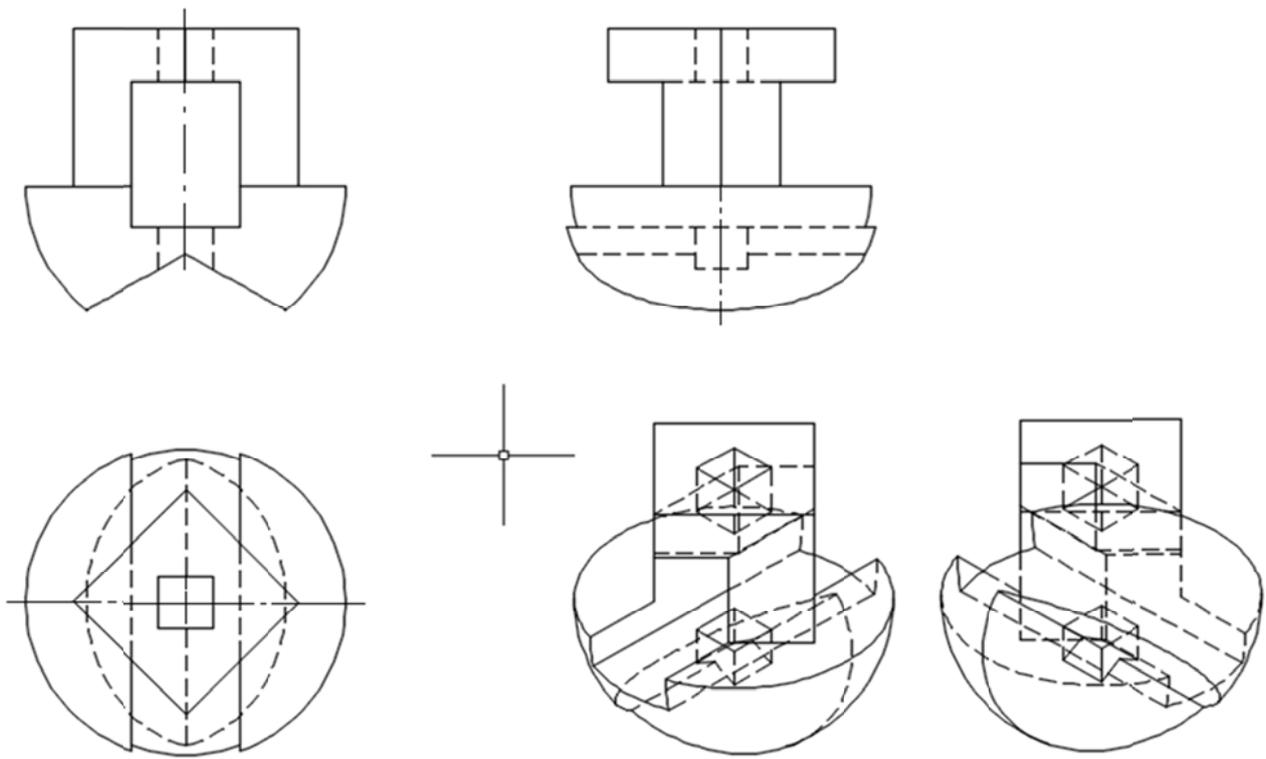


Рис. 2.3. Пересечение двух фигур общего положения

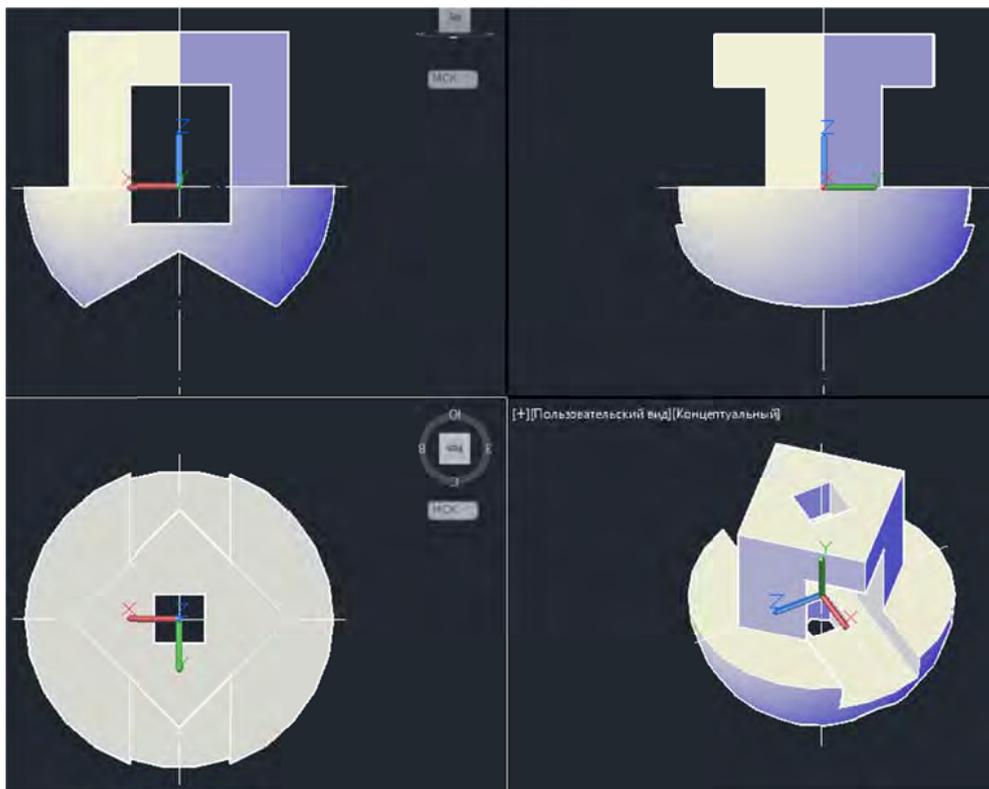
В процессе решения приведенных ниже задач использовались вышеперечисленные алгоритмы.

На рис. 2.2 приведен пример решения задачи по построению изображений комбинированного тела, состоящего из части тора, конуса и цилиндра, срезанного фронтально проецирующей плоскостью, с вырезом, образованным частью фронтально-проецирующей цилиндрической поверхности и двумя плоскостями уровня.

Для создания таких объектов решались задачи начертательной геометрии по теме «Пересечение геометрических фигур». Построение трех проекций осуществлялось в режиме «электронного кульмана» (вариант *а*). Для построения 3D-объектов использовались команды 3D создания и редактирования таких объектов (вариант *б*). Далее для 3D-объектов были заданы четыре зоны экрана: три проекции и наглядное изображение – одна наглядная аксонометрия. На следующем этапе сравнивались результаты полученных изображений, построенных по законам начертательной геометрии (первый вариант построений) с использованием 2D-объектов (второй вариант построений с использованием команд 3D-редактирования). Один из результатов решения задачи на пересечение средствами 2D- и 3D-компьютерной графики приведен на рис. 2.4–2.6.

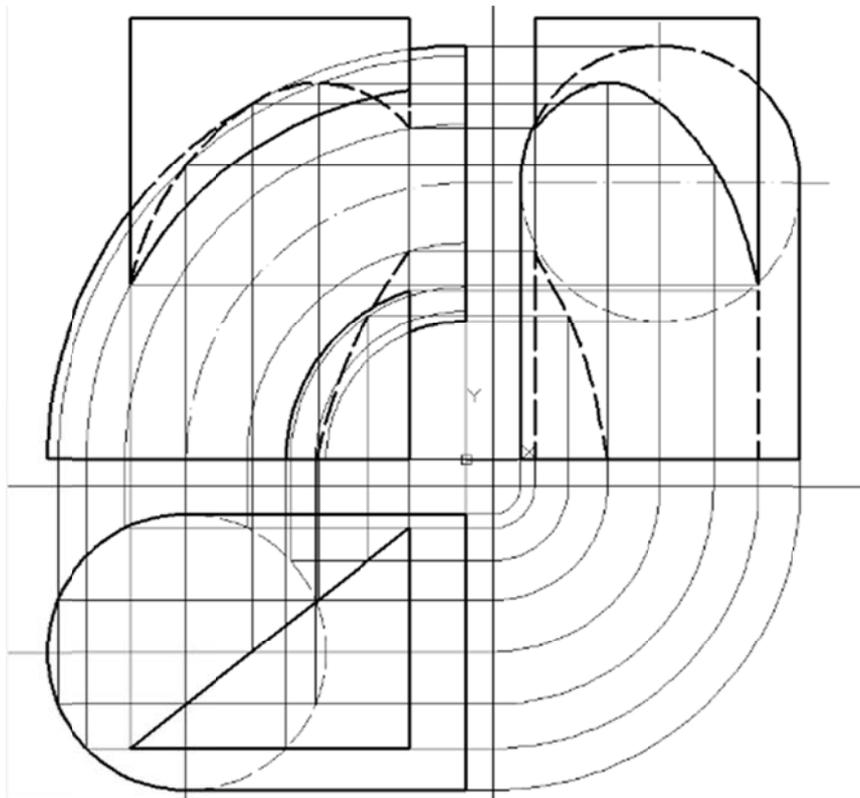


a

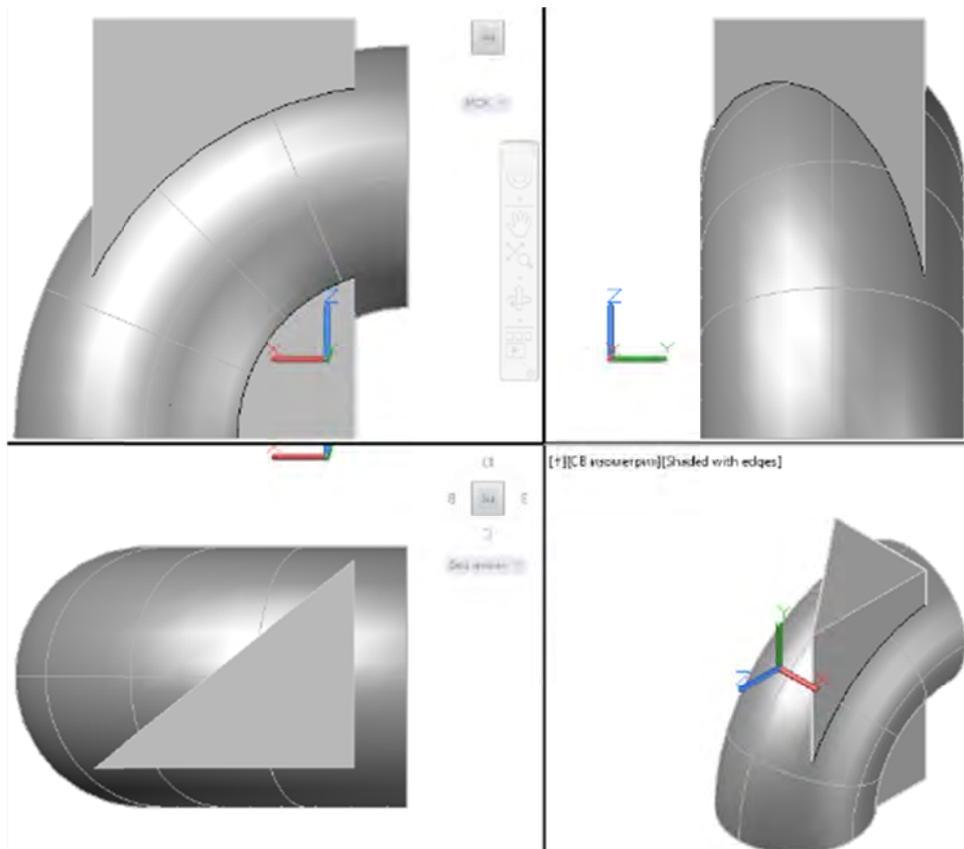


б

Рис. 2.4. Построение трех проекций комбинированного тела (сферы, цилиндра, призмы, плоскости):
a – в режиме «электронного кульмана»; *б* – трех проекций и аксонометрии средствами 3D-моделирования и создания реалистичных изображений



a



б

Рис. 2.5. Построение трех проекций и аксонометрии комбинированного тела (тора, треугольной призмы) средствами 3D-моделирования и создания реалистичных изображений

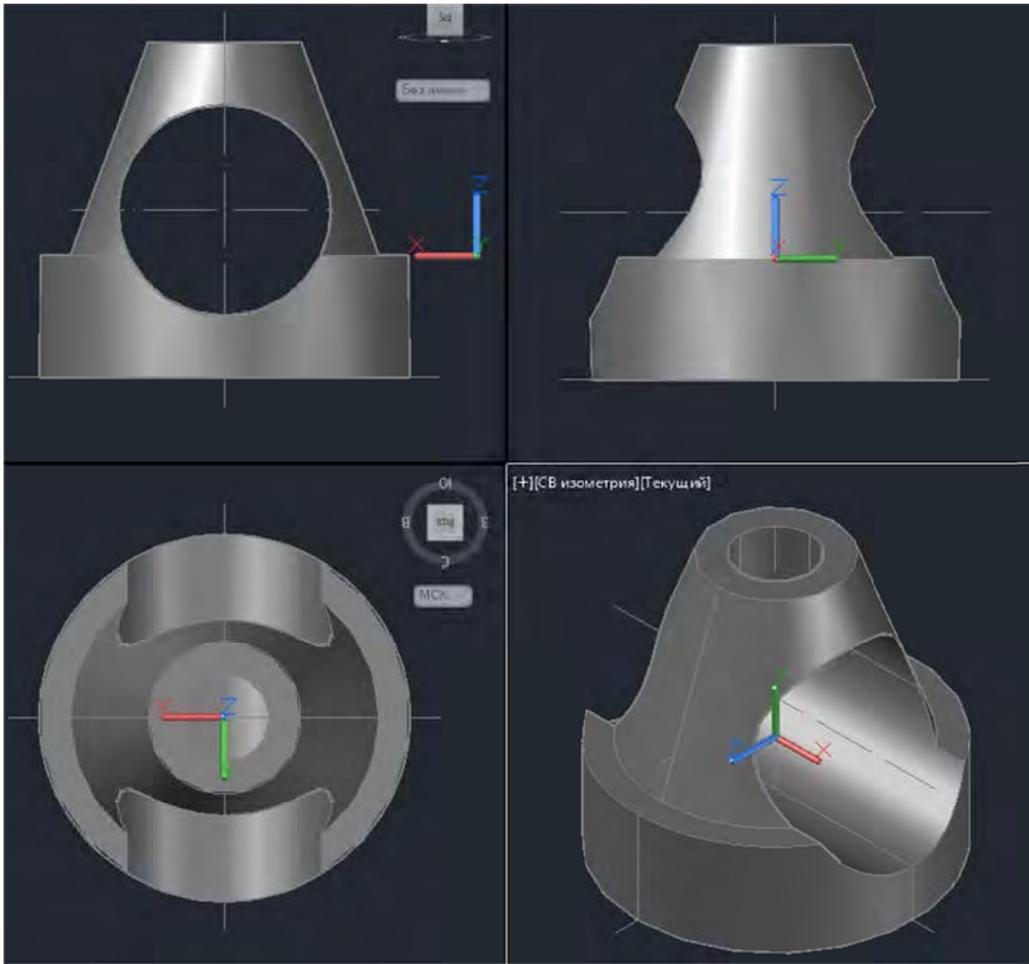


Рис. 2.6. Построение трех проекций и аксонометрии комбинированного тела (конуса, цилиндра) средствами 3D-моделирования и создания реалистичных изображений

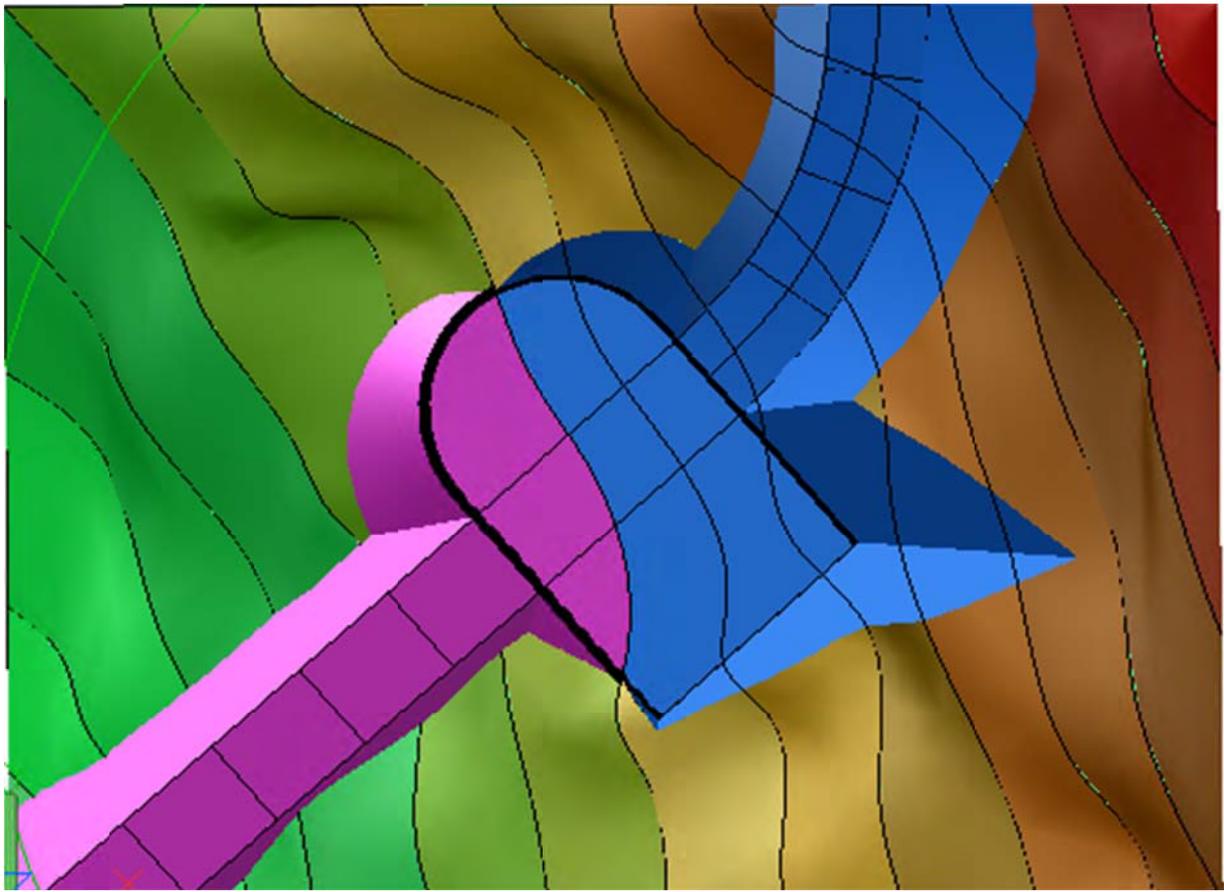
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

Одной из специальных тем, которую изучают студенты строительных специальностей, является тема, связанная с решением задач в проекциях с числовыми отметками, в том числе задачи по определению границ земляных работ [8, 9]. Алгоритм решения такой задачи средствами трехмерного компьютерного моделирования с использованием системы AutoCAD:

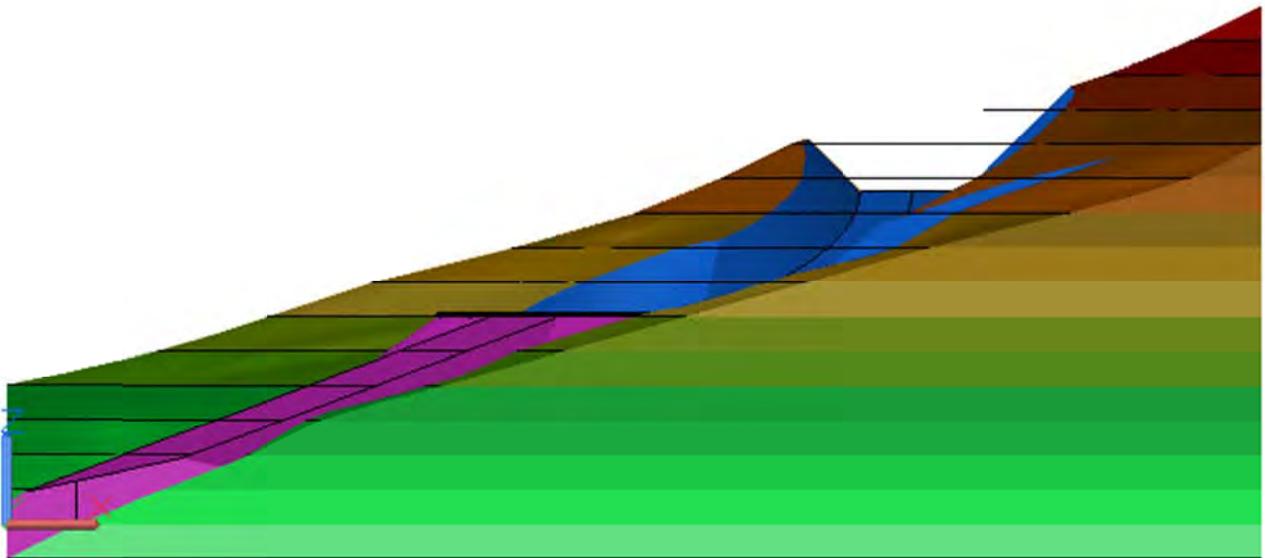
- задаем горизонтали топографической поверхности на плоскости нулевого уровня;
- каждой горизонтали присваиваем заданную высоту посредством перемещения;
- для задания проектной горизонтальной площадки строительства используем линии контура площадки на заданной высоте;
- задаем линии кромки дороги с заданным уклоном;
- преобразуем линии контура площадки и кромки дороги в плоскости;
- переходим к построению откосов насыпи и выемки с заданными уклонами:
 - от прямой кромки задаем плоскости заданного уклона;
 - для построения насыпи или выемки в местах, где контур площадки очерчен по горизонтальной дуге, используем горизонтали части конической поверхности;
 - для построения насыпи или выемки в местах, где контур дороги описан кривой с уклоном, используем горизонтали линейчатой поверхности равного уклона;
- преобразовываем заданные горизонталями элементы насыпи и выемки в плоскости и поверхности;
- для получения наглядного изображения используем обрезку каждой пары геометрических элементов, таких как две плоскости, плоскости и поверхности и двух поверхностей;
- для получения реалистичного изображения разрезаем топографическую поверхность вместе с проектным решением на слои высотой 1 м и назначаем каждому слою цвет по высоте, придерживаясь цветового оформления топографических изображений. Кроме того, выполняем зашивку вертикальных плоскостей, ограничивающих часть поверхности.

На рис. 3.1 приведены варианты получения изображений при определении границ земляных работ средствами компьютерного 3D-моделирования.

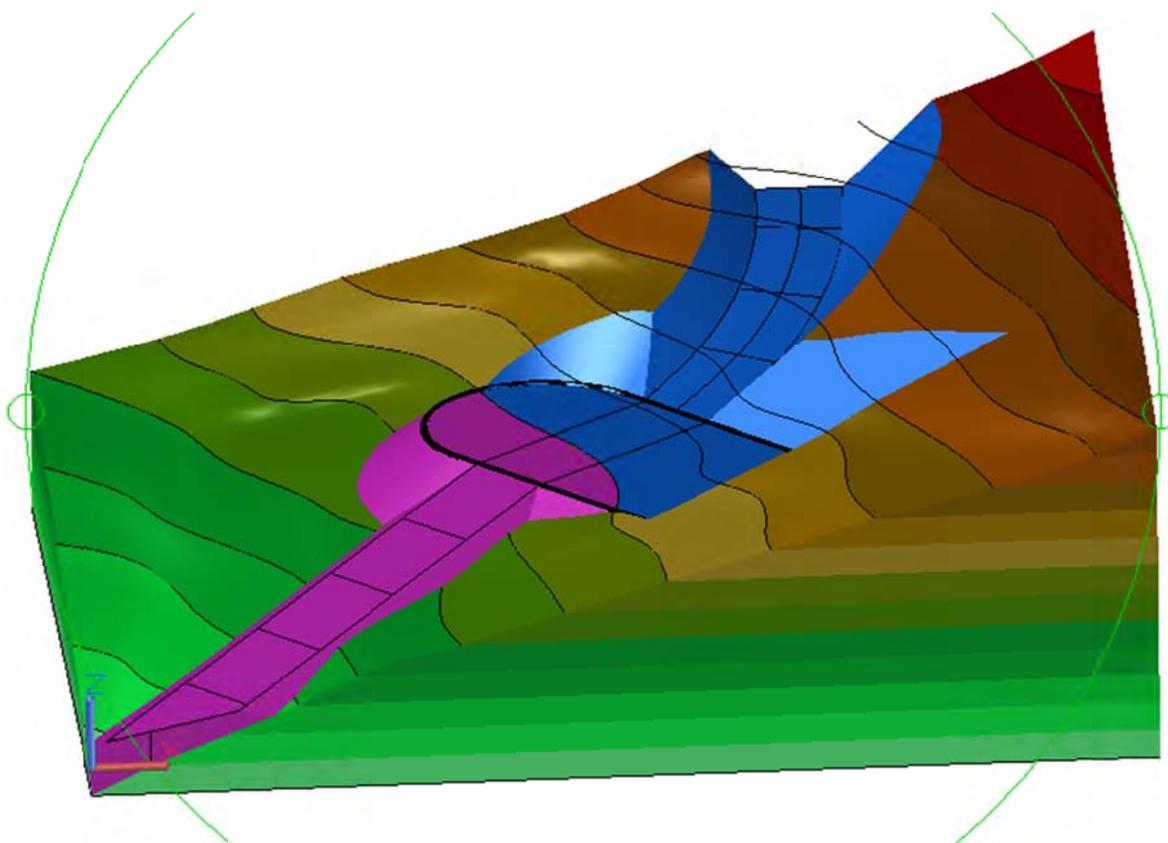
Наглядные изображения, приведенные на рис. 1.6–3.1, дают возможность студентам с различным уровнем подготовки и восприятия графической информации развивать пространственное мышление и в сочетании с умением применить классические алгоритмы решения задач начертательной геометрии и успешно справляться со сложнейшими конструкторскими задачами.



a



б



6

Рис. 3.1. Пример решения задачи по определению границ земляных работ

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуберт, И. М. К вопросу внедрения ВМ-технологий в учебный процесс / И. М. Шуберт // Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства: сборник материалов научно-методического семинара, 27–28 мая 2014 г.: в 2 ч. Ч. 1. / Белорусский национальный технический университет – Минск: БНТУ, 2015. – С. 181–184.
2. Соколова, Л. С. Наглядная инженерная геометрия в техническом университете // Высшее образование сегодня. – Москва, 2016. – № 12. – С. 41–43.
3. Система инженерной графики AutoCAD для строителей. Основы создания двумерных изображений: учебно-методическое пособие по разделу дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика» для студентов строительных специальностей / Ю. И. Садовский. – Минск: БНТУ, 2007. – 112 с.
4. Система инженерной графики AutoCAD для строителей. Основы трехмерного компьютерного моделирования: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей: в 2 ч. / Ю. И. Садовский. – Минск: БНТУ, 2013. – Ч. 1: Создание и редактирование трехмерных объектов. – 90 с.
5. Система инженерной графики AutoCAD для строителей. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / Ю. И. Садовский, И. М. Шуберт. – Минск: БНТУ, 2017. – 67 с.
6. Крылов, Н. Н. Начертательная геометрия / Н. Н. Крылов, Г. С. Иконников, В. Л. Николаев. – Москва: Высшая школа, 2002. – 224 с.
7. Начертательная геометрия: конспект лекций: в 2 ч. / Ю. И. Садовский [и др.]; под ред. В. В. Тарасова. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч. 1: Метод Монжа. Позиционные задачи. – 88 с.
8. Начертательная геометрия: конспект лекций: в 2 ч. / Л. С. Корытко [и др.]; под ред. В. В. Тарасова. – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 2: Метрические задачи. Однокартинные изображения. – 118 с.
9. Индивидуальные задания по начертательной геометрии и методические указания по решению и оформлению расчетно-графических задач: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / И. М. Шуберт [и др.] – Минск: БНТУ, 2014. – 78 с.
10. Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции: ГОСТ 2.317–2011.

Ленты рабочего пространства 3D-Modeling AutoCAD



Рис. П.1.1. НОМЕ (Главная)

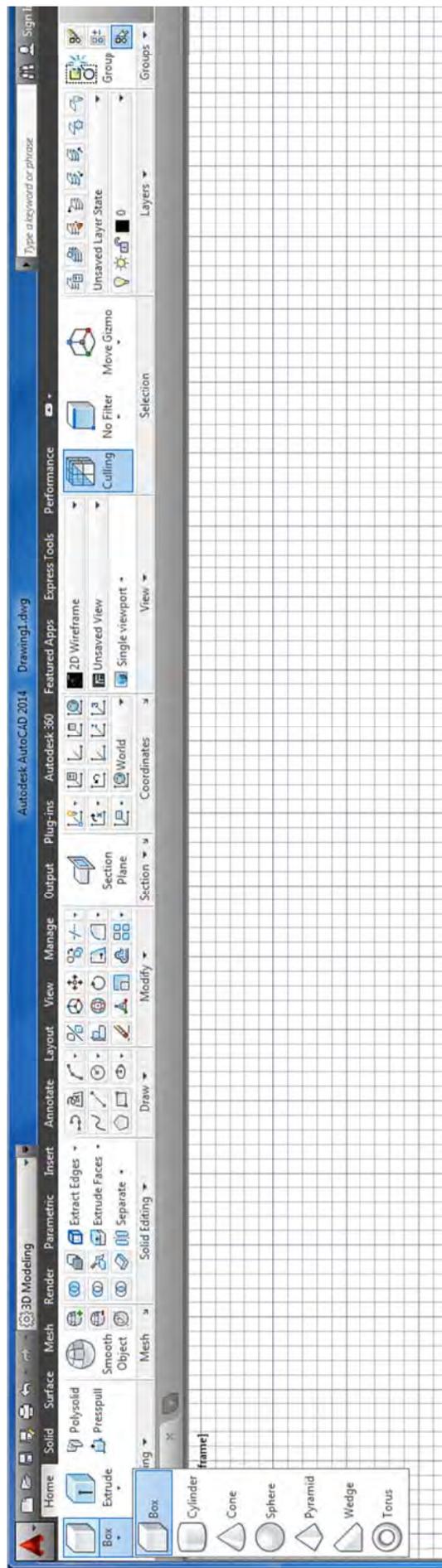


Рис. П.1.2. НОМЕ с вкладкой геометрических тел



Рис. П.1.1.3. SOLID (Тело)



Рис. П.1.1.4. SURFACE (Поверхность)

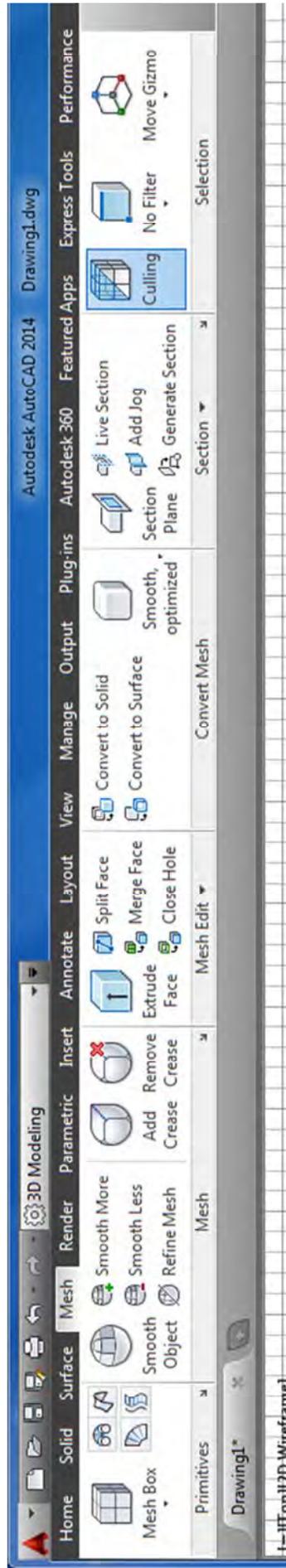


Рис. П.1.1.5. MESH (Сеть)



Рис. П.1.6. RENDER (Визуализация)



Рис. П.1.7. VIEW (Вид)

Команды построения 3D-моделей

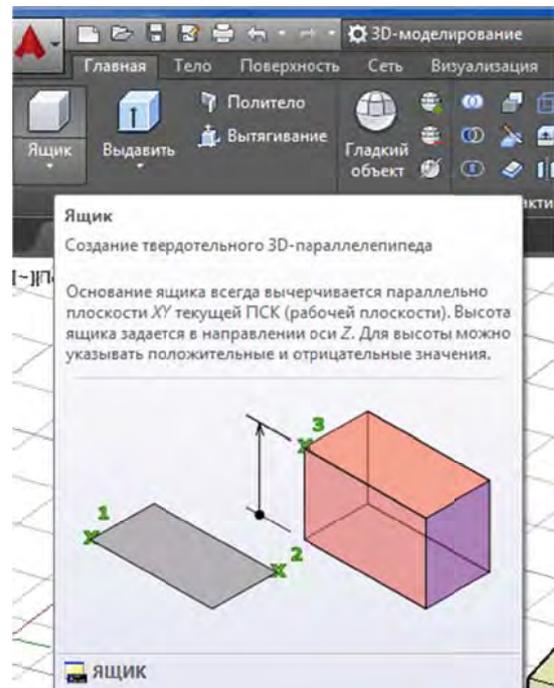
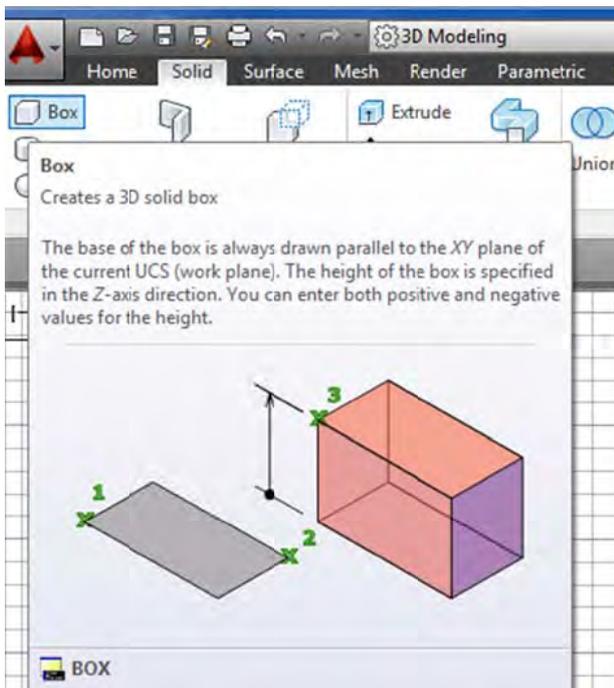


Рис. П.2.1. Команда «Ящик»

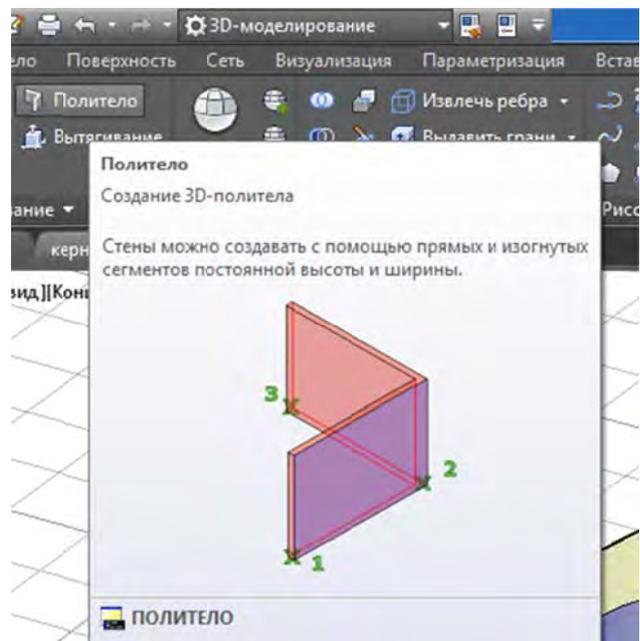
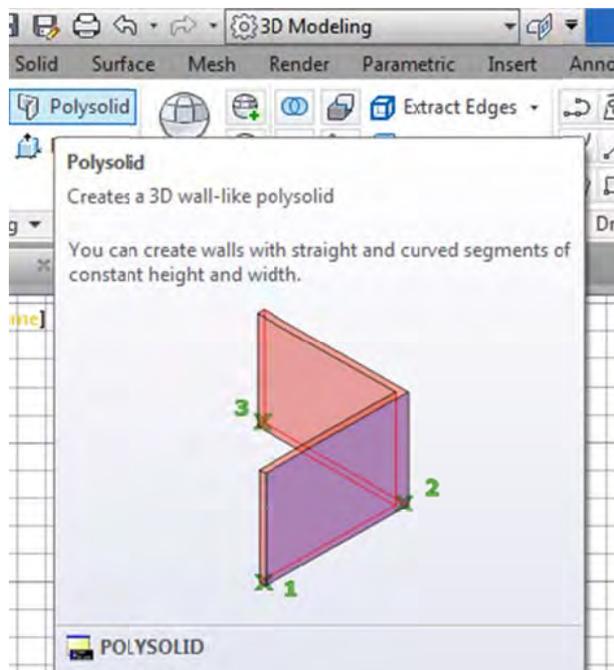


Рис. П.2.2. Команда «Политело»

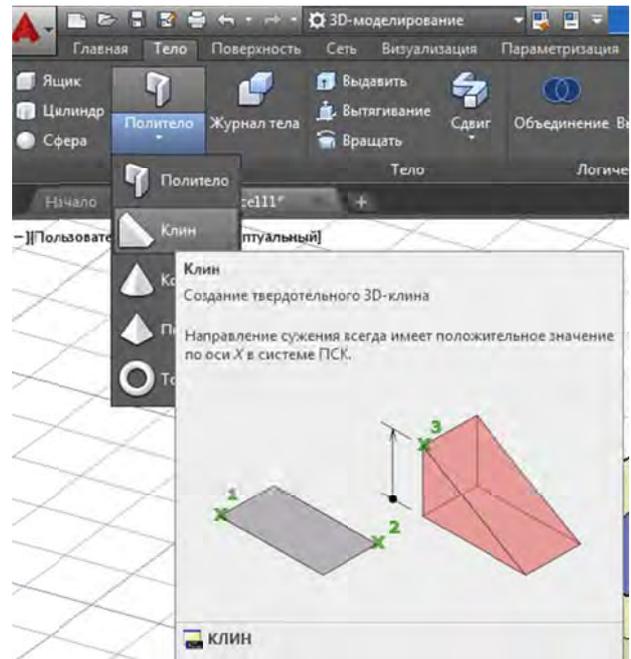
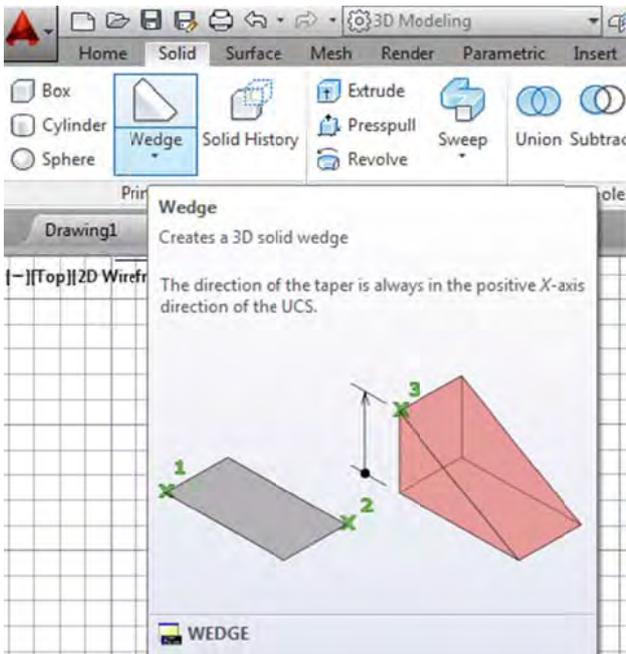


Рис. П.2.3. Команда «Клин»

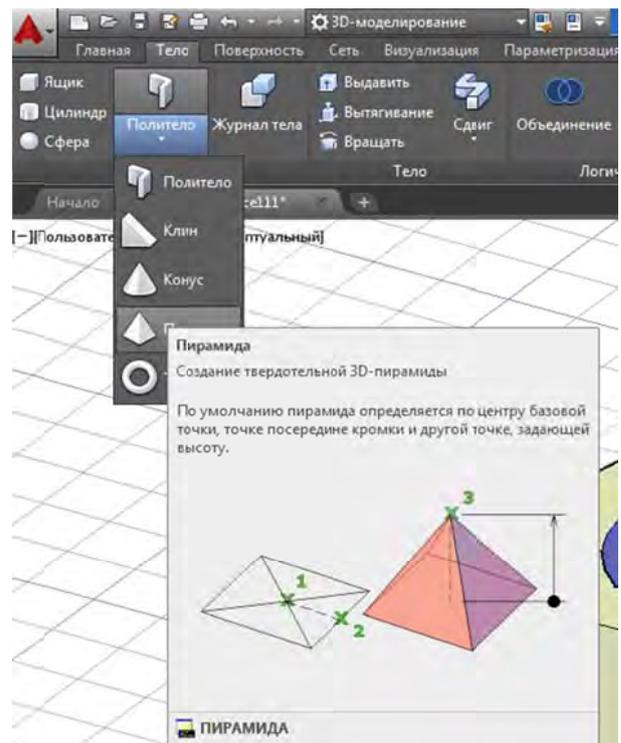
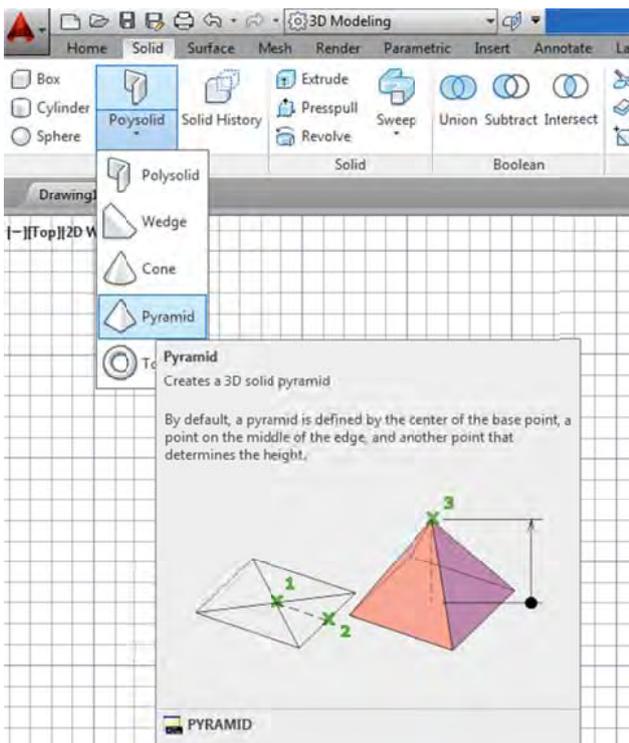


Рис. П.2.4. Команда «Пирамида»

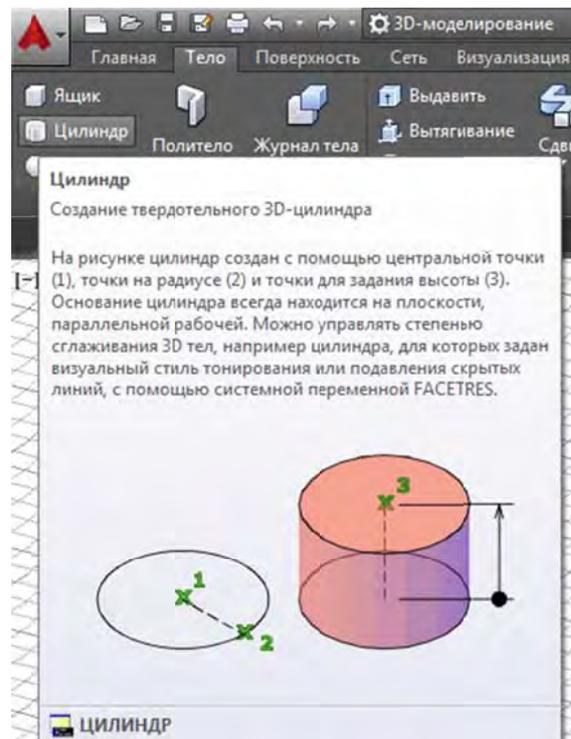
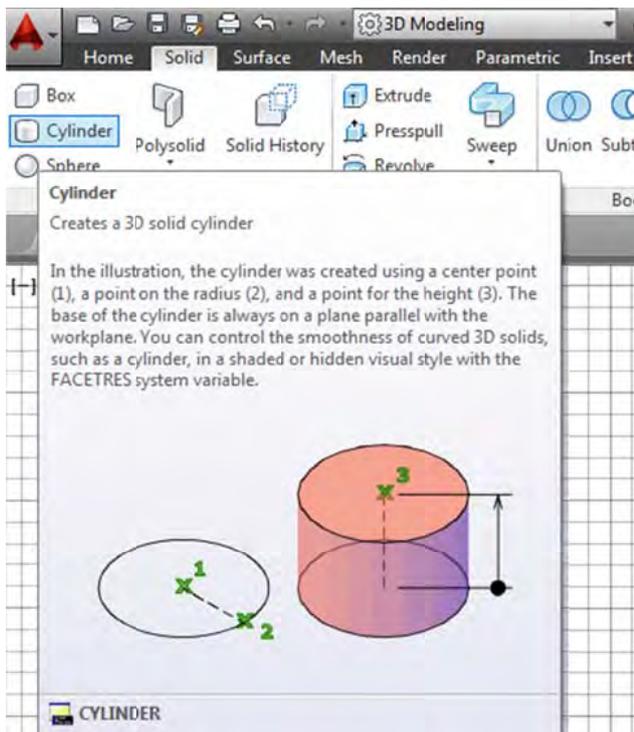


Рис. П.2.5. Команда «Цилиндр»

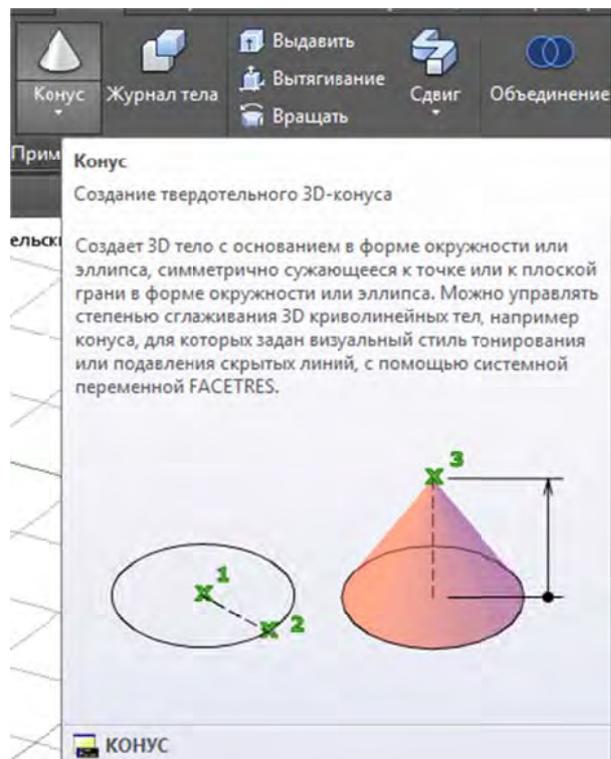
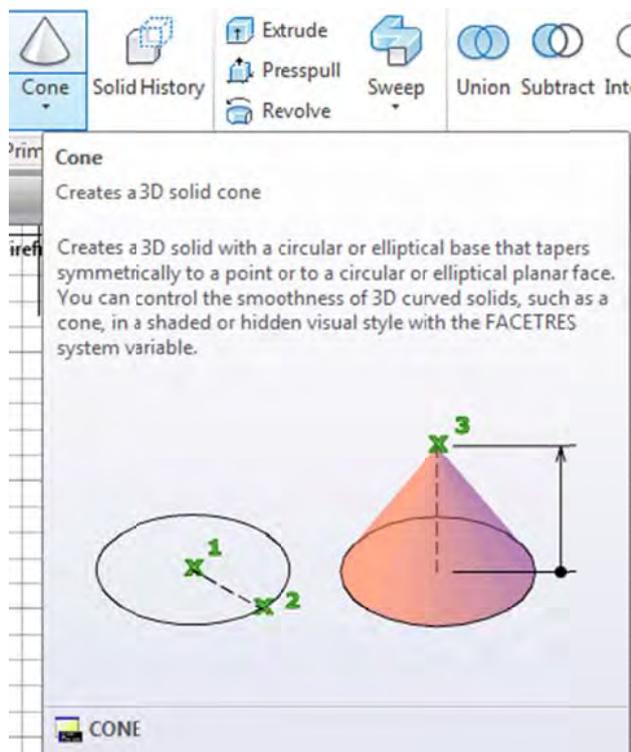


Рис. П.2.6. Команда «Конус»

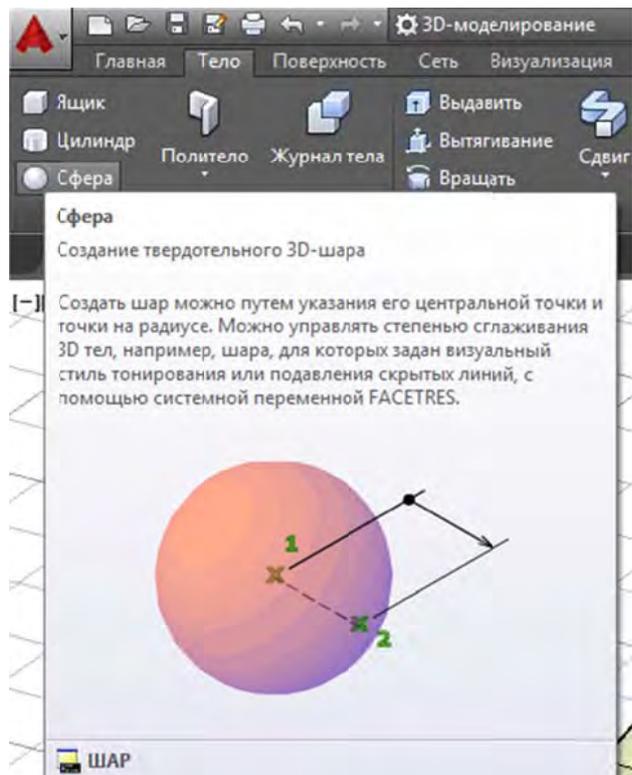
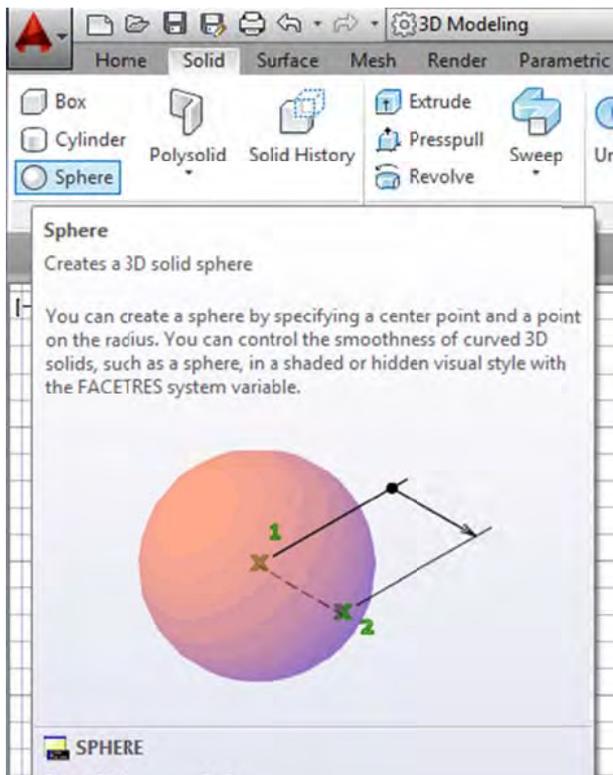


Рис. П.2.7. Команда «Сфера»

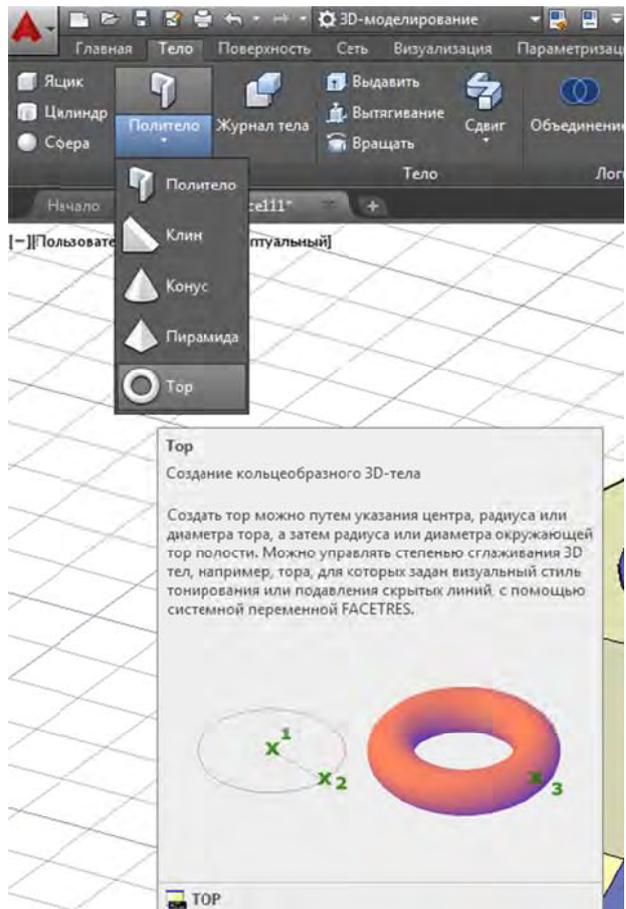
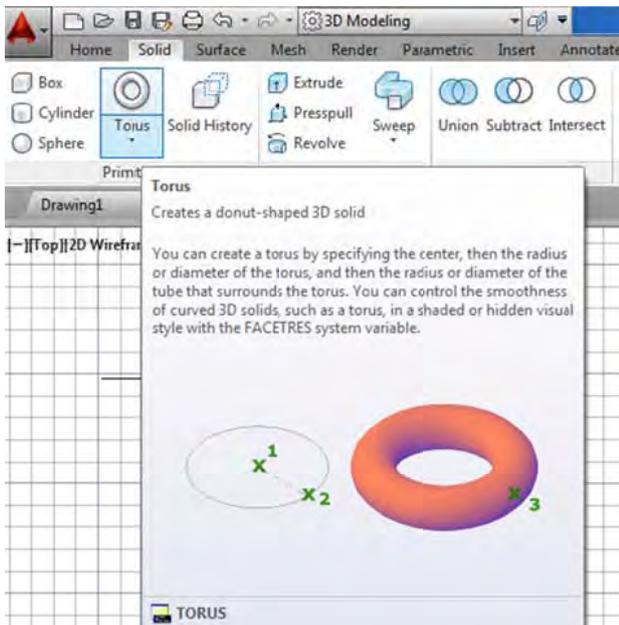


Рис. П.2.8. Команда «Тор»

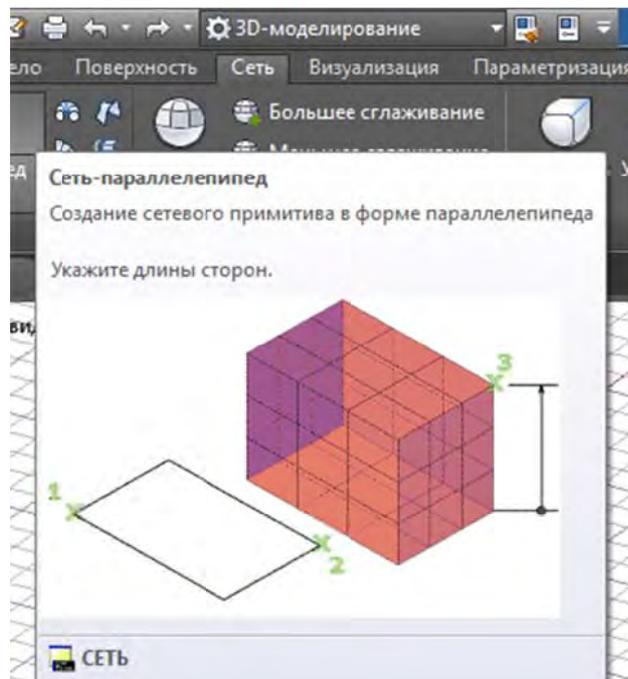
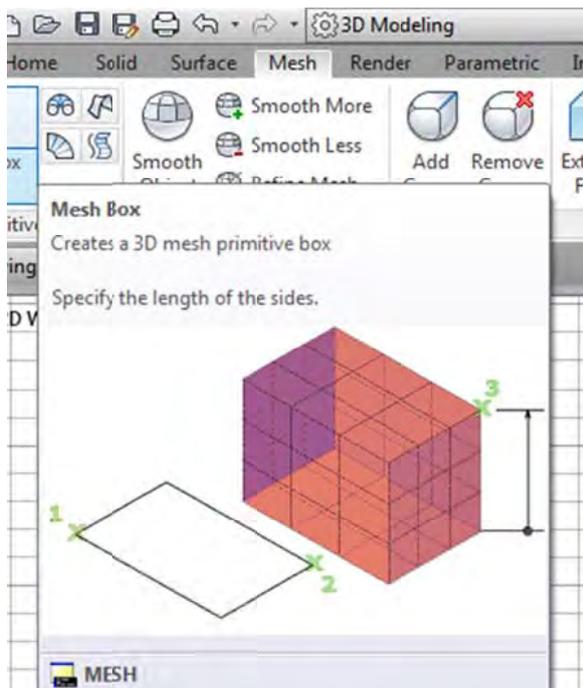


Рис. П.2.9. Команда «Сеть-параллелепипед»

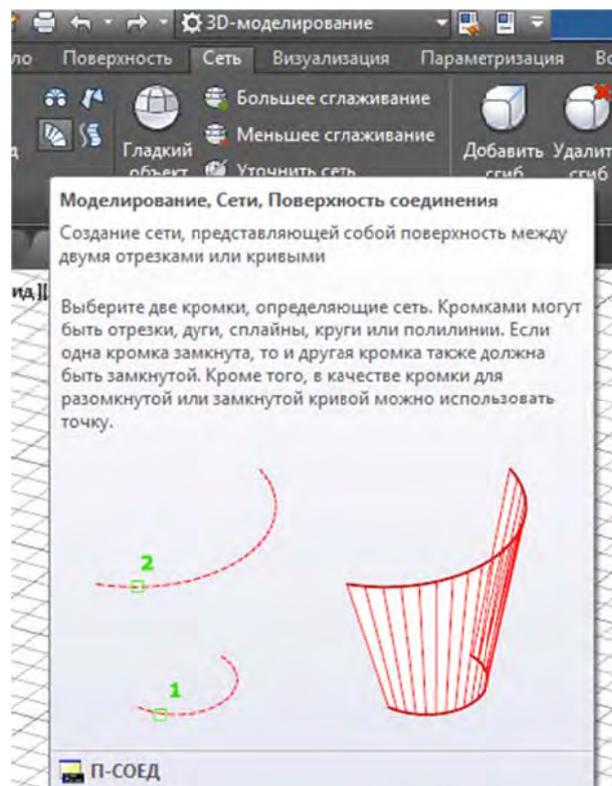
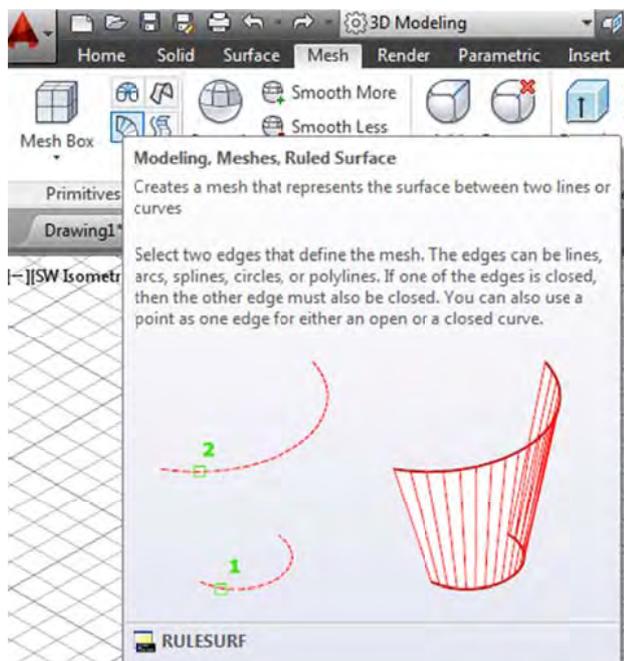


Рис. П. 2.10. Команда «Моделирование, Сети, Поверхность соединения»

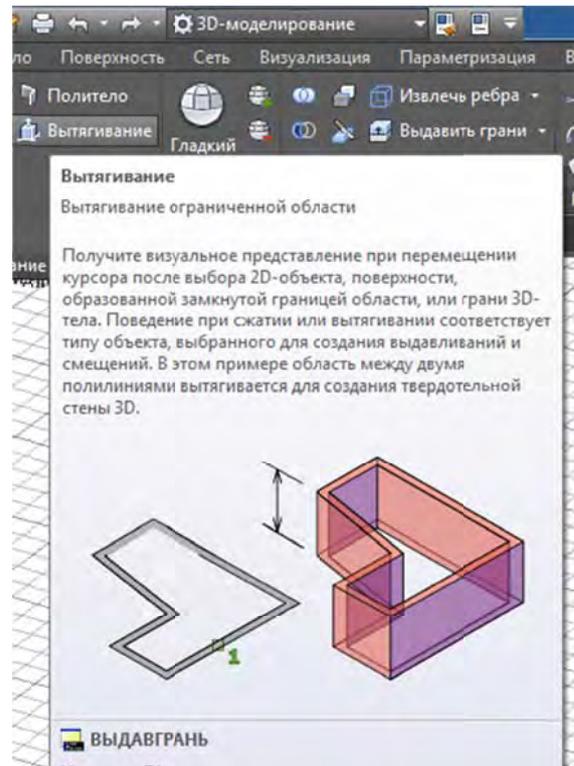
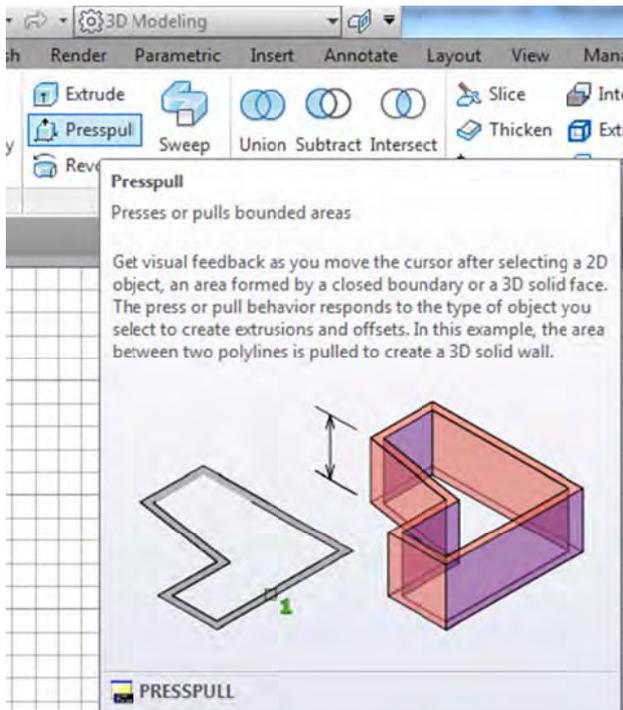


Рис. П.2.11. Команда «Вытягивание»

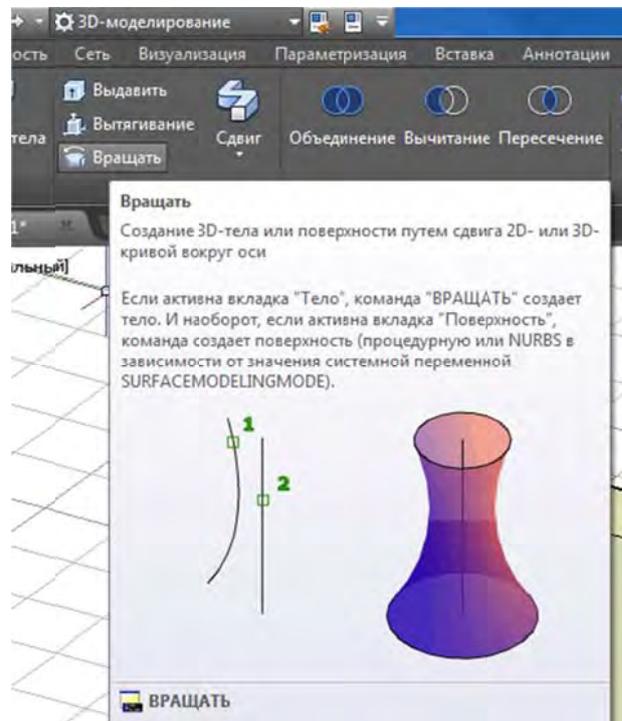
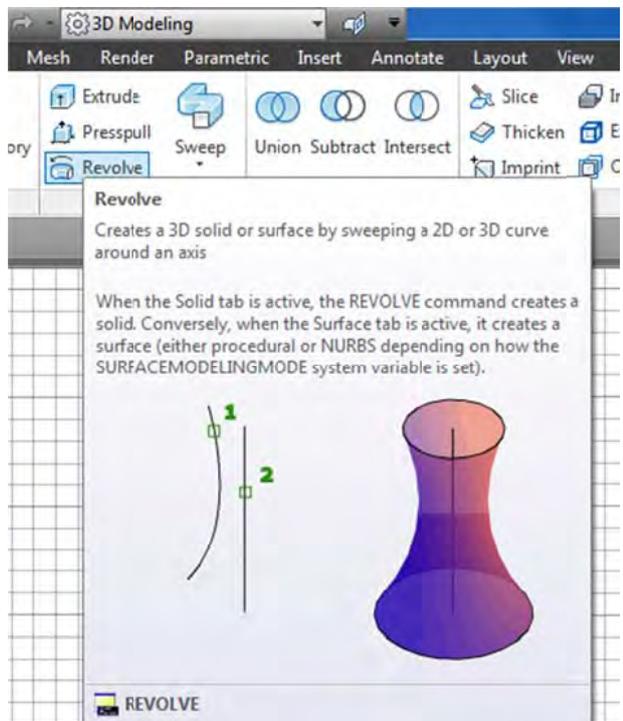


Рис. П.2.12. Команда «Вращать»

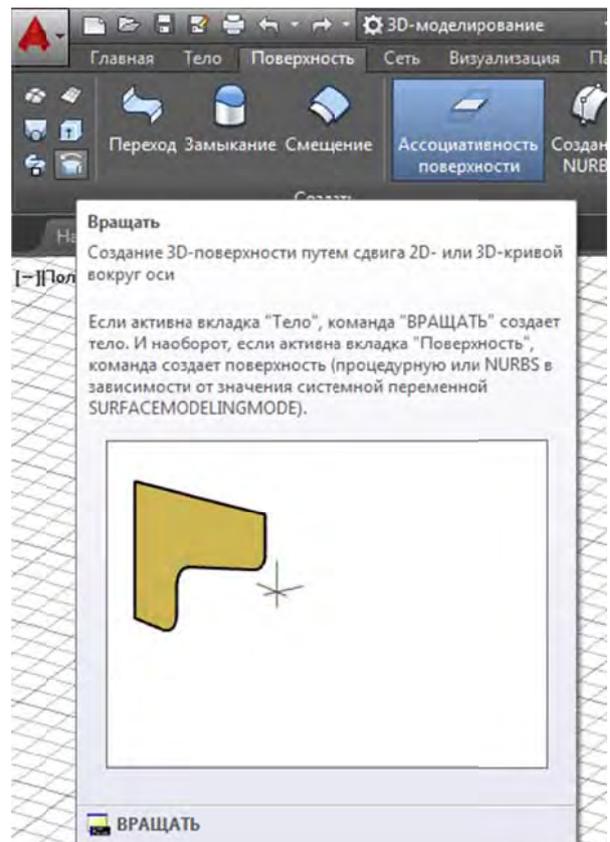
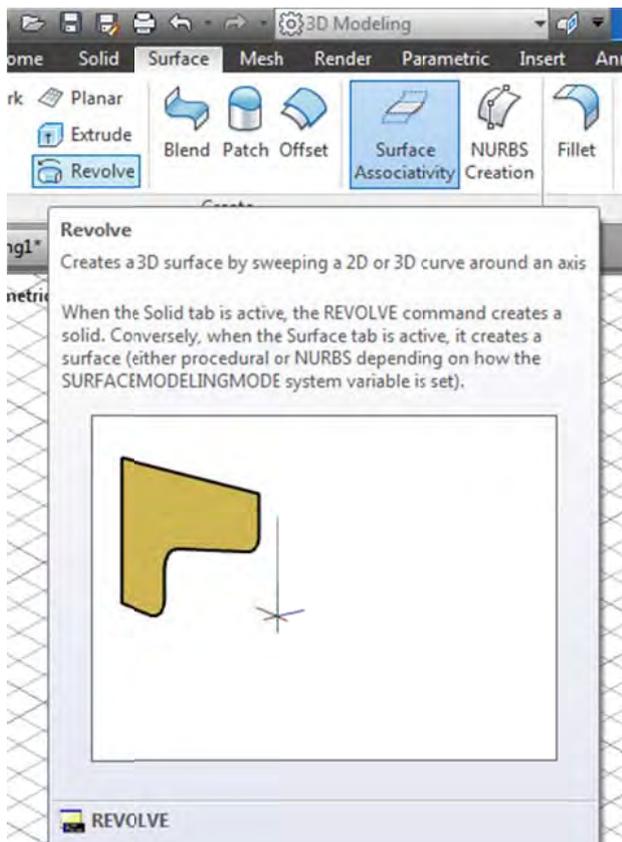


Рис. П.2.13. Команда «Вращать»

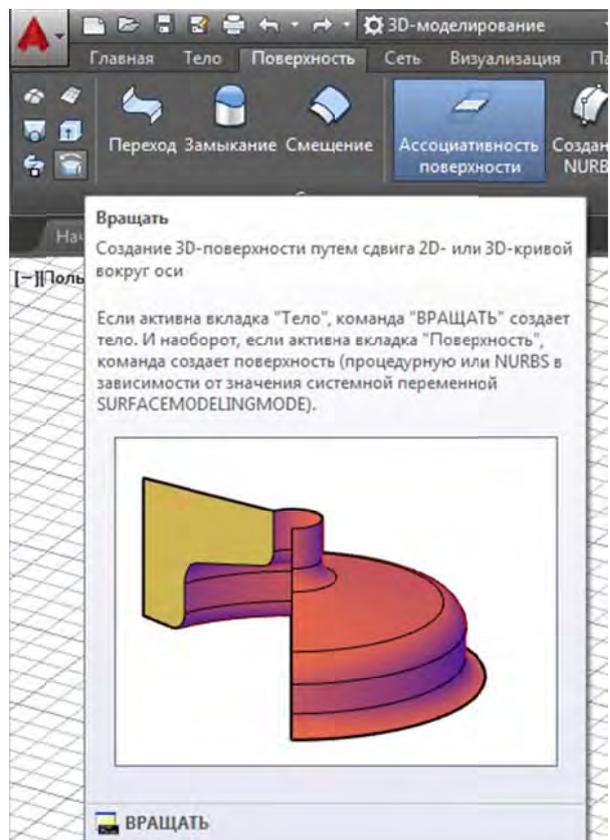
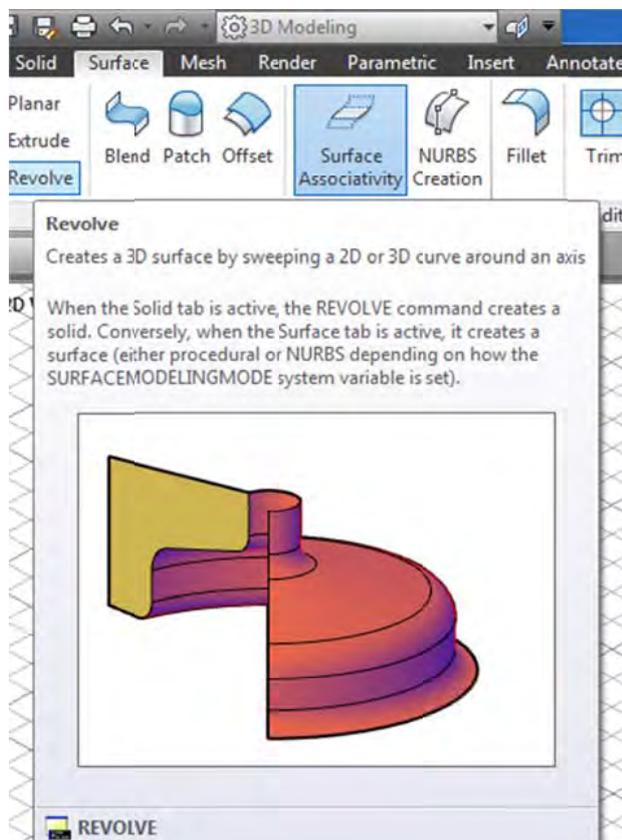


Рис. П.2.14. Команда «Вращать»

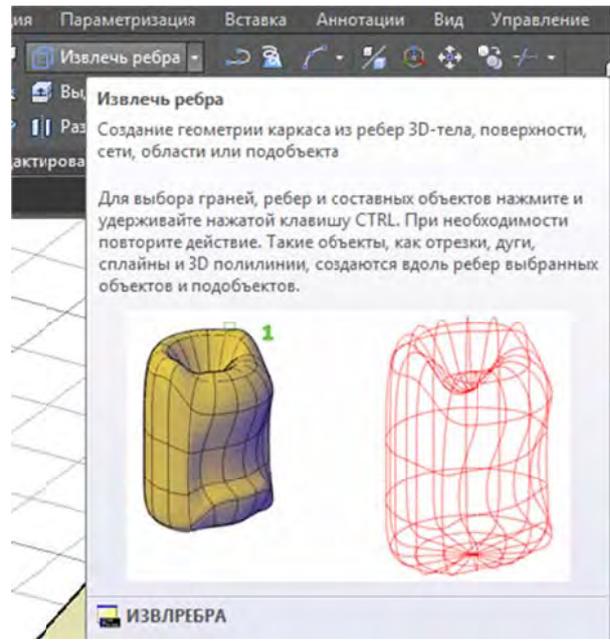
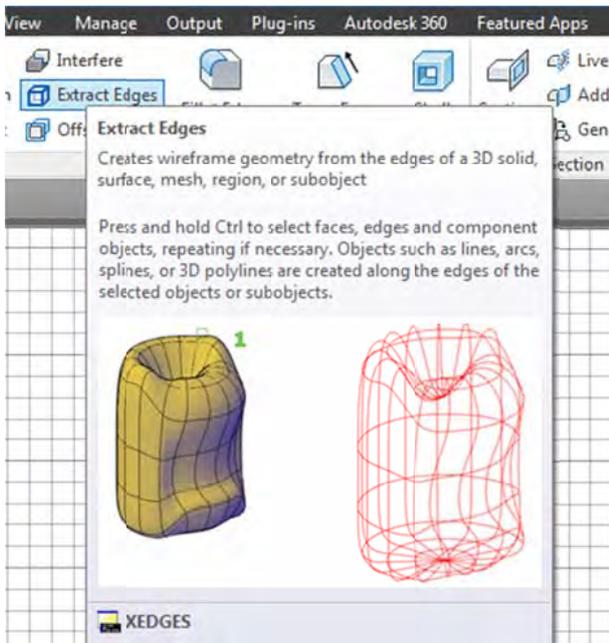


Рис. П.2.15. Команда «Извлечь ребра»

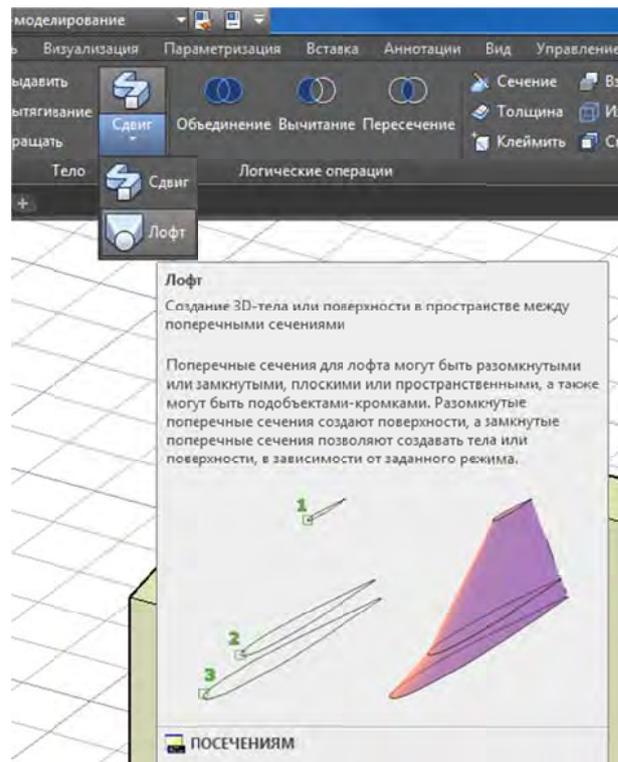
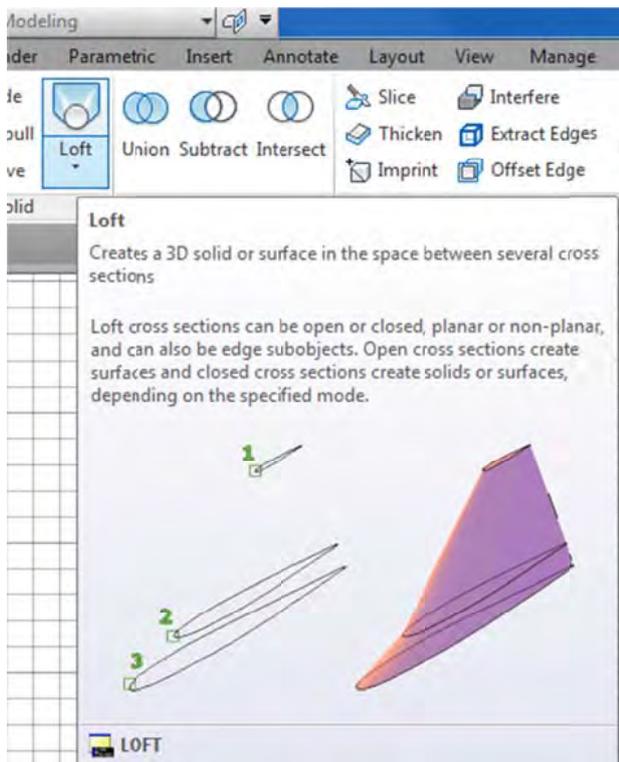


Рис. П.2.16. Команда «Лофт»

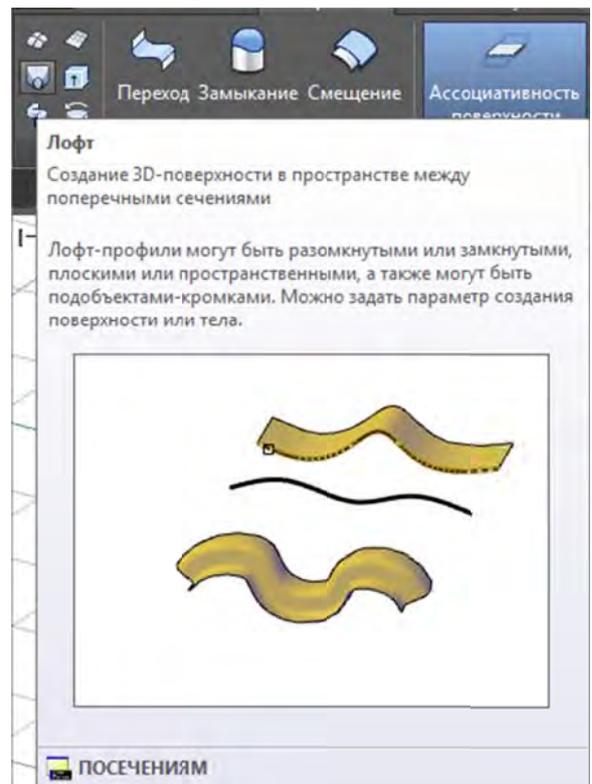
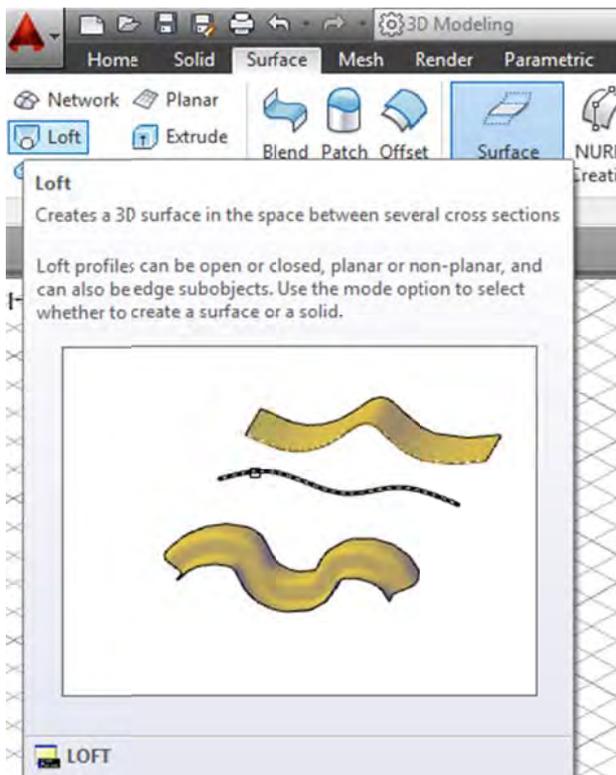


Рис. П.2.17. Команда «Лофт»

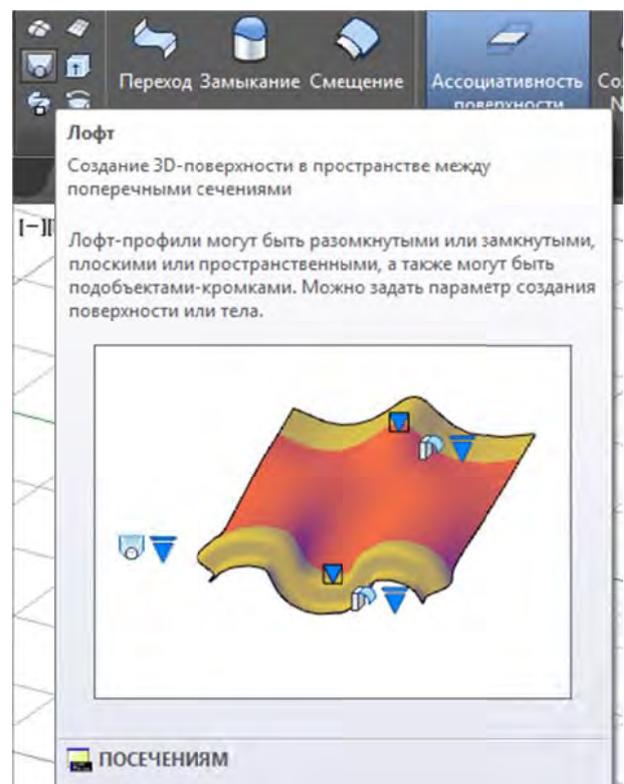
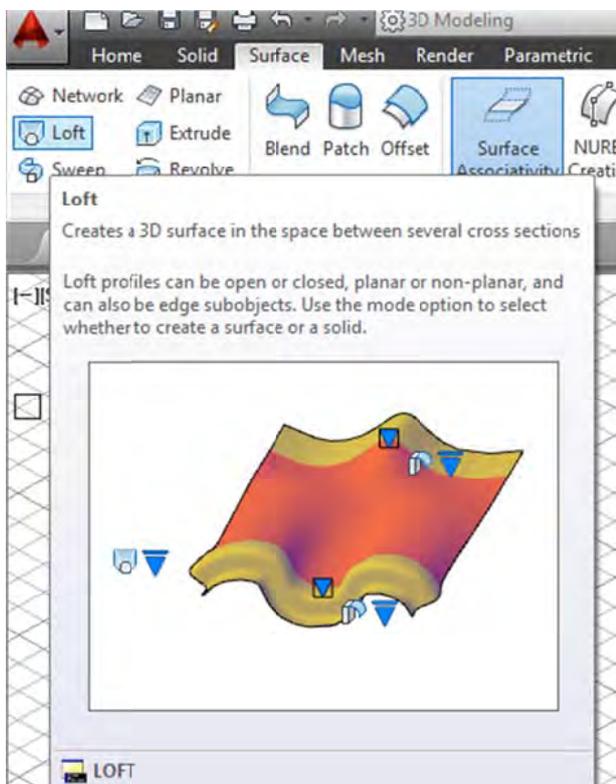


Рис. П.2.18. Команда «Лофт»

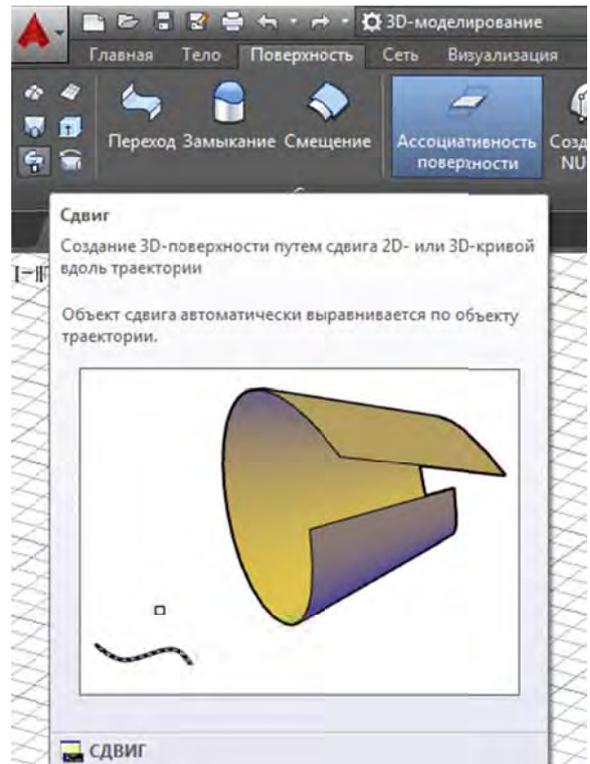
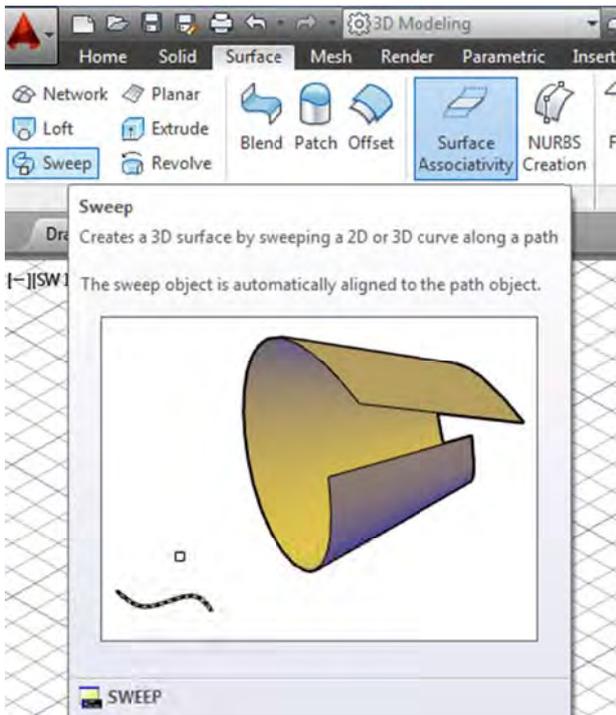


Рис. П.2.19. Команда «Сдвиг»

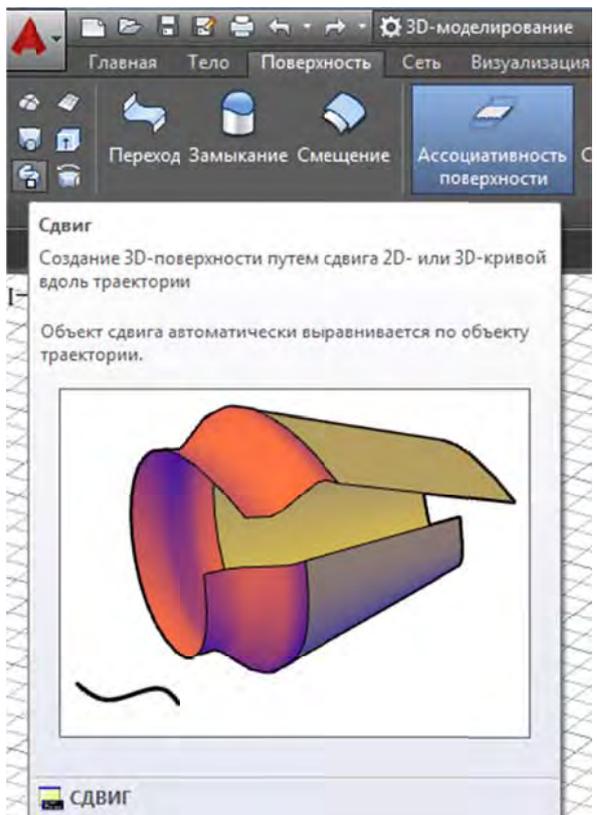
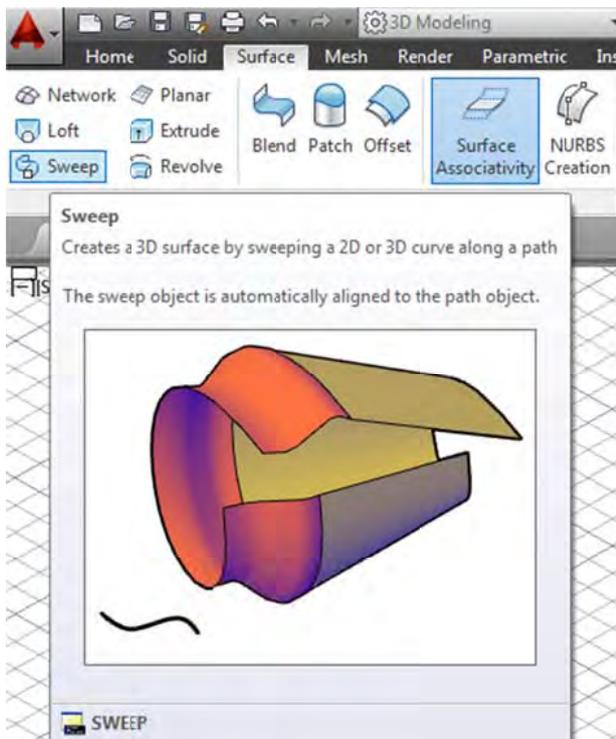


Рис. П.2.20. Команда «Сдвиг»

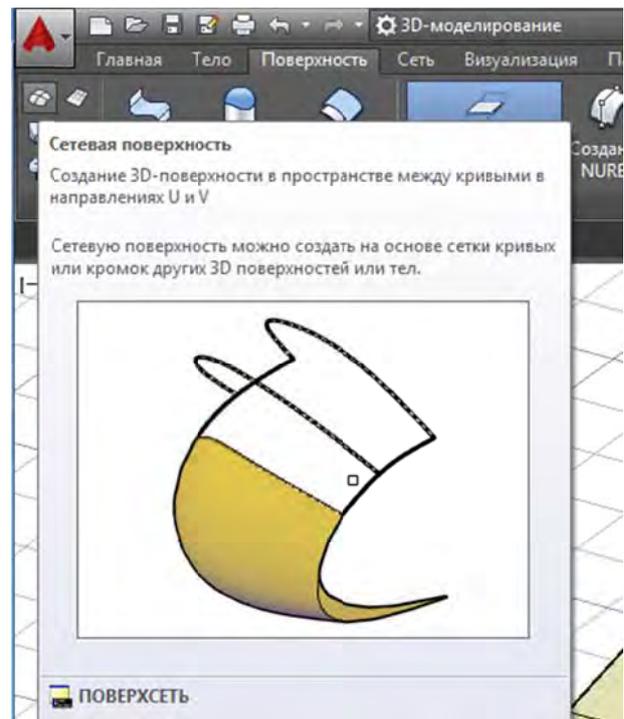
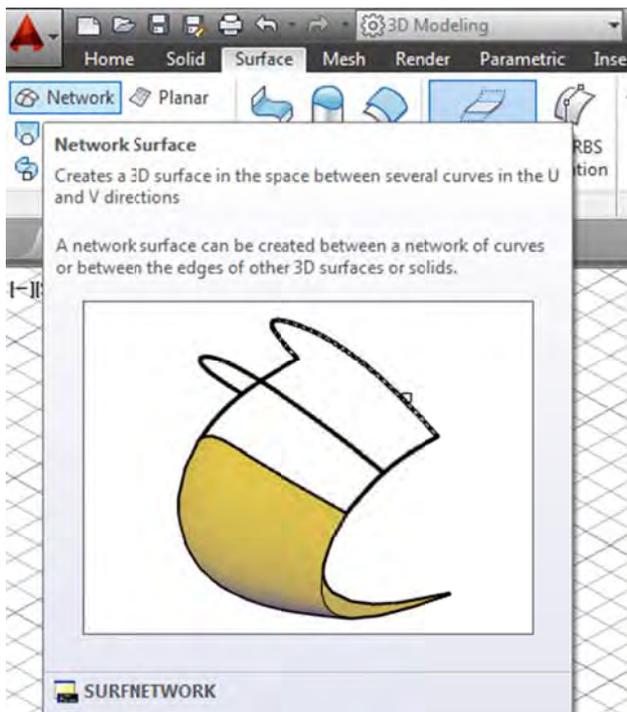


Рис. П.2.21. Команда «Сетевая поверхность»

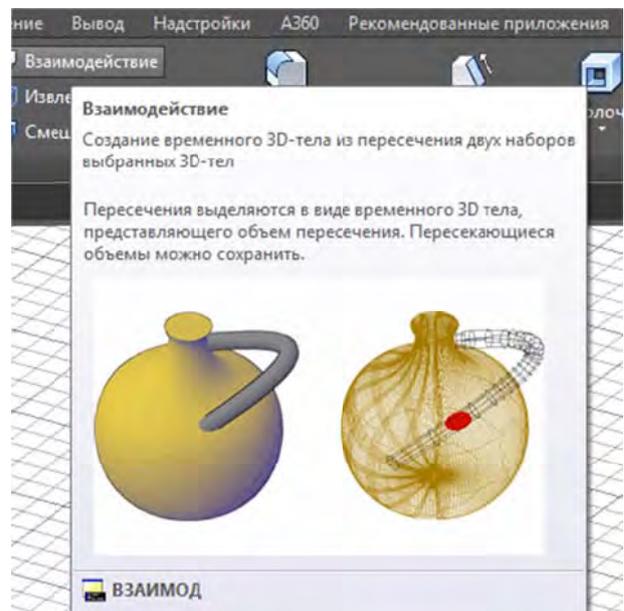
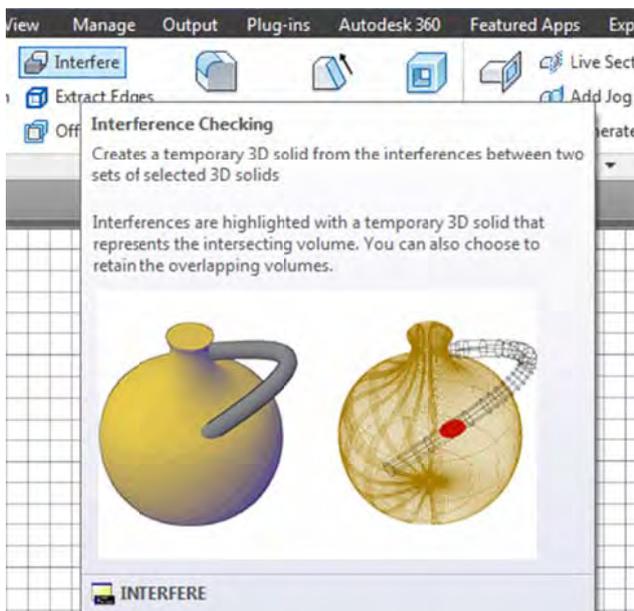


Рис. П.2.22. Команда «Взаимодействие»

Команды редактирования 3D-моделей

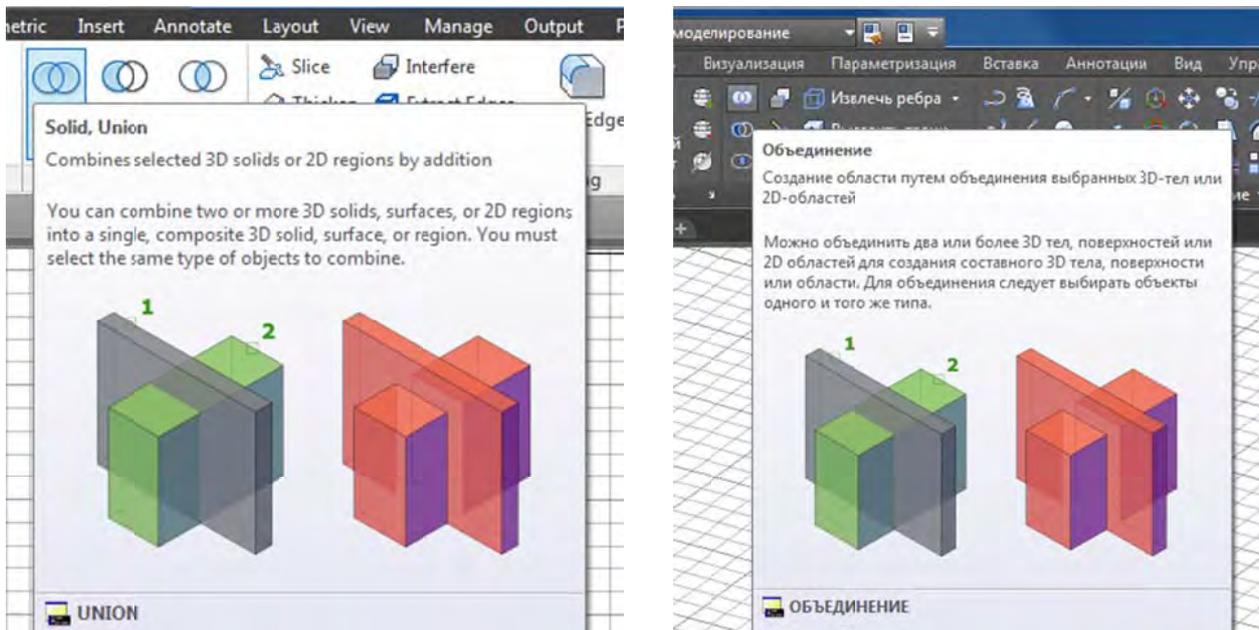


Рис. П.3.1. Команда «Объединение»

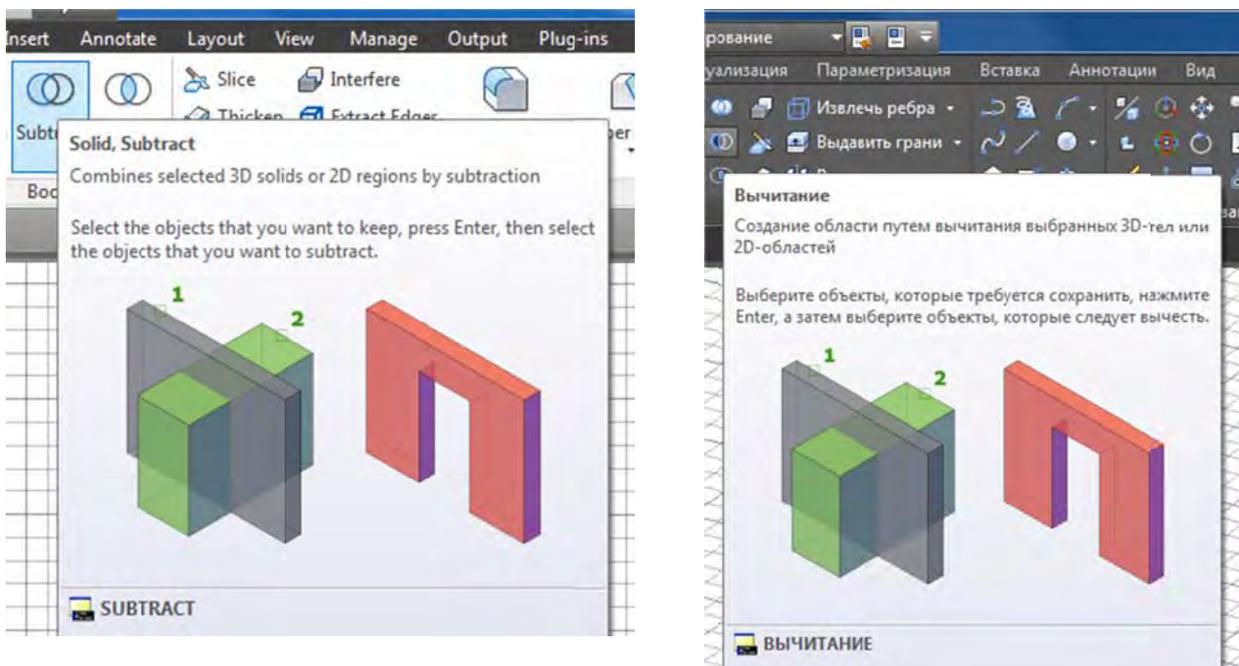


Рис. П.3.2. Команда «Вычитание»

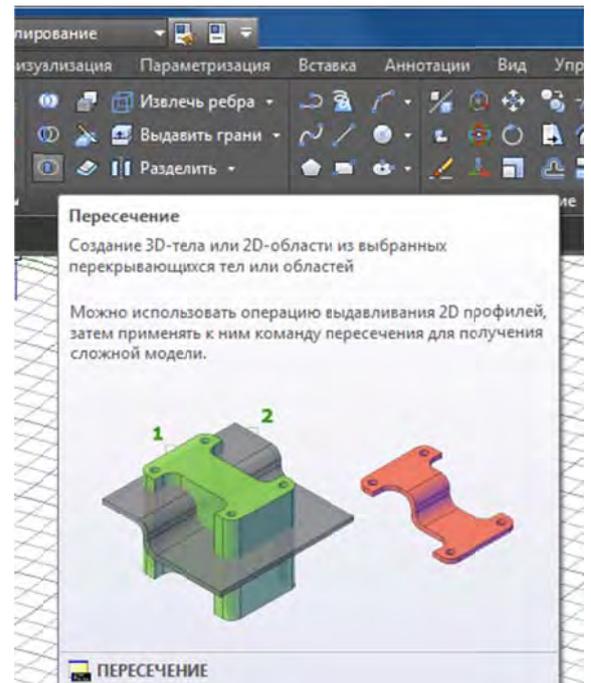
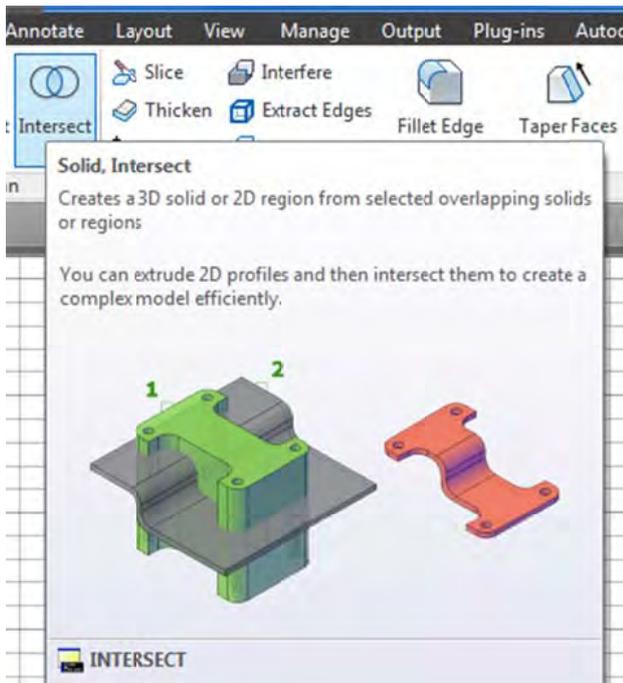


Рис. П.3.3. Команда «Пересечение»

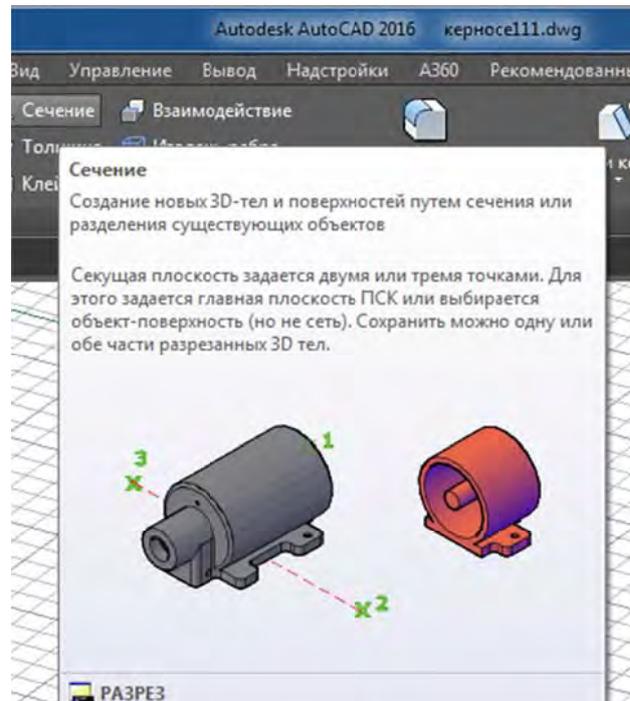
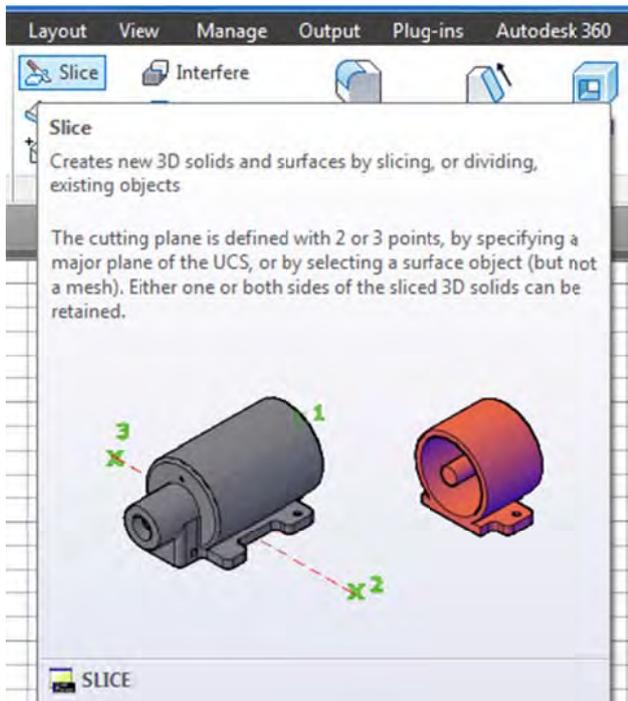


Рис. П.3.4. Команда «Сечение»

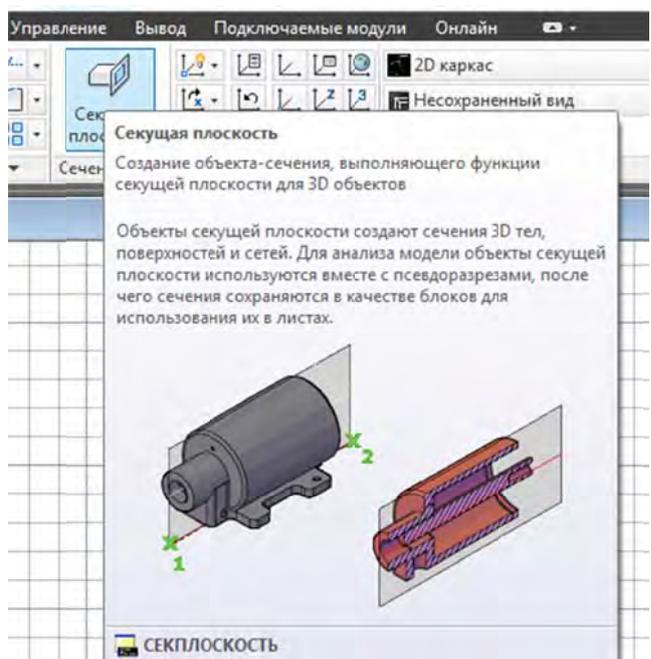
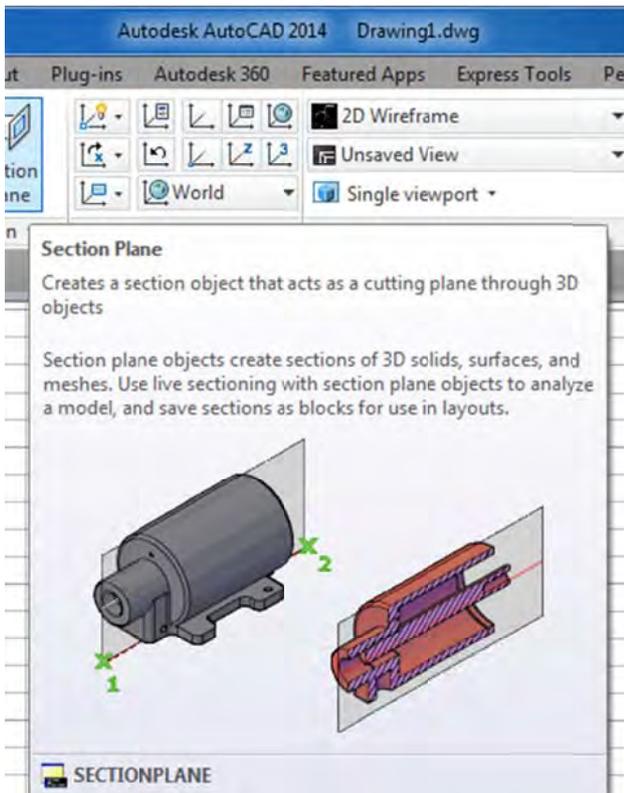


Рис. П.3.5. Команда «Секущая плоскость»

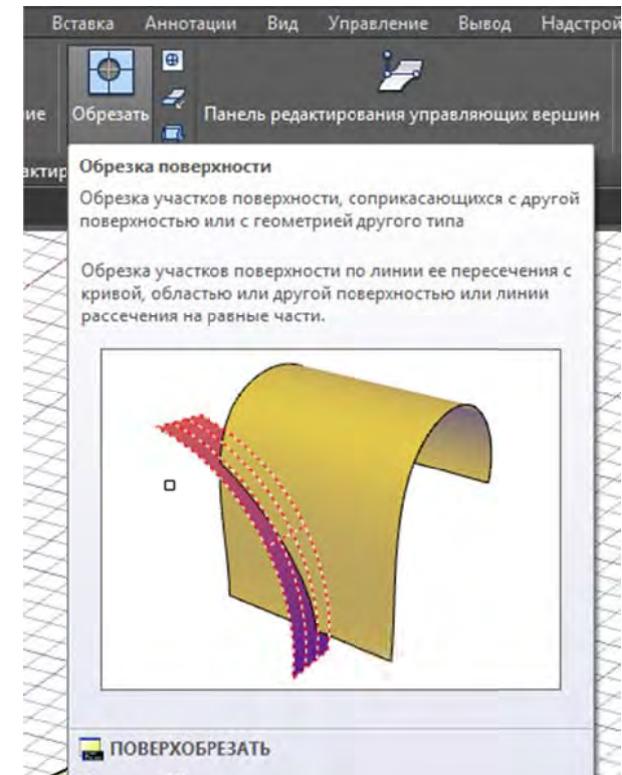
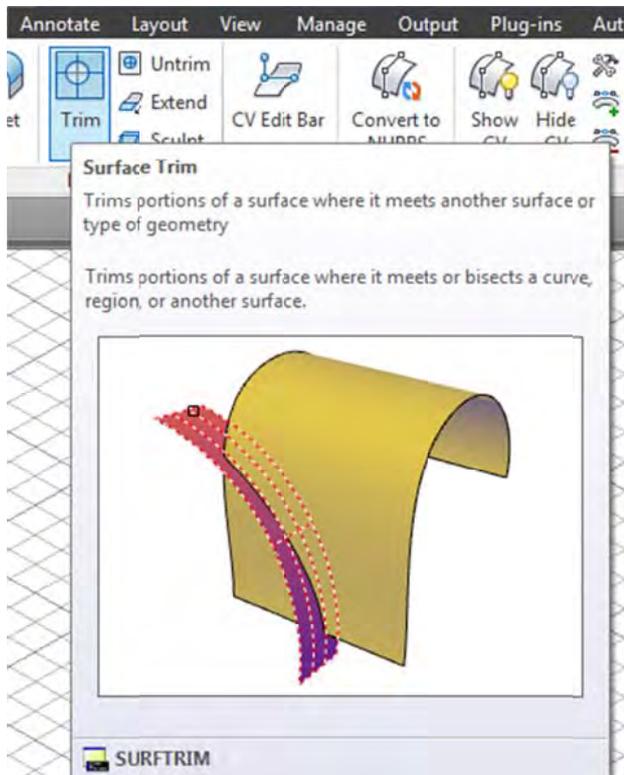


Рис. П.3.6. Команда «Обрезка поверхности»

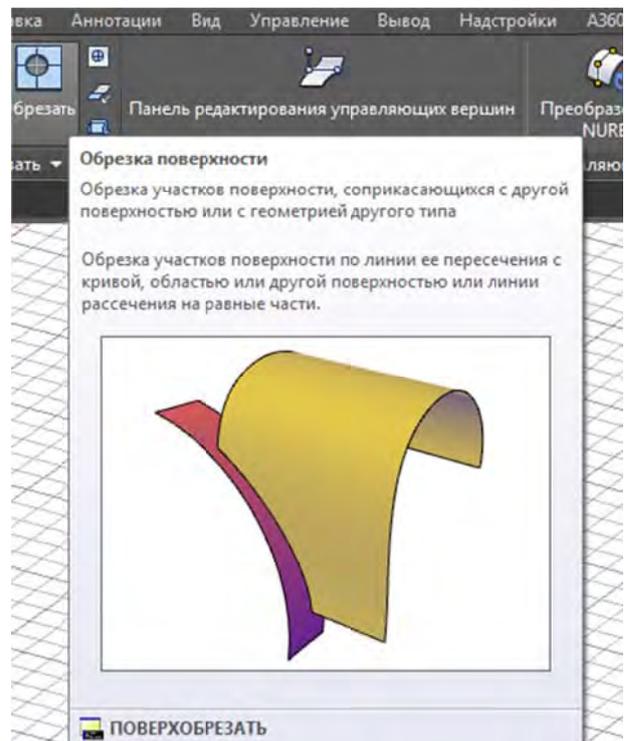
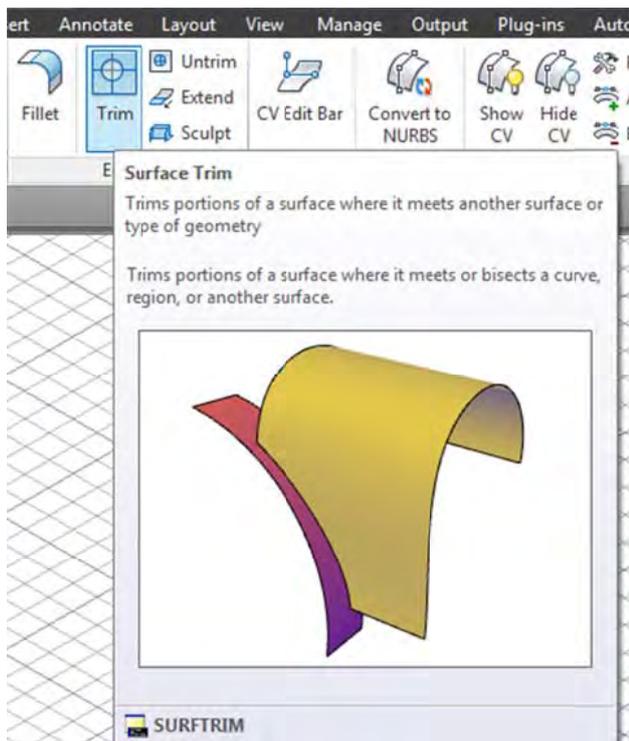


Рис. П.3.7. Команда «Обрезка поверхности»

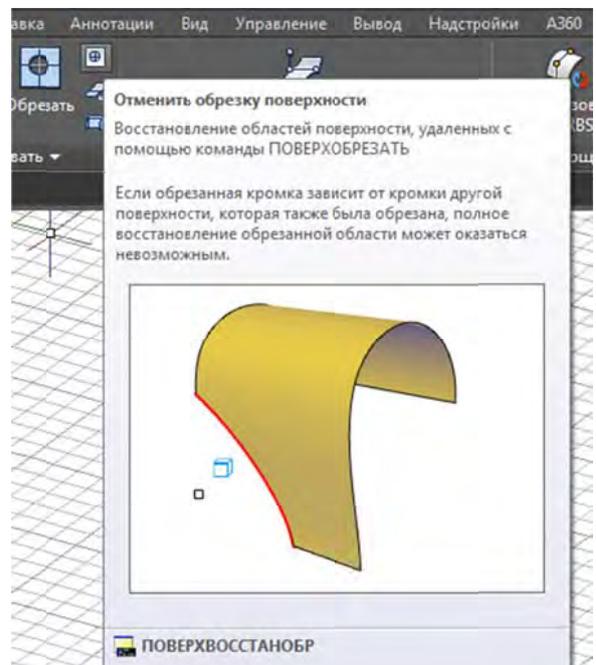
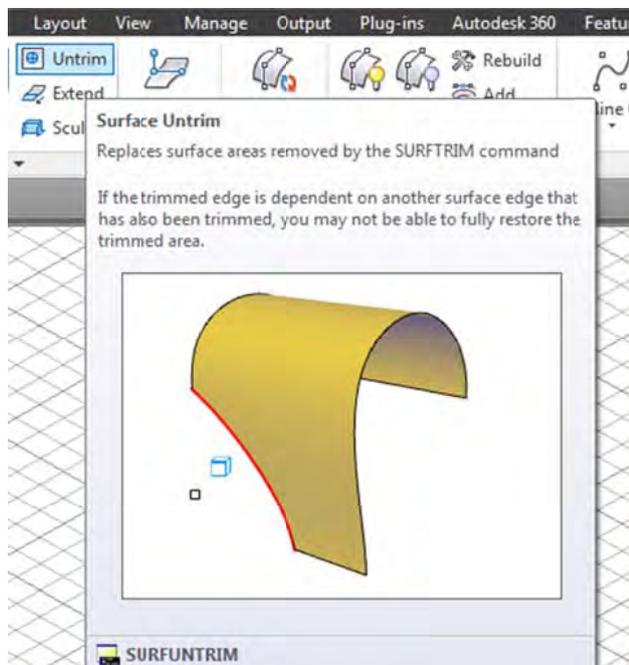


Рис. П.3.8. Команда «Отменить обрезку поверхности»

Список команд

Наименование команд	
<i>Формирование тел</i>	
BOX	Параллелепипед
POLYSOLID	Политело
WEDGE	Клин
PYRAMID	Пирамида
CYLINDER	Цилиндр
CONE	Конус
SPHERE	Сфера (Шар)
TORUS	Тор
MESH BOX	Сеть параллелепипед
NETWORK SURFACE	Сетевая поверхность
MODELING, MESHES RULED SURFACE	Моделирование, сети, поверхность соединения
EXTRUDT	Выдави
REVOLVE	Вращай
SWEEP	Сдвиг
LOFT	Создание тела по сечениям
EXTRACT EDGES	Извлечь ребра
PRESSPUL	Сжатие или растяжение
<i>Создание составных тел</i>	
UNION	Объединение объектов
SUBSTRACT	Вычитание тел
INTERFERE	Пересечение
SECTION PLANE	Секущая плоскость
SLICE	Сечение (разрез)
SURFACE TRIM	Обрезка поверхности
SURFACE UNTRIM	Отменить обрезку поверхности
INTERFERENCE CHECKING	Взаимодействие

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Моделирование поверхностей и классических геометрических тел	4
1.1. Основы 3D-Modeling	6
1.2. Линейчатые поверхности	6
1.3. Поверхности вращения	11
2. Моделирование задач на пересечение поверхностей	15
3. Моделирование задач в проекциях с числовыми отметками	21
Список рекомендуемой литературы	24
Приложение 1. Ленты рабочего пространства 3D-Modeling AutoCAD	25
Приложение 2. Команды построения 3D-моделей	28
Приложение 3. Команды редактирования 3D-моделей	39
Приложение 4. Список команд	43

Учебное издание

ШУБЕРТ Ирина Михайловна

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ AUTOCAD**

Учебно-методическое пособие
для студентов строительных специальностей

Редактор *Е. С. Кочерго*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 31.01.2018. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага мелованная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,23. Уч.-изд. л. 2,05. Тираж 300. Заказ 588.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.