

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Лешихина И. Е.

Пирогова М.А.

Сборник лабораторных работ

по курсу

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, часть 2

**Лабораторная работа №7. Команды редактирования тел. Редактирование граней.
Выдавливание, перенос, смещение по нормали, удаление, поворот, сведение на конус,
создание копии, изменение цвета граней. Редактирование ребер и оболочки.
Создание разрезов твердого тела (SECTION). Переход от твердого тела к
поверхностной модели**

Москва

2014

Цель лабораторной работы

Целью данной лабораторной является изучение команд редактирования твердого тела, как топологического объекта, т.е. редактирование отдельных топологических составляющих объектов твердого тела – оболочки, граней, ребер, вершин. В ходе выполнения работы дается основные принципы разработки сложных твердотельных деталей на основе более простых. В данной лабораторной работе рассматриваются возможности использования команд твердотельного моделирования для создания поверхностных моделей.

Пояснение к заданию

При построении твердого тела основной информацией является информация о связности поверхностей, составляющих оболочку твердого тела.

Все геометрические объекты, определяющие оболочку твердого тела должны обладать топологическими свойствами (например, связность различных точек оболочки). Свойство непрерывности точек оболочки является топологическим свойством – **оболочка является топологическим объектом**.

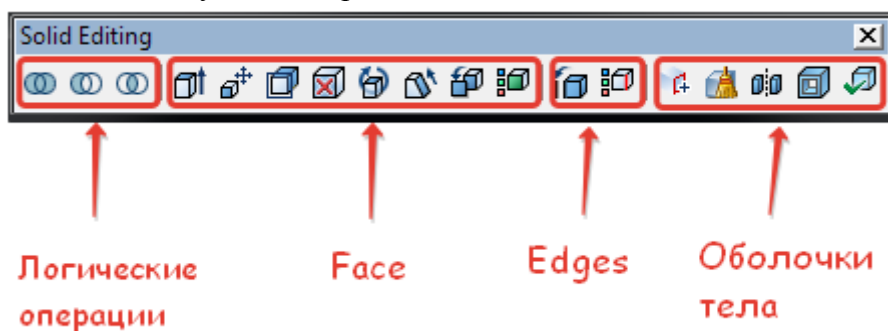
Топологические объекты несут одновременно и геометрическую, и топологическую информацию.

При создании оболочки используются такие топологические объекты – **грань, ребро, вершина, цикл, оболочка**.

В **AutoCAD** используется так называемое **прямое редактирование**, которое предполагает работу с границей твердого тела, т.е. с его оболочкой и другими топологическими объектами, из которых состоит твердое тело.

Команды редактирования топологических объектов твердого тела могут быть вызваны из падающего меню **Modify/Solid Editing**.

Команды **Solid Editing** разделены на группы – редактирование граней (**Face**), редактирование ребер (**Edges**), работа с оболочкой, редактирование твердого тела целиком – логические операции (**Union, Subtract, Intersect**). Панель инструментов **Solid Editing** выглядит следующим образом.



Команды редактирования тождественные тем, которые вызываются из падающего меню **Modify/Solid Editing**, могут быть вызваны из командной строки с помощью команды **SolidEdit**. Диалог команды выглядит следующим образом:

```
Command: solidedit
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1
Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: B
Enter a body editing option
```

Переход к опциям *Face, Edge, Body* соответствует переходу в меню редактирования граней, ребер, и тела и его оболочки. Переменная ***Solidcheck***, управляет режимом проверки корректности тела с точки зрения его топологии. По умолчанию эта переменная равна 1.

Рассмотрим команды редактирования граней. К командам редактирования граней относятся следующие:

```
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/
```

Выдавливание/перемещение/поворот/перемещение по нормали/сведение на конус/удаление/копирование/изменение цвета/ изменение материала.

После вызова одной из этих команд, необходимо выбрать какую-либо грань появляется диалог, позволяющий, добавлять грани –***add***, убирать – ***remove***, выбирать все грани – ***all***, отменять предыдущий выбор – ***undo***. После завершения выбора грани происходит непосредственно выполнение команды редактирования. Следует отметить, что после выполнения той или иной команды редактирования граней ***AutoCAD*** остается в меню редактирования. Для выхода из этого меню необходимо нажать – ***Esc***.

Важное замечание! Выполнение команд редактирования граней возможно только в том случае. Если не нарушается топология твердого тела.

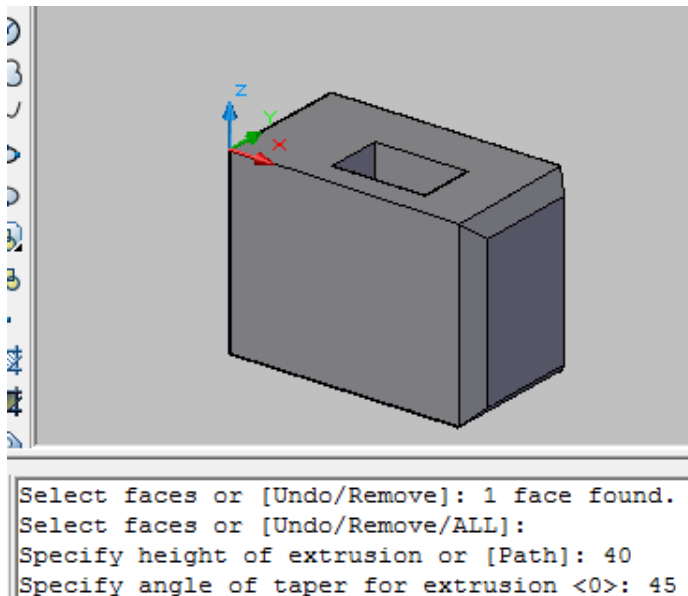
Команда выдавливания грани – Extrude 

Диалог команды после выбора грани выглядит следующим образом:

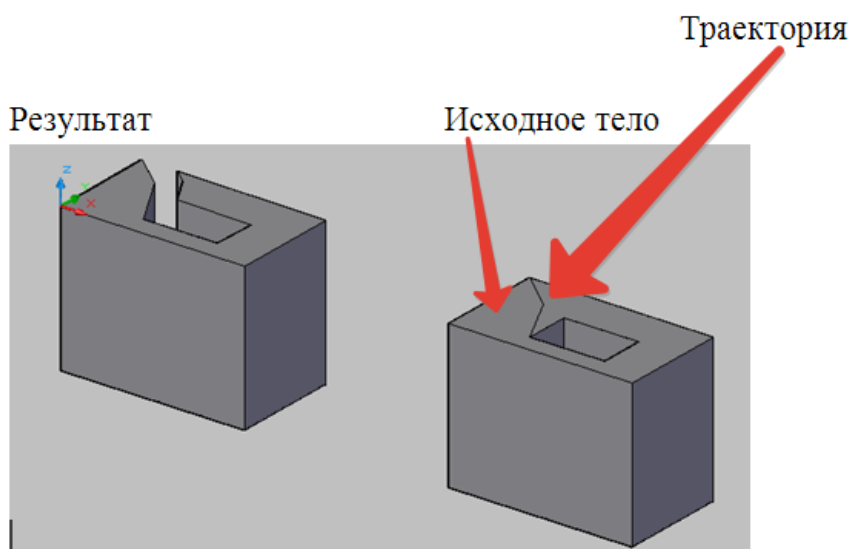
```
Specify height of extrusion or [Path]:
```

Из данного диалога видно, что выдавливание может происходить на высоту - ***height*** и по заранее заданной траектории – ***Path***.

При выполнении выдавливания грани на высоту можно задать и угол, определяющий положение направляющих при выдавливании. Результат выдавливания и диалог команды в этом случае показан ниже.



Диалог команды и результат ее выполнения в случае выдавливания грани по траектории выглядит следующим образом.



Команда перемещения грани – Move  и команда копирования грани 

Копирование и перенос грани происходит в результате выполнения одинаковых запросов

```
Specify a base point or displacement:
Specify a second point of displacement:
```

В результате выполнения этих команд в случае сохранения топологии тела грань или переносится на некоторое расстояние, или копируется на заданном от базовой точки расстоянии.

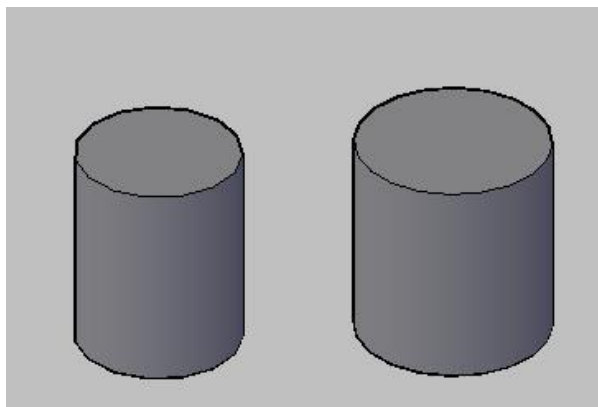
Команда перемещения по нормали (сместить) – Offset

Диалог команды выглядит следующим образом:

```
_offset  
Select faces or [Undo/Remove]: 1 face found.  
Select faces or [Undo/Remove/ALL]:  
Specify the offset distance: -70
```

В команде необходимо указать расстояние, на которое необходимо сместить грань. Если это значение отрицательное (как в примере), то грань будет смещена внутрь тела, если – положительное, смещение произойдет наружу тела. Это связано с описанием тела, как топологического объекта. Внутренняя и наружная части тела задаются с помощью нормалей к внешним граням. Все внутренние нормали – отрицательные.

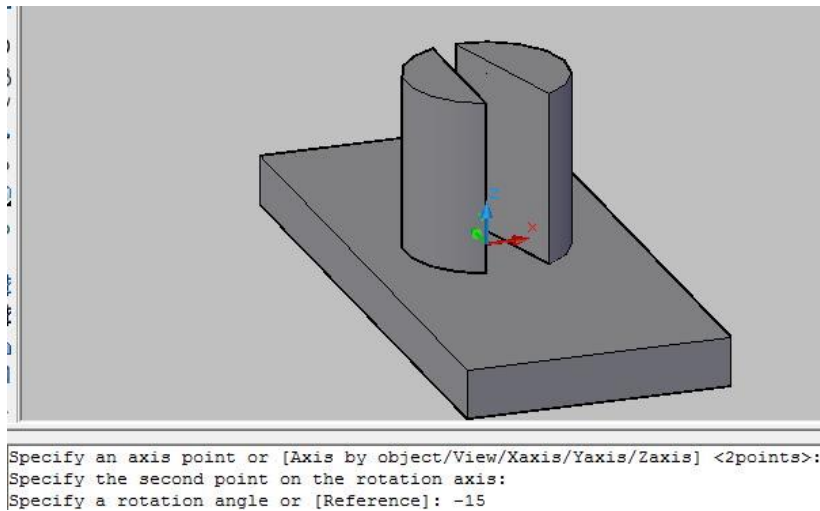
На примере ниже показано уменьшение диаметра цилиндра (справа) с помощью команды *Offset*.



Команда поворота грани – Rotate

Для выполнения поворота грани необходимо после выбора редактируемой грани задать ось и угол поворота по отношению к этой оси.

На рис показан ход выполнения команды поворота внутренней грани части цилиндра на угол -15° по отношению к оси, перпендикулярной подложке и результат выполнения команды.



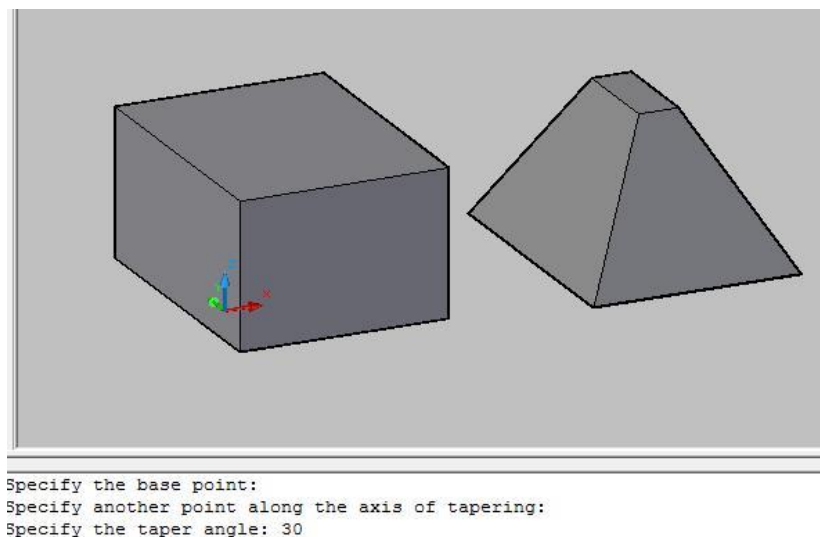
Команда удаления грани – Delete

При выполнении данной команды после выбора грани, в случае, если топология твердого тела не будет нарушена, грань удаляется.

Команда сведения на конус – Taper

С помощью этой команды можно наклонить выбранные грани тела на заданный угол по отношению к выбранной оси

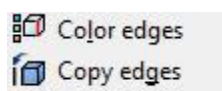
На рисунке показан ход выполнения команды при выполнении наклона четырех боковых граней параллелепипеда по отношению к оси, проходящей через середины двух ребер (верхнего и нижнего) одной из боковых граней тела, на угол - 30° .



Команды изменения цвета грани Color и изменения материала грани – Material – позволяют изменить цвет и/или материал выбранной грани.

Команды редактирования ребер

Для редактирования ребер доступны две команды – изменение цвета ребра



Команды редактирования тела и его оболочки

После выбора опции **Body** в команде **Solidedit** происходит переход к работе с телом и его оболочкой –

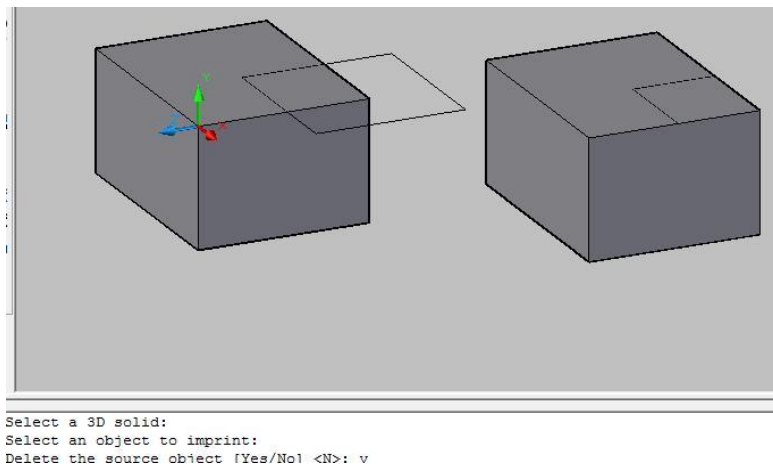
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit]

[клеЙмить/разделить/оболочка/упростить/проверить/отменить/выход]

Рассмотрим команду **клеЙмить** – **Imprint** и команду **оболочка** – **Shell**.

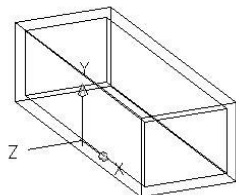
- Команда **Imprint**.

Диалог команды и результат ее выполнения показан ниже.

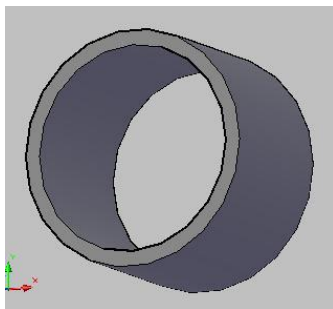


Как видно на рисунке после выполнения команды два отрезка, которые принадлежат прямоугольнику, расположенному на верхней грани параллелепипеда, добавлены в ребра твердого тела. Благодаря выполнения этой операции верхняя грань параллелепипеда разделилась на две грани.

- Команда **Shell** позволяет снять оболочку с твердого тела. Возможны два результата выполнения этой команды:
 1. Тело становится полым внутри, если выбраны все грани твердого тела.



2. Если выбраны не все грани, а, например, только боковые, то тело также становится полым внутри, но у него отсутствуют верхняя и/или нижняя грани.

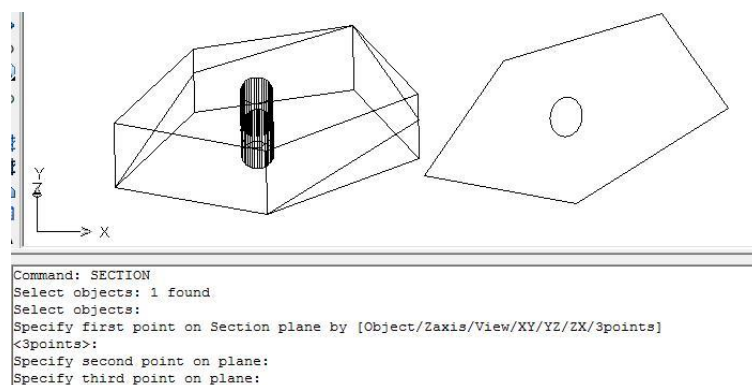


Диалог команды выглядит следующим образом:

```
[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell
Select a 3D solid:
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: all
Remove faces or [Undo/Add/ALL]: a
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: 1 face found.
Select faces or [Undo/Remove/ALL]:
Enter the shell offset distance: 200
```

Команда выполнения сечения твердого тела – Section

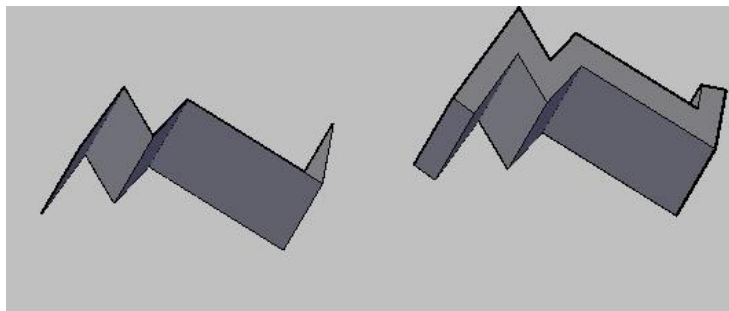
На предыдущей лабораторной работе была рассмотрена команда выполнения разреза твердого тела – *Slice*. В отличие от этой команды команда *Section* не может быть вызвана из падающего меню или из пульта управления. Вызвать ее можно только из командной строки. Ее диалог аналогичен команде Section. Данная команда строит сечение твердого тела плоскостью, образуя область, состоящую из линий сечения. Сечение может быть перенесено в любую точку чертежа, над ним можно выполнять различные команды редактирования. Пример получения сечения и диалог команды приведены ниже.



Поверхности

Ранее были рассмотрены команды построения поверхностных моделей на основе полигональных сеток. В *AutoCAD* есть возможность создавать гладкие поверхностные модели. В таких поверхностях в качестве образующих кривых и направляющих кривых (*U* и *V* линий) участвуют сплайны. Для построения таких поверхностей используются команды твердотельного моделирования: *Extrude*, *Sweep*, *Loft*, *Revolve*. Для построения поверхностной модели при использовании этих команд необходимо кривые, являющимися сечениями этих поверхностей, задавать незамкнутыми. Диалог этих команд остается таким же, как и при создании твердотельных моделей.

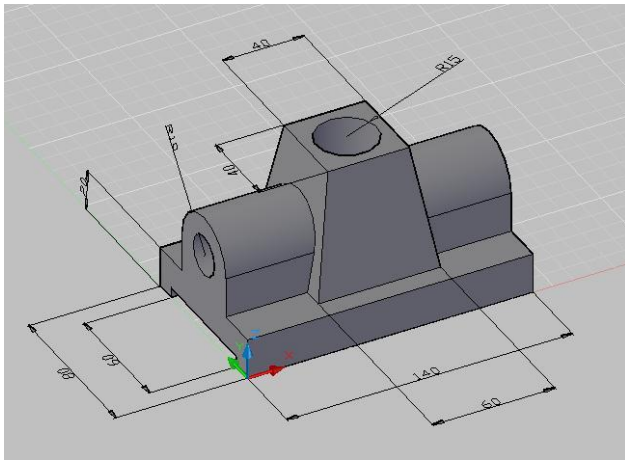
В пульте управления есть еще одна команда, позволяющая построить гладкие поверхностные модели – *Planar surf* – построение поверхности на основе замкнутой кривой. Суть этой команды состоит в натягивании поверхности на замкнутый контур. Эту команду также можно вызвать из командной строки, обращение к ней – *Planesurf*. Любая гладкая поверхностная модель может быть преобразована в твердое тело с помощью команды путем задания ей толщины с помощью команды *Thicken*. Результат выполнения этой команды показан ниже.



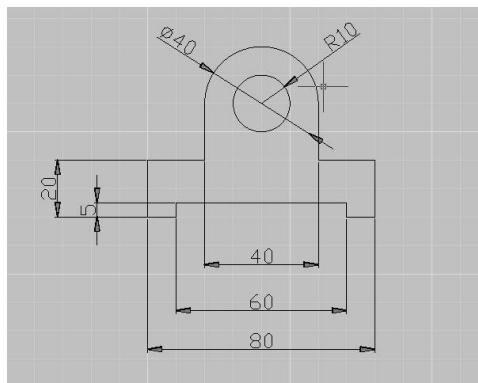
Пример разработки сложной твердотельной модели.

Все основные команды, позволяющие создавать твердотельные модели любой сложности, рассмотрены. Совместное использование этих команд позволяет строить любые твердотельные модели. Рассмотрим подробный пример построения твердотельной модели по размерам.

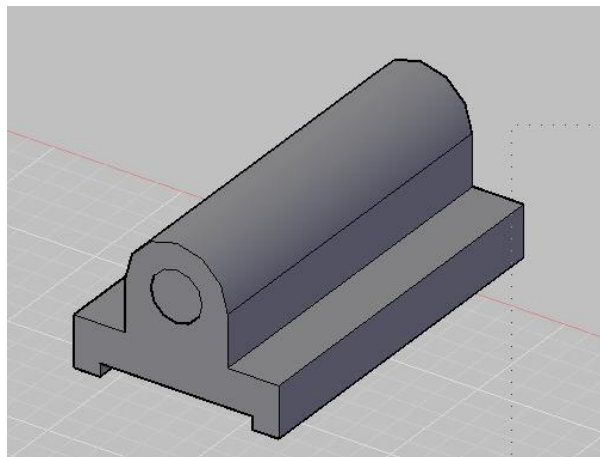
Необходимо построить твердотельную модель, показанную ниже:



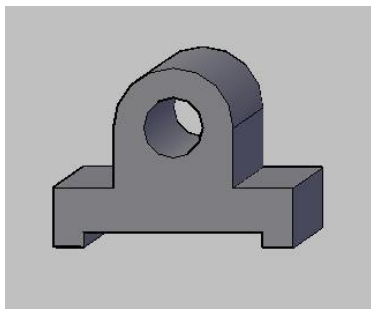
1. Построить замкнутую полилинию и окружность



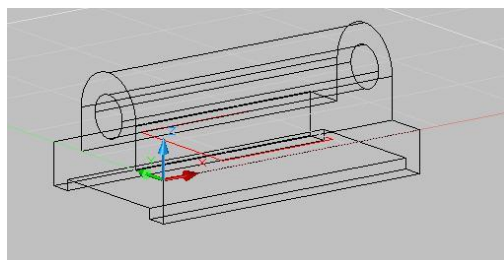
2. Выдавить с помощью команды **Extrude** полилинию и окружность на расстояние – 140



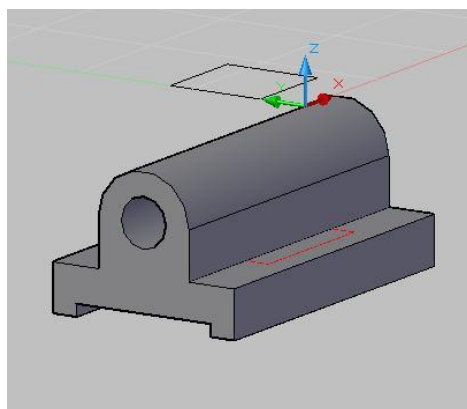
3. Вычесть одно твердое тело из другого с помощью команды **SUBTRACT** для получения цилиндрического отверстия.



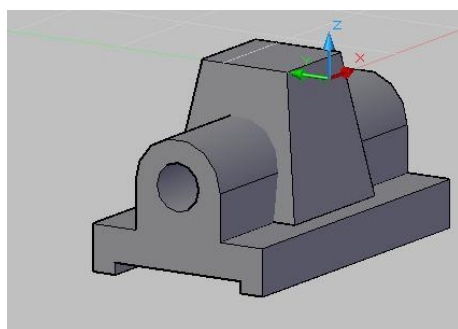
4. Перенести систему координат с помощью *UCS Origin* и построить квадрат со сторонами 60 (показан красным цветом на рисунке).



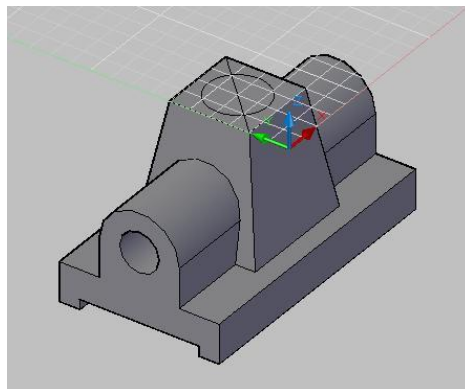
5. Перенести систему координат с помощью *UCS Origin* и построить квадрат со сторонами 40.



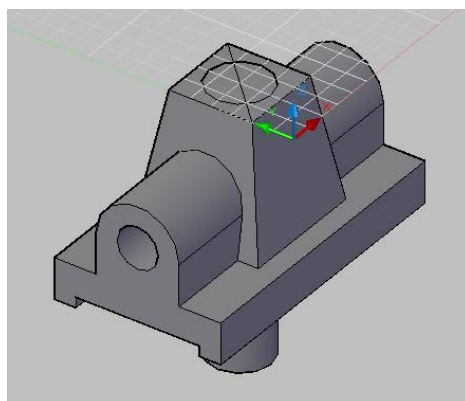
6. Используя команду *Loft* на основе двух квадратов, находящихся в разных плоскостях построить усеченную четырехугольную пирамиду. С помощью команды *UNION* объединить два тела в одно.



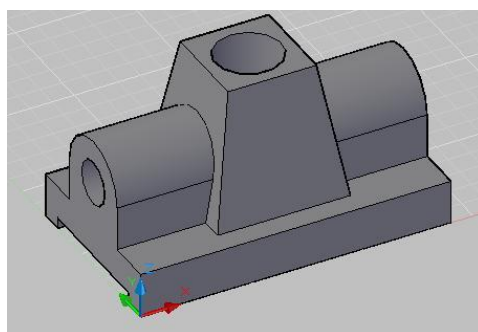
7. На верхней грани усеченной пирамиды нарисовать окружность радиусом – 15.



8. Выдавить окружность на расстояние больше или равное высоте твердого тела.



9. Вычесть цилиндр из твердого тела для получения отверстия. Построение твердого тела закончено.



Лабораторное задание

1. Изучить команды редактирования граней твердого тела.
2. Построить твердое тело по заданию преподавателя и выполнить команды редактирования граней: увеличить(уменьшить) размер цилиндрических отверстий; перенести грань на заданное расстояние вглубь тела или наружу тела сначала с помощью команды **Extrude**, а потом с помощью команды **Offset**; выполнить поворот граней.
3. Свести на конус с помощью команды **Taper** грани параллелепипеда.
4. Используя команду **Shell** построить полое тело на основе предложенного преподавателем.

5. Используя все команды создания и редактирования твердых тел построить сложную твердотельную модель, заданную преподавателем.
6. Построить сечение и разрез построенного твердого тела.
7. Построить поверхностные модели с помощью команд твердотельного моделирования по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

1. Какие топологические объекты твердого тела вы знаете?
2. Чем отличаются твердотельные модели от поверхностных моделей?
3. Можно ли построить поверхностные модели с помощью команд твердотельного моделирования? Чем такие модели отличаются от полигональных сеток?
4. Как из поверхностной модели можно сделать твердотельную модель?
5. Какие команды редактирования граней позволяют выполнить ее перенос?
6. Почему в команде *Offset* при задании расстояния необходимо указывать его знак?
7. Как команда *Shell* может изменить твердое тело?
8. Какую роль при создании твердого тела играют пользовательские системы координат - *UCS*?