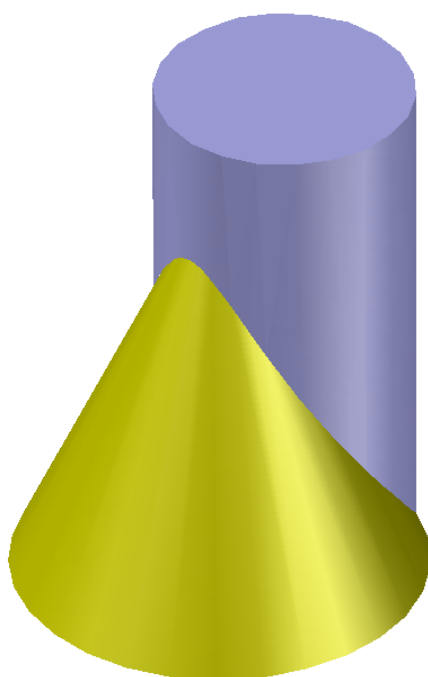


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования “Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники”

Мисько М. В.

Твердотельное моделирование



3D-графика в AutoCAD

Практикум

2014

УДК 744.4:621.396.6(076.5)

ББК 30.11+32я73

T62

Рецензенты:

Кафедра инженерной графики машиностроительного профиля учреждения образования «Белорусский национальный технический университет»; протокол № 8 от 25.02. 2015 г;

доцент кафедры инженерной графики учреждения образования «Белорусский технологический университет», кандидат технических наук, Н. И. Жарков

Мисько, М. В.

T62

Твердотельное моделирование. 3D-графика в AutoCAD. Практикум: учеб. –метод. пособие / М. В. Мисько. – Минск: БГУИР, 2014. – 22 с. : ил.

ISBN

Содержит практические рекомендации по созданию модели твердотельного объекта в среде AutoCAD 2015. Рассмотрены три примера с пошаговым пояснением построений.

Предназначено для студентов всех специальностей и всех форм обучения.

УДК 744.4:621.396.6(076.5)

ББК 30.11+32я73

ISBN

© Мисько М. В., 2014

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2014

Содержание

1. Введение	4
2. Принципы формирования 3D твердотельных моделей в AutoCAD	4
3. Начало работы	6
4. Построение 3D-модели пересекающихся тел с их параллельной ориентацией.....	8
5. Построение 3D-модели пересекающихся тел с взаимно-перпендикулярной ориентацией	12
6. Построение 3D-модели детали	17
Литература	24

1. ВВЕДЕНИЕ

Цель настоящего пособия – дать студентам практические навыки формирования твердотельных трехмерных моделей объектов в среде AutoCAD. В соответствии с учебной программой «Инженерная компьютерная графика» в зависимости от специальности студенты применяют 3D – технологии при выполнении графических работ по двум темам:

1. «Построение линии пересечения поверхностей»;
2. «Построение трехмерной модели технического объекта».

В каждой работе необходимо

- в системе AutoCAD создать 3D-модель твердого тела;
- специальными средствами оформления листа чертежа подготовить сформированную модель твердотельного объекта на формате A4 или A3 к печати;

В пособии рассмотрено построение моделей трех объектов: двух объектов по теме 1 и одного объекта по теме 2.

2. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ 3D ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В AUTOCAD

Одним из способов представления объекта при пространственном 3D-моделировании является *твердотельное моделирование*. Объект сложной формы формируется в следующей последовательности:

1) анализируется форма объекта и устанавливается, какие базисные тела можно выделить в конструкции объекта. К базисным относят тела простейшей формы: *параллелепипеды, цилиндры и т. д.*;

2) формируются нужные базовые тела. Для этого в арсенале AutoCAD имеются специальные команды, и работа с ними будет объяснена ниже. Базисные тела, которые имеются в базе данных AutoCAD, относят к *стандартным*;

3) тела простой формы, которых нет в базе данных AutoCAD, можно получить из плоских контуров (контуры должны быть построены полилинией), при помощи операций *вращения и выдавливания*;

4) выясняется взаимное расположение базисных тел в заданном объекте. Установку тела в нужное положение производят с использованием операций редактирования: *перемещения, поворота и др.*;

5) после того, как тела займут нужное положение, необходимо их слить в одно тело, для чего применяют операции *объединения, вычитания и пересечения*;

6) тела в необходимых случаях можно *обрезать плоскостями*;

7) поверхности сформированной твердотельной модели объекта рекомендуется подвергнуть цветовой обработке для придания объекту большей объемности.

Как правило, при построении 3D-модели объекта в качестве подложки для формирования составляющих объект твердых базовых тел рекомендуется использовать двухмерные изображения (обычно это вид спереди и вид сверху). На двухмерных изображениях уже зафиксировано взаимное расположение базовых тел и нанесены их размеры. Эту информацию можно напрямую использовать в работе, что позволяет значительно ускорить процесс выполнения твердотельной модели без дополнительных расчетов. Как это сделать будет объяснено ниже на конкретных примерах.

2.1. ПОСТРОЕНИЕ БАЗИСНЫХ ТЕЛ

В AutoCAD 15 к таким телам отнесены *параллелепипед, цилиндр, конус, сфера, тор, пирамида, клин и др.* Формирование этих тел выполняется при помощи соответствующих команд, которые расположены в меню **Моделирование** и на панели инструментов **Моделирование**.

При включении команды система просит указать центр тела (или его угол) и затем другие параметры, например, для цилиндра – радиус основания и высоту. Если ввести положительное значение высоты, то тело будет формироваться вверх от основания; если отрицательное, то вниз.

Тела, в основании которых лежат двумерные примитивы более сложной формы, чем окружности и прямоугольники, создаются командой **Выдавить**. Сначала выполняется изображение основания, а затем ему добавляется высота. Основание можно формировать из имеющихся в базе системы двумерных примитивов (многоугольник, эллипс), или строить полилинией замкнутый контур нужной формы.

Можно создавать тела вращения путем вращения (команда **Вращение**) двумерных контуров любой формы вокруг заданной оси. В качестве таких контуров могут выступать контуры, указанные в предыдущем предложении.

2.2. РЕДАКТИРОВАНИЕ ТЕЛ

Как правило, технические и другие объекты реального мира представляют собой сложные тела, являющиеся комбинацией простых тел. Для того, чтобы из простых тел «слепить» тело сложной формы, в AutoCAD предусмотрены команды, которые выполняют операции *объединения*, *вычитания* и *пересечения*. Эти команды расположены в меню **Редактирование** и на панели инструментов **Редактирование тела**.

Указанные операции принято обозначать условными символами (пиктограммами):
☺ – объединение; ☹ – вычитание; ☹☹ – пересечение.

На рис. 1 показаны два простых тела, из которых получены при помощи перечисленных операций комбинированные составные тела (рис. 2).

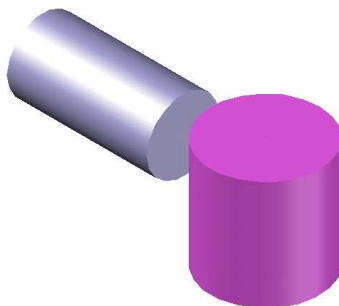


Рис. 1. Исходные тела

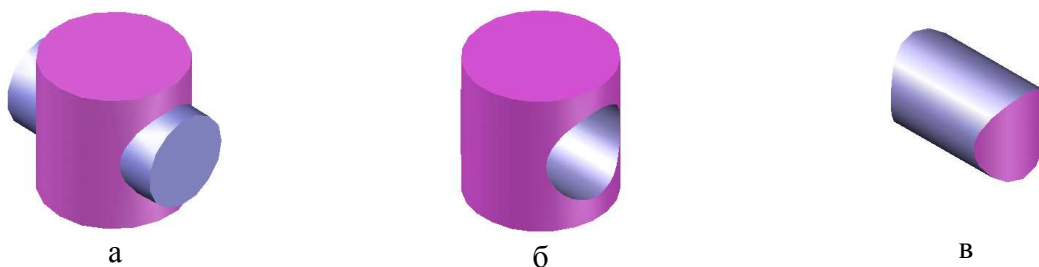


Рис. 2. Результаты применения операций:
а – объединение; б – вычитание; в – пересечение

Для поворота трехмерных объектов необходимо применять команду **3D-поворот**, для переноса и копирования – привычные по работе в двумерном пространстве команды **Перенести** и **Копировать**.

Практикум ориентирован на выполнение работы в среде AutoCAD 2015, русифицированного, с интерфейсом пользовательского пространства «Классический AutoCAD».

3. НАЧАЛО РАБОТЫ

1. Загрузить систему AutoCAD.
2. Загрузить специальный шаблон с настройками для трехмерной графики. (команда **Создать** → в окне **Template** перейти на диск **Work(D)** → **Учебные материалы** → **Шаблоны** → **3-D(A4)**).

На экран монитора выведется изображение, показанное на рис. 3.

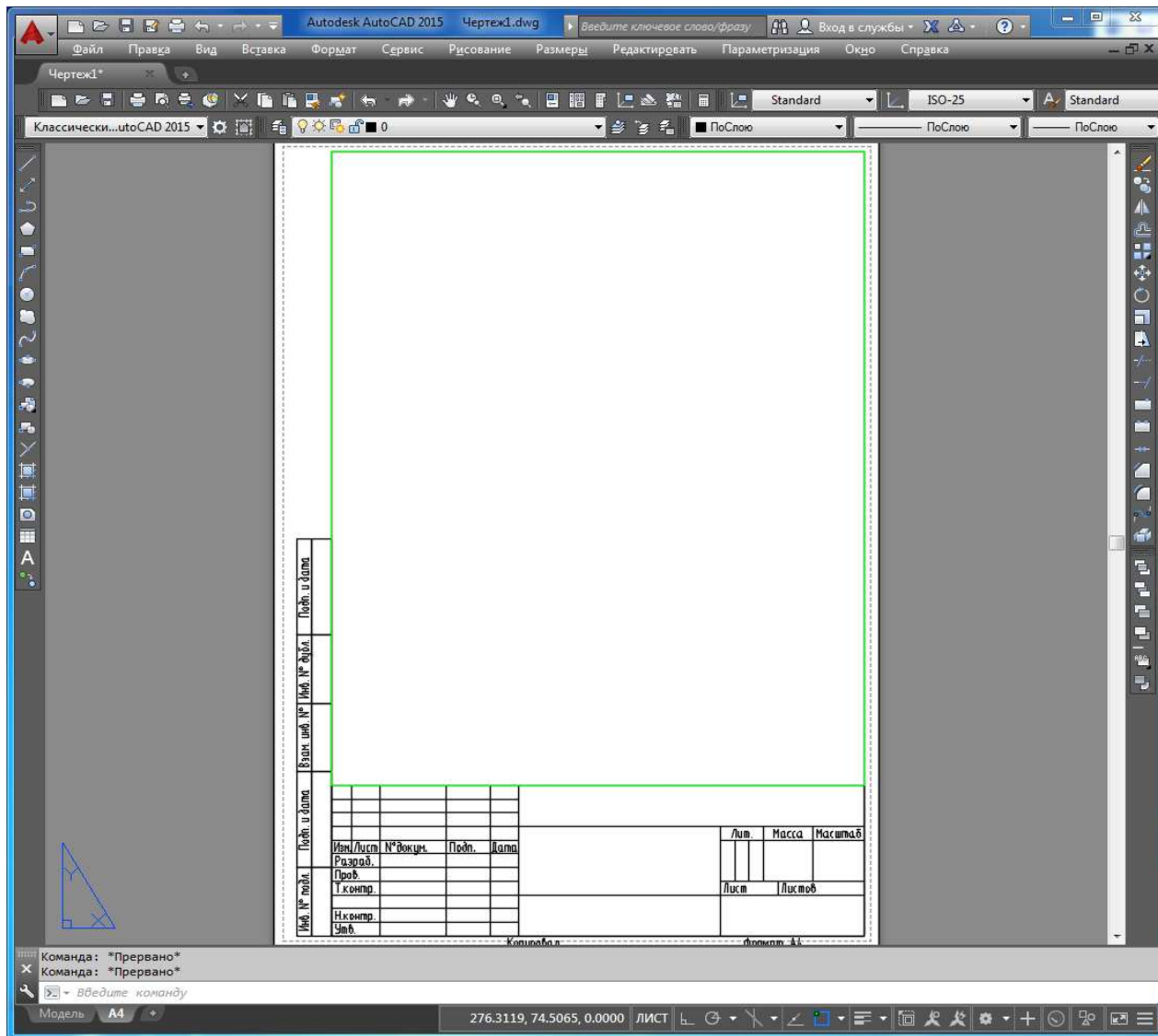


Рис. 3. Рабочий стол AutoCAD с шаблоном A4

Чертеж в AutoCAD может быть расположен в пространстве модели и в пространстве листа. Закладки модели и листов (**Model** и **A4**) расположены в нижней левой части рабочей зоны AutoCAD (см. рис. 3). В пространстве модели чертеж создается, а в пространстве листа подготавливается к печати.

3. Сохранить чертеж: **Файл** → **Сохранить как** → диск **D** → папка **Work** (дать имя файлу) (рис. 2). Рекомендуется выполняемый чертеж сохранять с периодичностью 10-15 мин.

4. Для выполнения 3D-изображений в шаблоне **3-D(A4).dwt** предусмотрены слои, перечень которых дан на рис. 4.

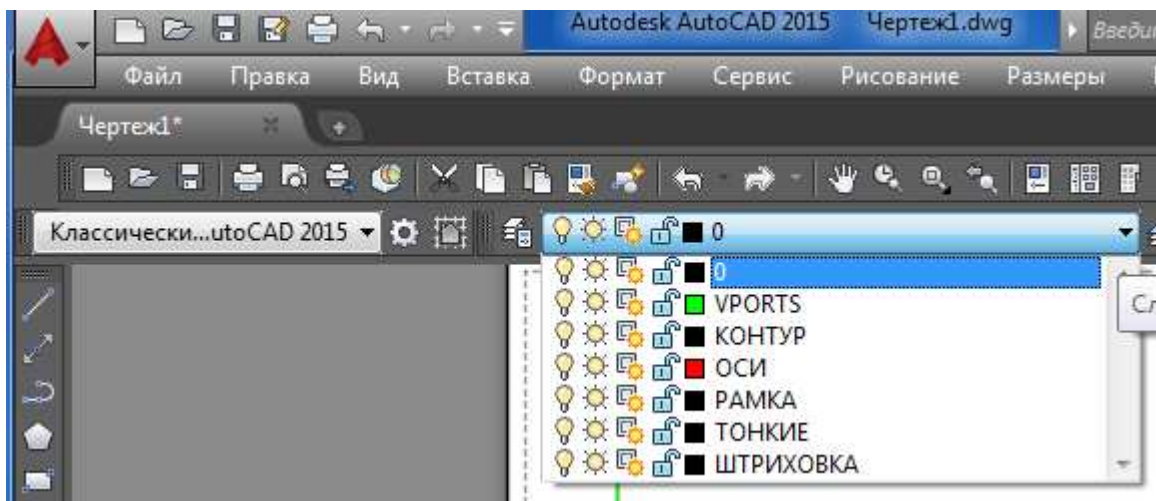


Рис. 4. Список слоев

В шаблоне **3-D(A4).dwt**, кроме обязательного слоя **0** созданы следующие:


- 1) Слой **VPORTS** – предназначен для размещения в нем видовых экранов. На печать этот слой выводится не будет, т.к. в его свойствах печать отключена (), это позволит выводить на печать только содержимое видовых экранов, в то время, как рамка видового экрана будет отсутствовать при распечатке;
- 2) Слой **КОНТУР** – предназначен для вычерчивания линии видимого контура сплошной линией толщиной 0,5 мм;
- 3) Слой **ОСИ** – предназначен для вычерчивания тонкой штрихпунктирной линии оси;
- 4) Слой **РАМКА** – на этом слое располагаются рамки форматов А4 и А3 с основной надписью;
- 5) Слой **ТОНКИЕ** – слой, предназначенный для вычерчивания тонких линий, простановки размеров, написания текста (рекомендуется для текста и размеров создать собственные слои);
- 6) Слой **ШТРИХОВКА** – слой, предназначенный для выполнения штриховки сплошной тонкой линией.
7. Вывести на экран инструментальные панели: **Вид**→ **Моделирование**→ **Редактирование тела** (рис. 5-7).



Рис. 5. Панель **Вид**



Рис. 6. Панель **Моделирование**



Рис.7. Панель **Редактирование тела**

4. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ТЕЛ С ИХ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ

Постановка задачи 1. Построить на экране дисплея 3D-модель объекта 1 по исходным данным на рис. 8. Объект представляет собой два пересекающихся тела. Особенность: оси вращения тел параллельны друг другу.

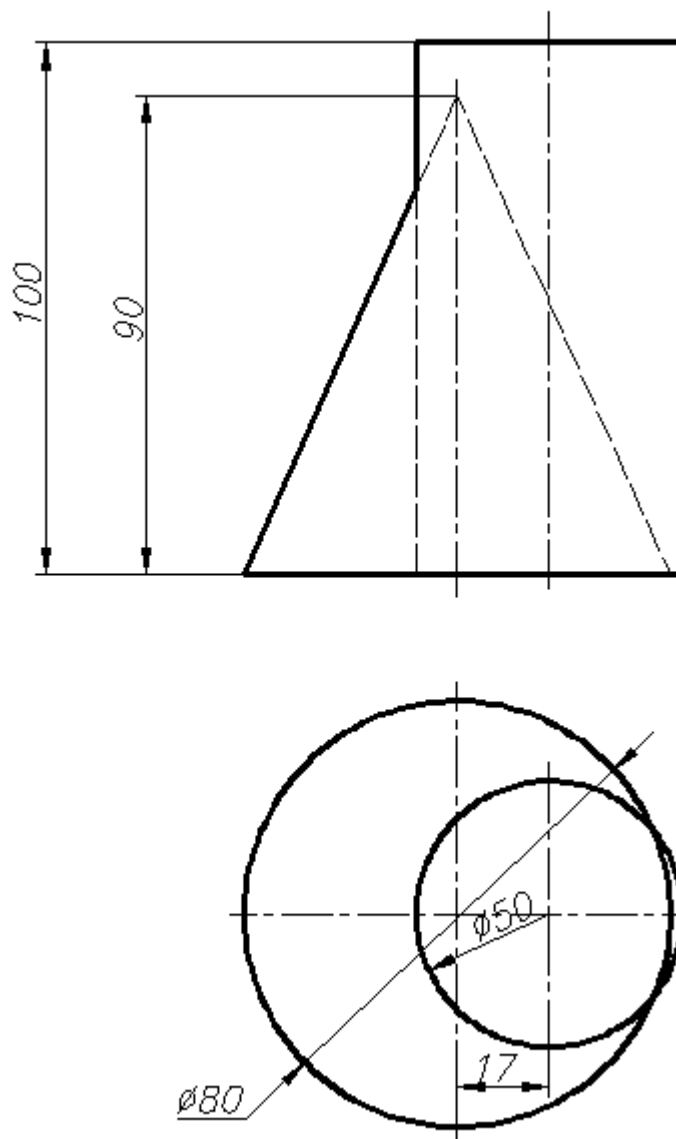


Рис. 8. Условие задачи 1

Для быстрого построения рекомендуется использовать в качестве подложки 3D-модели заданные 2D-изображения. Предлагается следующая последовательность действий:

1. Перейти в пространство модели. Для перехода из пространства листа в пространство модели и обратно, необходимо щелкнуть мышью по соответствующей закладке.
2. В пространстве модели построить исходные 2D – изображения с рис. 8. Видимые очертания конуса выполнить светло-синим цветом на слое **Контур**, невидимые – на

том же слое толщиной 0,25 мм. Изображения цилиндра выполнить светло-желтым цветом на том же слое. Оси на слое **Оси** и т. д.

3. На панели **Вид** щелкнуть по кнопке **Ю-З изометрия** (). На экране получим аксонометрическое изображение (рис. 9).

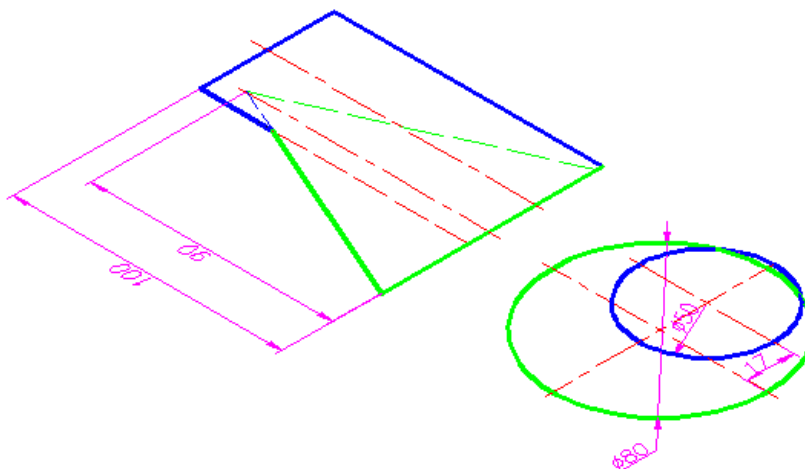



Рис. 9

4. В командной строке ввести **Isolines** и установить количество изолиний **16**.

5. Сформировать объемное изображение конуса (на панели **Моделирование** щелкнуть по кнопке **Конус** (), установить центр конуса на виде сверху в центр зеленой окружности и ввести значения радиуса и высоты конуса).

6. Сформировать объемное изображение цилиндра (на панели **Моделирование** щелкнуть по кнопке **Цилиндр**, установить центр цилиндра на виде сверху в центр синей окружности и ввести значения радиуса и высоты цилиндра). Результат этого построения показан на рис. 10.

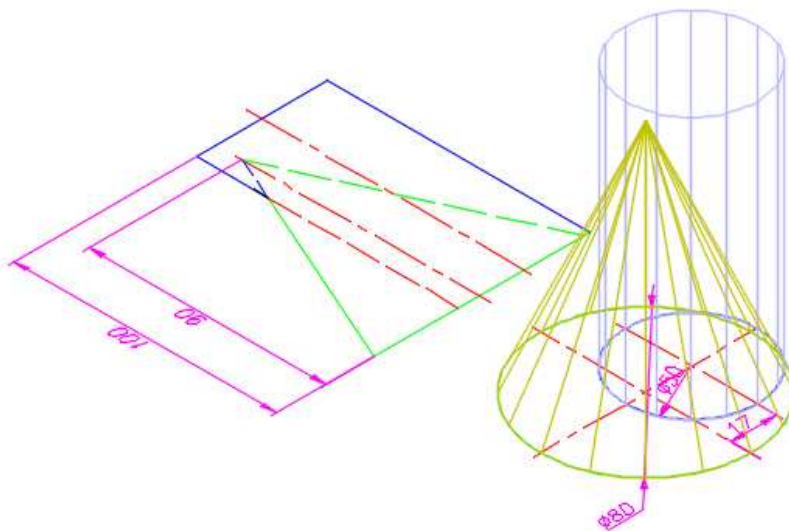



Рис. 10

7. Объединить два тела цилиндр и конус в одно тело (на панели **Редактирование тела** щелкнуть по кнопке **Объединение** (), затем последовательно по конусу и цилиндру). Тела объединятся и появятся их линия пересечения.

8. Сдвинем полученное тело с исходного вида сверху, на котором мы формировали объемные тела (выделить полученное объединенное тело, включить команду **Перемес-**

тить и перенести изображение в район начала координат на экране). Результат представлен на рис. 11.

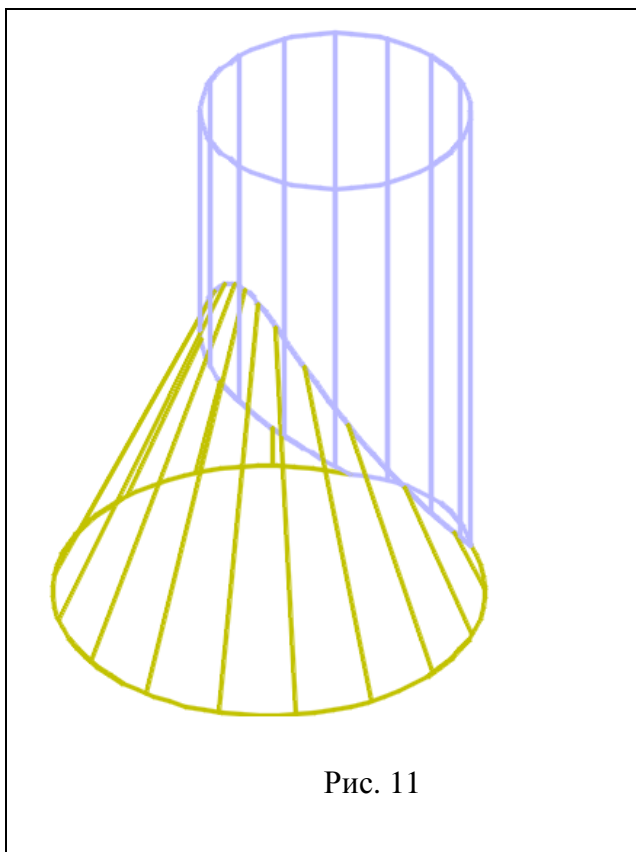


Рис. 11

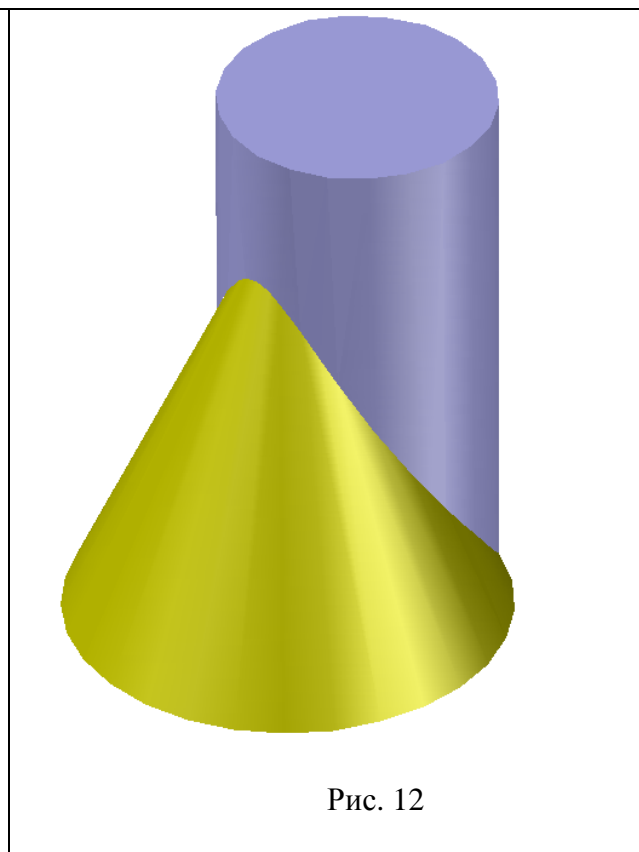


Рис. 12

9. Выполнить визуализацию конуса и цилиндра (меню **Вид** → **Визуальные стили** → **Реалистичный**). Результат на рис. 12.

10. Подготовить чертеж к выводу:

- на экране дисплея в пространстве модели, в котором производились построения, стереть все изображения, кроме показанного на рис. 12;
- перейти в пространство листа (щелкнуть по **A4**);
- появиться шаблон А4 с пустым полем. Для того, чтобы вытянуть на него изображение тела дважды щелкнуть мышью внутри зеленого прямоугольника, контур его выделится толстой линией (т. е. рабочая зона активируется). Затем последовательно активировать меню **Вид** → **Зуммирование** → **Границы**. На экране в границах зеленой зоны появиться вид сверху созданной модели. Выделим модель и щелкнем на панели **Вид** по кнопке **Ю-З изометрия** (). На экране получим 3D-изображение. Чтобы сделать его, как на рис. 12, необходимо повторить п. 9;
- если линия пересечения плохо видна, можно воспользоваться в меню **Вид** командой **Орбита** или **Штурвалы** и вращением модели добиться максимальной видимости линии пересечения.

11. Заполнить основную надпись на чертеже, для чего двойным щелчком выделить ее. При этом на экране дисплея появится окно **Редактор атрибутов блоков**. Заполнить атрибуты и нажать **ОК**.

12. Вывод чертежа на печать рекомендуется производить в **pdf** – формате.

13. Подготовленный к выводу чертеж с 3D-изображением объекта представлен на рис. 13.

5. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ТЕЛ С ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ ОРИЕНТАЦИЕЙ

Постановка задачи 2. Построить на экране дисплея 3D-модель объекта 2 по исходным данным на рис. 14. Объект представляет собой два пересекающихся тела. Особенность: призма располагается перпендикулярно оси конуса.

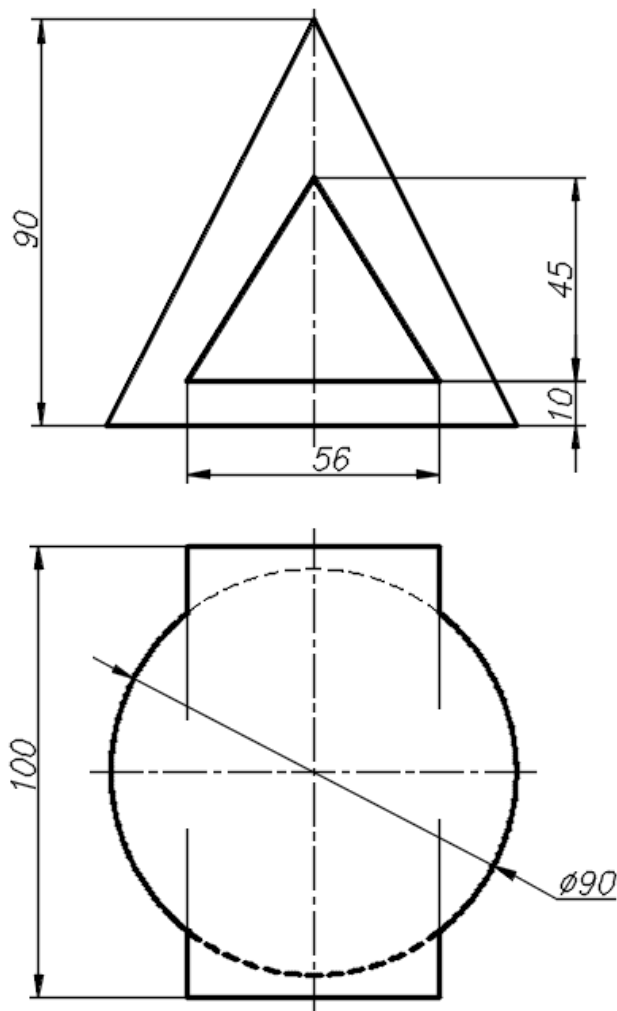



Рис.14. Условие задачи 2

Для построения здесь так же, как в предыдущей задаче, рекомендуется использовать в качестве подложки 3D-модели заданные 2D-изображения. Предлагается следующая последовательность действий:

1. Перейти в пространство модели. Для перехода из пространства листа в пространство модели и обратно, необходимо щелкнуть мышью по соответствующей закладке.
2. В пространстве модели построить исходные 2D-изображения с рис. 14. Видимые очертания конуса выполнить темно-желтым цветом на слое **Контур**, невидимые – на том же слое толщиной 0,25 мм. Изображения призмы выполнить светло-розовым цветом на том же слое. Оси выполнить на слое **Оси** и т. д.
3. На панели **Вид** щелкнуть по кнопке **Ю-3 изометрия** (). На экране получим аксонометрическое изображение (рис. 15).
4. В командной строке ввести **Isolines** и установить количество изолиний **16**.

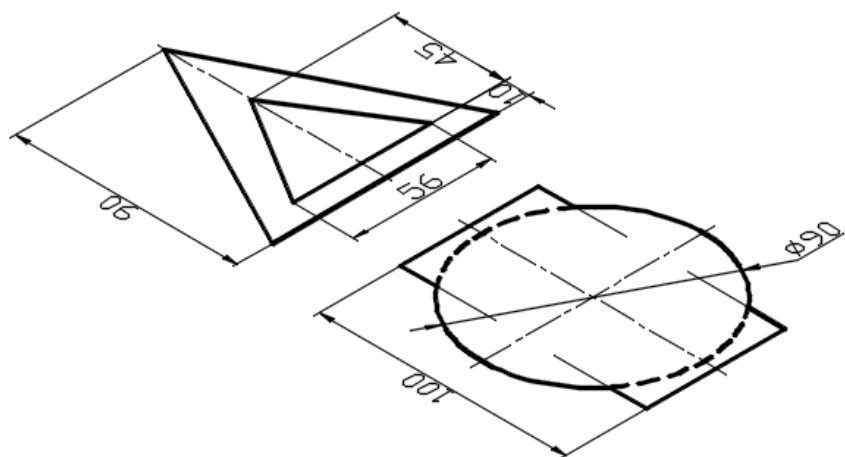


Рис. 15

5. Сформировать на слое **Контур** объемное изображение конуса (на панели **Моделирование** щелкнуть по кнопке **Конус** (🔷), указать центр конуса на виде сверху в центре окружности и ввести значения радиуса и высоты конуса). Выделить конус и установить для него цвет, например темно-желтый;

6. Сформировать на слое **Контур** объемное изображение призмы. Для этого:

- в меню **Рисование** включить команду **Полилиния**;
- обвести этой линией контур треугольника (проекция призмы на виде спереди);
- на панели **Моделирование** щелкнуть по кнопке **Выдавить** (🔷), выделить только что созданный треугольный контур и ввести значение высоты призмы, равное **100**.

Результат построения показан на рис. 16.

7. Удалить подложку (двухмерные изображения), кроме контура призмы на виде сверху. Она понадобится в дальнейшем при установке призмы на ее место относительно конуса (рис. 17).

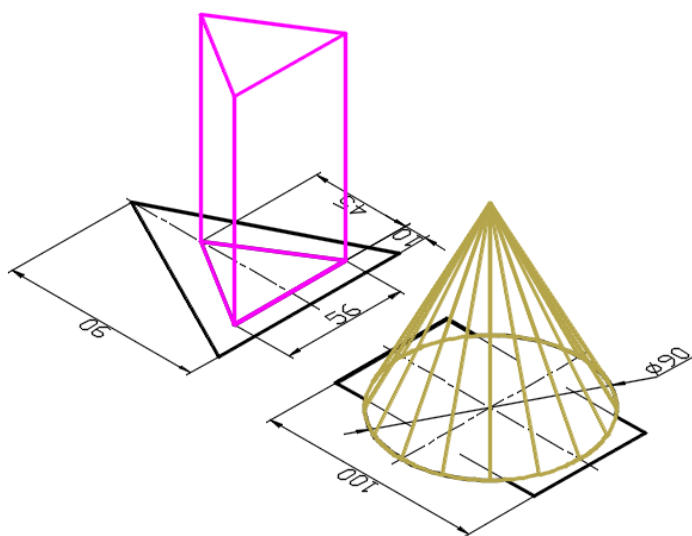


Рис. 16

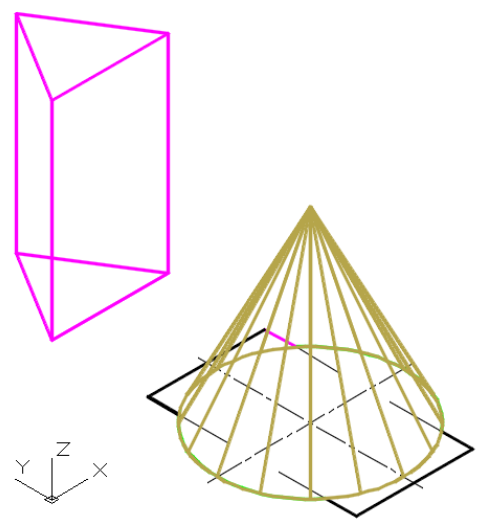


Рис. 17

8. Повернуть призму относительно оси OX на 90° (ось смотри на пиктограмме ПСК на рис. 17):

- на панели **Вид** щелкнуть по кнопке **Слева** (📐). На экране получим ортогональное изображение конуса и призмы (рис. 18); включить в меню **Редактирование** → **3D-операции** → **3D-поворот**. Следуя указаниям в командной строке зацепиться за базовую точку (правый нижний угол призмы), **отключить объектную привязку** и ввести с клавиатуры угол поворота – **90**. Результат показан на рис. 19;



Рис. 18

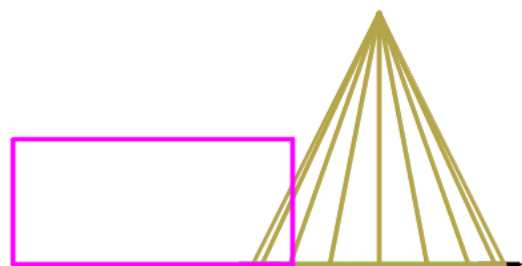


Рис. 19

- для просмотра полученного результата в объеме, щелкнуть по кнопке **Ю-3 изометрия** (📐). На экране должно появиться аксонометрическое изображение, как на рис. 20.

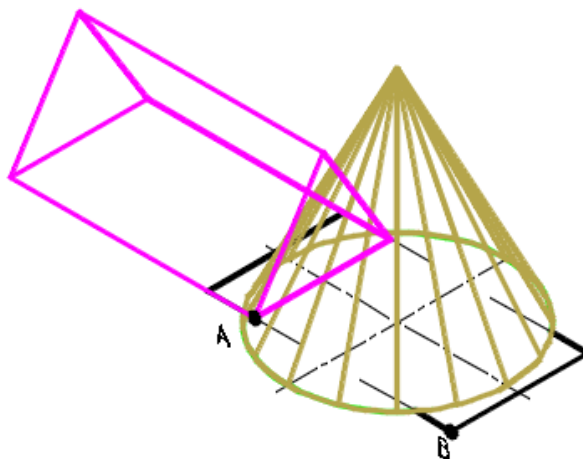


Рис. 20

9. Установить призму на ее место относительно конуса в соответствии с рис. 14:

- выделить призму;
- перенести ее (см. рис. 20), зацепившись за базовую точку **A**, в точку **B**. Результат на рис. 21;
- далее перенести призму вертикально вверх на 10 мм (рис. 22).

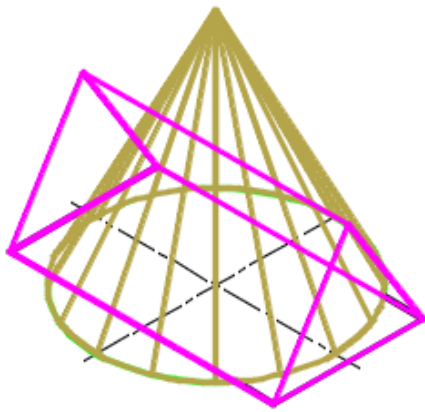


Рис. 21

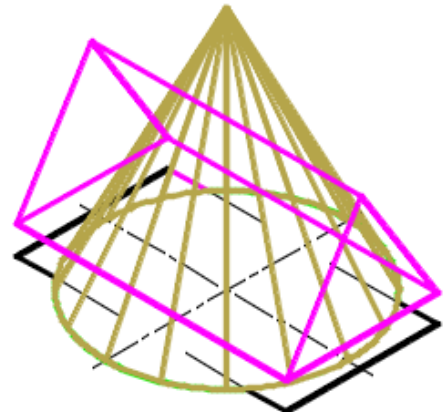



Рис. 22

10. Соединение двух тел в одно выполнить, применив команду **Объединить** () на панели **Редактирование тела**. Из конуса будет вычтена призма и, после удаления ненужных линий черной подложки, получим изображение, показанное на рис. 23.

11. Выполнить визуализацию конуса и цилиндра (меню **Вид** → **Визуальные стили** → **Реалистичный**). Результат на рис. 24.

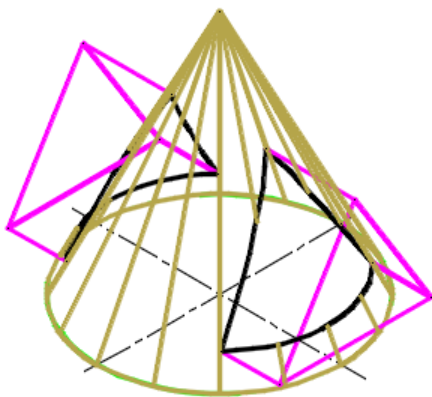



Рис. 23



Рис. 24

11. Подготовить чертеж к выводу:

- перейти в пространство листа (щелкнуть по **A4**);
- появиться шаблон A4 с пустым полем. Активировать видовой экран (дважды щелкнуть мышью внутри зеленого прямоугольника, контур его выделится толстой линией). Затем последовательно активировать меню **Вид** → **Зуммирование** → **Границы**. На экране в границах зеленой зоны появиться вид сверху созданной модели. Выделим модель и щелкнем на панели **Вид** по кнопке **Ю-З изометрия** (). На экране получим 3D-изображение модели;
- в меню **Вид** командой **Орбита** или **Штурвалы** вращением модели добиться максимальной видимости линии пересечения.

12. Заполнить основную надпись на чертеже, для чего двойным щелчком выделить ее. При этом на экране дисплея появится окно **Редактор атрибутов блоков**. Заполнить атрибуты и нажать **ОК**.

13. Вывод чертежа на печать рекомендуется производить в **pdf** – формате.

14. Подготовленный к выводу чертеж с 3D-изображением объекта представлен на рис. 25.

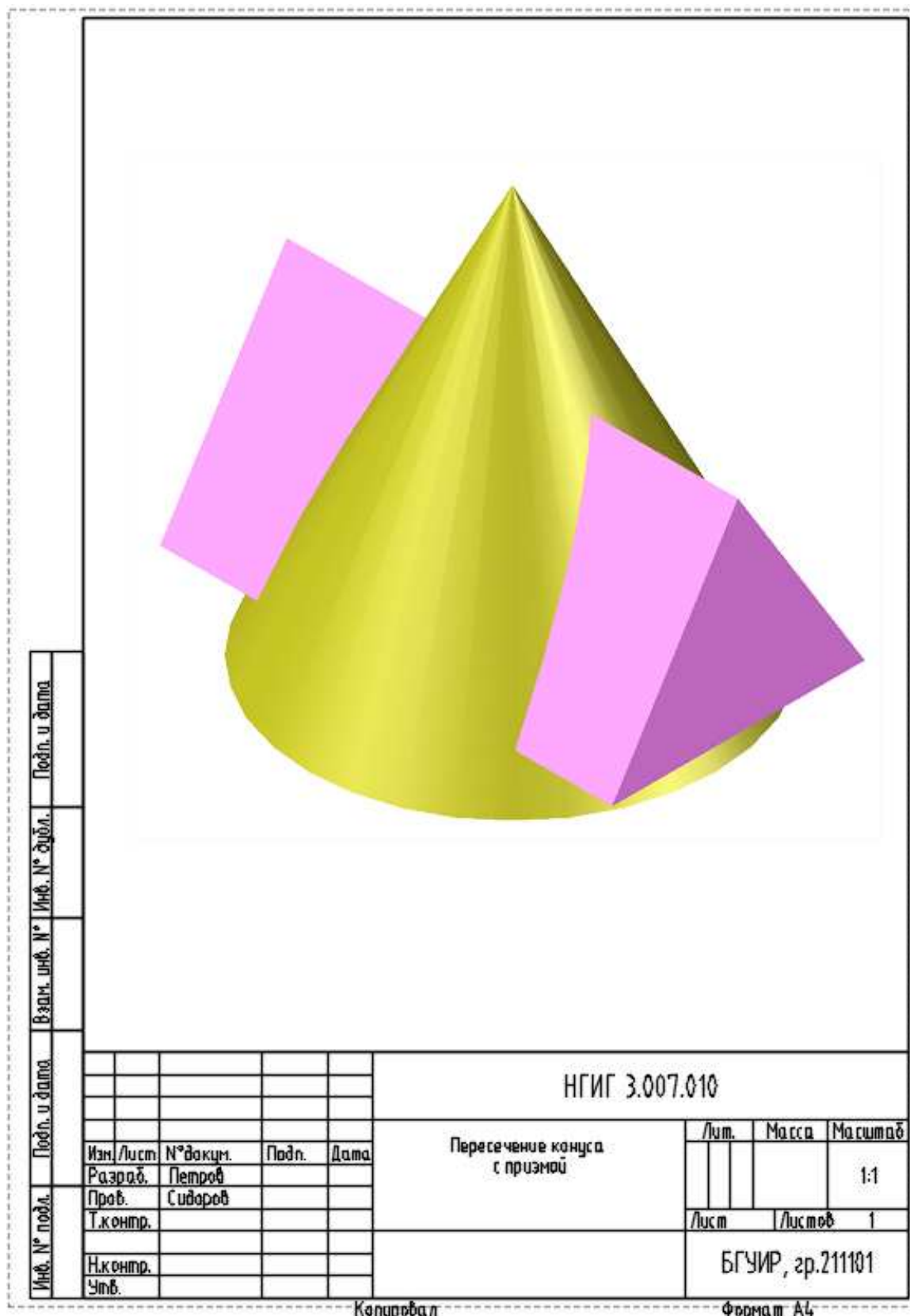


Рис.25. Подготовленный к выводу графический документ с 3D-изображением объекта 2

6. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ ДЕТАЛИ

Постановка задачи 3. Построить на экране дисплея 3D-модель объекта 3 по исходным данным на рис. 26. Объект представляет собой деталь. Особенность: отверстия расположены на всех взаимно-перпендикулярных гранях.

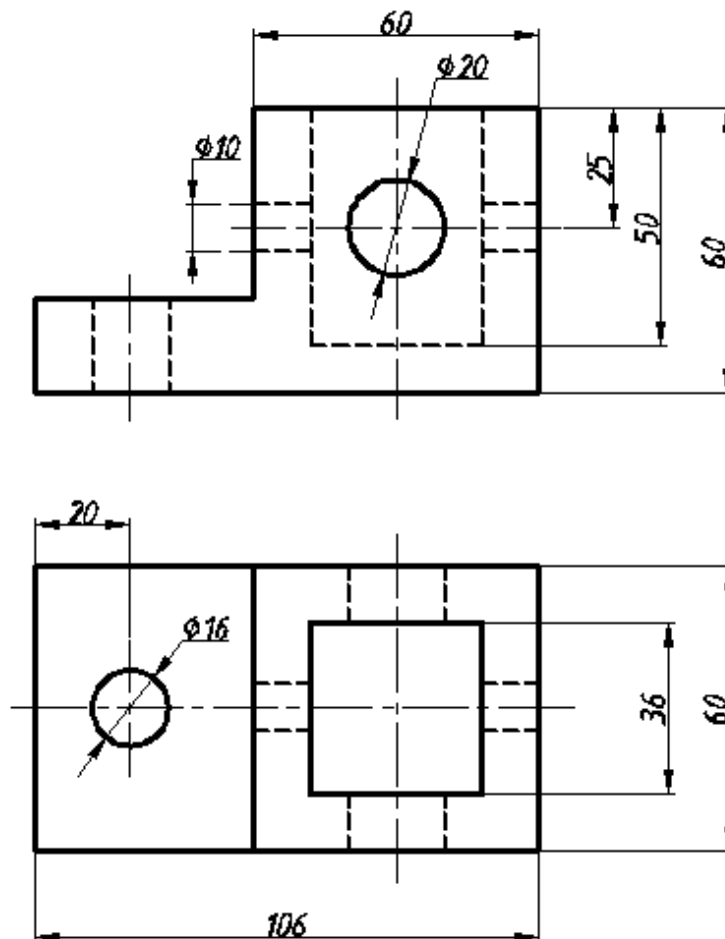



Рис. 26. Условие задачи 3

Предлагается следующая последовательность действий:

1. Анализируем деталь. По изображениям на рис. 26 следует мысленно представить конструкцию детали во всех подробностях. Затем необходимо расчленить деталь на простейшие геометрические формы с учетом специфики формирования 3D-тел в AutoCAD, которая предполагает получение твердого тела из простейших геометрических тел, используя операции объединения, вычитания, выдавливания, пересечения и т. д.
2. Перейти в пространство модели. Для перехода из пространства листа в пространство модели и обратно, необходимо щелкнуть мышью по соответствующей закладке.
3. В пространстве модели построить исходные 2D – изображения с рис. 20. Для быстрого формирования 3D-модели рекомендуется использовать в качестве ее подложки построенные 2D-изображения детали.
4. На панели **Вид** щелкнуть по кнопке **Ю-З изометрия** (). На экране получим аксонометрическое изображение (рис. 27).
5. В командной строке ввести **Isolines** и установить количество изолиний **16**.

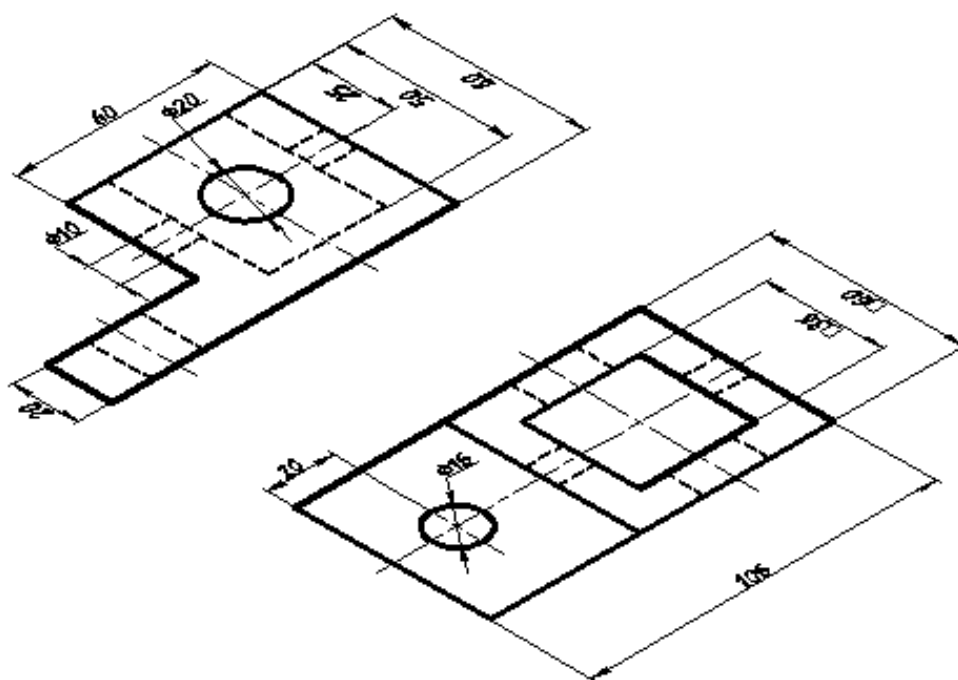


Рис. 27

6. Переключиться на слой **Контур** и сформировать необходимые для синтеза 3D-модели простейшие геометрические тела прямо на виде сверху на рис. 27 (на панели **Моделирование** щелкнуть по соответствующей кнопке и построить трехмерные изображения тел: параллелепипедов (ящиков) и цилиндров). Тело 1 вытягивается вверх от подложки (вида сверху), тело 3 и 4 – вниз. Результат показан на рис. 28.

7. Для удобства дальнейших построений рекомендуется каждое тело выделить своим цветом.

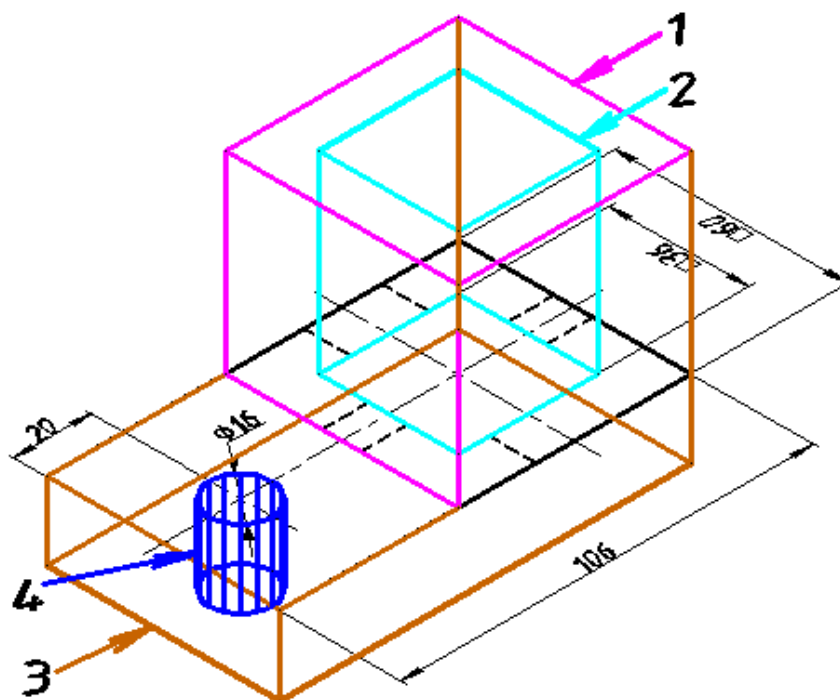




Рис. 28

8. Сформировать 3D-модель детали из тел 1, 2, 3, 4:

- выполнить объединение параллелепипедов 1 и 3 (на панели **Редактирование тела** щелкнуть по кнопке **Объединение** (), затем последовательно по телу 1 и 3). Тела объединяться в одно 13. Чтобы убедиться в этом щелкните по одному из тел – должно выделиться сразу два тела 1 и 3;
- вычесть из тела 13 параллелепипед 2 (на панели **Редактирование тела** щелкнуть по кнопке **Вычитание** (), затем последовательно щелкнуть по телу 13 и затем по 2). Из параллелепипеда 13 будет вычтен параллелепипед 2 и получено тело 132 с прямоугольным отверстием;
- вычесть из тела 132 цилиндр 4 по аналогии с вышеизложенным пунктом. В построенную модель добавиться цилиндрическое отверстие диаметром 16 мм;
- выделить построенное тело и сместить его с полочки (вида сверху) в любую сторону. В результате этих действий будет получено изображение, показанное на рис. 29;
- для формирования отверстий диаметром 20 и 10 мм провести вспомогательные отрезки АВ и CD равные 25 мм (рис. 30);

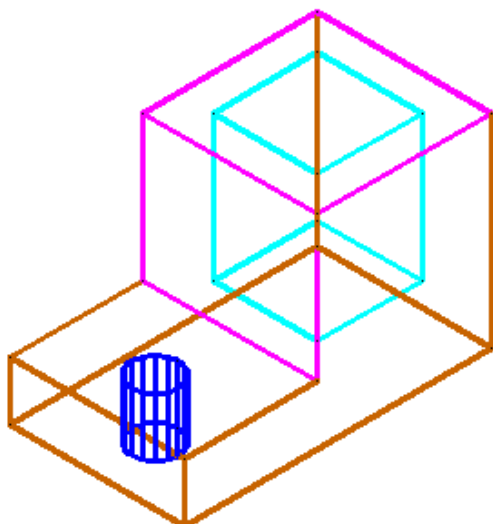


Рис. 29

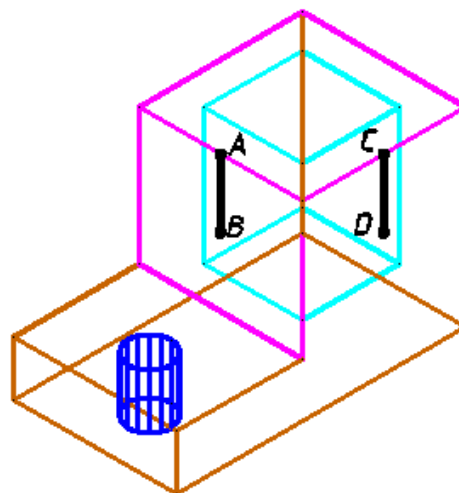


Рис. 30

- вывести на экран инструментальную панель **ПСК** (рис. 31);

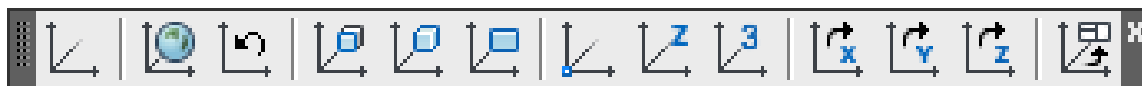



Рис. 31

- щелкнуть по кнопке **ПСК на грани** (), а затем по грани детали с отрезком АВ (рис. 30);
- сформировать объемное изображение цилиндра диаметром 10 мм (на панели **Моделирование** щелкнуть по кнопке **Цилиндр**, установить центр цилиндра в точке В и ввести значения радиуса и высоты цилиндра, соответственно 5 и 60 мм). Результат этого построения показан на рис. 32;

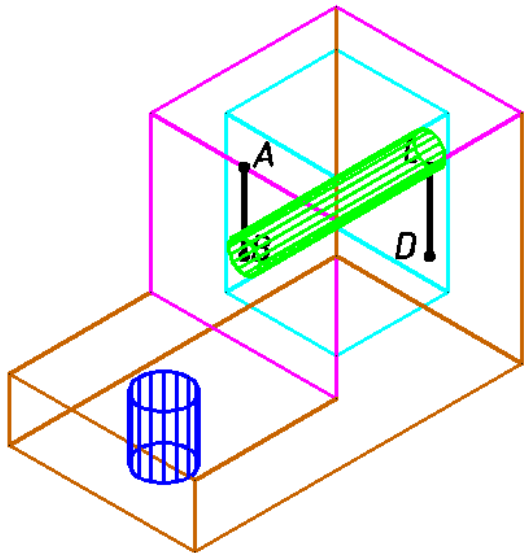


Рис. 32

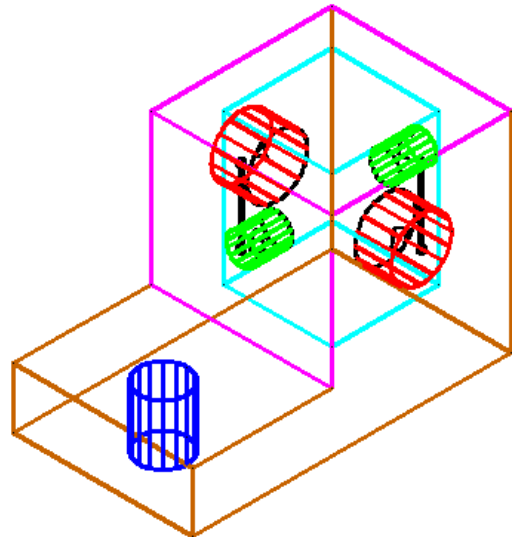


Рис. 33

- аналогично сформировать объемное изображение цилиндра диаметром 20 мм на грани детали с отрезком CD;
- рекомендуется каждый цилиндр выделить своим цветом;
- произвести по рассмотренной выше методике вычитание из модели 1324 цилиндров диаметром 10 и 20 мм. Результат показан на рис. 33;
- выполнить, для раскрытия формы скрытых отверстий, вырез в детали (на панели **ПСК** щелкнуть по кнопке **Предыдущая ПСК**). Далее определить центр верхней грани детали (можно диагональными линиями) и построить параллелепипед, с начальным углом в центре верхней грани так, чтобы его габариты заведомо выступали за контуры детали. Затем вычесть из детали указанный параллелепипед и получить изображение, показанное на рис. 34;

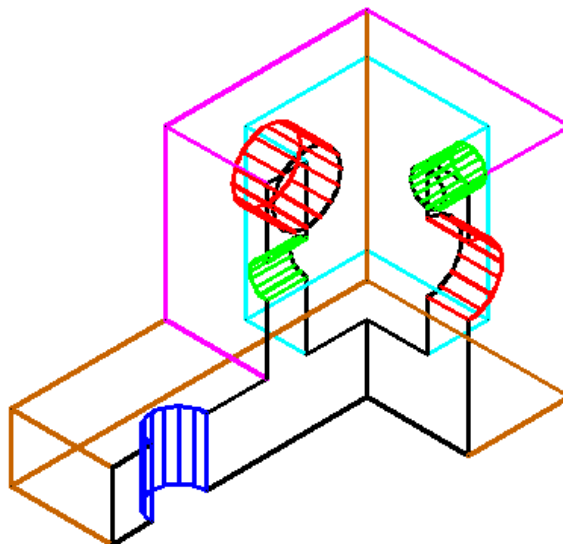







Рис. 34

9. На экране дисплея в пространстве модели, в котором производились построения, стереть все изображения, кроме показанного на рис. 34;

10. Заштриховать грани выреза в детали. Это можно выполнить в пространстве листа после специальной обработки модели:

- перейти в пространство листа (щелкнуть по **A4**);
- появиться шаблон A4 возможно с пустым полем. Активировать видовой экран (дважды щелкнуть мышью внутри зеленого прямоугольника, контур его выделится толстой линией). Затем последовательно активировать меню **Вид** → **Зуммирование** → **Границы**. На экране в границах зеленой зоны появиться вид сверху созданной модели. Выделить модель и щелкнуть на панели **Вид** по кнопке **Ю-3 изометрия** (). На экране получим 3D-изображение;
- на панели **ПСК** щелкнуть по кнопке **Вид** (). При этом оси ПСК изменят свою ориентацию с одной  на другую ;
- сформировать плоскую изометрическую проекцию детали для выполнения штриховки (меню **Рисование** → **Моделирование** (Тела) → **Подготовка** → **Профиль** (Контуры)). Выделить модель и на все появившиеся запросы в командной строке отвечать нажатием клавиши **Enter**;
- в результате в перечне слоев появляются два новых слоя **РН** (невидимые контуры) и **PV** (видимые контуры). Отключить все слои за исключением слоев **PV-21B**, **VPORTS**, **Рамка**, **Штриховка**;
- открыть диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев** (в меню **Формат** включить **Слой**) и установить для слоя **PV-21B** толщину (**Вес**) линии равной **0,6**;
- перейти на слой **Штриховка** и выполнить штриховку левой и правой грани в вырезе (углы наклона соответственно 15° и 75°);

11. Привести изображение детали к масштабу 1:1 и зафиксировать его:

- снять выделение видового экрана, для чего щелкнуть дважды вне толстой зеленой рамки. При этом линии рамки станут тоньше;
- выделить рамку видового экрана (щелкнуть мышью по линии зеленой рамки). Рамка выделится прерывистой линией;
- включить контекстное (курсорное) меню, команду **Свойства**, затем в открывшемся окне в разделе **Разное** активировать команду **Стандартный масштаб** и в окне **Настройка** из списка масштабов выбрать **1:1**;
- переместить твердотельную модель детали в центр рабочей зоны формата A4. Выполнить это необходимо не вращая «колесико» мыши, чтобы не нарушить установленный масштаб. Активировать двойным щелчком видовой экран, выделить модель, затем щелкнуть на стандартной панели инструментов по кнопке  (**ПАН**) и появившейся ладошкой переместить изображение в нужное место;
- заблокировать изображение на формате листа в этом масштабе, для чего снять выделение с видового экрана, выделить рамку, в контекстном меню включить **Свойства**, затем в открывшемся окне в разделе **Разное** включить **Показ заблокированного** и установить **Да**;
- включить слой **Оси**, сделать его текущим, установить для него черный цвет линий и построить осевые линии на твердотельной модели детали.

12. Заполнить основную надпись на чертеже, для чего двойным щелчком выделить ее. При этом на экране дисплея появится окно **Редактор атрибутов блоков**. Заполнить атрибуты и нажать **ОК**.

13. Подготовленный к выводу чертеж с 3D-изображением объекта представлен на рис. 35.

14. Допускается для подчеркивания объемности детали выполнить выделение цветом ее поверхностей (в меню **Вид** включить **Визуальные стили**, в списке стилей -- **Оттенки серого**). Можно попробовать применить стиль **Реалистичный** или **Концептуальный**. Чертеж в таком исполнении показан на рис. 36.

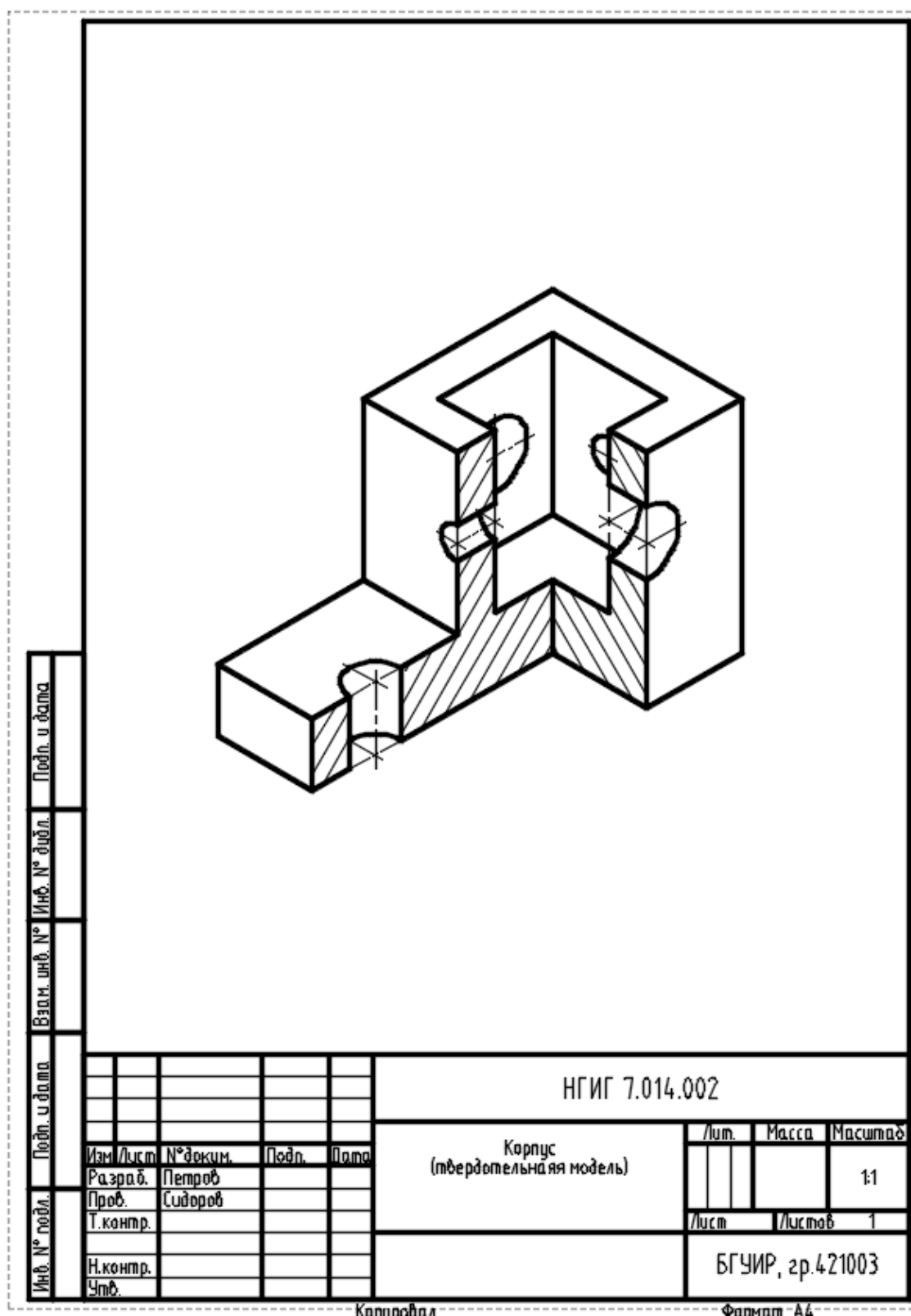


Рис. 35. Подготовленный к выводу графический документ с 3D-изображением объекта 3 (классический вариант)

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	НГИГ 7.014.002 Корпус (твердотельная модель)				Лист	Масса	Масштаб	
											1:1	
									Лист		Листов	1
									БГУИР, гр.421003			
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.	Петров											
Проб.	Сидоров											
Т. контр.												
Н. контр.												
Утв.												

Копировал

Формат А4

Рис. 36. Подготовленный к выводу графический документ объекта 3 с выделением цветом его поверхностей

ЛИТЕРАТУРА

1. Полешук Н.Н. AutoCAD 2002 – СПб.: БХВ – Петербург, 2003.-1200 с.
2. Хейфец А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 432с.
3. Полешук Н.Н., Савельева В.А. Самоучитель AutoCAD 2004 – СПб.: БХВ – Петербург, 2003.-640 с.
4. Зуев С.А., Полешук Н.Н. САПР на базе AutoCAD – как это делается. - СПб.: БХВ – Петербург, 2004.-1168 с.
5. Романычева Э.Т., Трошина Т.Ю. AutoCAD 2000. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК, 2000. – 320 с.
6. Романычева Э.Т., Соколова Т.Ю, Шандурина Г.Ф. Инженерная и компьютерная графика. - 2-е изд., перераб. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 592 с.
- 7.

Учебное издание

Мисько Михаил Васильевич

**Твердотельное моделирование.
3D-графика в AutoCAD
Практикум**

Учебное-методическое пособие

Редактор М. А. Зайцева

Корректор Е. И. Герман

Компьютерная правка, оригинал-макет А. А. Лысеня

Подписано в печать. Формат 60х84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 22. Уч.-изд. л. 6,2. Тираж 100 экз. Заказ 410.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6