

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие
по выполнению индивидуальных графических работ
для студентов специальностей 1-40 01 01 «Программное обеспечение
информационных технологий»,
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии»
по направлению специальности 1-40 05 01-03 «Информационные системы
и технологии (издательско-полиграфический комплекс)»,
1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий»,
1-98 01 03 «Программное обеспечение
информационной безопасности мобильных систем»

Минск 2018

УДК [514.18+744](076.5)(075.8)

ББК 22.151.3я73

И62

Рассмотрено и рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Белорусского государственного технологического университета.

Авторы:

А. Л. Калтыгин, С. Э. Бобровский, В. С. Исаченков, С. В. Ращупкин

Рецензенты:

кафедра инженерной графики строительного профиля БНТУ

(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *И. М. Шуберт*);

кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной

и компьютерной графики БГУИР *Н. П. Амельченко*

Инженерная геометрия и графика : учеб.-метод. пособие по выполнению индивидуальных графических работ для студентов специальностей 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий», 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии» по направлению специальности 1-40 05 01-03 «Информационные системы и технологии (издательско-полиграфический комплекс)», 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий», 1-98 01 03 «Программное обеспечение информационной безопасности мобильных систем» / А. Л. Калтыгин [и др.]. – Минск : БГТУ, 2018. – 65 с.

ISBN 978-985-530-670-3.

Издание содержит индивидуальные задания для расчетно-графических работ по дисциплине «Инженерная геометрия и графика». Материал построен с использованием современных образовательных и информационно-коммуникативных технологий в области преподавания графических дисциплин. Каждая работа проиллюстрирована решением типовых задач, приведены примеры построения трехмерных моделей геометрических фигур, оформления проекционных чертежей. Выполнение индивидуальных расчетно-графических работ предназначено для закрепления знаний, полученных студентами при изучении теоретической части курса.

УДК [514.18+744](076.5)(075.8)

ББК 22.151.3я73

ISBN 978-985-530-670-3

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2018

© Калтыгин А. Л., Бобровский С. Э.,
Исаченков В. С., Ращупкин С. В., 2018



ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешного усвоения знаний по инженерной геометрии и графике большое значение имеют самостоятельные графические работы.

Программой дисциплины предусмотрено выполнение следующих расчетно-графических работ:

– для студентов специальности **1-40 01 01** «Программное обеспечение информационных технологий» – *одна* расчетно-графическая работа по теме «Пересечение многогранников и поверхностей вращения плоскостями» (3 чертежа формата А3);

– для студентов специальностей **1-40 05 01** «Информационные системы и технологии» и **1-98 01 03** «Программное обеспечение информационной безопасности мобильных систем» – *две* расчетно-графические работы по темам: «Пересечение многогранников и поверхностей вращения плоскостями» (3 чертежа формата А3) и «Взаимное пересечение геометрических тел» (1 чертеж формата А3);

– для студентов специальности **1-47 01 02** «Дизайн электронных и веб-изданий» – *три* расчетно-графические работы по всем трем темам, представленным в данном пособии, общим объемом 6 листов формата А3 и 2 листа формата А4.

Ограниченнное количество учебных часов, отведенных на изучение инженерной геометрии, не позволяет дать на аудиторных занятиях достаточно полные пояснения по выполнению графических заданий. Данное пособие позволяет восполнить этот пробел. Здесь подробно рассмотрены и способы пространственного моделирования приведенных в заданиях геометрических объектов, и способы построения чертежей для полученных моделей, даны примеры для большинства геометрических фигур.

Пособие также содержит табличные и графические варианты заданий для самостоятельной работы. Каждая выполненная студентом расчетно-графическая работа представляется преподавателю в установленные сроки для проверки и защиты.



ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

К выполнению каждого задания студент приступает после изучения соответствующих разделов курса. Все задания выполняются с использованием компьютерных технологий. В основе построений лежит моделирование геометрических фигур в системе проектирования КОМПАС. Данная система является профессиональной, универсальной, предназначена для проектирования самых разнообразных объектов в различных областях техники, электроники, строительстве. Поэтому и способы построения моделей также многообразны. В данном пособии рассматриваются только некоторые из них, требующие применения минимального количества команд и операций. При этом студенты обязательно должны пройти предварительную подготовку по ознакомлению с графическим редактором данной системы и уметь строить простейшие геометрические примитивы, редактировать изображения, наносить размеры.

Все чертежи расчетно-графических работ оформляются средствами графического редактора системы КОМПАС, настроенного на выполнение конструкторской документации в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, и распечатываются на тонкой бумаге формата А3 размером 297×420 мм или А4 размером 210×297 мм, качество (толщина) которой определяется только возможностями используемого принтера.

Допускается построение заданий карандашом на листах чертежной бумаги (ватман) формата А3 или А4. В этом случае видимый контур фигур обводится толстыми основными линиями, а все вспомогательные построения на чертеже выполняются тонкими линиями и сохраняются. Размеры на чертежах не наносятся.

Основная надпись по форме 1 в соответствии с ГОСТ 2.104–68 и пример ее заполнения приведены на рисунке.

Чертежи всех работ выполняются в масштабе 1:1; толщина и типы линий принимаются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.303–68. Заполнение основной надписи и все буквенные и цифровые обозначения выполняются стандартным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304–81. Шрифты текстового редактора системы КОМПАС отвечают требованиям этого стандарта и не требуют дополнительных настроек.

				Название университета	Курс	Номер работы	Номер варианта	Номер задачи
7	10	23	15	10				
				БГТУ.020108.001				
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.						5,5,5	17	1:1
Проб.						Лист	Листов	
Утв.								
				Инженерная геометрия				
				Группа, факультет				
				185	1гр.	20	50	ИСИТ



Расчетно-графическая работа № 1

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ И ДВУХ МНОГОГРАННИКОВ

Задание состоит из двух задач.

Задача 1. Построить модель и чертеж двух пространственных пересекающихся треугольников ABC и DEF . Определить угол между плоскостями.

Задача 2. Построить модель и чертеж пересекающихся призмы и пирамиды. В основании призмы лежит треугольник ABC , в основании пирамиды – треугольник DEF .

1.1. Указания по выполнению задания

Задание выполняется на трех листах стандартного формата.

Варианты заданий с координатами X, Y, Z вершин двух треугольников ABC и DEF даны в таблице. Размеры приведены в миллиметрах.

Координаты вершин двух пересекающихся треугольников

Номер варианта	A			B			C			D			E			F		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0	0	80	50	80	15	130	15	35	30	10	15	130	50	50	70	70	80
2	20	10	70	80	80	5	135	50	66	65	85	90	0	35	0	120	0	30
3	115	10	80	50	80	10	0	50	75	70	85	100	135	35	10	15	0	40
4	120	80	10	50	15	80	0	70	50	70	100	85	135	10	35	15	40	0
5	115	80	10	50	15	80	0	80	45	130	10	35	10	40	0	65	90	80
6	20	75	10	80	100	5	135	20	50	120	35	0	0	5	35	70	90	85
7	20	20	75	80	100	5	135	30	40	65	0	0	0	90	50	120	60	85
8	20	75	20	85	5	85	135	40	20	65	20	0	0	50	90	120	85	50
9	115	10	25	50	80	95	0	50	30	70	85	5	135	35	95	15	0	65
10	20	10	30	85	80	100	135	50	40	65	85	10	0	35	100	120	0	70
11	130	5	20	0	5	70	50	70	10	30	0	10	130	50	45	75	70	70
12	130	20	20	60	0	70	30	75	10	0	5	15	135	35	30	110	75	75
13	120	15	20	40	0	80	20	55	20	0	10	25	130	25	35	90	55	70
14	125	80	5	80	10	80	15	20	5	130	30	35	25	60	60	0	5	15
15	125	10	10	0	10	60	50	70	0	130	50	35	75	70	60	30	0	0
16	110	65	25	90	10	80	20	20	15	135	35	45	30	60	70	0	5	25
17	130	5	15	0	10	65	50	70	5	30	0	5	130	50	35	75	75	65
18	130	15	15	0	15	65	50	80	5	30	10	5	130	30	30	75	80	75
19	0	10	80	50	75	20	130	10	30	30	5	20	135	55	50	75	75	80
20	115	10	80	50	75	15	0	45	70	70	85	100	135	35	10	15	0	40
21	120	10	80	50	80	10	0	50	75	70	85	100	135	35	10	15	0	35
22	135	0	0	50	10	80	0	100	50	70	100	85	135	10	35	15	40	0
23	120	35	30	0	25	80	50	90	20	30	20	20	75	90	80	130	70	55
24	0	30	20	115	75	20	100	20	80	115	25	10	5	50	55	65	80	80
25	50	90	0	125	30	10	0	25	65	30	20	0	75	90	60	130	70	35
26	20	30	10	110	85	20	90	20	75	135	45	40	35	80	75	0	10	20
27	125	65	25	80	10	65	20	25	20	135	5	30	40	80	65	0	35	35
28	90	10	90	15	20	25	110	80	25	130	35	55	30	70	90	0	5	30
29	110	50	60	50	0	80	10	60	30	135	35	70	25	15	10	0	80	70
30	115	10	75	50	75	10	0	45	65	135	35	5	70	85	90	15	0	35
31	115	20	70	40	60	10	0	40	60	60	80	90	120	40	30	15	0	20

Содержание чертежей:

1 лист (формат А4): горизонтальная и фронтальная проекции треугольников и линии их пересечения (эпюор Монжа). На чертеже обозначить горизонтальные и фронтальные проекции вершин треугольников ABC и DEF и точки на линии пересечения. Показать видимость сторон, для невидимых сторон использовать штриховую линию. Масштаб 1:1.

2 лист (формат А4): произвольная проекция пересекающихся треугольников, позволяющая определить угол между ними (т. е. линия пересечения располагается перпендикулярно плоскости чертежа). Нанести угловые размеры. Масштаб 1:1.

3 лист (формат А3): три стандартных проекции пересекающихся фигур: призмы и пирамиды. Призма образуется путем выдавливания треугольника ABC на высоту 40 мм. Пирамида образуется путем выдавливания треугольника DEF на высоту 70 мм. Нанести буквенные обозначения вершин треугольников и линии пересечения на всех проекциях.

1.2. Основные теоретические положения. Построение линии пересечения двух плоскостей

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Для построения линии их пересечения необходимо определить две точки, принадлежащие одновременно двум плоскостям.

Чтобы построить линию пересечения заданных треугольников ABC и DEF , применяется такой способ решения задачи, при котором в плоскости одного треугольника берутся две прямые, которые пересекают другой треугольник. Задача в этом случае сводится к определению точек M и N пересечения двух сторон, например, AB и CB треугольника ABC с плоскостью треугольника DEF (рис. 1.1).

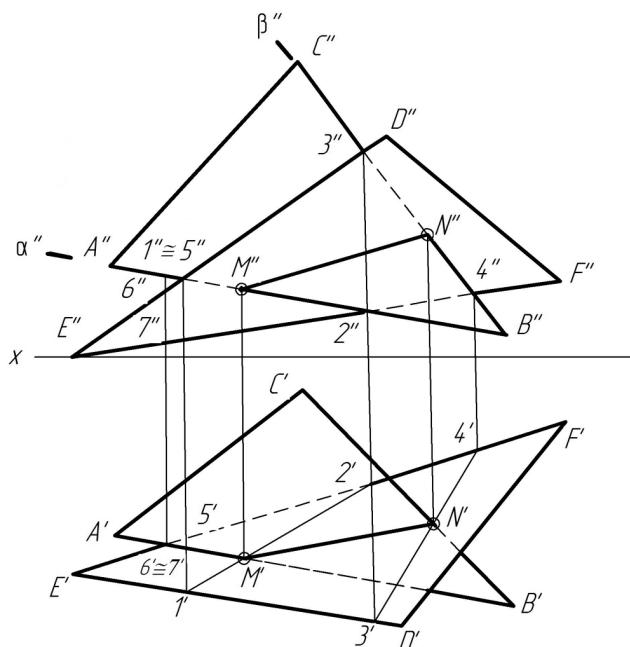


Рис. 1.1

В общем случае для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью необходимо:

- через данную прямую провести вспомогательную проецирующую плоскость;
- построить линию пересечения вспомогательной плоскости с заданной;
- найти точку пересечения построенной линии с заданной прямой, которая и будет первой искомой точкой линии пересечения треугольников.

Чтобы построить точку M (проекции M' , M'') пересечения прямой AB с плоскостью треугольника DEF (рис. 1.1), выполним приведенные выше три пункта:

а) проводим через заданную прямую AB вспомогательную плоскость, например фронтально-проецирующую α (α'');

б) строим линию пересечения плоскости α с треугольником DEF . На фронтальной плоскости проекций находим точку $1''$ на стороне $E''D''$ и точку $2''$ на стороне $E''F''$. Фронтальная проекция линии пересечения совпадает с фронтальным следом плоскости α'' ;

в) по линиям связи находим горизонтальную проекцию линии пересечения плоскости α с треугольником DEF – точки $1'$ и $2'$. Горизонтальная проекция построенной линии $1'2'$ пересекает горизонтальную проекцию $A'B'$ в точке M' , которая и будет горизонтальной проекцией точки M пересечения прямой AB с плоскостью треугольника DEF .

Фронтальная проекция M'' определяется по линии связи на фронтальной проекции $A''B''$.

Аналогично с помощью фронтально-проецирующей плоскости β (β''), проведенной через прямую CB , определяем точку N (проекции N' , N''). Линия MN (проекции $M'N'$, $M''N''$) – искомая линия пересечения треугольников ABC и DEF (рис. 1.1).

Видимость проекций прямой и плоскости определяется с помощью конкурирующих точек.

Определим видимость фронтальных проекций прямой AB и сторон треугольника DEF . Возьмем, например, две скрещивающиеся прямые – сторона AB (треугольник ABC) и сторона DE треугольника DEF (рис. 1.1). Точка пересечения фронтальных проекций $A''B''$ и $D''E''$ является проекцией двух конкурирующих точек 1 и 5 , лежащих на одном перпендикуляре к фронтальной плоскости проекций.

Предположим, что точка 5 принадлежит прямой AB , а точка 1 – стороне ED . Сравнивая горизонтальные проекции этих точек, отмечаем, что точка 1 удалена дальше от плоскости π_2 , чем точка 5 . Таким образом, на плоскости π_2 проекция $E''D''$ выше проекции $A''B''$ и на участке от точки 1 ($1''$) до точки M (M'') (рис. 1.1) проекция $A''B''$ будет невидимой.

Определим видимость горизонтальных проекций прямой AB и треугольника DEF . Возьмем, например, две скрещивающиеся прямые AB и EF (рис. 1.1). Видимость горизонтальных проекций этих прямых определяется исходя из видимости конкурирующих точек 6 и 7 . Сравнивая фронтальные проекции точек 6 и 7 , отмечаем, что точка $6''$, принадлежащая прямой AB , располагается выше точки $7''$. Таким образом, на горизонтальной плоскости проекций π_1 проекция $A'B'$ накрывает проекцию $E'F'$ и на участке от точки A (A') до точки M (M') проекция $A'B'$ будет видимой (рис. 1.1).

Аналогично определяем видимость стороны CB и треугольника DEF .

1.3. Построение трехмерной модели пересекающихся треугольников

Расчетно-графическая работа № 1 выполняется с использованием компьютерной технологии путем трехмерного моделирования заданных фигур.

Задание состоит из двух задач. Рассмотрим порядок выполнения каждой из них.

Задача 1. Построить модель двух пересекающихся треугольников.

Трехмерная модель пересекающихся треугольников строится в следующей последовательности (система КОМПАС):

1. В основном меню выбрать последовательно команды **Файл – Создать – Деталь**.
2. В этом же меню выбрать: **Операции – Пространственная кривая – Ломаная** (на рис.1.2 отмечены стрелками).

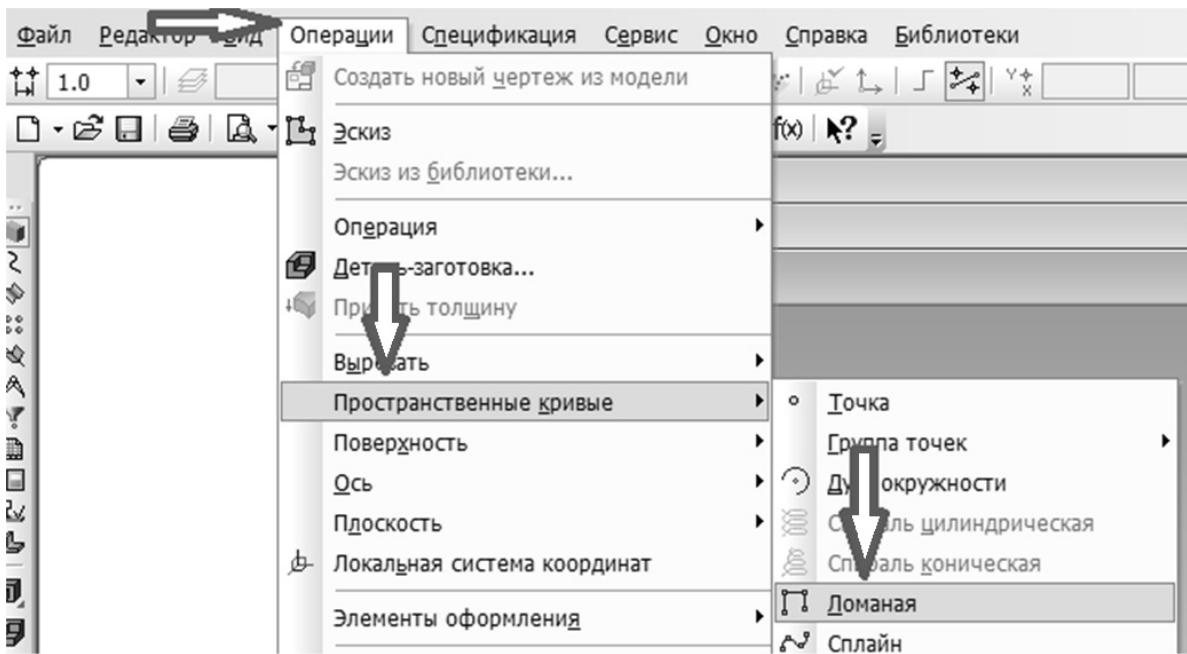


Рис. 1.2

3. На поле чертежа появится таблица с координатами X , Y и Z для трех точек (рис. 1.3). Заполнить таблицу координатами вершин первого треугольника (A , B , C). Указать, что линия замкнутая (кнопка по стрелке на рис. 1.3).

Завершить команду, нажав на панели Свойств кнопку .

4. Провести плоскость через первые три точки (A , B , C): команды основного меню **Операции – Плоскость через 3 вершины**.

5. Выделить эту плоскость в дереве построений, перейти в режим **Эскиз** (расположение этой кнопки указано стрелкой на рис. 1.4) и построить треугольник из основных линий.

6. Выйти из эскиза, нажав кнопку , включить **Редактирование – Выдавливание** и выдавить лист (плоскость) толщиной 1 мм (эскиз для выдавливания указать в дереве построений).

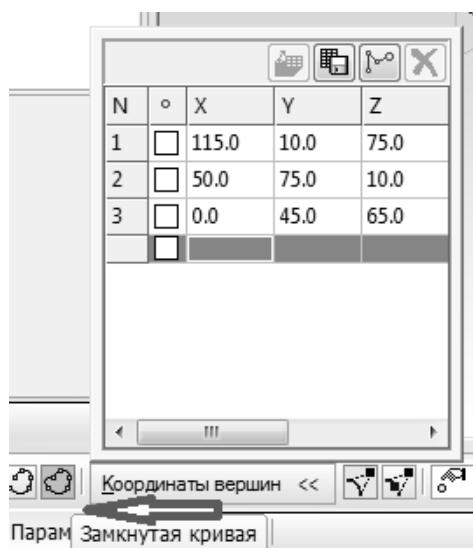


Рис. 1.3

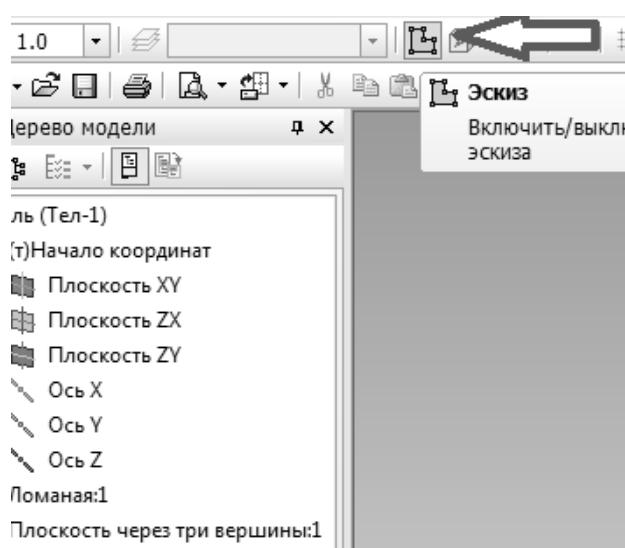


Рис. 1.4

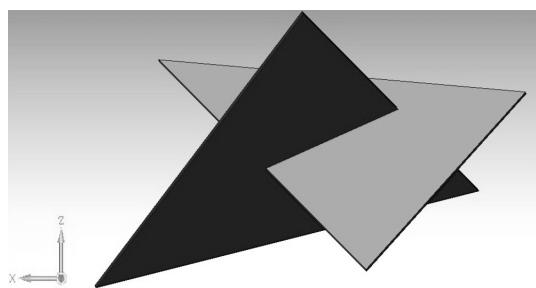


Рис. 1.5

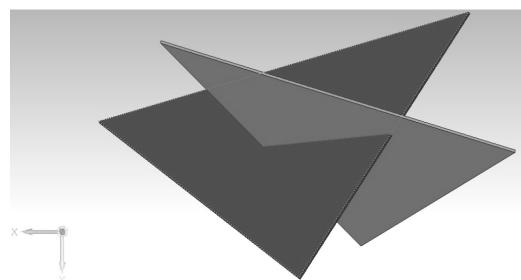


Рис. 1.6

7. Выбрать команды: **Операции – Пространственная кривая – Ломаная**.

8. Заполнить таблицу с координатами вершин второго треугольников (D, E, F). Замкнуть линию. Завершить команду, нажав на панели Свойств.

9. Повторить п. 4–7 для второго треугольника (вершины D, E, F), в свойствах изменить цвет плоскости, например, на красный.

10. Построить фронтальную проекцию: повернуть оси модели в направлении (рис. 1.5).

11. Создать новый вид и записать его название в списке видов в меню **Ориентация** (например, дать название Фронтальный).

12. Построить горизонтальную проекцию: повернуть оси в направлении (рис. 1.6).

Затем в списке видов меню **Ориентация** добавить вид (например, горизонтальный).

13. Сохранить построенную модель.

1.4. Создание чертежа с двумя проекциями пересекающихся треугольников

Построение чертежа по заданной модели в системе КОМПАС выполняется в следующей последовательности.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**, затем **Вставка – Вид с модели – Произвольный**, открыть файл с моделью треугольников. Заменить в строке Свойств вид Спереди на записанный ранее вид Фронтальный и вставить полученное изображение в верхнюю часть формата А4 (рис. 1.7).

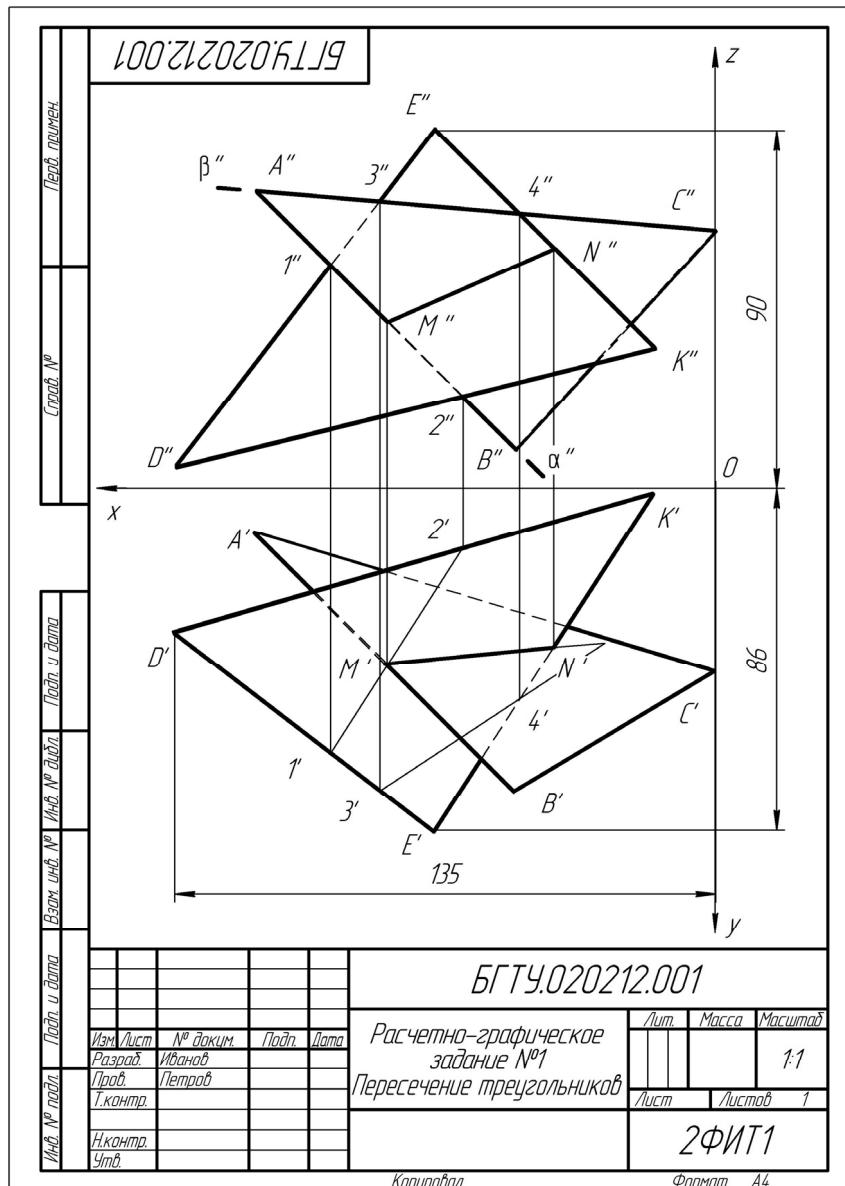
2. Повторить команды **Вставка – Вид с модели – Произвольный**, указать файл модели и выбрать записанный ранее вид Горизонтальный. Вставить этот вид в нижнюю часть формата (рис. 1.7).

3. Если линия пересечения и невидимые линии треугольников на видах не отобразились, то в дереве чертежа (команда меню **Вид**) выбрать нужный вид, правой кнопкой мыши вызвать контекстное меню **Параметры вида** и включить соответствующие линии.

4. Начертить и обозначить оси, нанести габаритные размеры.

5. Обозначить (подписать) вершины треугольников.

6. Обозначить вспомогательные секущие плоскости α (α'') и β (β''), проходящие через стороны одного из треугольников, достроить и обозначить точки пересечения их со сторонами второго треугольника, обозначить точки на линии пересечения двух треугольников, как показано на рис. 1.7.



Puc, 1.7

1.5. Определение угла между плоскостями треугольников

1. Повернуть модель пересекающихся треугольников перпендикулярно плоскости экрана монитора, т. е. представить их в виде двух пересекающихся линий.
 2. Сохранить этот вид, присвоив ему свое название.
 3. Создать новый формат А4. На этом листе вставить полученный выше вид. Нанести два угловых размера. Заполнить основную надпись.

1.6. Построение линии пересечения двух фигур: призмы и пирамиды

Задача 2. Достроить на заданных плоскостях треугольников призму и пирамиду и обозначить линию пересечения.

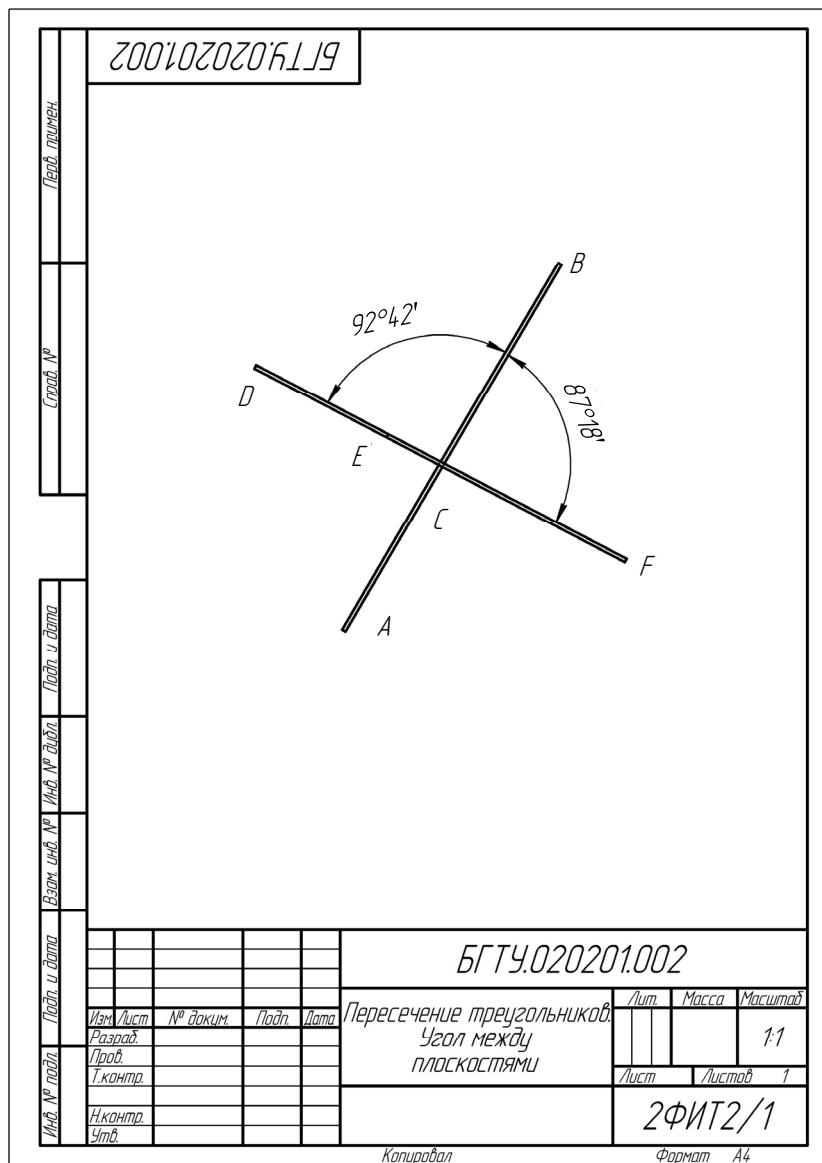


Рис. 1.8

Задание выполняется в следующей последовательности.

1. Задать (т. е. изменить в режиме редактирования) в операции выдавливания для треугольника ABC Расстояние 1 = 40 мм, а для треугольника DEF Расстояние 1 = 70 мм и Угол уклона (внутрь) = 15–25° (точное значение выбирается в процессе построения – вершина пирамиды должна представлять собой точку). Сохранить полученную модель. Положение модели на экране произвольное (рис. 1.9).

2. Создать новый чертеж формата А3. Вставить три стандартных вида (команды **Вставка – Вид с модели – Стандартные**) полученной модели. Включить невидимые линии и линии пересечений. Задать расстояние между видами 40–50 мм.

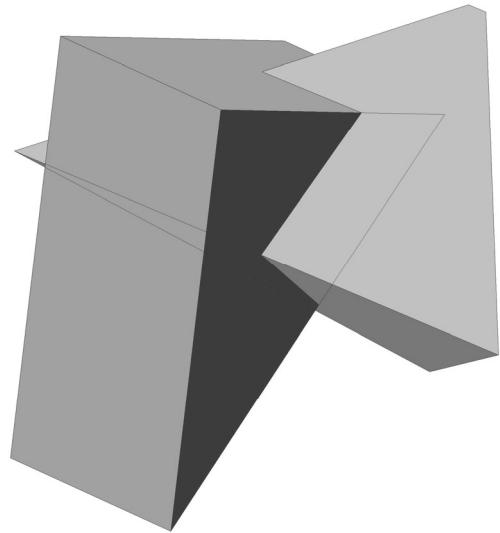


Рис. 1.9

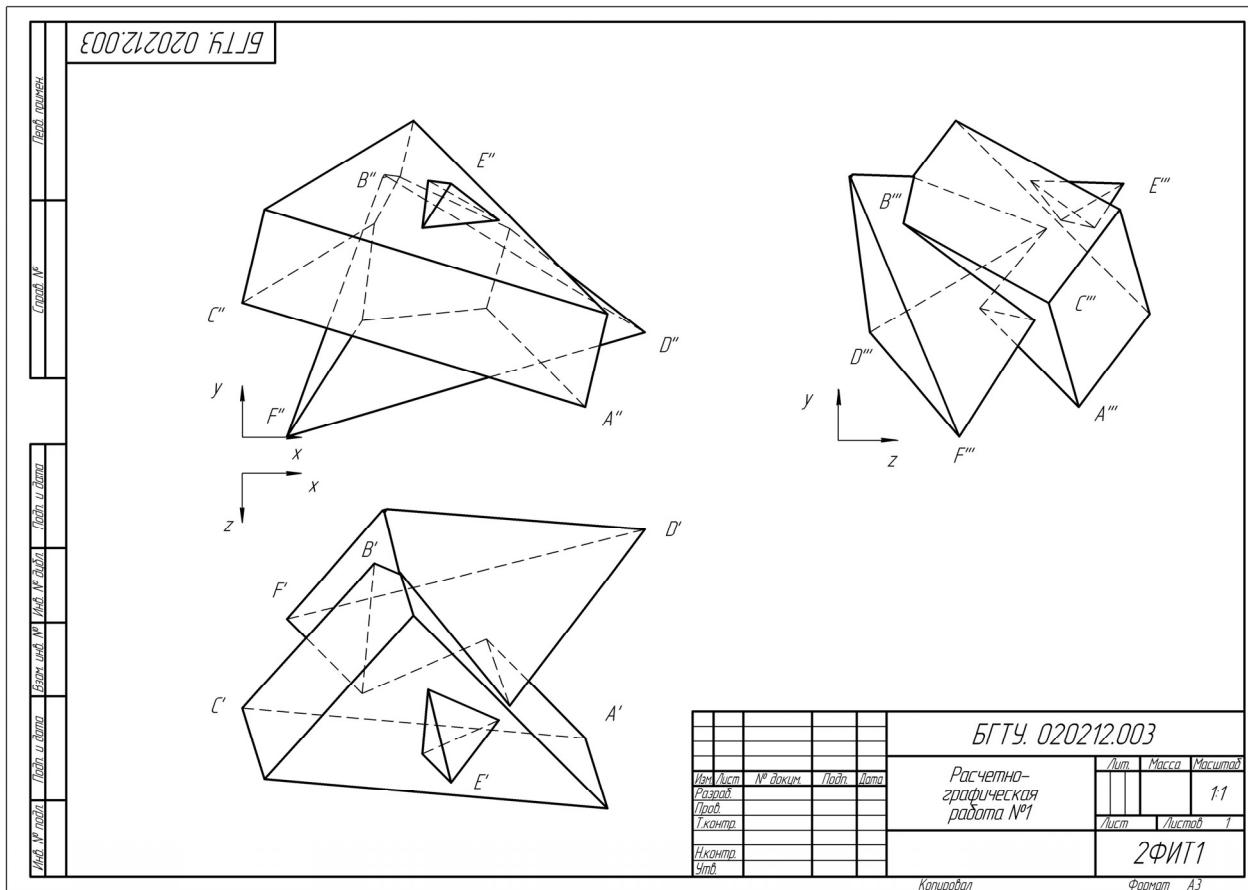


Рис. 1.10

3. Нанести буквенные обозначения вершин оснований призмы и пирамиды на всех проекциях. Обратить внимание на расположение осей на стандартных видах и достроить их, как показано на рис. 1.10. Например, ось x направлена в правую сторону, поэтому вершины треугольников с максимальными значениями этой координаты будут располагаться в крайнем правом положении, а не в крайнем слева, как на эпюре Монжа в задаче 1.
4. Заполнить основную надпись. Оформить чертеж, как показано на рис. 1.10.



Расчетно-графическая работа № 2

СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР ПЛОСКОСТЯМИ

Расчетно-графическая работа № 2 состоит из двух частей: задание № 2а – сечение многогранников плоскостями частного положения; задание № 2б – сечение поверхностей вращения плоскостями частного положения. Каждое задание состоит из трех задач и выполняется на трех листах формата А3. Варианты заданий приведены в п. 2.1.3, 2.2.3.

2.1. Задание № 2а. Сечение многогранников плоскостями

Построить горизонтальную, фронтальную и профильную проекции геометрической фигуры, пересеченной проецирующими плоскостями, ее аксонометрическую проекцию и развертку боковой поверхности.

Задание выполняется в следующей последовательности:

1. Определить свой вариант задания и выбрать фигуру из п. 2.1.3.
2. Построить трехмерную модель геометрической фигуры в системе КОМПАС. Размеры модели могут отличаться от заданных на $\pm 1\text{--}2$ мм.
3. На первом формате А3 создать чертеж, содержащий три проекции фигуры, пересеченной плоскостями. Масштаб выбирать таким образом, чтобы изображения занимали весь лист. Предпочтителен масштаб 1:1.
4. На втором формате А3 построить развертку боковой поверхности фигуры.
5. На третьем формате А3 (или А4) построить изометрическую проекцию фигуры.

На всех чертежах обозначить вершины основания многоугольника, точки на линии пересечения, нанести осевые линии.

2.1.1. Основные теоретические положения. Многогранники.

Способы построения линии сечения проецирующими плоскостями на чертеже

При пересечении многогранника плоскостью в сечении получается многоугольник, вершинами которого являются точки пересечения ребер многогранника плоскостью, а сторонами – отрезки прямых, по которым грани многогранника пересекаются этой плоскостью. Определение вершин этого многоугольника сводится к построению точек пересечения прямых (ребер многогранника) с плоскостью. Последовательность построений линии сечения многогранника плоскостью рассмотрим на конкретных примерах.

Пример 1. Построить трехгранную призму, пересеченную фронтально-проецирующими плоскостями.

На рис. 2.1 приведен чертеж, содержащий три проекции прямоугольной трехгранной призмы, пересеченной фронтально-проецирующими плоскостями, и аксонометрическая проекция этой фигуры.

На фронтальной проекции участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, выделены точками и обозначены цифрами: 1"-2", 2"-3", 3"-4", 4"-5". Горизонтальные проекции выделенных точек будут совпадать с треугольником основания призмы, так как каждая грань призмы представляет собой горизонтально-проецирующую плоскость. Построение профильной проекции линии пересечения сводится к построению третьей проекции точки по двум заданным.

Аксонометрическая проекция призмы построена по координатам вершин оснований призмы и координатам точек, ограничивающих контуры призмы и линии сечения.

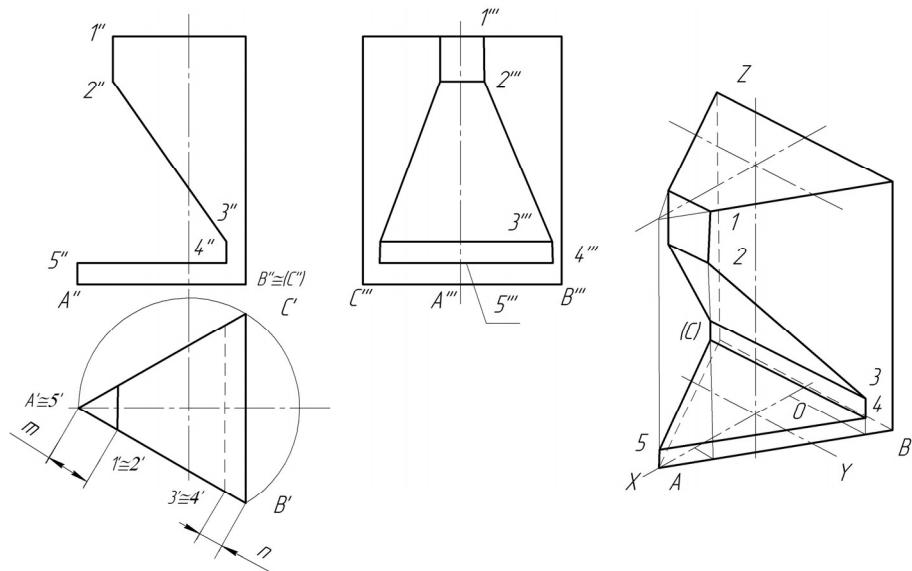


Рис. 2.1

Развертка боковой поверхности призмы показана на рис. 2.2. Развертка образуется путем совмещения граней с плоскостью листа чертежа. Призма разрезана по ребру A . Боковые грани последовательно соединены друг с другом.

В целом развертка боковой поверхности призмы представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна периметру основания, а другая – высоте призмы. Линии сгиба изображаются штрихпунктирной линией с двумя точками.

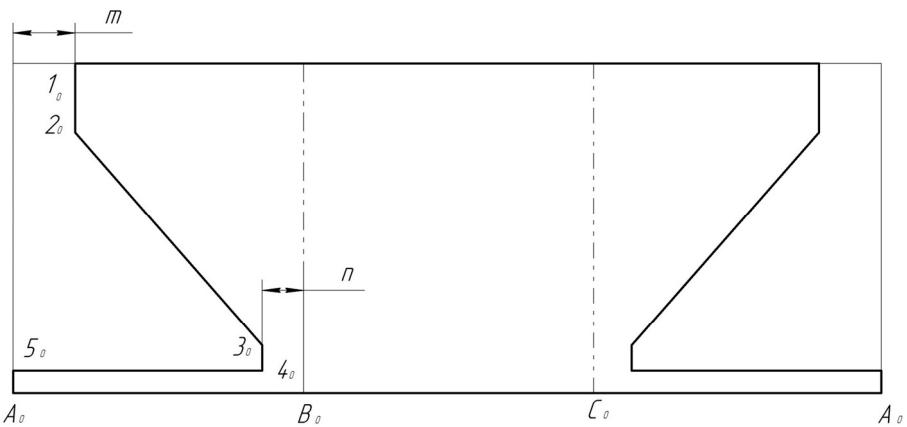


Рис. 2.2

Пример 2. Построить правильную шестигранную пирамиду, пересеченную фронтально-проецирующими плоскостями.

На рис. 2.3 приведен чертеж, содержащий горизонтальную, фронтальную и профильную проекции шестигранной пирамиды, и ее аксонометрическую проекцию.

На фронтальной проекции участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, выделены точками и обозначены цифрами: $1''-2''$, $2''-3''$, $3''-4''$, $4''-5''$. Горизонтальные проекции выделенных точек построены исходя из условия принадлежности точек поверхности пирамиды одним из известных способов – способом вспомогательных прямых или способом секущих плоскостей. Точки 1 и 5 найдены без дополнительных построений с помощью линий связи. Точки 2 и 4 могут быть построены с помощью профильной проекции пирамиды или с помощью вспомогательных секущих плоскостей.

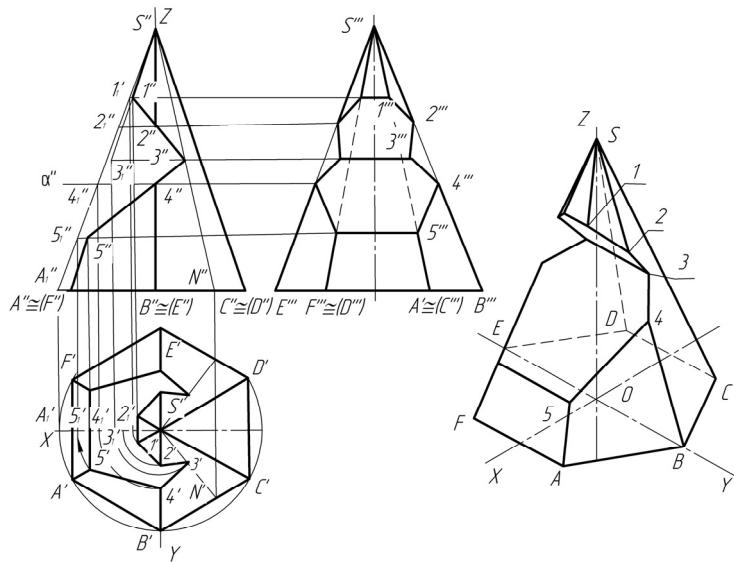


Рис. 2.3

Точка 3 построится с помощью вспомогательной прямой или вспомогательной горизонтальной секущей плоскости. Построение профильной проекции линии пересечения сводится к построению третьей проекции точки по двум заданным.

Аксонометрическая проекция пирамиды построена по координатам вершин пирамиды и точек, полученных на проекциях, и представлена на рис. 2.3.

Разворотка боковой поверхности пирамиды приведена на рис. 2.4.

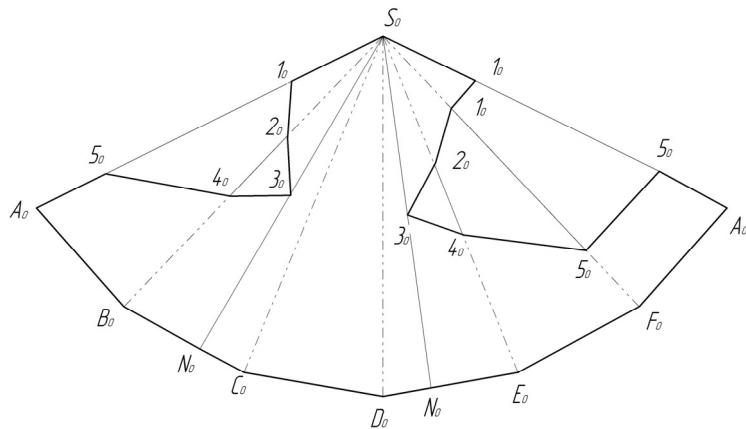


Рис. 2.4

Перед построением развертки необходимо определить натуральные величины всех ребер пирамиды и натуральные величины линий сечений. В данном примере все боковые ребра пирамиды имеют одинаковую величину и равны ребру $S''B''$ или $S''E''$ на профильной плоскости проекций. Стороны основания многоугольника спроектированы в натуральную величину на горизонтальную плоскость проекций.

Разворотка боковой поверхности строится способом триангуляции (треугольников). Разрезав пирамиду по ребру SA , последовательно соединяя натуральные величины треугольников – граней. Далее определяем натуральные величины линий сечений $S''1''$, $S''2''$, $S''4''$, $S''5''$ способом вращения вокруг проецирующих прямых. Натуральные величины отрезков $S2$, $S4$ можно определить на профильной проекции $S''2''$, $S''4''$, так как ребра $S''E''$, $S''B''$, на которых находятся эти отрезки, спроектировались здесь в натуральную

величину. Наносим точки линии сечения на развертку боковой поверхности пирамиды и последовательно соединяем линиями, затем обводим контуры развертки усеченной пирамиды. Боковые ребра внутри развертки изображаем специальными линиями сгиба (штриховая с двумя точками).

2.1.2. Построение моделей и чертежей многогранников, пересеченных плоскостями

Расчетно-графическая работа № 2а выполняется с использованием компьютерной технологии путем трехмерного моделирования заданных фигур.

Задание состоит из трех задач:

1) построение трехмерной модели геометрической фигуры и чертежа, содержащего три вида;

2) построение развертки боковой поверхности;

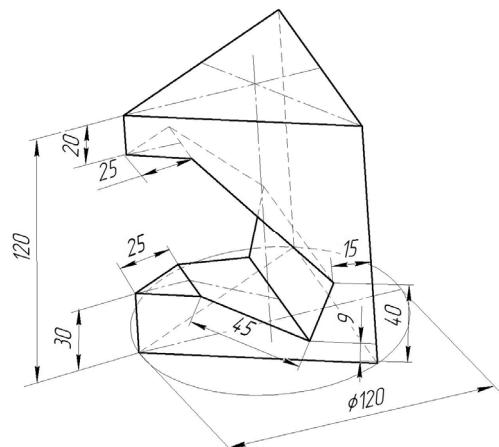
3) построение аксонометрической проекции.

Рассмотрим порядок выполнения каждой из них на нескольких примерах.

Задача 1. Построение модели многогранника, пересеченного плоскостями.

Пример 1.1. Построить модель и чертеж прямой треугольной призмы.

Трехмерная модель призмы, отсеченной несколькими плоскостями (рис. 2.5), строится в следующей последовательности (система КОМПАС).



Rис. 2.5

1. В основном меню выбрать **Файл – Создать – Деталь**.

2. Открыть в Дереве модели Начало координат.

3. Выбрать плоскость **ZX**.

4. Перейти в режим **Эскиза**

5. Построить **тонкой** линией окружность диаметром 120 мм.

6. Построить **основной** линией равносторонний треугольник, вписанный в эту окружность. Окружность удалить.

Многоугольник основания можно построить и без вспомогательной окружности, включив режим **Вписанный многоугольник** на панели Свойств команды построения многоугольника.

7. Выйти из режима **Эскиза** (повторно нажать

8. В дереве модели указать этот эскиз, выбрать команду **Редактирование детали** и операцию **Выдавливание** .

9. В строке Свойств задать Направление Прямое и размеры призмы: Расстояние 1 (высота): 120 мм.

10. Завершить операцию, нажав на кнопку в строке Свойств.



11. Указать команду **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.

12. В Дереве модели выбрать Плоскость **XY**.

13. Перейти в режим **Эскиз**

14. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , выбрать Непрерывную линию и построить на призме контур сечения, соблюдая размеры, указанные в задании (рис. 2.6). В этом режиме деталь можно уменьшать/увеличивать колесиком мыши, а для перемещения дополнительно нажимать клавишу Shift. Контур обязательно должен быть замкнутым.

15. Выйти из режима Эскиз.

16. В Дереве модели указать этот эскиз, а на панели Редактирование детали выбрать Вырезать выдавливанием (кнопка ).

17. В строке Свойств указать Направление: Два направления, Расстояние 1 = 60 мм и Расстояние 2 = 60 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями секущих плоскостей.

18. Завершить операцию, нажав на кнопку  в строке Свойств.

19. На призме должен сформироваться вырез, соответствующий построенному контуру (рис. 2.7).

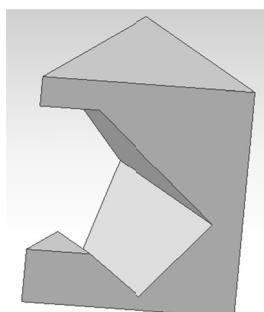


Рис. 2.7

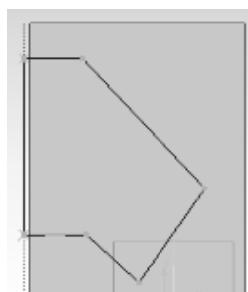


Рис. 2.6

Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде Ориентация Вид Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды Ориентация (Выход) и сохранить модель.

После того как получена модель призмы, можно перейти к автоматизированному построению чертежа, содержащего три стандартных вида призмы – спереди, сверху и слева. Для получения этого чертежа необходимо выполнить следующие команды.

1. Выбрать в основном меню: Файл – Создать – Чертеж.

2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа  f0.

3. Открыть окно Виды или выбрать в меню Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные.

4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью призмы и открыть его.

5. В строке Свойств выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали (рис. 2.8).

6. В этой же строке Свойств выбрать Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.

7. Разместить виды в центре чертежа (рис. 2.9) и нажать кнопку  в строке Свойств.

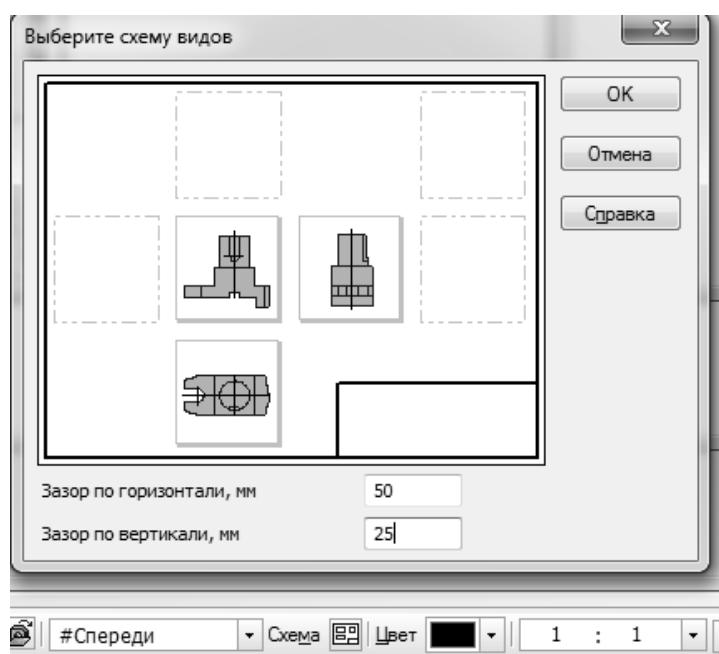


Рис. 2.8

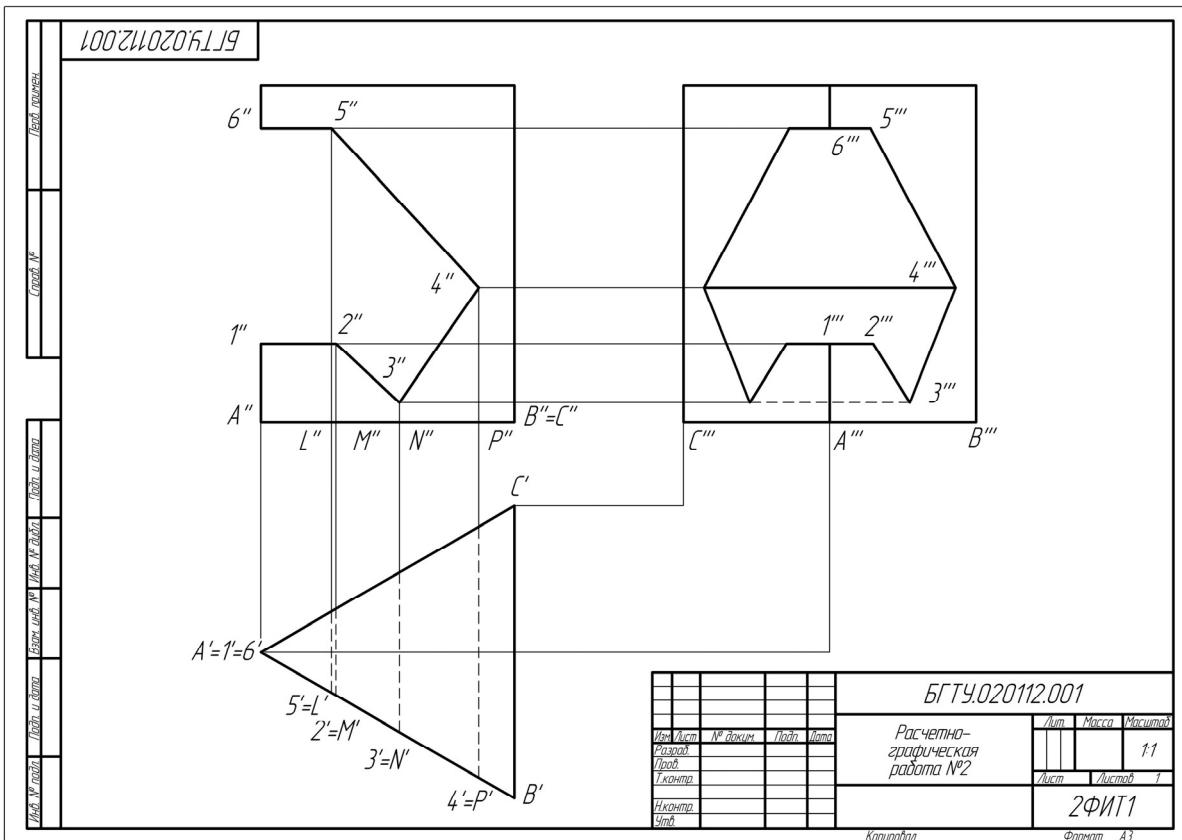


Рис. 2.9

8. Достроить чертеж, как показано на рис. 2.9: обозначить на всех проекциях вершины основания призмы, точки на линии пересечения, линии проекционной связи между этими точками. Номер вида для нанесения обозначений выбирается в строке **Текущее состояние**



(обычно находится в верхней части экрана). Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения контура фигуры на видах не допускаются. Можно редактировать только модель.

9. Заполнить основную надпись.

Пример 1.2. Построить модель пирамиды, усеченной плоскостями.

Рассмотрим процедуру создания модели пирамиды, приведенной на рис. 2.10.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Деталь**.

2. Открыть в Дереве модели Начало координат и выбрать Плоскость **ZX**.

3. Создать **Эскиз** на этой плоскости, для этого нажать кнопку , построить треугольник основания пирамиды, вписанный в окружность диаметром 120 мм.

4. Выйти из эскиза, нажав .

5. Выделить этот эскиз в дереве построений, включить **Выдавливание** и выдавить треугольник на высоту 120 мм. Направление прямое. Расстояние 1: 120 мм. Угол внутрь: 14–15°. Угол может быть другой, надо следить за вершиной, чтобы получить одну точку (рис. 2.11).

6. В верхнем меню **Ориентация** выбрать вид: Спереди (нажать Установить и Выход).

7. В Дереве модели выбрать плоскость **XY**.

8. Включить **Эскиз** и на этой плоскости построить контур сечения пирамиды плоскостями (по заданным размерам). Контур строить Непрерывной линией. Линия контура должна быть замкнутой (рис. 2.12).

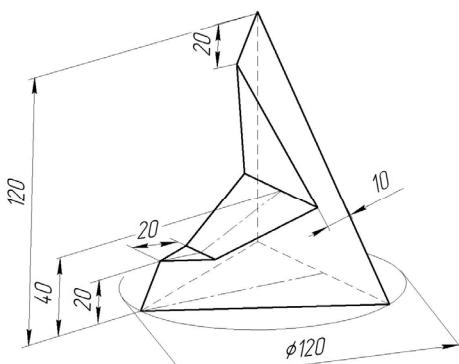


Рис. 2.10

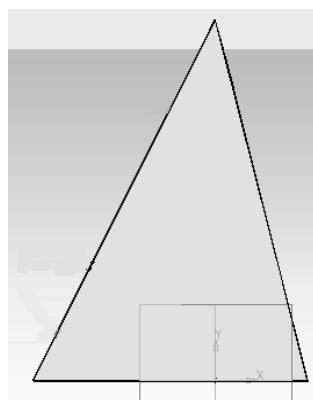


Рис. 2.11

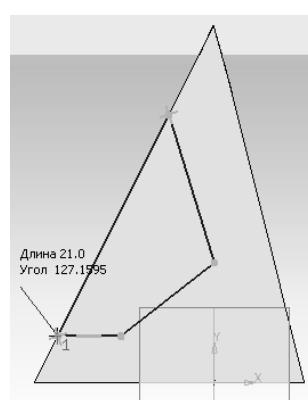


Рис. 2.12

9. Выйти из Эскиза

10. Выбрать этот эскиз в Дереве модели и указать операцию **Вырезать выдавливанием**

11. Для выдавливания выбрать Два направления, расстояния примерно 30 мм.

12. Завершить операцию, нажав в строке Свойств.

13. Проверить соответствие видов исходному положению пирамиды: в меню **Ориентация** выбрать вид: Сверху (установить), Слева (установить). Сохранить модель.

Создать чертеж построенной модели пирамиды.

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Чертеж**. Установить формат чертежа А3.

2. Выбрать в этом же меню команды **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**. В открывшемся окне выбрать файл модели пирамиды и открыть его.

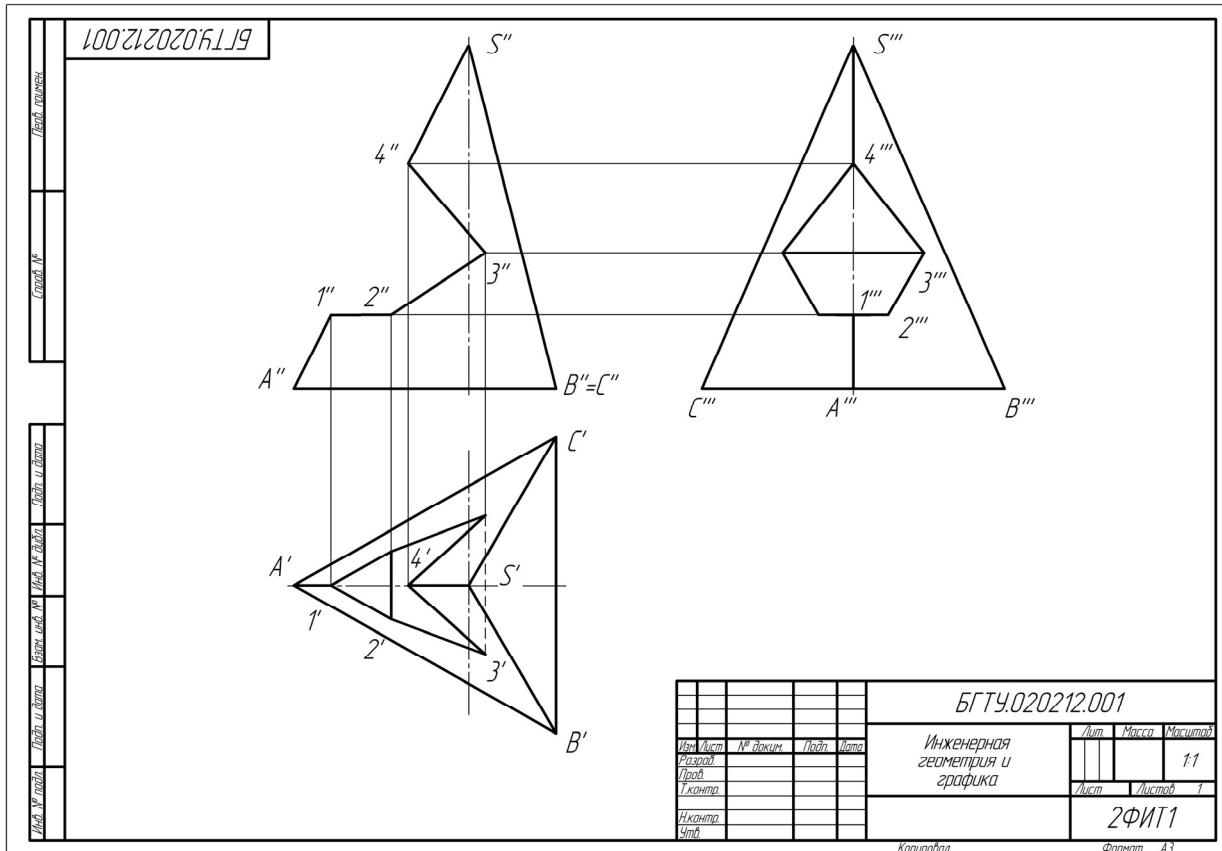


Рис. 2.13

3. КОМПАС предложит стандартную схему построения чертежа из трех видов: Спереди, Сверху и Слева. Изменять схему не нужно, надо только расширить расстояние между проекциями: в строке Свойств (в нижней части экрана) выбрать кнопку Схема и задать расстояния по горизонтали 50 мм, а по вертикали 25 мм.

4. Выбрать отрисовку невидимых линий: для этого на панели Свойств открыть вкладку Линии и включить Невидимые. Завершить построение, нажав .

5. Обозначить вершины пирамиды, точки на линии сечения на всех проекциях, оси.

6. Заполнить основную надпись и сохранить чертеж.

7. Распечатать чертеж, используя масштаб 99 (режим Обрезать по размеру страницы).

На рис. 2.13 приведен компьютерный чертеж треугольной пирамиды из примера 1.2.

Задача 2. Построение развертки боковой поверхности многогранника.

Построение развертки боковой поверхности многогранника рассмотрим на нескольких примерах.

Пример 2.1. Построить развертку боковой поверхности призмы.

Компьютерные системы проектирования позволяют строить развертки различными способами. Здесь рассмотрим один из возможных вариантов.

1. Построить модель призмы и сохранить ее.

2. Создать новый чертеж. Для этого выбрать команды **Файл – Создать – Чертеж**.

3. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа .

4. Вернуться к модели призмы.

5. Выбрать боковую грань и построить относительно нее смещенную плоскость: **Операции – Плоскости – Смещенная плоскость – Расстояние 1 мм**.

6. Завершить операцию, нажав на кнопку  в строке Свойств.

7. Указать в Дереве построений эту плоскость и перейти в режим **Эскиза** .

8. Построить **основной** линией контур этой грани со всеми вырезами (рис. 2.14).

9. Обвести контур рамкой и скопировать его в буфер, указав точку привязки на этой грани (в любом месте, потом эта точка будет использоваться для вставки на чертеже развертки).

10. Выйти из режима Эскиза (повторно нажать на кнопку ).

11. Перейти в окно с чертежом развертки и выполнить вставку скопированной грани на поле чертежа.

12. Вернуться к модели призмы.

13. Выбрать следующую боковую грань и построить относительно нее еще одну смещенную плоскость: **Операции – Плоскости – Смещенная плоскость – Расстояние 1 мм**.

14. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

15. Указать в Дереве построений эту плоскость и перейти в режим **Эскиза** .

16. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , выбрать Непрерывную линию и построить основной линией контур грани.

17. Обвести контур рамкой и скопировать его в буфер, указав точку привязки на этой грани (в любом месте).

18. Выйти из режима Эскиза (повторно нажать на кнопку ).

19. Перейти в окно с чертежом развертки и выполнить вставку скопированной грани на поле чертежа.

20. Повторить приведенные выше операции столько раз, сколько граней на призме.

На чертеже должна сформироваться развертка, содержащая столько прямоугольников, сколько боковых граней в призме (рис. 2.15). Линии, разделяющие внутренние сгибы развертки, должны иметь специальный вид – штрихпунктирные с двумя точками, как показано на рис. 2.15.

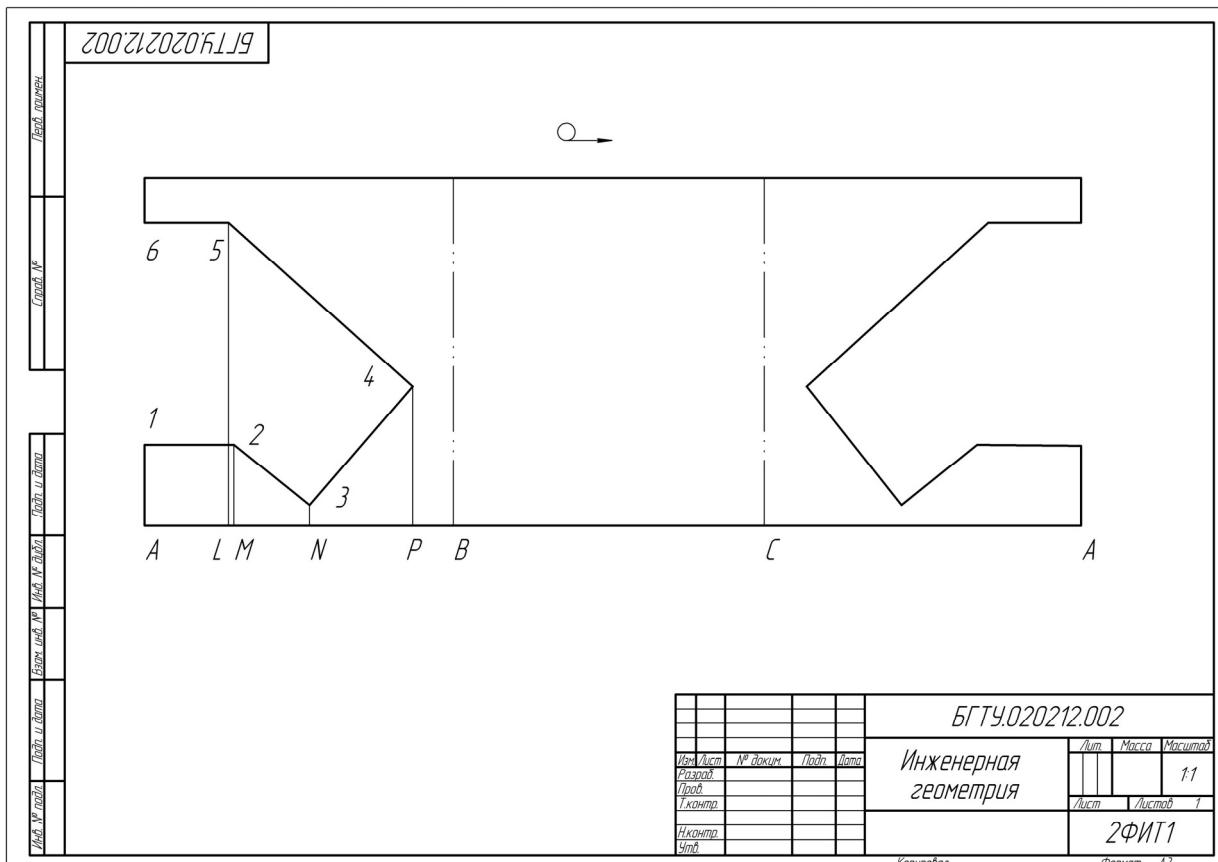


Рис. 2.15

В завершении необходимо обозначить точки на линии пересечения граней плоскостями и подписать вершины основания призмы.

Пример 2.2. Построить развертку боковой поверхности пирамиды.

Построение развертки боковой поверхности любой (геометрической) фигуры в системе КОМПАС-3D версии 15 и выше возможно с помощью команд библиотеки Машиностроение (Механика) – Оборудование – Развертки . Эта библиотека входит в отдельный пакет MCAD, устанавливаемый вместе с системой КОМПАС.

На рис. 2.16 показано построение развертки боковой поверхности четырехугольной пирамиды с использованием библиотеки MCAD.

Здесь выбирается сначала одна боковая грань, для которой система строит чертеж. Остальные грани указываются последовательно и также последовательно копируются на чертеж первой грани, соединяясь друг с другом в вершине развертки пирамиды.

Окончательный вариант чертежа развертки должен быть дополнен обозначением вершин пирамиды и точек на линии сечения (рис. 2.17). Линии складок вычерчиваются специальной тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками, как показано на рисунке.

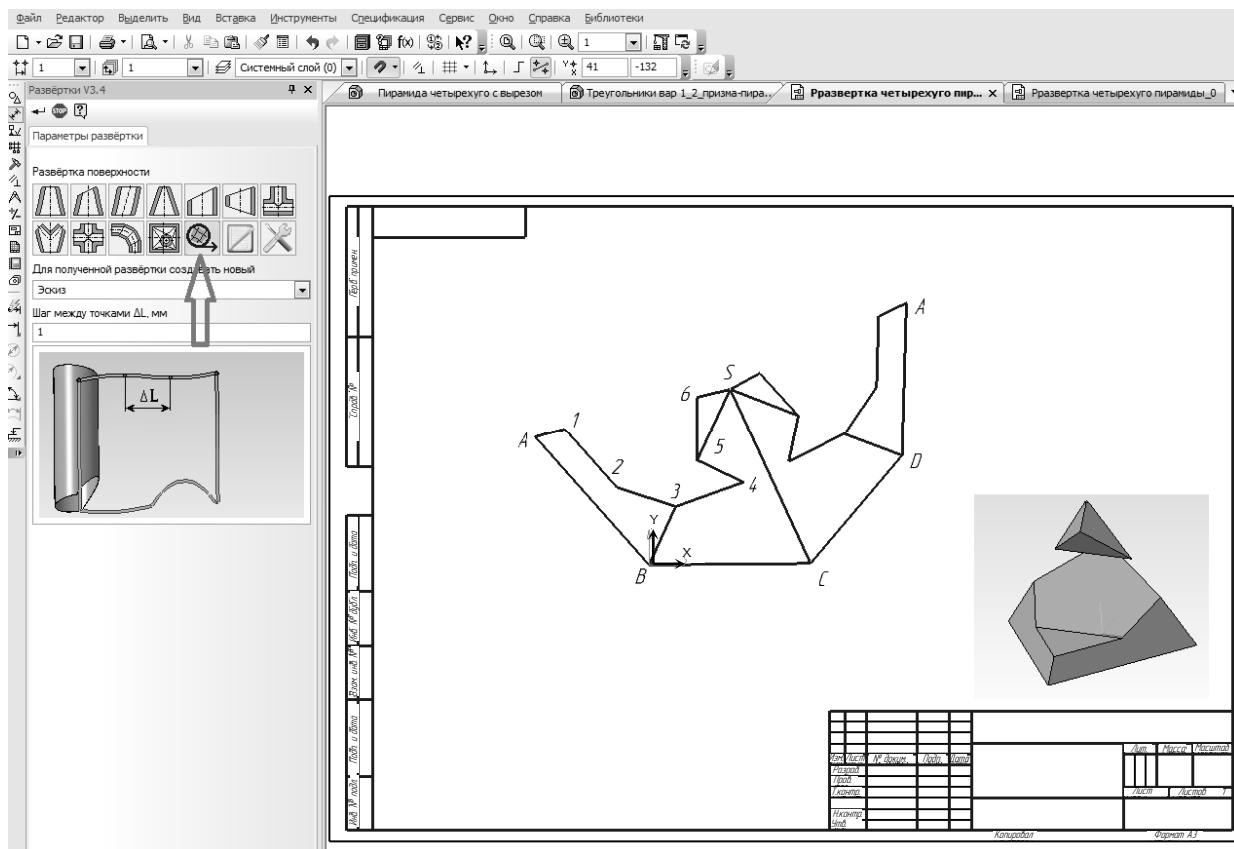


Рис. 2.16

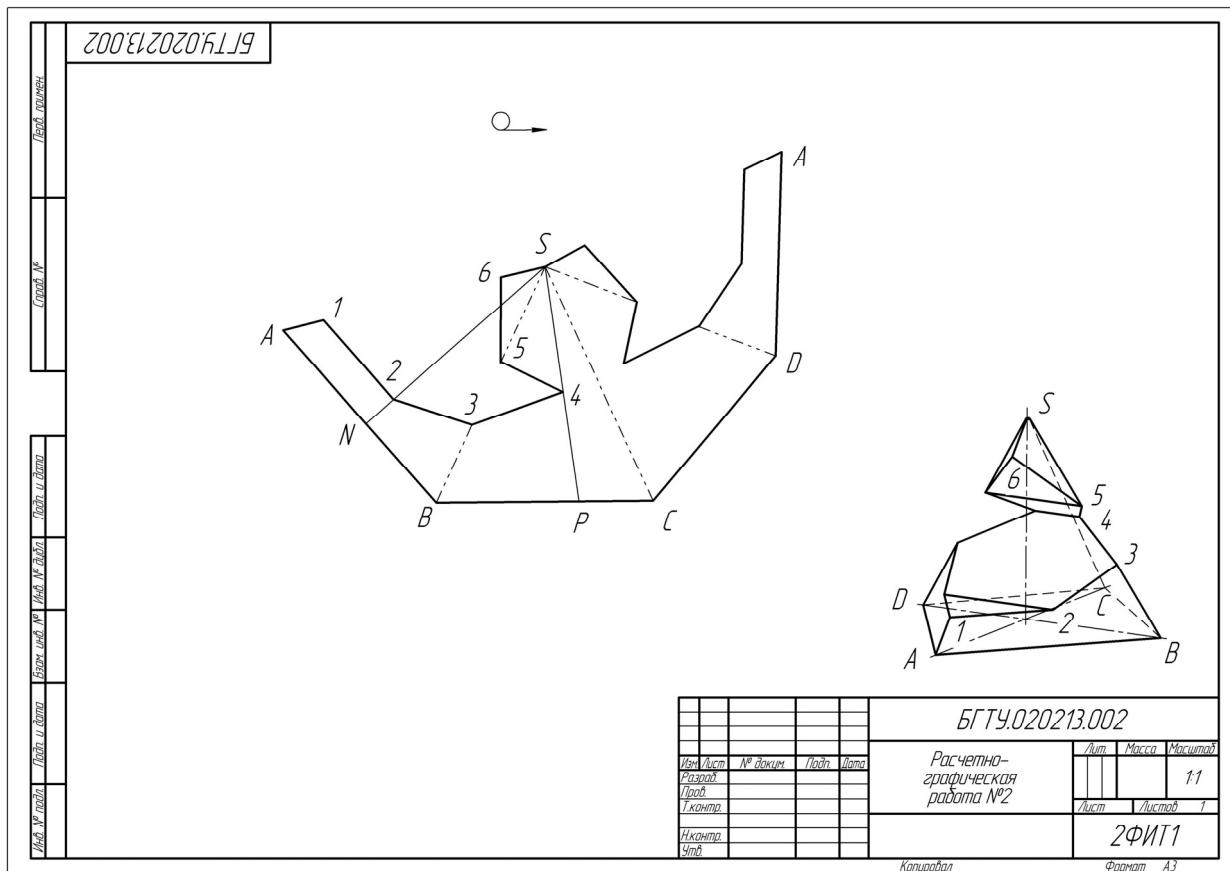


Рис. 2.17

Задача 3. Построение аксонометрической проекции многогранника.

Построение аксонометрической проекции многогранника рассмотрим на нескольких примерах.

Пример 3.1. Построить диметрическую проекцию призмы, модель которой создана в примере 1.1.

Для получения диметрической проекции призмы в окне видов модели выбрать вид: Диметрия. Модель с этим видом сохраняется в отдельном файле.

Если на выбранном виде Диметрия фигура оказывается перевернутой и не раскрывает вырезанную секущими плоскостями часть фигуры и линию пересечения, то этот вид можно сформировать самостоятельно, повернув фигуру и, соответственно, координатные оси в положение, приведенное на рис. 2.18. Ось Y должна быть вертикальна, ось X приподнята на угол примерно 7° относительно горизонтальной линии, а ось Z повернута вниз примерно на 42° также относительно горизонтальной линии.

Этот вид нужно записать в списке видов модели. Затем создается новый чертеж, выбирается формат А4 и вставляется на него записанный вид модели. В завершении необходимо обозначить вершины многоугольника, точки на линии пересечения, достроить и обозначить оси. Пример диметрической проекции призмы дан на рис. 2.19.

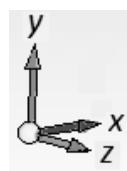


Рис. 2.18

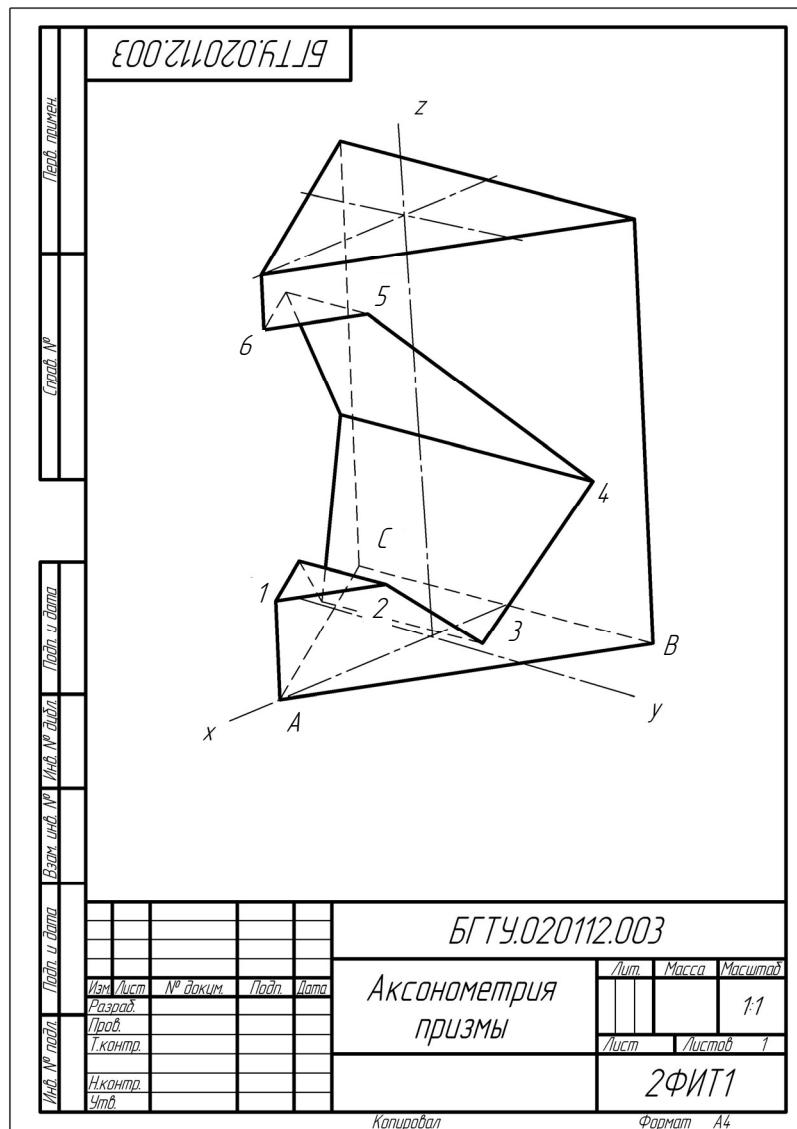


Рис. 2.19

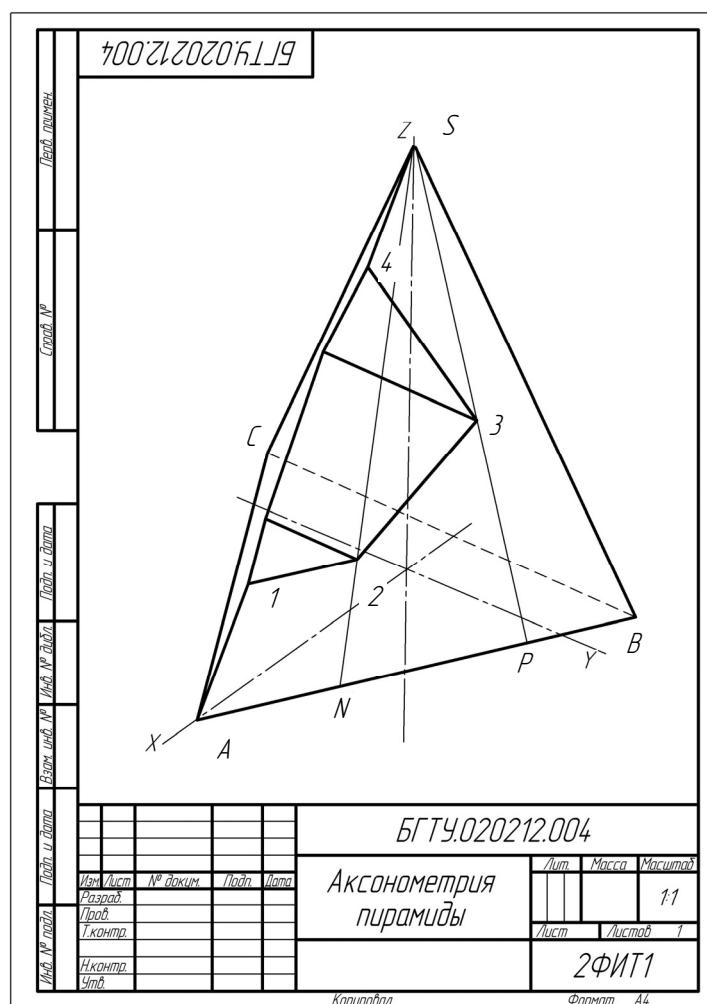
Пример 3.2. Построить изометрическую проекцию пирамиды, модель которой создана в примере 1.2.

Последовательность построений следующая.

1. Открыть файл модели пирамиды, построенной в примере 1.2.
2. В окне видов модели выбрать вид: Изометрия.
3. Сохранить модель.
4. Перейти в режим построения чертежа, выбрать формат А3 и на этот формат вставить сохраненный изометрический вид, включив при этом невидимые линии и линии пересечения.

5. Продолжить работу над изометрической проекцией. Обозначить вершины многоугольника, лежащего в основании пирамиды, точки на линии пересечения, достроить и обозначить оси. Пример изометрической проекции пирамиды дан на рис. 2.20.

ВНИМАНИЕ! Если стандартная изометрическая проекция не раскрывает вырезанную часть пирамиды или вообще не дает пространственного представления о ней (превращается в бесформенную фигуру), то рекомендуется самостоятельно повернуть модель другой стороной, дающей более качественное изображение. Углы между осями при этом должны быть близки к изометрическим или диметрическим.



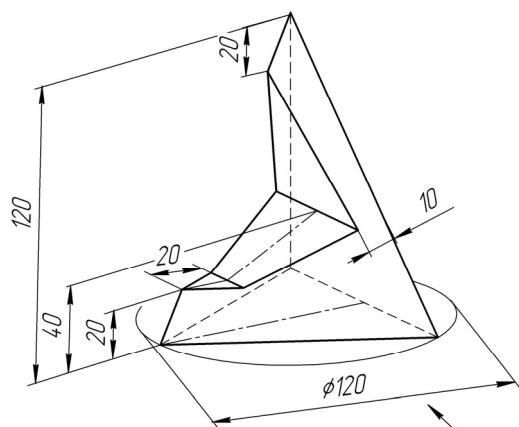
Rис. 2.20

В п. 2.1.3 даны варианты индивидуальных заданий для выполнения расчетно-графической работы № 2а. С целью улучшения наглядности фигуры имеют произвольное трехмерное изображение и расположение и не являются образцом каких-либо стандартных проекций. Не копировать!

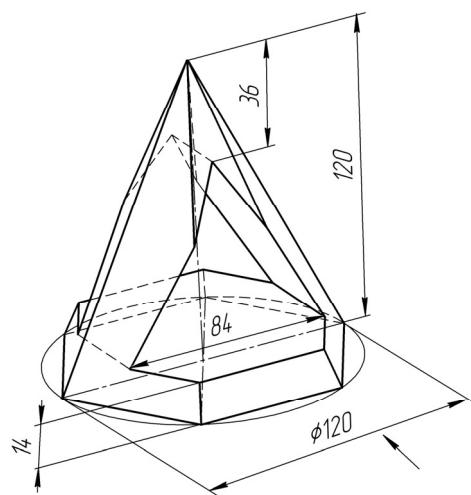
Стрелка на задании указывает направление главного вида для готовых чертежей.

2.1.3. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 2а по теме «Пересечение многогранников плоскостями»

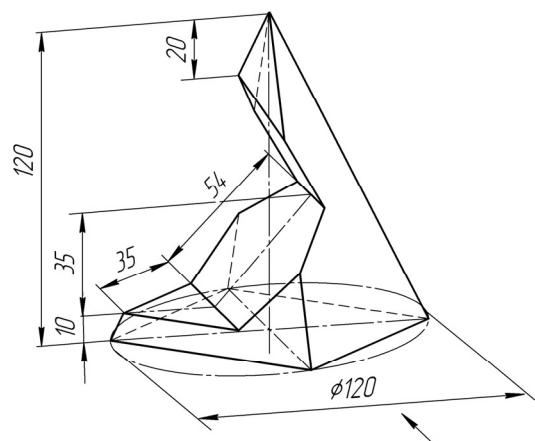
Вариант 1 (трехгранная пирамида)



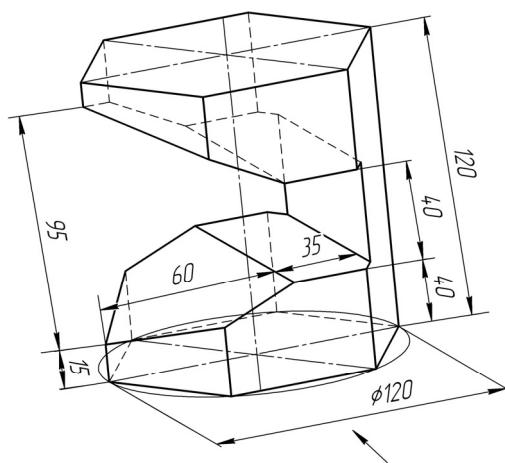
Вариант 2 (шестигранная пирамида)



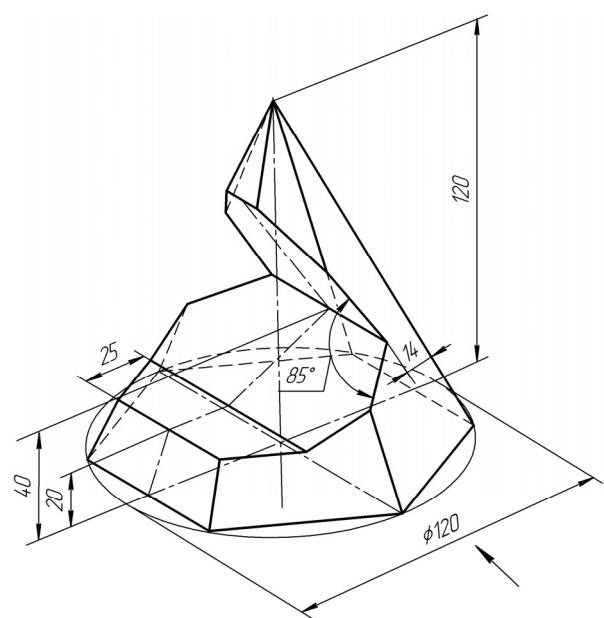
Вариант 3 (четырехгранная пирамида)



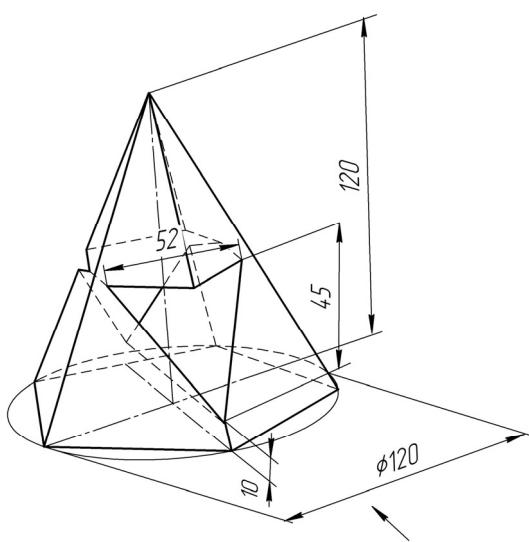
Вариант 4 (шестигранная призма)



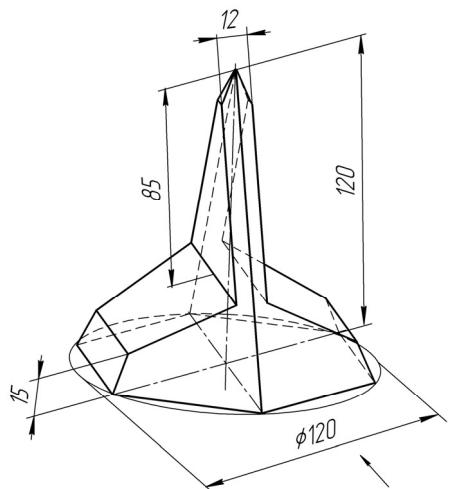
Вариант 5 (шестигранная пирамида)



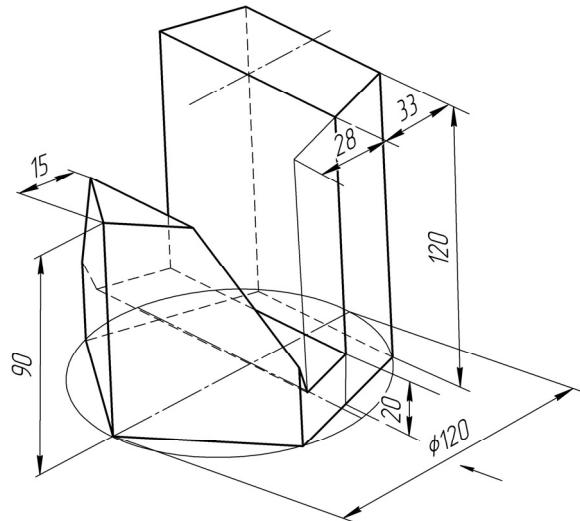
Вариант 6 (пятигранная пирамида)



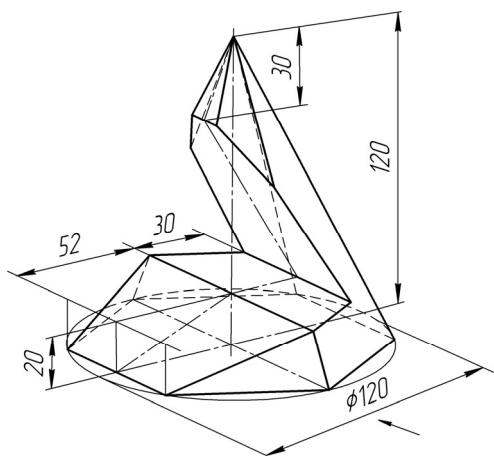
Вариант 7 (шестигранная пирамида)



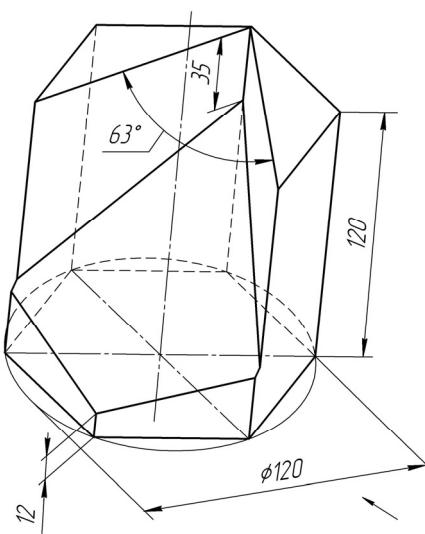
Вариант 8 (шестигранная призма)



Вариант 9 (шестигранная пирамида)

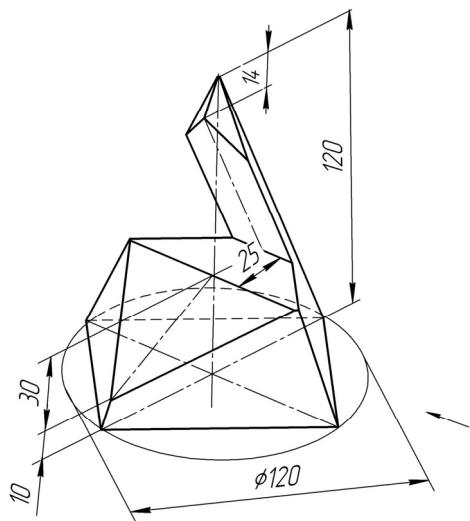


Вариант 10 (шестигранная призма)

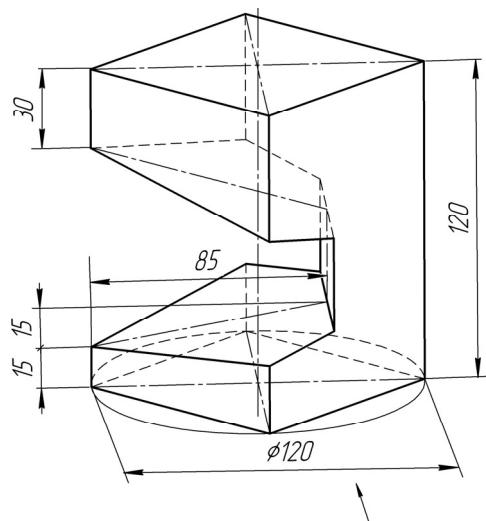


Угловой размер дан только для справок

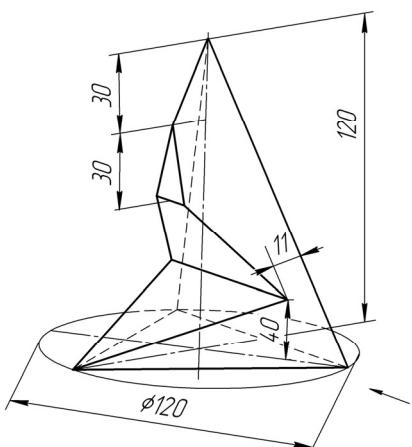
Вариант 11 (четырехгранная пирамида)



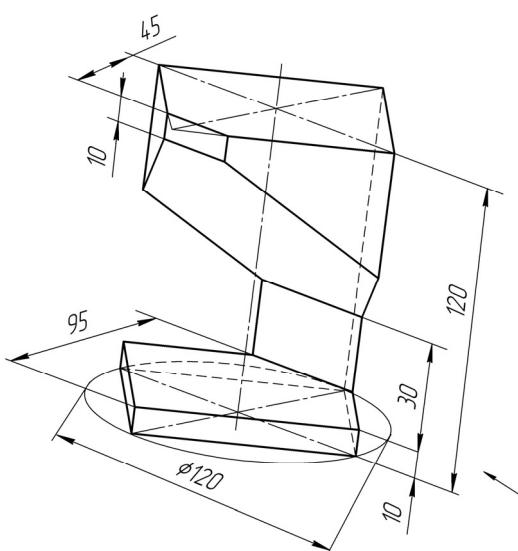
Вариант 12 (четырехгранная призма)



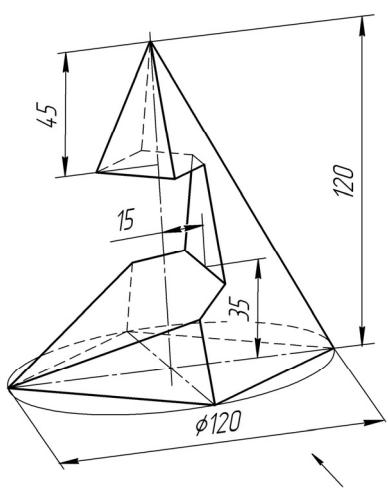
Вариант 13 (трехгранная пирамида)



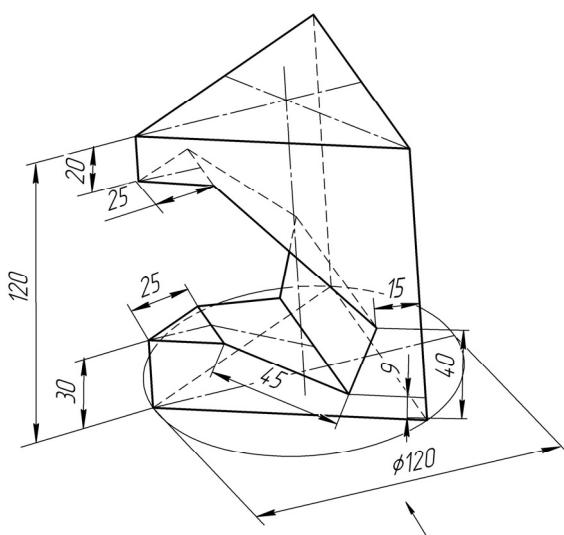
Вариант 14 (четырехгранная призма)



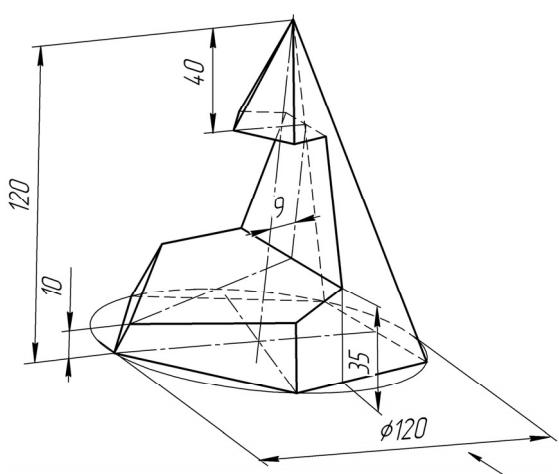
Вариант 15 (четырехгранная пирамида)



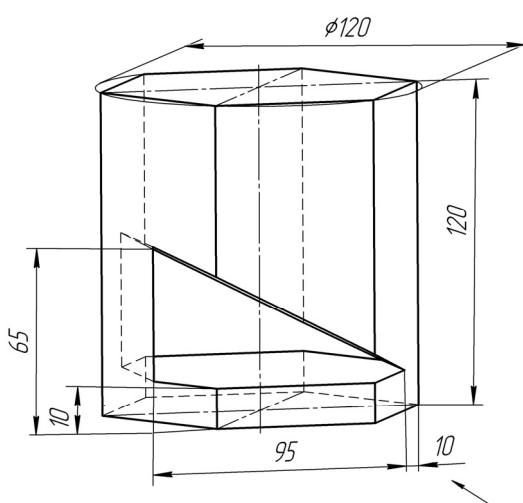
Вариант 16 (трехгранная пирамида)



Вариант 17 (пятигранная пирамида)

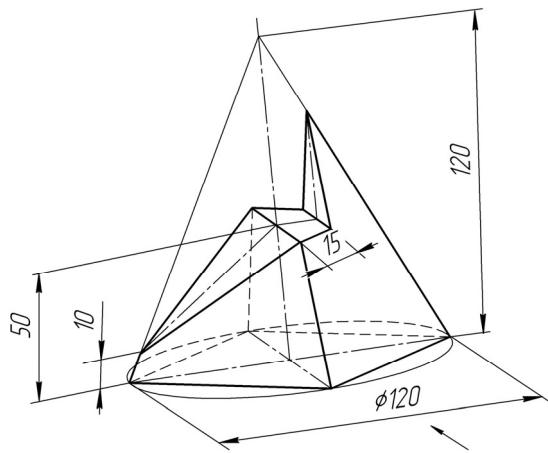


Вариант 18 (шестигранная призма)

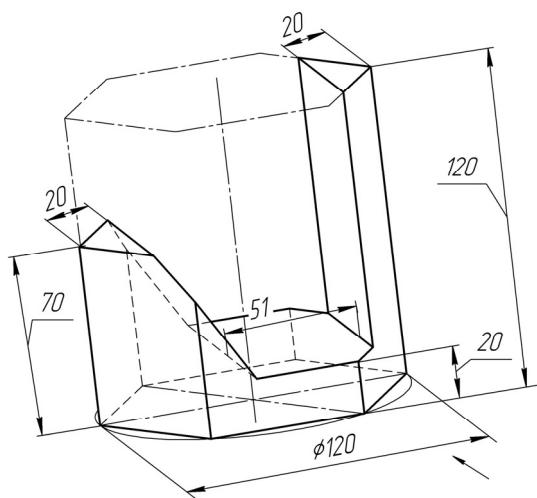


* Фронтальный размер – для построения эскиза за вырезом

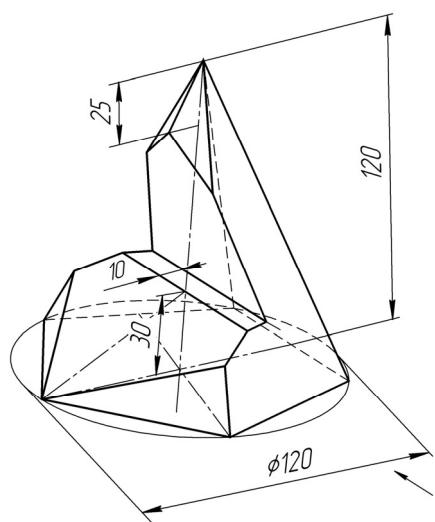
Вариант 19 (четырехгранный пирамида)



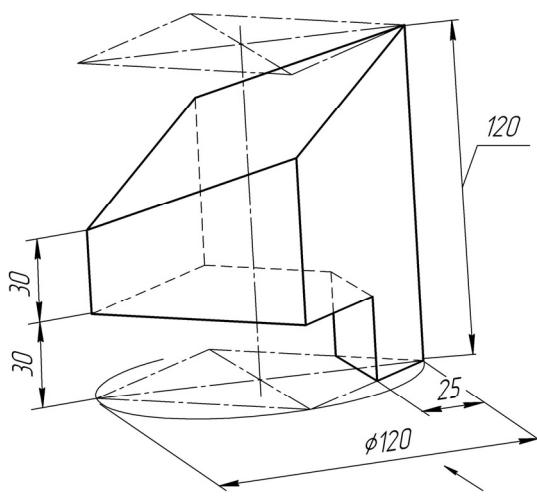
Вариант 20 (шестигранная призма)



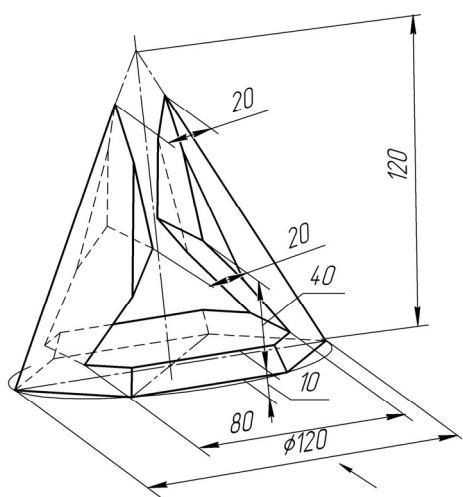
Вариант 21 (пятигранная пирамида)



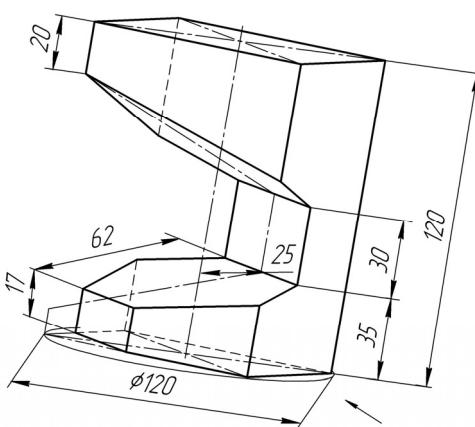
Вариант 22 (четырехгранный призма)



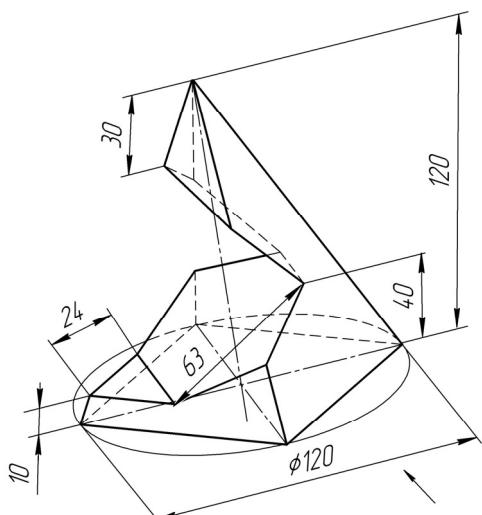
Вариант 23 (шестигранная пирамида)



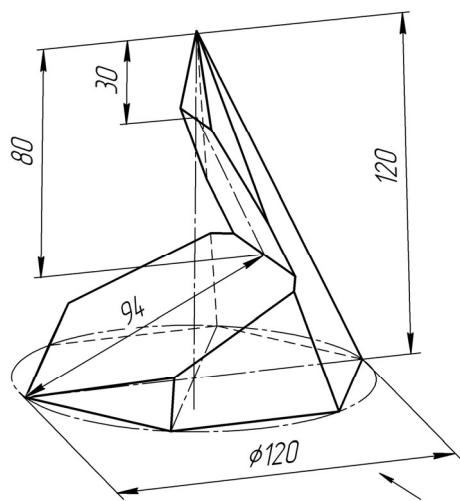
Вариант 24 (четырехгранный призма)



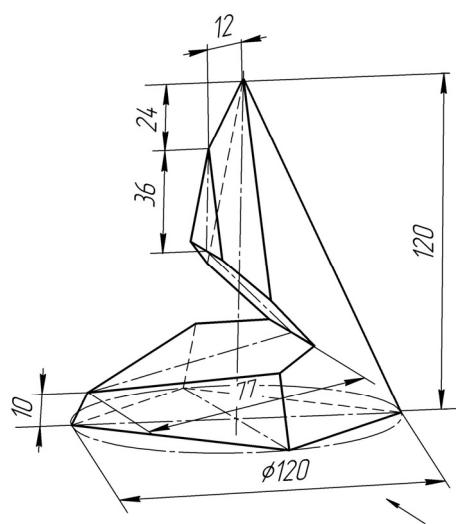
Вариант 25 (четырехгранный пирамида)



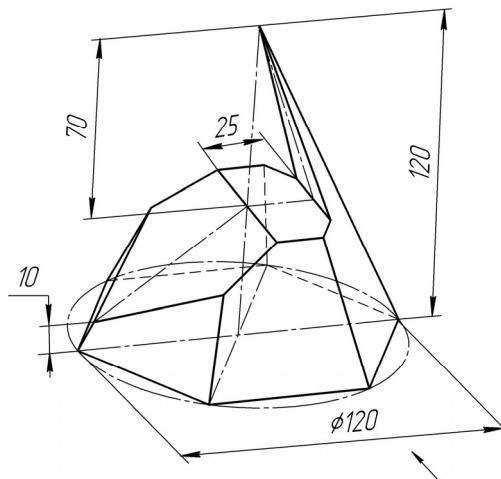
Вариант 26 (шестигранная пирамида)



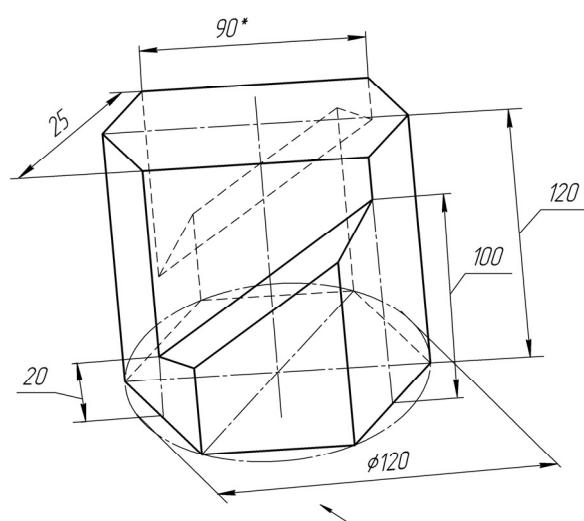
Вариант 27 (четырехгранный пирамида)



Вариант 28 (шестигранная пирамида)

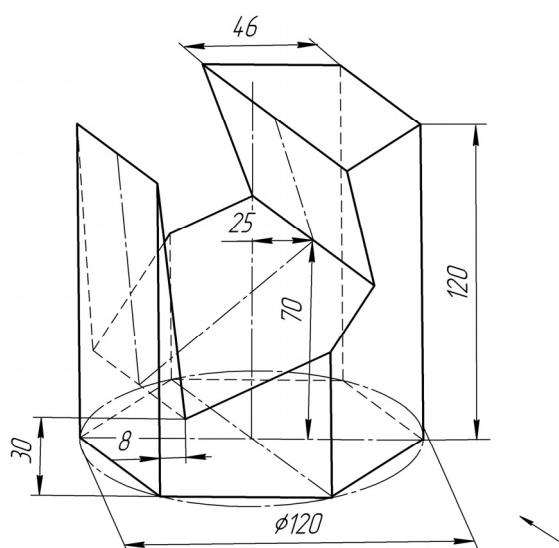


Вариант 29 (шестигранная призма)



* Размер для справок

Вариант 30 (шестигранная призма)



2.2. Задание № 26. Сечение поверхностей вращения плоскостями

Задание: построить три проекции геометрической фигуры – поверхности вращения, пересеченной проецирующими плоскостями, ее аксонометрическую проекцию и развертку боковой части.

Задача решается в следующей последовательности:

1. Определить свой вариант задания и выбрать его из п. 2.2.3.
 2. Построить трехмерную модель заданной фигуры в системе КОМПАС. Размеры модели могут отличаться от заданных на $\pm 1\text{--}2$ мм.
 3. Создать чертеж на формате А3, содержащий три проекции фигуры. Масштаб выбирать таким образом, чтобы изображения занимали весь лист. Предпочтительно 1:1.
 4. На втором формате А3 (или А4) построить аксонометрическую проекцию фигуры.
 5. На третьем формате А3 построить развертку боковой поверхности фигуры.
- На всех чертежах обозначить точки на линии пересечения.

2.2.1. Основные теоретические положения. Поверхности вращения.

Способы построения линий сечения плоскостями

При пересечении поверхности вращения плоскостью в сечении получается кривая линия. Основным способом построения линии является способ вспомогательных секущих плоскостей. Последовательность построения линии сечения поверхности вращения плоскостью для различных фигур рассмотрим на примерах.

Пример 1. Построить чертеж прямого кругового цилиндра, пересеченного плоскостями.

На рис. 2.21 построены три проекции прямого кругового цилиндра, линия пересечения его фронтально-проецирующими плоскостями и аксонометрическая проекция.

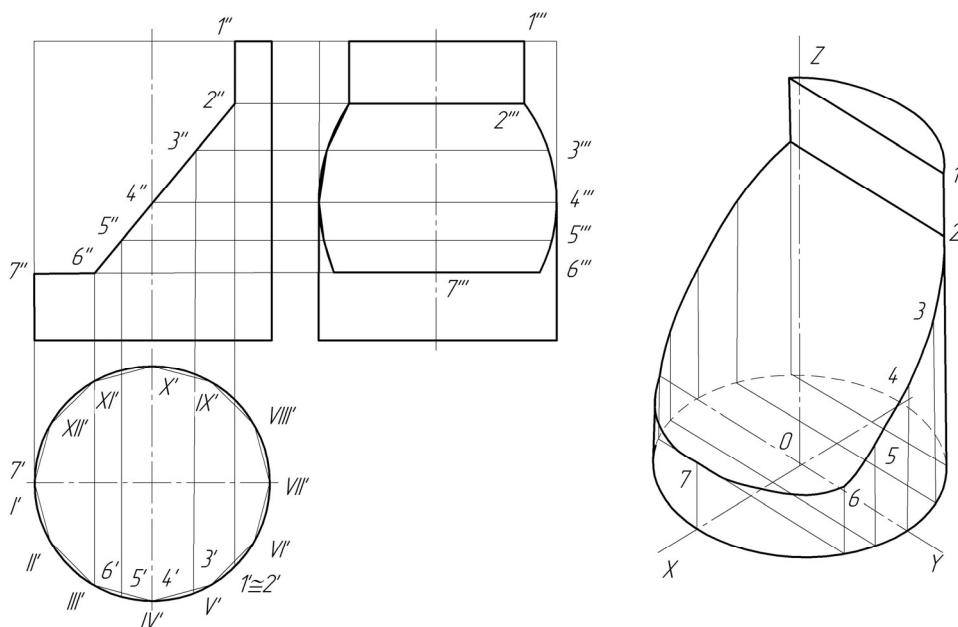


Рис. 2.21

На фронтальной проекции участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, выделены точками и обозначены цифрами: 1"-2", 2"-6", 6"-7". Секущая плоскость в пределах точек 1-2 пересекает цилиндр по прямоугольнику, секущая плоскость в пределах точек 2-6 пересекает цилиндр по эллипсу, секущая плоскость в пределах точек 6-7 пересекает цилиндр по окружности. Для построения проекций участка эллипса между точками 2-6 выделен еще

ряд промежуточных точек – $3'', 4'', 5''$. Горизонтальные проекции всех этих точек будут совпадать с окружностью основания цилиндра. Построение профильной проекции линии пересечения сводится к построению третьей проекции точки по двум заданным.

Аксонометрическая проекция цилиндра представлена в виде изометрии. Линия сечения цилиндра плоскостями построена по точкам. Положение каждой точки на изометрии определяется ее собственными координатами x, y и z , которые замеряются непосредственно на прямоугольных проекциях цилиндра.

Развертка боковой поверхности цилиндра показана на рис. 2.22. Она представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна длине окружности основания, а вторая – высоте цилиндра. Для упрощения построения развертки боковой поверхности в цилиндр вписана двенадцатигранная призма (дальнейшее построение развертки производится аналогично развертыванию призмы, приведенному на рис. 2.15).

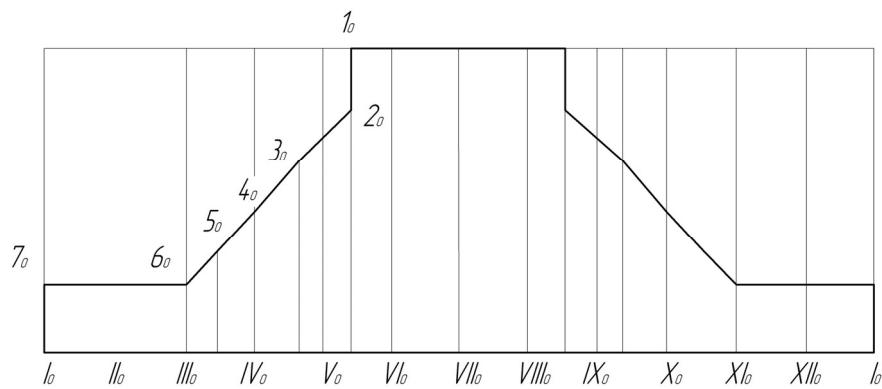


Рис. 2.22

Пример 2. Построить чертеж конуса, пересеченного плоскостями.

На рис. 2.23 построены три проекции прямого кругового конуса, линия пересечения его фронтально-проецирующими плоскостями и аксонометрическая проекция.

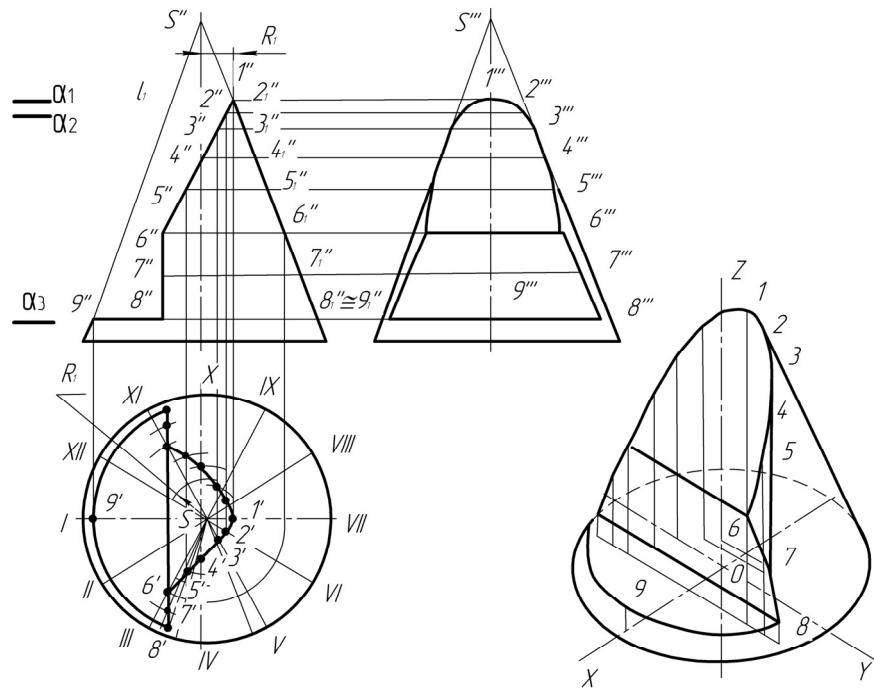


Рис. 2.23

На фронтальной проекции участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, выделены точками и обозначены цифрами: 1"-5", 5"-7", 7"-8". Секущая плоскость в пределах точек 1-6 пересекает конус по эллипсу, плоскость, ограниченная точками 6-8 – по гиперболе, плоскость в пределах точек 8-9 – по окружности. Для построения проекций участка эллипса выделен еще ряд промежуточных точек – 2", 3", 4", 5", для построения проекций участка гиперболы выделена промежуточная точка 7".

Горизонтальные проекции выделенных точек построены исходя из условия принадлежности точек поверхности конуса одним из известных способов – способом вспомогательных образующих или способом вспомогательных горизонтальных секущих плоскостей. Точки 1 и 9 найдены без дополнительных построений с помощью линий связи. Точка 4 может быть построена с помощью профильной проекции конуса.

Аксонометрическая проекция конуса представлена в виде изометрии. Линия сечения конуса плоскостями построена по точкам. Положение каждой точки на изометрии определяется ее собственными координатами – x , y и z , которые замеряются непосредственно на прямоугольных проекциях конуса.

Разворотка боковой поверхности конуса (рис. 2.24) представляет собой круговой сектор, радиус которого равен натуральной величине длины образующей, с углом при вершине ϕ :

$$\phi = D \cdot 360^\circ / l_1,$$

где D – диаметр основания, l_1 – длина образующей.

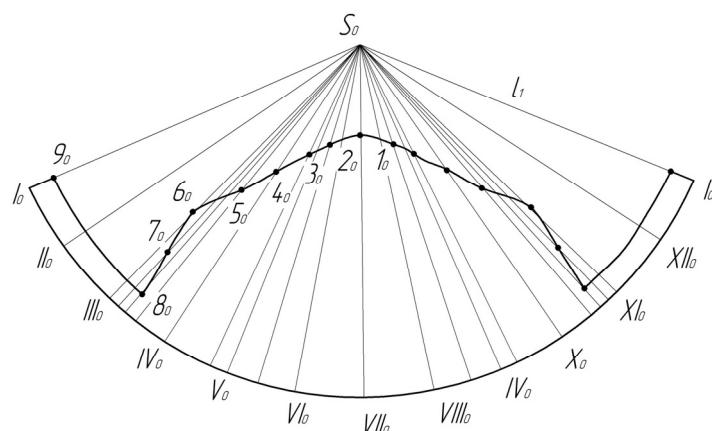


Рис. 2.24

Для упрощения построения в поверхность конуса вписана двенадцатигранная пирамида и развертывание осуществляется аналогично развертыванию боковой поверхности пирамиды. Перед нанесением точек фигуры сечения необходимо найти натуральные величины отрезков от вершины конуса до точек. На рис. 2.24 показан пример нахождения натуральной величины отрезка $S''6'$ точки 6 вращением вокруг горизонтально-проецирующей прямой, помещенной в точку S' . Аналогично найдены натуральные величины остальных отрезков, кроме $S9$ и $S1$, так как они спроектированы в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций и могут быть измерены непосредственно на чертеже. Натуральную величину $S4$ можно определить на профильной плоскости проекций.

2.2.2. Построение моделей и чертежей поверхностей вращения, пересеченных плоскостями

Расчетно-графическая работа № 2б выполняется с использованием компьютерной технологии путем трехмерного моделирования заданной фигуры.

Задание состоит из трех задач:

- 1) построение модели и чертежа, содержащего три вида фигуры;
- 2) построение развертки боковой поверхности;
- 3) построение аксонометрической проекции.

Рассмотрим выполнение каждой из этих задач на примерах.

Задача 1. Построение модели фигуры – поверхности вращения, пересеченной несколькими плоскостями.

Пример 1.1. Построить модель и чертеж усеченного цилиндра.

На рис. 2.25 приведен чертеж-задание. Процедура построения модели цилиндра состоит из следующих этапов.

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Деталь**.

2. Открыть в Дереве модели Начало координат.

3. Выбрать плоскость **ZX**.

4. Перейти в режим **Эскиз** .

5. Построить окружность диаметром 120 мм.

6. Выйти из режима Эскиз (нажать на кнопку .

7. В Дереве модели указать этот эскиз, затем выбрать команду **Редактирование детали**  и **Выдавливание** .

8. В строке Свойств задать Направление Прямое и размеры цилиндра: Расстояние 1 (высота): 120 мм.

9. Завершить операцию, нажав  в строке Свойств.

10. Указать команду **Ориентация**  **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.

11. В Дереве модели выбрать Плоскость **XY**.

12. Перейти в режим **Эскиз** .

13. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , выбрать тип линии Непрерывная и построить на цилиндре контур сечения, соблюдая размеры, указанные в задании (рис. 2.26). Контур обязательно должен быть замкнутым.

14. Выйти из режима Эскиз (нажать на кнопку .

15. На панели **Редактирование детали** выбрать команду **Вырезать выдавливанием** (кнопка ). В Дереве модели указать последний эскиз.

16. В строке Свойств указать Направление: Два направления, Расстояние 1: 60 мм и Расстояние 2: 60 мм. Модель можно повернуть, рассматривая вырез со всех сторон.

17. Завершить операцию, нажав .

18. На цилиндре должен сформироваться вырез, соответствующий заданному контуру (рис. 2.27). Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде **Ориентация** Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход) и сохранить модель.

После того как построена модель цилиндра, можно приступить к формированию чертежа, содержащего три стандартных вида объекта. Для этого необходимо выполнить следующие операции:

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Чертеж**. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа .

2. Открыть окно Виды или выбрать в меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.

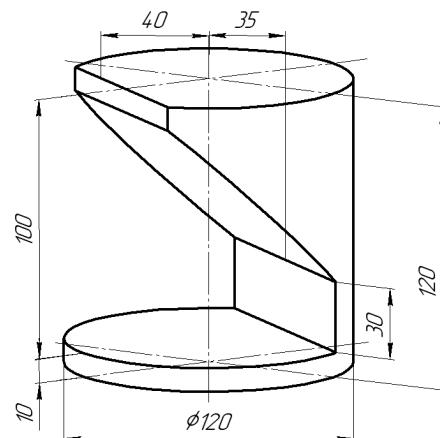


Рис. 2.25

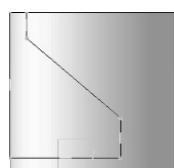


Рис. 2.26

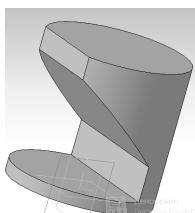


Рис. 2.27

3. В открывшемся окне выбрать файл с моделью цилиндра и открыть его.
4. В строке Свойства выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали (рис. 2.28).

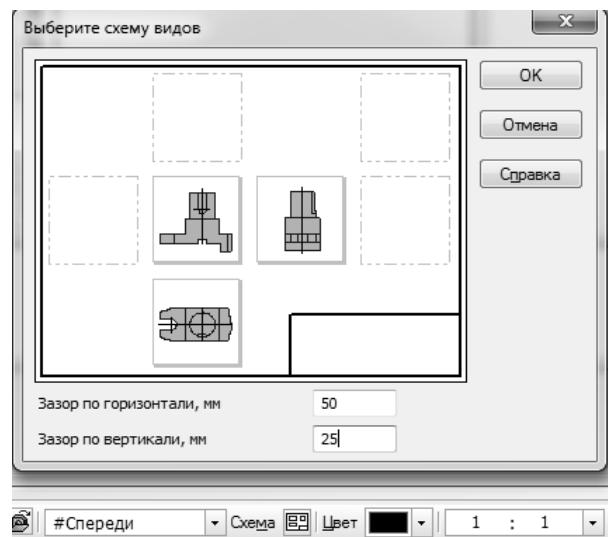


Рис. 2.28

5. В этой же строке свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.
6. Расставить виды на поле чертежа и нажать .

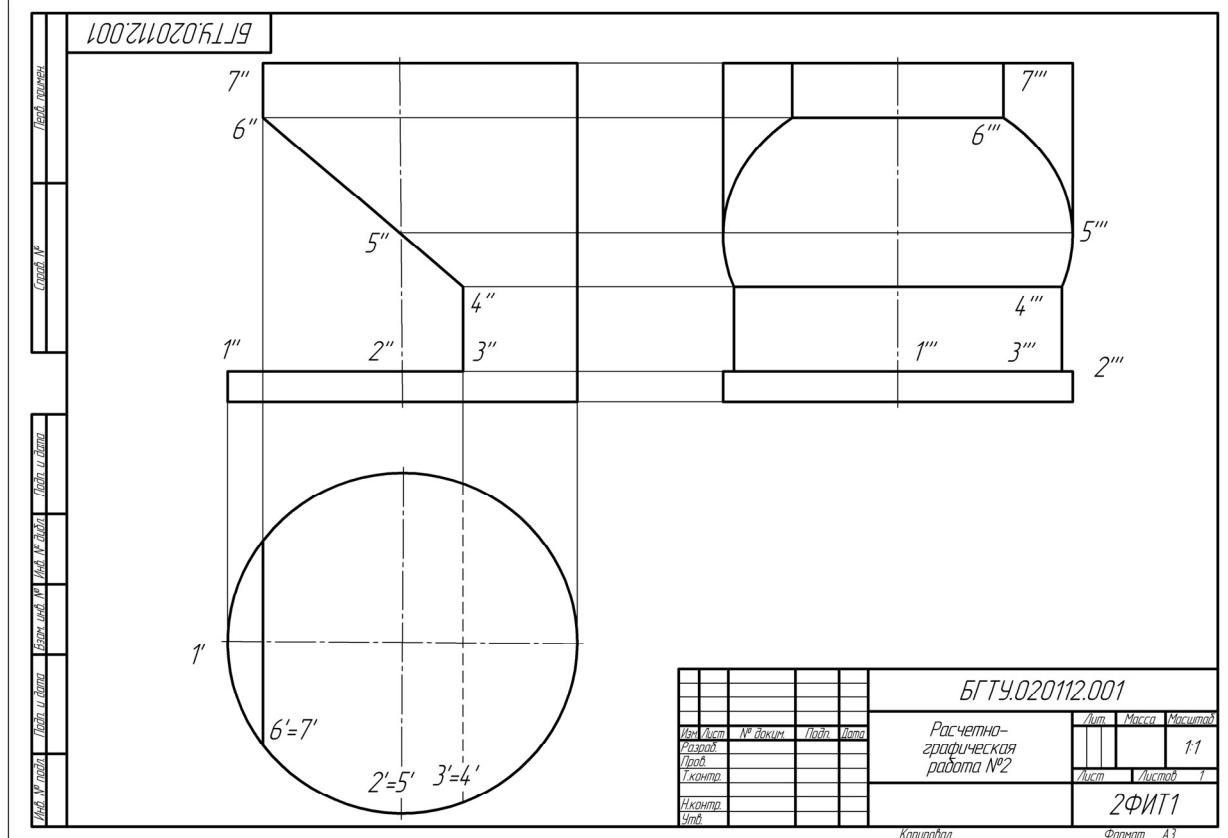


Рис. 2.29

7. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Номер вида выбирается из строки **Текущее состояние**, например . Виды являются ассоциативно связанными и изменения формы фигуры на видах не допускаются. Можно редактировать только исходную модель фигуры. Чертеж цилиндра для примера 1.1 приведен на рис. 2.29.

Пример 1.2. Построить трехмерную модель цилиндра, пересеченного плоскостями.

Модель цилиндра (рис. 2.30) строится следующим образом:

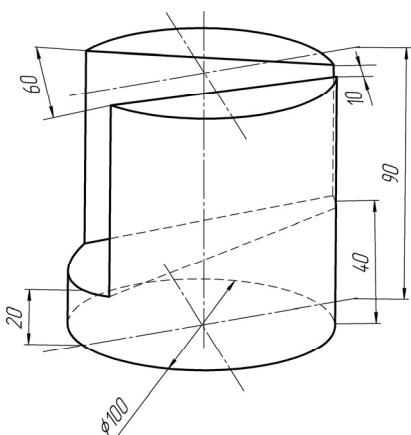


Рис. 2.30

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Деталь**.

2. Открыть в Дереве модели Начало координат: нажать .

3. Выбрать плоскость **ZX**.

4. Перейти в режим **Эскиза** .

5. Построить окружность диаметром 120 мм. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на кнопку .

6. В Дереве модели указать этот эскиз, затем выбрать команду **Редактирование детали** и **Выдавливание**

7. В строке Свойств задать Направление Прямое и размеры цилиндра: Расстояние 1 (высота): 120 мм.

8. Завершить операцию, нажав в строке Свойств.

9. Указать команду **Ориентация** **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.

10. В дереве модели выбрать Плоскость **ZY**.

11. Построить плоскость, смещенную от плоскости **ZY** на 100 мм. Команда: **Операции – Плоскость – Смещенная** – задать расстояние 100 мм и нажать .

12. Перейти в режим . Включить **Ориентация** – Вид Слева.

13. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , выбрать **Прямоугольник** и построить на этой плоскости прямоугольник 100×150 мм, нижняя горизонтальная линия выше основания цилиндра на 15 мм (рис. 2.31).

14. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на знак).

15. На панели **Редактирование детали** выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка). В Дереве модели указать последний эскиз.

16. В строке Свойств указать Направление: Прямое, Расстояние 1 = 180 мм и Угол: Внутрь: 14°. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями секущих плоскостей.

17. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.

18. На цилиндре должен сформироваться вырез, соответствующий построенному контуру (рис. 2.32).

19. Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде **Ориентация** Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить).

20. Выйти из команды (Выход).

21. Сохранить модель.

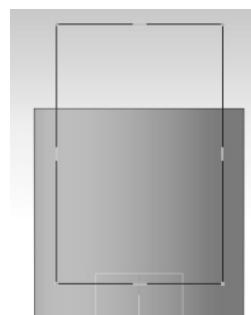


Рис. 2.31

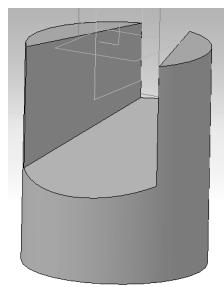


Рис. 2.32

Построение чертежа, содержащего три проекции цилиндра.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**.
2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа
3. Открыть окно **Виды** или выбрать в основном меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.
4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью цилиндра и открыть его.
5. В строке Свойств выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.
6. В этой же строке Свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.
7. Расставить виды на поле чертежа и нажать .
8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения на видах не допускаются. Можно редактировать только модель.
9. Заполнить основную надпись.

Пример 1.3. Построить трехмерную модель цилиндра, пересеченного двумя плоскостями, расположенными под углом друг к другу (рис. 2.33).

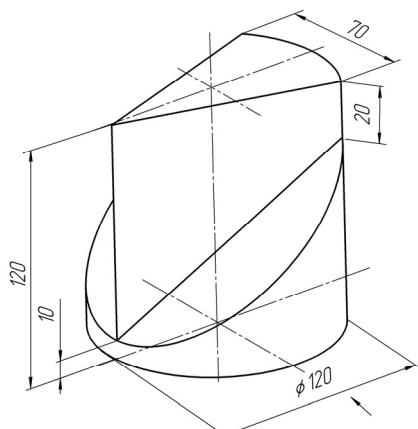
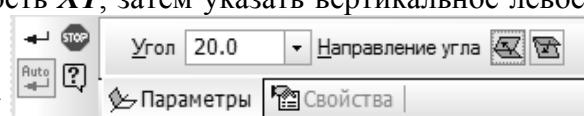


Рис. 2.33

1. Выбрать в верхнем меню команды: **Файл – Создать – Деталь**.
2. Открыть в Дереве модели Начало координат (нажать +).
3. Выбрать плоскость **ZX**.
4. Перейти в режим **Эскиза** .
5. Построить окружность диаметром 120 мм. Ориентацию не трогать и не менять!
6. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на кнопку).
7. В Дереве модели указать этот эскиз, затем выбрать команду **Редактирование детали** и **Выдавливание** .
8. В строке Свойства задать Направление Прямое и размеры цилиндра: Расстояние 1 (высота): 120 мм.
9. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.

10. Указать команду **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.

11. В Дереве модели выбрать Плоскость **XY**.
12. Перейти в режим **Эскиз** .
13. Построить прямоугольник размером с цилиндр (обвести контур цилиндра).
14. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на знак).
15. Построить плоскость из этого прямоугольника. Для этого в Дереве модели указать этот эскиз, затем выбрать команду **Редактирование детали** и **Выдавливание** .
16. В строке Свойства задать Направление Прямое и Расстояние 1: 1 мм.
17. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.
18. Построить плоскость под углом 20° относительно плоскости **XY** и вертикального ребра предыдущей плоскости. Команды: **Операции – Плоскость – Под углом к другой плоскости** – задать плоскость **XY**, затем указать вертикальное левое ребро предыдущей плоскости, задать угол 20° .



19. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.

20. Указать в Дереве модели эту плоскость. Перейти в режим Эскиз .

21. Открыть инструментальную панель Геометрия , выбрать Непрерывная линия и построить на этой плоскости контур выреза по заданным размерам, как показано на рис. 2.34. В этом режиме деталь можно уменьшать/увеличивать колесиком мыши, а для перемещения дополнительно нажимать клавишу Shift.

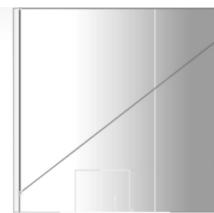


Рис. 2.34

22. Выйти из режима Эскиза (нажать кнопку ).

23. На панели Редактирование детали выбрать Вырезать выдавливанием (кнопка ). В Дереве модели указать последний эскиз.

24. В строке Свойств указать Направление: Обратное, Расстояние 1 = 50 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями положения секущей плоскости.

25. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

26. На цилиндре должен сформироваться вырез, соответствующий построенному контуру. Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде Ориентация Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход).

27. Построить вторую секущую плоскость, с противоположной стороны цилиндра.

27-1. Построить плоскость под углом 20° относительно плоскости XY и вертикального ребра предыдущей плоскости. Команды: Операции – Плоскость – Под углом к другой плоскости, задать плоскость XY, затем указать вертикальное левое ребро предыдущей



плоскости, задать угол 20°. Направление угла обратное (крайний справа знак в строке Свойств).

27-2. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

27-3. Указать в Дереве модели эту плоскость. Перейти в режим Эскиз .

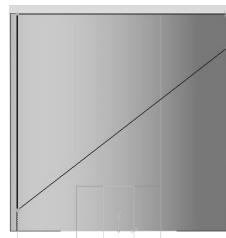


Рис. 2.35

27-4. Открыть инструментальную панель Геометрия , выбрать Непрерывная линия и построить на этой плоскости контур выреза по заданным размерам, как показано на рис. 2.35.

27-5. Выйти из режима Эскиза (нажать на знак ).

27-6. На панели Редактирование детали выбрать Вырезать выдавливанием (знак ).

В Дереве модели указать последний эскиз.

27-7. В строке Свойств указать Направление: Прямое, Расстояние 1 = 50 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями секущей плоскости.

27-8. На цилиндре должен сформироваться второй вырез, соответствующий построенному контуру (рис. 2.36).

Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде Ориентация Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход).

28. Сохранить модель.

Построение чертежа, содержащего три стандартных вида цилиндра.

1. Выбрать в основном меню Файл – Создать – Чертеж.
2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа .

3. Открыть окно Виды или выбрать в основном меню Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные.

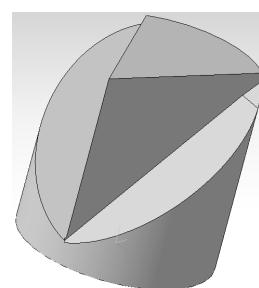


Рис. 2.36

4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью цилиндра и открыть его.
5. В строке Свойства выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.
6. В этой же строке Свойства нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.
7. Расставить виды на поле чертежа и нажать .
8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения на видах не допускаются. Можно редактировать только модель.
9. Заполнить основную надпись.

Пример 1.4. Построить трехмерную модель цилиндра с внутренним вырезом, образованным двумя плоскостями под углом друг к другу.

Модель цилиндра (рис. 2.37) строится в следующей последовательности.

1. Выбрать в верхнем меню команды: **Файл – Создать – Деталь**.
2. Открыть в **Дереве модели** Начало координат (нажать +).
3. Выбрать плоскость **ZX**.
4. Перейти в режим **Эскиза**  . Построить окружность диаметром 120 мм.
5. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на знак ).
6. В Дереве модели указать этот эскиз, затем выбрать команду **Редактирование детали**  – и **Выдавливание** .
7. В строке Свойства задать Направление: Прямое. Высота цилиндра: Расстояние 1: 120 мм.
8. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

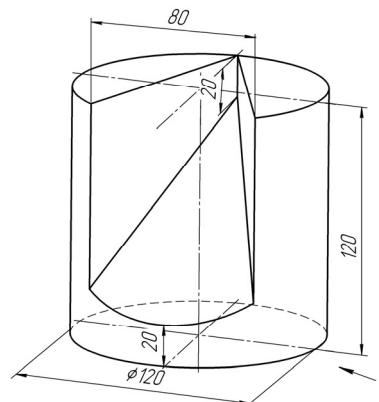


Рис. 2.37

9. Указать команду **Ориентация**  **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.
10. Построить смещенную плоскость относительно вертикальной оси цилиндра. В Дереве модели выбрать Плоскость **ZY**. Команды: **Операции – Плоскость – Смещенная** – задать расстояние 70 мм. Направление прямое. Для завершения нажать .
11. Построить эскиз на смещенной плоскости.
12. Выбрать в Дереве модели смещенную плоскость.
13. Перейти в режим **Эскиз**  .
14. Указать команду **Ориентация**  **Ориентация** и установить Вид Слева. Закрыть окно, нажав Выход. (Если этого не сделать, то эскиз будет перевернут).
15. Построить на этой смещенной плоскости прямоугольник по размерам, указанным на рис. 2.38.
16. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на кнопку ).
17. На панели **Редактирование детали** выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка ). (В Дереве модели указать последний эскиз).
18. В строке Свойств указать Направление: Прямое, Расстояние 1 = 129 мм и Угол: Внутрь: 31°. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями секущих плоскостей во время ввода данных (рис. 2.39).
19. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

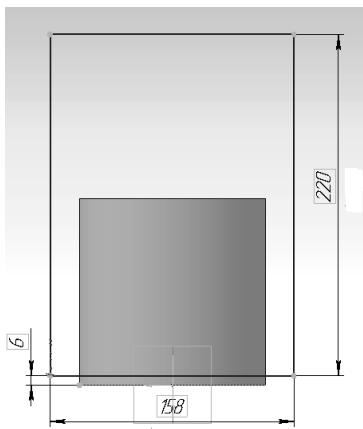


Рис. 2.38

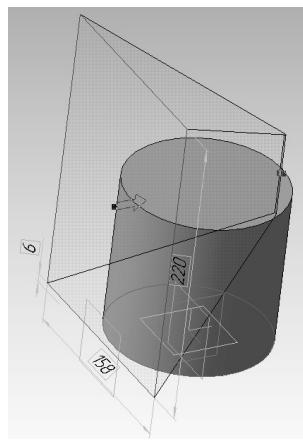


Рис. 2.39

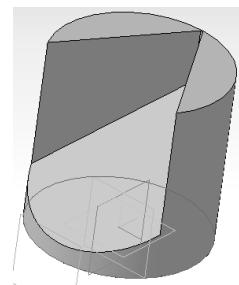


Рис. 2.40

На цилиндре должен сформироваться вырез, соответствующий построенному контуру (рис. 2.40).

20. Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде **Ориентация** Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход).

21. Сохранить модель.

Построение чертежа, содержащего три стандартных вида цилиндра.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**.



2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа.

3. Открыть окно Виды или выбрать в основном меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.

4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью цилиндра и открыть его.

5. В строке Свойств выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.

6. В этой же строке Свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.

7. Расставить виды на поле чертежа и нажать .

8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения на видах не допускаются. Можно редактировать только модель.

9. Заполнить основную надпись.

Пример 1.5. Построить трехмерную модель конуса, пересеченного плоскостями.

Рассмотрим последовательность построения модели конуса, приведенного на рис. 2.41.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать –**

Деталь.

2. Открыть в Дереве модели Начало координат.

3. Выбрать плоскость **ZX**.

4. Перейти в режим **Эскиза** .

5. Построить окружность диаметром 120 мм.

Ориентацию эскиза во время построений не трогать и не менять!

6. Выйти из режима Эскиза (повторно нажать на кнопку ).

7. В Дереве модели указать этот эскиз, выбрать команду

Редактирование детали  и **Выдавливание** .

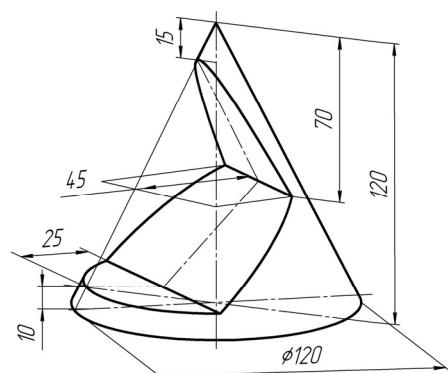


Рис. 2.41

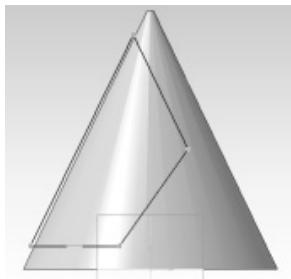


Рис. 2.42

8. В строке Свойства задать Направление Прямое и размеры конуса: Расстояние 1 (высота): 120 мм, Уклон Внутрь: 26°.

9. Завершить операцию, нажав на кнопку в строке Свойств.



10. Указать команду **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход.

11. В Дереве модели выбрать Плоскость XY.

12. Перейти в режим Эскиза .

13. Открыть инструментальную панель Геометрия , выбрать Непрерывную линию и построить на конусе контур сечения, соблюдая размеры, указанные в задании (отклонение $\pm 1\text{--}2$ мм). В этом режиме деталь можно уменьшать/увеличивать колесиком мыши, а для перемещения дополнительно нажимать клавишу Shift. Контур обязательно должен быть замкнутым (рис. 2.42).

14. Выйти из режима Эскиза (повторно нажать на кнопку).

15. На панели Редактирование детали выбрать Вырезать выдавливанием (кнопку). В Дереве модели указать последний эскиз.

16. В строке Свойств указать Направление: два направления, Расстояние 1 = 60 мм и Расстояние 2 = 60 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями секущих плоскостей.

17. Завершить операцию, нажав на кнопку в строке Свойств.

18. На конусе должен сформироваться вырез, соответствующий построенному контуру (рис. 2.43). Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде Ориентация Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход).

19. Сохранить файл модели конуса.

Создание чертежа, содержащего три стандартных вида построенной модели конуса.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**.

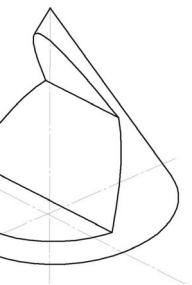


Рис. 2.43

2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа .

3. Открыть окно Виды или выбрать в меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.

4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью конуса и открыть его.

5. В строке Свойств выбрать схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.

6. В этой же строке свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.

7. Расставить виды на поле чертежа и нажать кнопку .

8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Номер вида выбирается из строки Текущее состояние (обычно находится в верхней части экрана). Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения на видах не допускаются.

Готовый чертеж должен иметь вид, приведенный на рис. 2.44.

Задача 2. Построение развертки поверхности вращения.

Пример 2.1. Построить развертку боковой поверхности цилиндра.

Развертка боковой поверхности цилиндра строится с помощью вписанной двенадцатиугольной призмы, как показано в п. 2.1 (рис. 2.15). Точки на линии пересечения намечаются на ребрах этой призмы и переносятся на развертку.

На рис. 2.45 приведена развертка боковой поверхности цилиндра, построенного в примере 1.1 на с. 33.

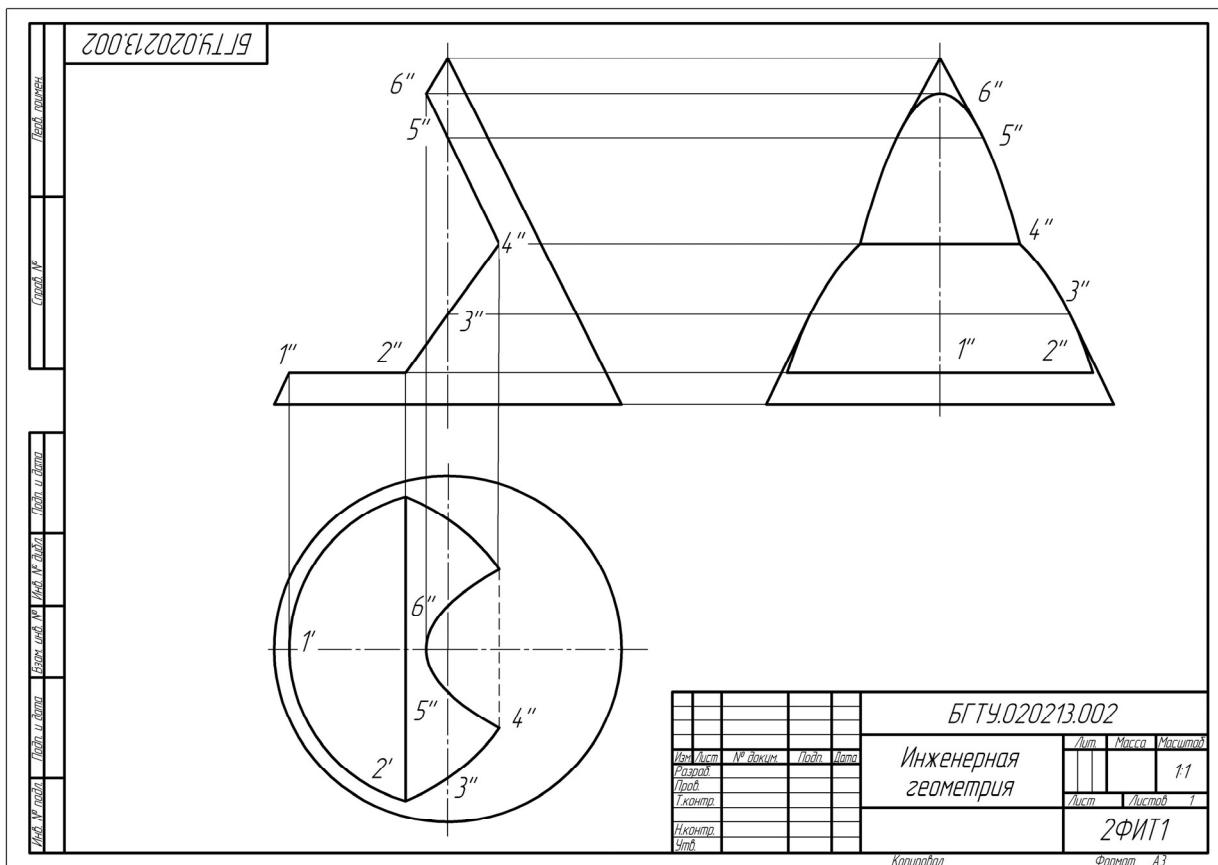


Рис. 2.44

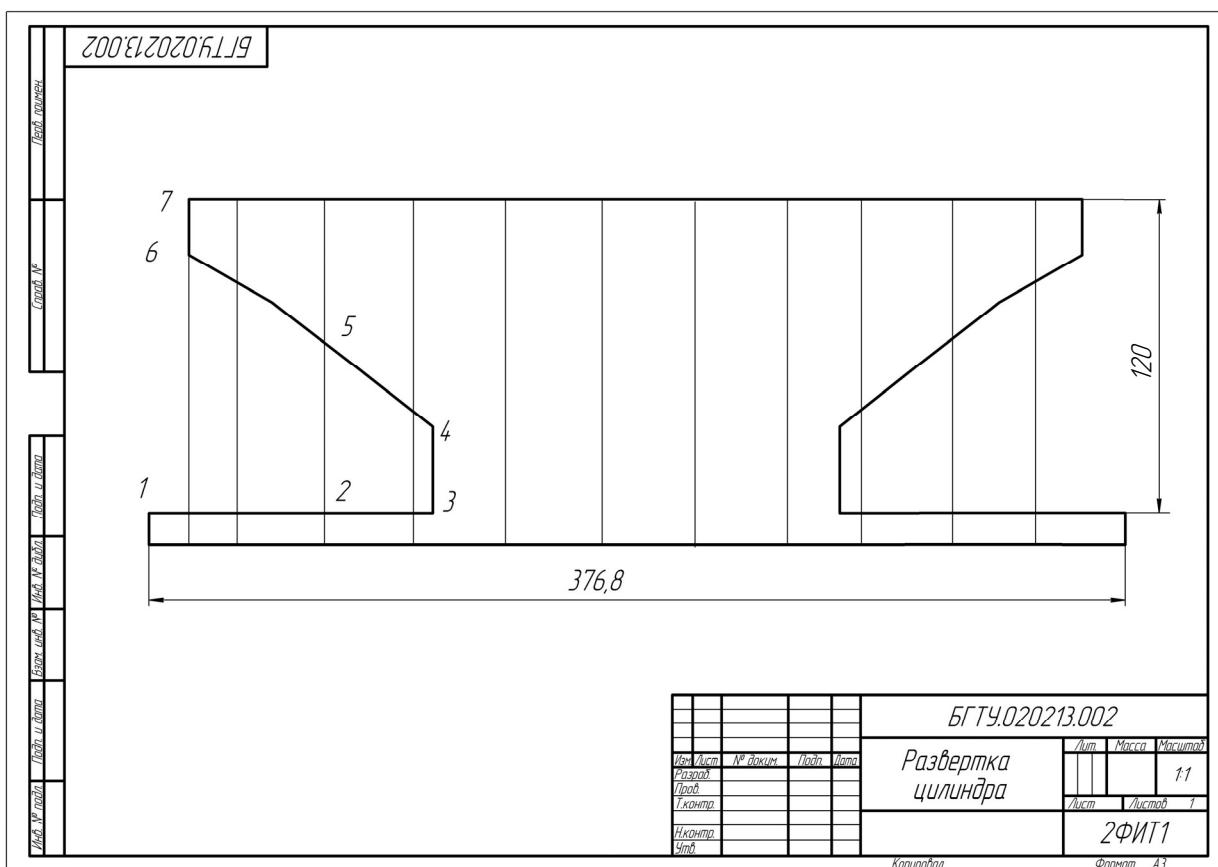


Рис. 2.45

Развертка боковой поверхности конуса, как отмечалось выше, представляет собой круговой сектор, радиус которого равен натуральной величине длины образующей. В системе КОМПАС-3D версии 15 и выше построение развертки боковой поверхности конуса удобно выполнять с помощью команд библиотеки Машиностроение (Механика) – Оборудование – Развертки . В этом случае достаточно указать точку на поверхности трехмерной модели конуса и выбрать формат чертежа, на котором система построит развертку. Пример оформления чертежа развертки конуса приведен на рис. 2.24.

Задача 3. Построение аксонометрической проекции фигуры – поверхности вращения.

Аксонометрическая проекция создается в системе КОМПАС и формируется с помощью команд этой системы. Исходными данными для чертежа являются трехмерная модель геометрической фигуры и выбранный аксонометрический вид – изометрия или диметрия в осях X , Y , Z . На рис. 2.46 приведен пример аксонометрической проекции конуса, модель которого построена в примере 1.5. Чертеж необходимо дополнить осями и обозначением точек на линии пересечения конической поверхности плоскостями.

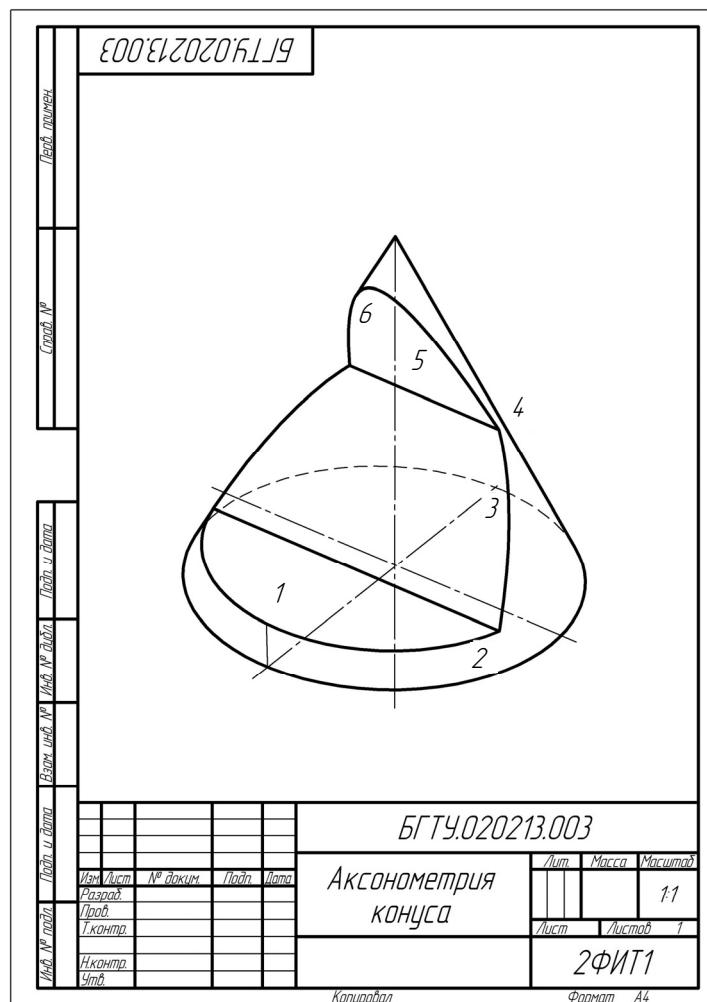


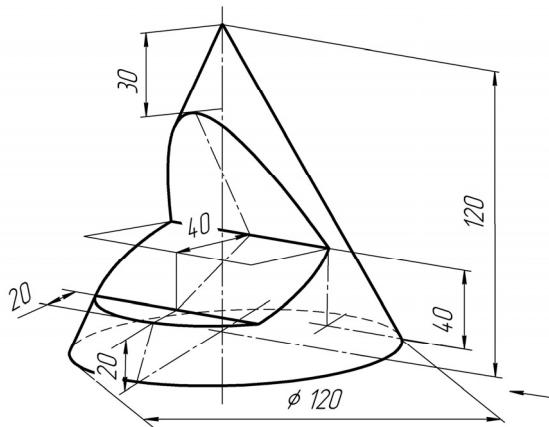
Рис. 2.46

В п. 2.2.3 даны варианты индивидуальных заданий для выполнения расчетно-графической работы № 2б по теме «Пересечение поверхностей вращения плоскостями». С целью улучшения наглядности фигуры имеют произвольное трехмерное изображение и расположение и не являются образцом каких-либо стандартных проекций. Не копировать!

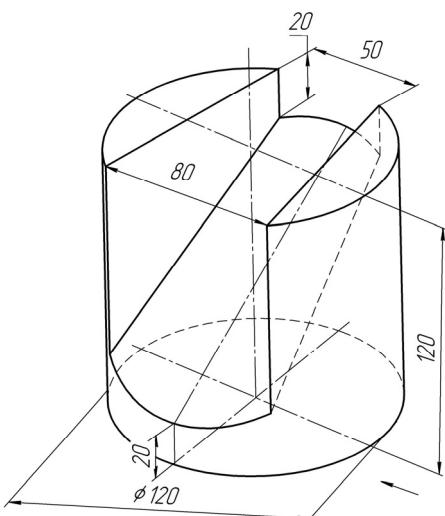
Стрелка на задании указывает направление главного вида для готовых чертежей.

2.2.3. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 26 по теме «Пересечение поверхностей вращения плоскостями»

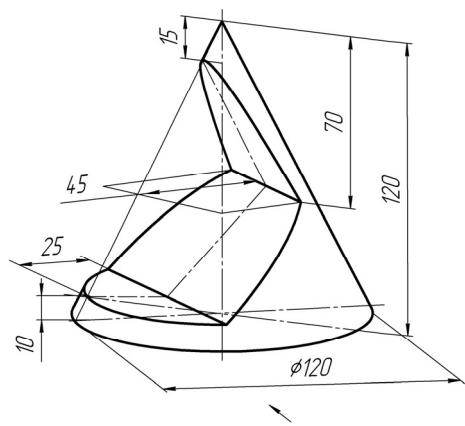
Вариант 1



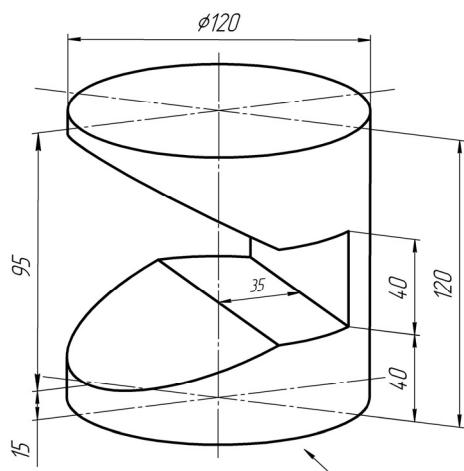
Вариант 2



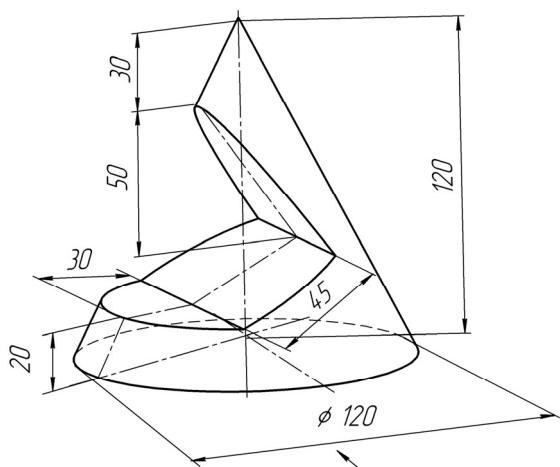
Вариант 3



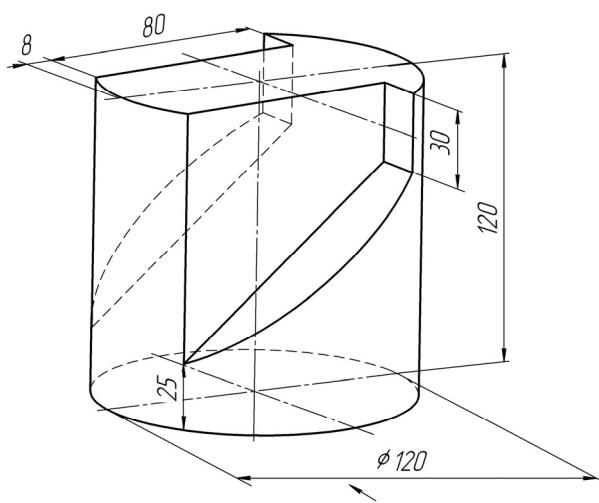
Вариант 4



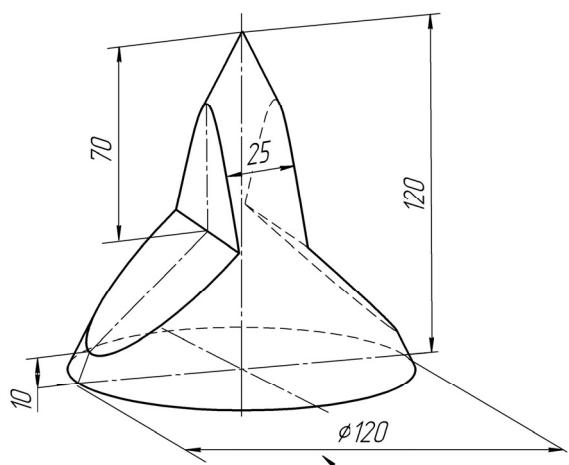
Вариант 5



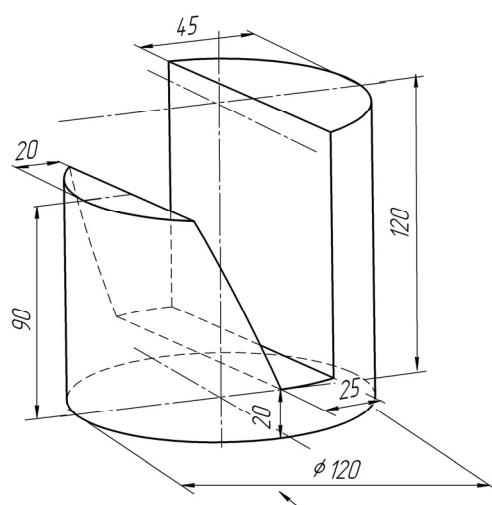
Вариант 6



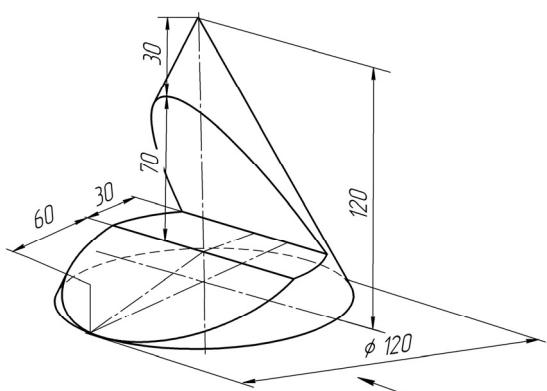
Вариант 7



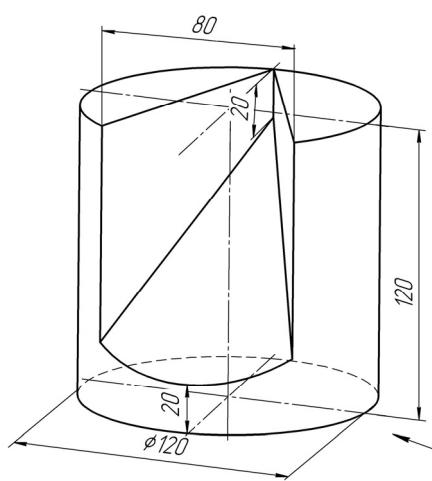
Вариант 8



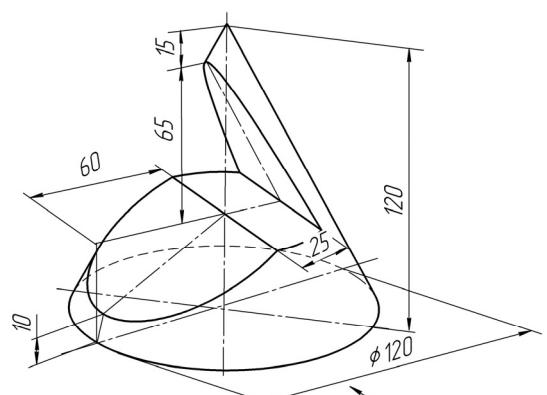
Вариант 9



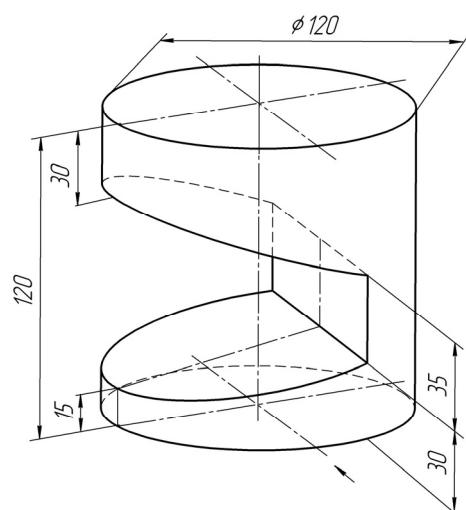
Вариант 10



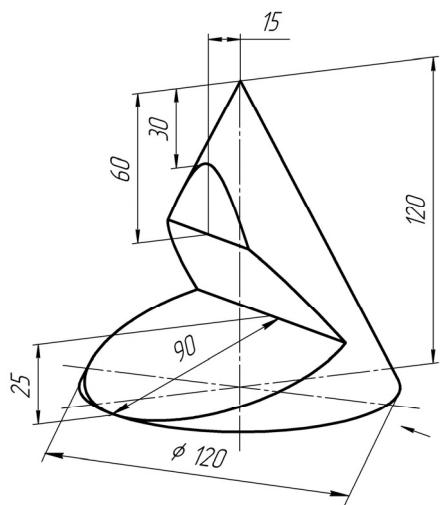
Вариант 11



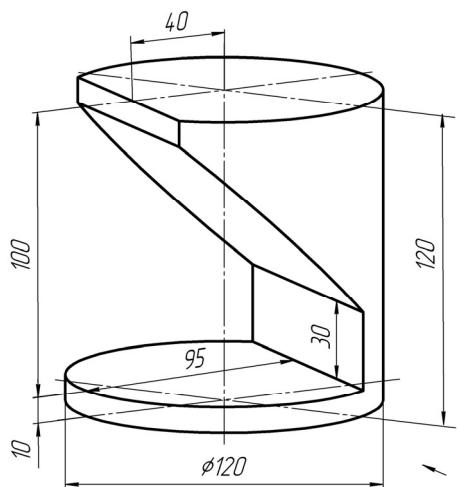
Вариант 12



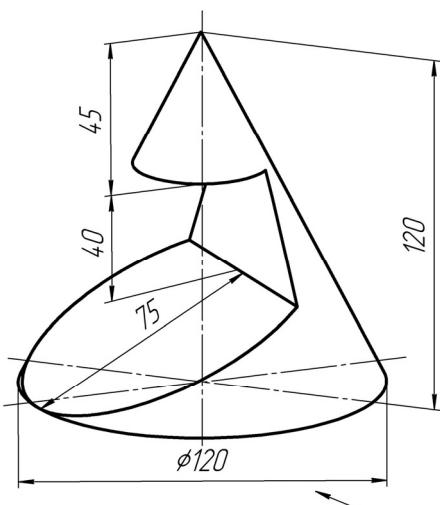
Вариант 13



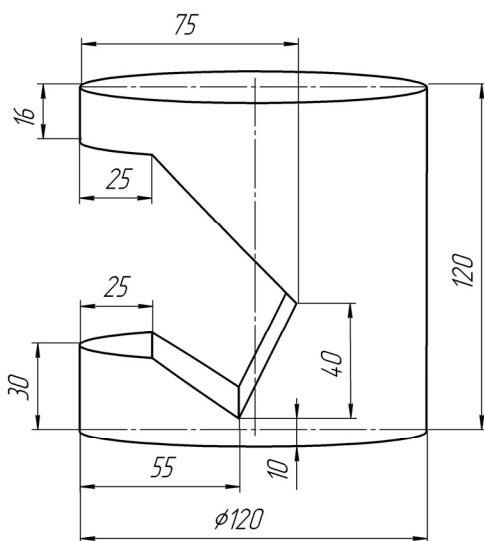
Вариант 14



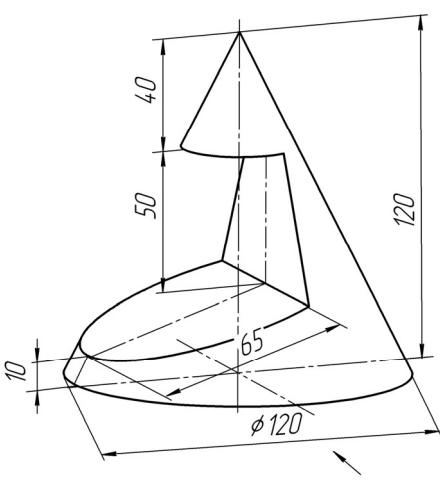
Вариант 15



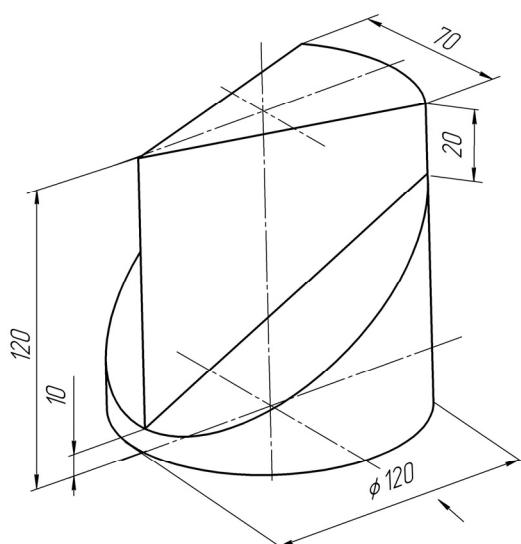
Вариант 16



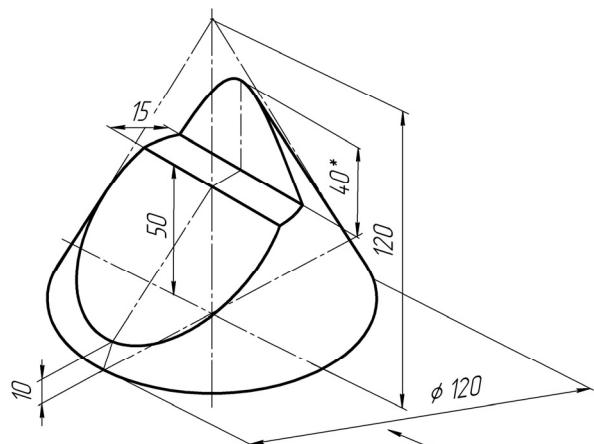
Вариант 17



Вариант 18

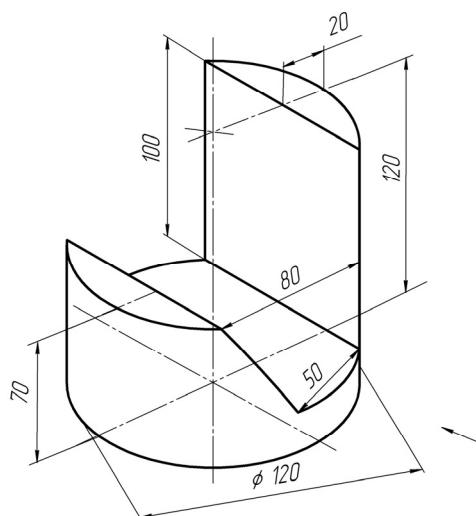


Вариант 19

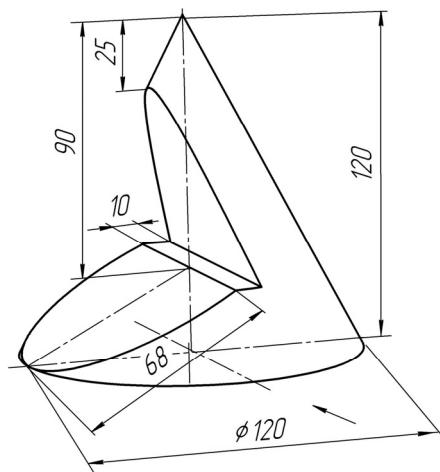


* Размер для справок

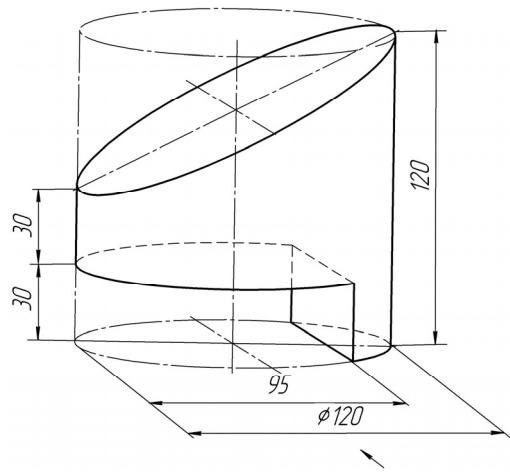
Вариант 20



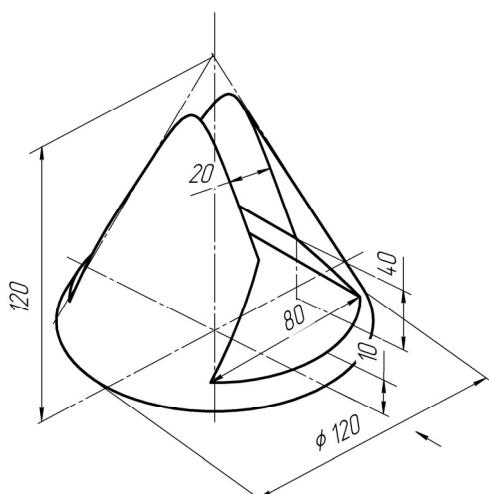
Вариант 21



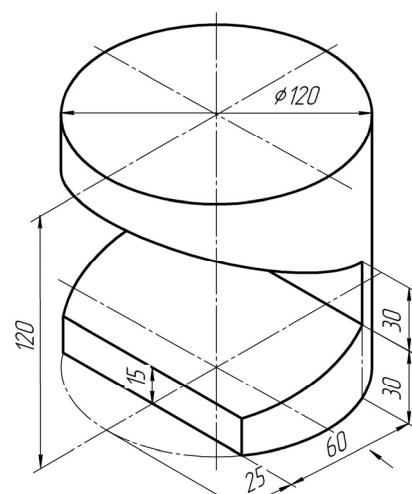
Вариант 22



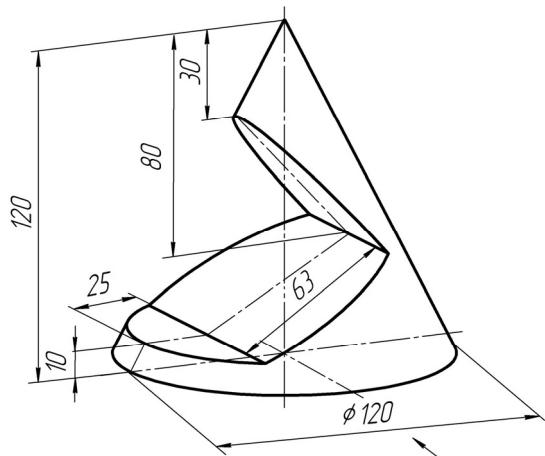
Вариант 23



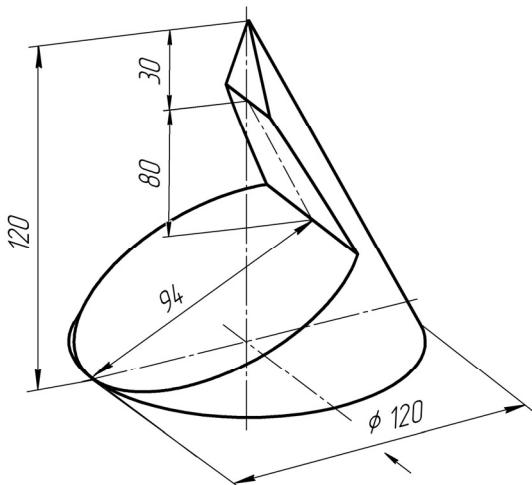
Вариант 24



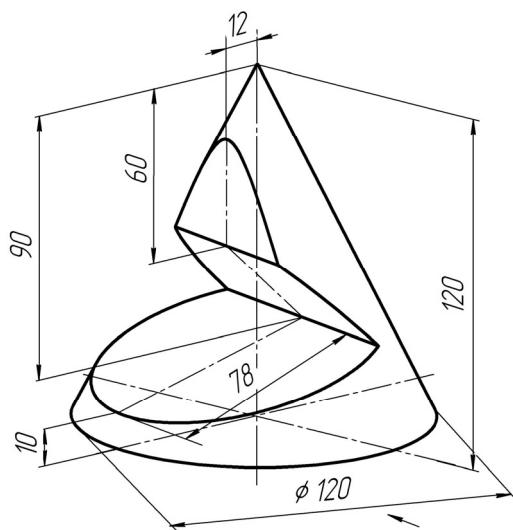
Вариант 25



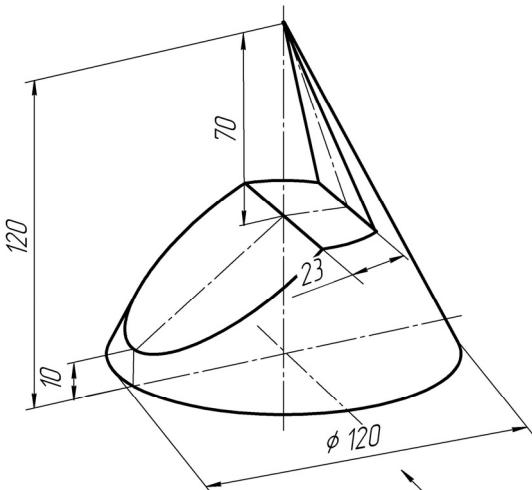
Вариант 26



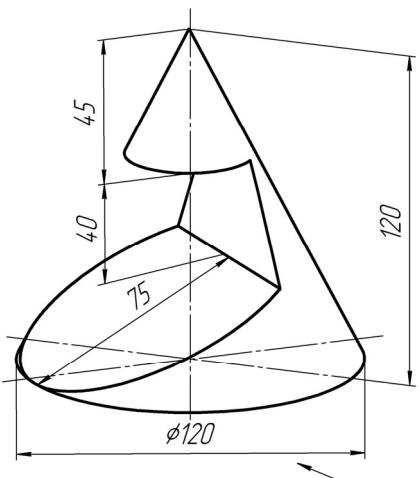
Вариант 27



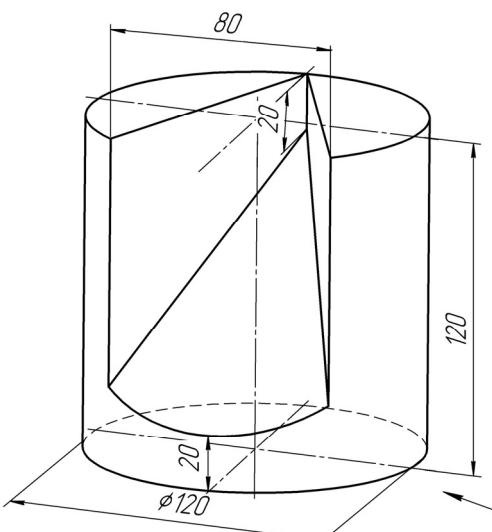
Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30





Расчетно-графическая работа № 3

ВЗАЙМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ И ГРАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Задание: построить модель и чертеж геометрического тела со сквозными взаимно-перпендикулярными отверстиями, представляющими собой гранные поверхности или поверхности вращения. На чертеже выполнить целесообразные разрезы.

3.1. Указания по выполнению задания

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Определить свой вариант и выбрать чертеж-задание из п. 3.4 или 3.5 (по указанию преподавателя).
2. Построить трехмерную модель заданной фигуры в системе КОМПАС. Размеры модели могут отличаться от заданных на $\pm 1\text{--}2$ мм.
3. Создать чертеж на формате А3, содержащий три проекции геометрической фигуры. Масштаб выбирается таким образом, чтобы изображения занимали весь лист. Предпочтительный масштаб 1:1.
5. Вид слева совместить с разрезом относительно вертикальной оси.
6. Дополнительно на этом же чертеже разместить аксонометрическую проекцию фигуры в масштабе 1:2.
4. Обозначить точки на линиях пересечения на всех видах и разрезах.

3.2. Основные теоретические положения.

**Взаимное пересечение поверхностей вращения и многогранников.
Способы построения линий пересечения на чертеже**

Построение чертежа геометрического тела, содержащего *три* различные взаимно-пересекающиеся поверхности (так называемое двойное проницание), сводится к нахождению общих точек на этих поверхностях. Для прямолинейных участков достаточно двух точек, криволинейные участки линии пересечения должны содержать не менее 4–5 точек с обязательным отображением характерных точек. Построения выполняются в следующей последовательности:

1. Странят проекции геометрических тел со сквозными отверстиями.
2. Выясняют характер линий взаимного пересечения поверхностей.
3. Находят характерные точки линий взаимного пересечения поверхностей и строят их проекции.
4. Намечают достаточное количество промежуточных точек и строят их проекции.
5. Соединяют полученные точки в логически продуманной последовательности.
6. Выполняют целесообразные разрезы.

Пример 1. Построить три проекции прямого кругового цилиндра с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями: одно – цилиндрическое фронтально-проецирующее, другое – призматическое трехгранное горизонтально-проецирующее (рис. 3.1).

Проанализируем характер линий пересечения. Две цилиндрические поверхности пересекаются по кривым линиям, фронтальные их проекции совпадают с фронтальной

проекцией цилиндрического отверстия, а горизонтальные проекции – с горизонтальной проекцией заданного цилиндра. Так как обе кривые одинаковы и ветви их симметричны, то на рис. 3.1 обозначены точки только правой ветви передней кривой пересечения.

Характерными (опорными) являются точки 1, 5 и 3 пересечения верхней, нижней и крайней правой образующих цилиндрического отверстия с поверхностью заданного цилиндра, в качестве промежуточных намечены точки 2 и 4. Отмечаем фронтальные проекции указанных точек и по линиям связи строим их горизонтальные и профильные проекции.

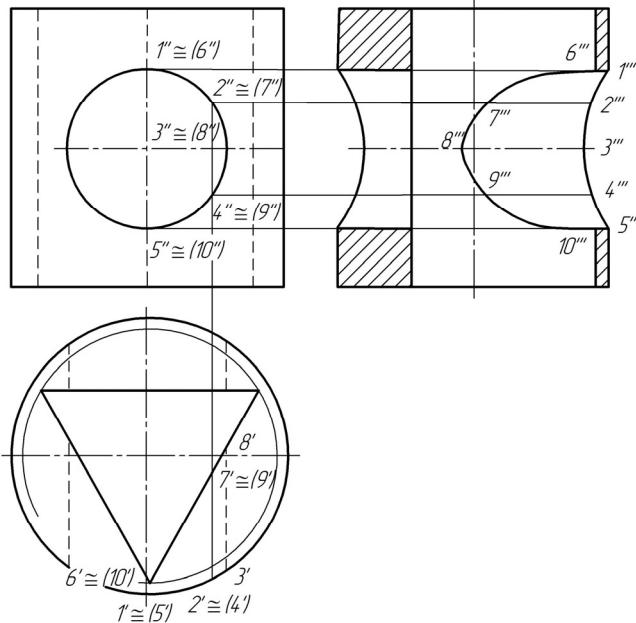


Рис. 3.1

Призматическое отверстие пересекает цилиндрическое по трем кривым линиям, задняя грань призмы – по окружности, а две боковые грани – по эллиптическим кривым. Фронтальные проекции кривых совпадают с фронтальной проекцией цилиндрического отверстия, а горизонтальные – с горизонтальной проекцией призматического отверстия.

Опорными точками являются: точки 6 и 10 пересечения переднего ребра призмы с поверхностью цилиндрического отверстия и точка 8 пересечения крайней правой образующей цилиндрического отверстия с боковой гранью призмы. Промежуточные точки – 7 и 9. Построение проекций точек производится, как и в предыдущем случае, по линиям связи.

Пример 2. Построить три проекции усеченного кругового конуса с горизонтально-проецирующим цилиндрическим и фронтально-проецирующим пятигранным призматическим отверстиями (рис. 3.2).

Нижняя грань призмы пересекает поверхность конуса по дугам окружности, верхние боковые и нижние боковые грани – по эллиптическим кривым. Опорные точки 1, 4, 6 являются точками пересечения ребер призмы с поверхностью конуса; точка 7 характерна тем, что лежит на крайней образующей (главном меридиане) на профильной плоскости проекций; 3 и 5 – промежуточные точки. Отмечаем сначала фронтальные проекции точек, а горизонтальные проекции строим при помощи параллелей (окружностей) конуса, лежащих в горизонтальных плоскостях. На рис. 3.2 показано построение точек 2 и 5, лежащих в плоскостях α (α'') и β (β'').

Профильные проекции точек строим по их фронтальным и горизонтальным проекциям при помощи линий связи. На рис. 3.2 показано построение одной из ветвей с точками 8, 9 и 10.

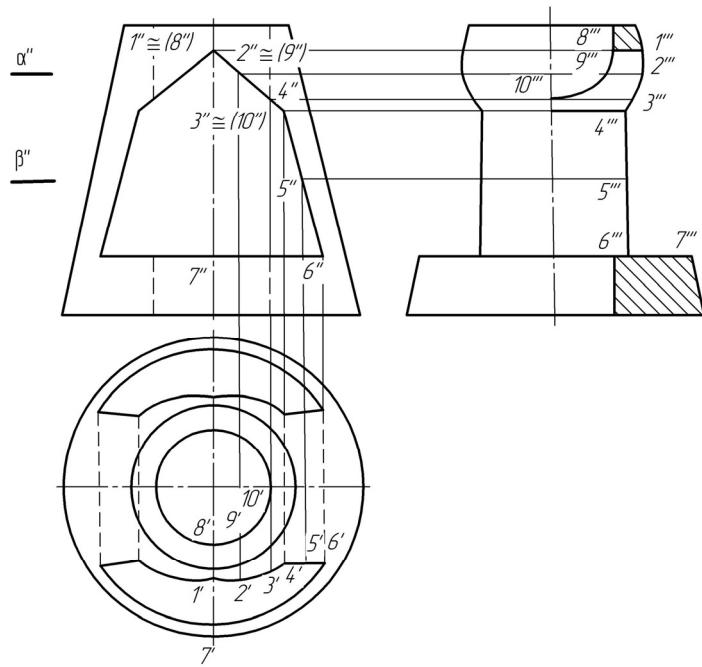


Рис. 3.2

Пример 3. Построить сферу с двумя взаимно-перпендикулярными пересекающимися отверстиями: цилиндрическим горизонтально-проецирующим и призматическим фронтально-проецирующим (рис. 3.3).

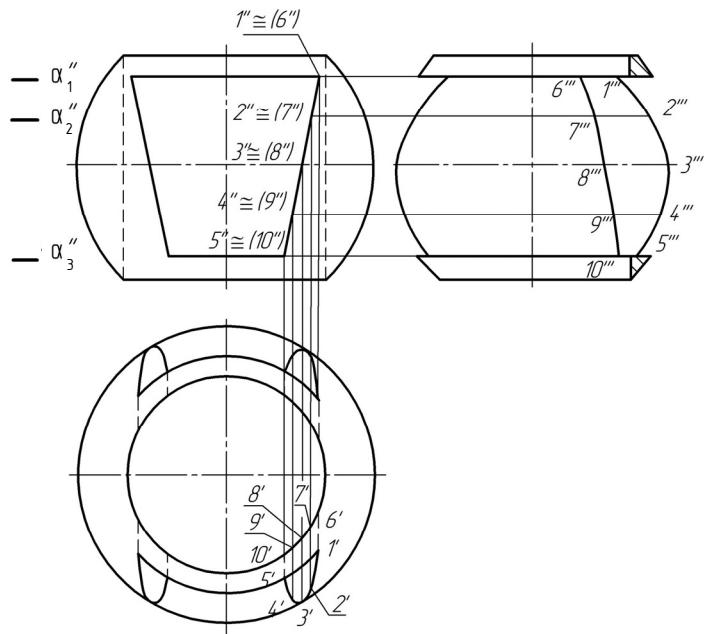


Рис. 3.3

Сфера и цилиндр (цилиндрическое отверстие) как соосные поверхности вращения пересекаются по окружностям, фронтальные и профильные проекции которых представляют собой отрезки прямых. Горизонтальная проекция линии пересечения представлена окружностью, совпадающей с горизонтальной проекцией цилиндра. Верхняя и нижняя грани призматического отверстия пересекают поверхность сферы по дугам окружностей, представленным на горизонтальной проекции. На профильную плоскость эти дуги проецируются

в виде горизонтальных отрезков прямых. Линии, образующиеся от пересечения сферы с боковыми гранями призмы, проецируются на горизонтальную и профильную плоскости проекций как части эллипсов.

На рис. 3.3 показано построение дуги с точками 1, 2, 3, 4, 5. Опорные точки 1 и 5 являются точками пересечения ребер призмы с поверхностью сферы. Точка 3 характерна тем, что лежит на экваторе сферы, 2 и 4 – промежуточные точки.

Отмечаем сначала фронтальные проекции точек. Горизонтальные проекции построены с помощью параллелей сферы, лежащих в горизонтальных плоскостях.

На рис. 3.3 показано построение точек 1 и 2, лежащих в плоскостях α_1 (α_1''), α_2 (α_2'').

Горизонтальные грани призматического отверстия пересекают цилиндрическое отверстие по дугам окружностей, а боковые грани – по эллиптическим кривым. На рис. 3.3 показано построение одной из кривых пересечения с точками 6, 7, 8, 9, 10.

3.3. Построение моделей и чертежей фигур, образованных взаимным пересечением граничных поверхностей и поверхностей вращения

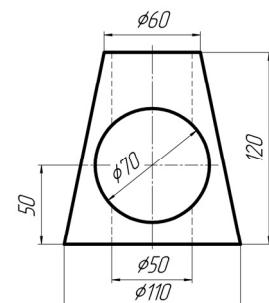
Расчетно-графическая работа № 3 состоит из одной задачи и выполняется с использованием компьютерной технологии путем трехмерного моделирования заданных фигур с последующим автоматизированным формированием чертежа, содержащего три проекции с линиями пересечения и разрез, совмещенный с профильной проекцией.

Рассмотрим порядок построения моделей некоторых фигур.

Пример 1. Построить модель и чертеж усеченного конуса со сквозными взаимно-перпендикулярными цилиндрическими отверстиями (рис. 3.4).

Трехмерная модель конуса с отверстиями строится в следующей последовательности (система КОМПАС):

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Деталь**.
2. Открыть в Дереве модели Начало координат и выбрать плоскость **ZX**.
3. Перейти в режим **Эскиз**
4. Построить окружность диаметром 110 мм.
5. Выйти из режима **Эскиза** (повторно нажать).
6. В Дереве модели указать этот эскиз, выбрать команду **Редактирование детали** и **Выдавливание** .
7. В строке Свойства задать Направление Прямое и размеры конуса: Расстояние 1 (высота): 120 мм, Уклон Внутрь: 12°.
8. Завершить операцию, нажав кнопку в строке Свойств.
- 9-1. Проверить полученное верхнее основание конуса (оно должно иметь диаметр 60 мм). Для этого построить Смещенную плоскость относительно плоскости **ZX** на расстоянии 120 мм. На этой плоскости построить эскиз , содержащий окружность диаметром 60 мм.
- 9-2. Выйти из эскиза – нажать
- 9-3. При необходимости изменить диаметр верхнего основания конуса – подвести курсор в Дереве модели к ранее выполненной операции выдавливания – **Операция выдавливания: 1**, нажать правую кнопку мыши, выбрать в контекстном меню команду **Редактировать** и изменить угол выдавливания, чтобы диаметр основания соответствовал диаметру окружности на смещенной плоскости.



Rис. 3.4



Рис. 3.5

9-4. Завершить операцию, нажав на кнопку в строке свойств.

10. Указать команду **Ориентация** **Ориентация** и установить Вид Спереди. Закрыть окно, нажав Выход. В Дереве модели выбрать плоскость **XY**.

11. Перейти в режим **Эскиза** (нажать).

13. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , построить на этой плоскости окружность диаметром 70 мм (рис. 3.5).

14. Выйти из режима **Эскиза** (нажать).

15. На панели **Редактирование** детали выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка).

16. В строке Свойства указать Направление: два направления, Расстояние 1: 70 мм и Расстояние 2: 70 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за линией пересечения.

17. Завершить операцию, нажав на кнопку в строке Свойств.

18. На конусе появится сквозное горизонтальное отверстие.

19. Выбрать построенную ранее Смещенную плоскость относительно основания на 120 мм.

20. В режиме **Эскиза** на этой плоскости построить окружность диаметром 50 мм (рис. 3.6).

21. Выйти из режима эскиза и вырезать выдавливанием сквозное вертикальное отверстие в конусе.

22. Завершить операцию, нажав в строке Свойств.

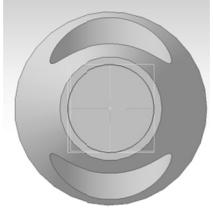
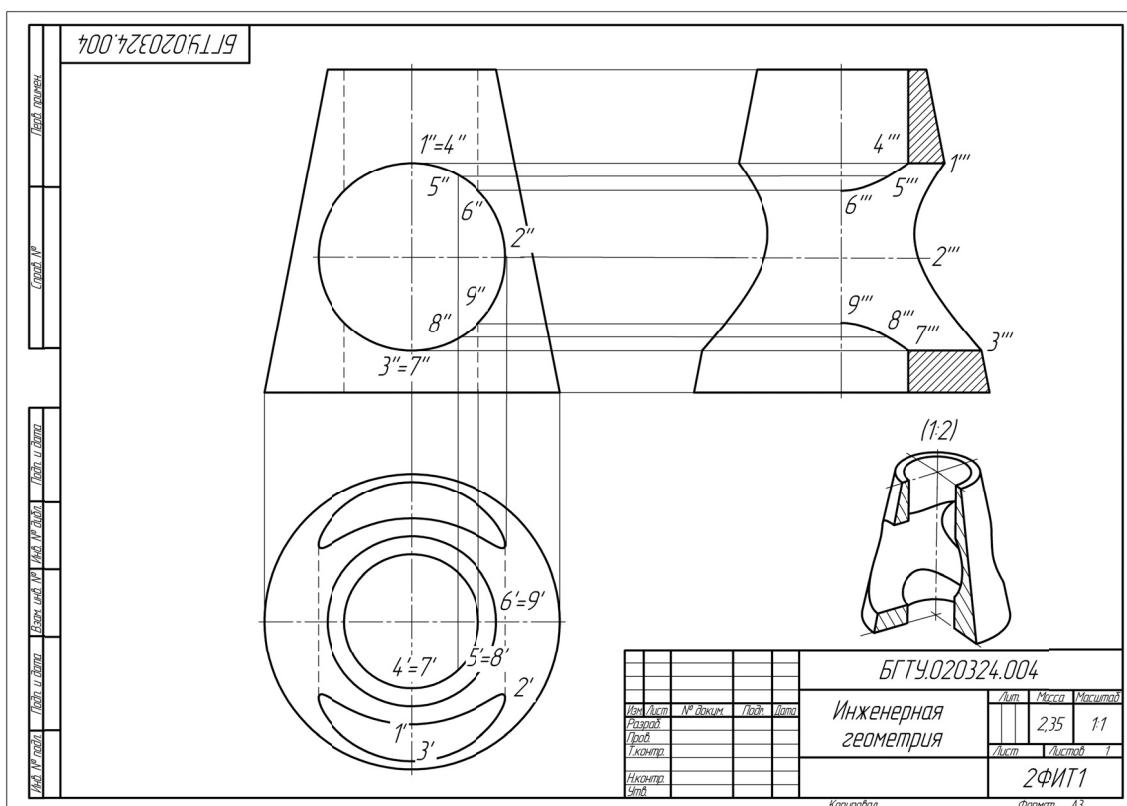
23. Проверить правильность полученных видов, выбрав команду **Ориентация** и последовательно **Вид Спереди** (установить), **Сверху** (установить), **Слева** (установить). 

Рис. 3.6

24. Выйти из команды (Выход) и сохранить модель.

Чертеж к примеру 1 приведен на рис. 3.7.



Создание чертежа построенной модели конуса.

1. Выбрать в основном меню: **Файл – Создать – Чертеж**.
2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа.
3. Открыть окно Виды или выбрать в основном меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.
4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью конуса и открыть его.
5. В строке свойств выбрать Схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.
6. В этой же строке свойств нажать кнопку **Линии** и включить Невидимые линии и Линии переходов.
7. Расставить виды на поле чертежа и нажать .

8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными с моделью и изменения формы фигуры на видах не допускаются. Можно редактировать только трехмерную модель.

9. На виде слева достроить разрез. Если фигура симметрична относительно вертикальной оси, разрез можно построить только на правой половине вида. В этом случае штриховые линии невидимого контура на оставшейся половине вида нужно удалить. Если разрез несимметричен, то он выполняется полностью, без совмещения с видом.

Пример 2. Построить трехмерную модель закрытого тора (бочки) с горизонтальным и вертикальным сквозными цилиндрическими отверстиями (рис. 3.8).

Трехмерная модель закрытого тора строится в следующей последовательности (система КОМПАС):

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Деталь**.
2. Открыть в Дереве модели Начало координат.
3. Выбрать плоскость **ZY**.
4. Перейти в режим **Эскиза** .
5. Построить контур половины бочки (рис. 3.9).
Вертикальная линия должна быть **Осевой!**
Ориентацию эскиза не трогать и не менять! Для перемещения эскиза использовать клавиши Shift и колесико мыши.
6. Выйти из режима **Эскиза** (повторно нажать кнопку ).
7. В Дереве модели указать этот эскиз, выбрать команду **Редактирование детали**  и указать операцию **Вращение**      . Кнопка находится в том же ряду команд, что и **Выдавливание**. (Проследить за тем, чтобы режим тонких стенок был выключен – настройка по умолчанию).
8. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.
9. В Дереве модели выбрать Плоскость **XY**.
10. Перейти в режим **Эскиз** .
11. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , построить на этой плоскости окружность диаметром 70 мм (рис. 3.10). В этом режиме деталь можно уменьшать/увеличивать колесиком мыши, а для перемещения по экрану изображения фигуры дополнительно нажимать клавишу Shift.
12. Выйти из режима **Эскиза** (нажать на кнопку ).
13. На панели **Редактирование детали** выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка ).
14. В строке Свойств указать **Направление**: два направления, Расстояние 1 = 70 мм и Расстояние 2 = 70 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за изменениями положения секущих плоскостей.
15. Завершить операцию, нажав на  в строке Свойств.

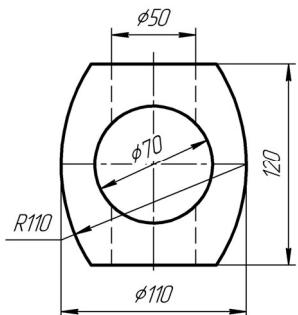


Рис. 3.8

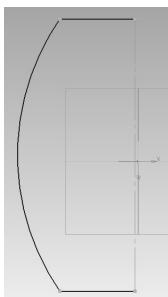


Рис. 3.9

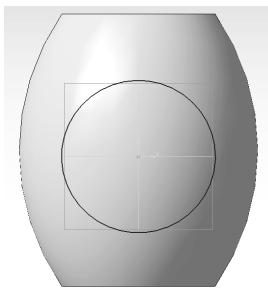


Рис. 3.10

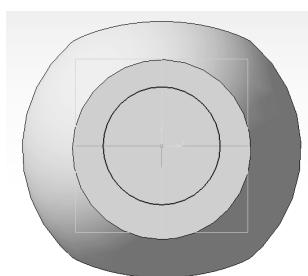


Рис. 3.11

16. На поверхности бочки сформируется сквозное горизонтальное отверстие.

17. Осталось построить сквозное вертикальное отверстие (рис. 3.11).



Выбрать команду **Ориентация** и установить Вид Сверху. Закрыть окно, нажав Выход.

18. В Дереве модели выбрать Плоскость ZX.

19. Перейти в режим Эскиз .

20. Открыть инструментальную панель Геометрия , построить на этой плоскости окружность диаметром 50 мм (отклонение ±1 мм).

21. Выйти из режима Эскиза (нажать на кнопку .

22. На панели Редактирование детали выбрать Вырезать выдавливанием (кнопка).

23. В строке Свойств указать Направление: два направления, Расстояние 1 = 70 мм и Расстояние 2 = 70 мм. Модель можно поворачивать, наблюдая за положением секущих плоскостей.

24. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.

25. Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде **Ориентация** последовательно Вид Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить). Выйти из команды (Выход).

26. Сохранить модель.

Построение чертежа, содержащего три стандартных вида бочки.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**.

2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа .

3. Открыть окно Виды или выбрать в основном меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.

4. В появившемся окне выбрать файл с моделью бочки и открыть его.

5. В строке Свойств выбрать Схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.

6. В этой же строке свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.

7. Расставить виды на поле чертежа и нажать в строке Свойств кнопку .

8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными и никакие изменения на видах не допускаются. Можно редактировать только модель.

9. Заполнить основную надпись.

Пример 3. Построить трехмерную модель сферы с горизонтальным треугольным призматическим отверстием и вертикальным цилиндрическим отверстием (рис. 3.12).

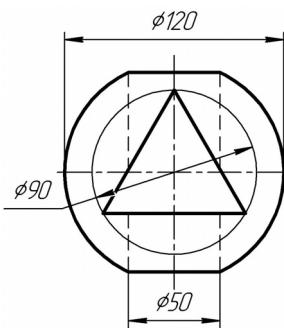


Рис. 3.12

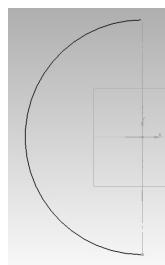


Рис. 3.13

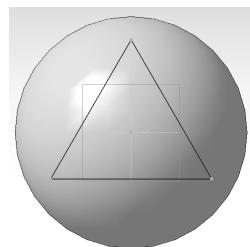


Рис. 3.14

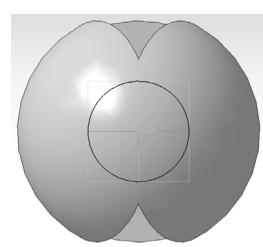


Рис. 3.15

Трехмерная модель сферы с вырезами строится в следующей последовательности (система КОМПАС):

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Деталь**.
2. Открыть в Дереве модели Начало координат.
3. Выбрать плоскость **ZY**.
4. Перейти в режим **Эскиза**
5. Построить половину окружности по заданным размерам. Это будет дуга радиусом 60 мм (рис. 3.13). Вертикальная линия должна быть *осевой!*! Ориентацию эскиза не трогать и не менять! Для перемещения эскиза использовать клавиши Shift и колесико мыши.
6. Выйти из режима **Эскиза** (повторно нажать
7. В Дереве модели указать этот эскиз, выбрать команду **Редактирование детали** и указать операцию **Вращение** . (Проследить за тем, чтобы режим тонких стенок был выключен).
8. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.
9. В Дереве модели выбрать Плоскость **XY**.
10. Перейти в режим **Эскиз**
11. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , построить на этой плоскости окружность диаметром 90 мм (тонкой линией), и вписать в эту окружность треугольник (основной линией) (рис. 3.14).
12. Выйти из режима **Эскиза** (нажать
13. На панели **Редактирование детали** выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка
14. В строке Свойств указать Направление: два направления, Расстояние 1 = 70 мм и Расстояние 2 = 70 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за секущими плоскостями.
15. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.
16. На поверхности сферы сформируется сквозное горизонтальное треугольное отверстие.
17. Осталось построить сквозное вертикальное цилиндрическое отверстие. Выбрать ко-



mando **Ориентация** **Ориентация** и установить Вид Сверху. Закрыть окно, нажав Выход.

18. В Дереве модели выбрать плоскость **ZX**.
19. Перейти в режим **Эскиз**
20. Открыть инструментальную панель **Геометрия** , построить на плоскости **ZX** окружность диаметром 50 мм (допустимое отклонение размера ± 1 мм) (рис. 3.15).
21. Выйти из режима **Эскиза** (нажать
22. На панели **Редактирование детали** выбрать **Вырезать выдавливанием** (кнопка
23. В строке Свойств указать Направление: два направления, Расстояние 1 = 70 мм и Расстояние 2 = 70 мм. Модель можно повернуть, наблюдая за секущими плоскостями.
24. Завершить операцию, нажав на в строке Свойств.

25. Проверить правильность полученных видов, выбрав в команде Ориентация Виды Спереди (установить), Сверху (установить), Слева (установить).

26. Выйти из команды (Выход) и сохранить модель.

Построение чертежа, содержащего три стандартных вида сферы.

1. Выбрать в основном меню **Файл – Создать – Чертеж**.

2. Изменить формат чертежа с А4 на А3 с помощью менеджера документа

3. Открыть окно Виды или выбрать в основном меню **Вставка – Вид – Вид с модели – Стандартные**.

4. В открывшемся окне выбрать файл с моделью Сфера и открыть его.

5. В строке свойств выбрать Схему видов и изменить расстояние между видами с 15 мм (по умолчанию) на 50 мм по горизонтали и 25 мм по вертикали.

6. В этой же строке свойств нажать кнопку Линии и включить Невидимые линии и Линии переходов.

7. Расставить виды на поле чертежа и нажать

8. Достроить оси на каждом виде и обозначить точки на линиях пересечения на всех проекциях. Виды являются ассоциативно связанными и изменение линий фигуры на видах не допускается. Можно редактировать только модель.

9. Выполнить полразреза на виде слева. Допускается построение полного разреза на этом виде.

10. Заполнить основную надпись. Пример чертежа сферы приведен на рис. 3.16. Над основной надписью размещена аксонометрическая проекция фигуры в уменьшенном масштабе 1:2.

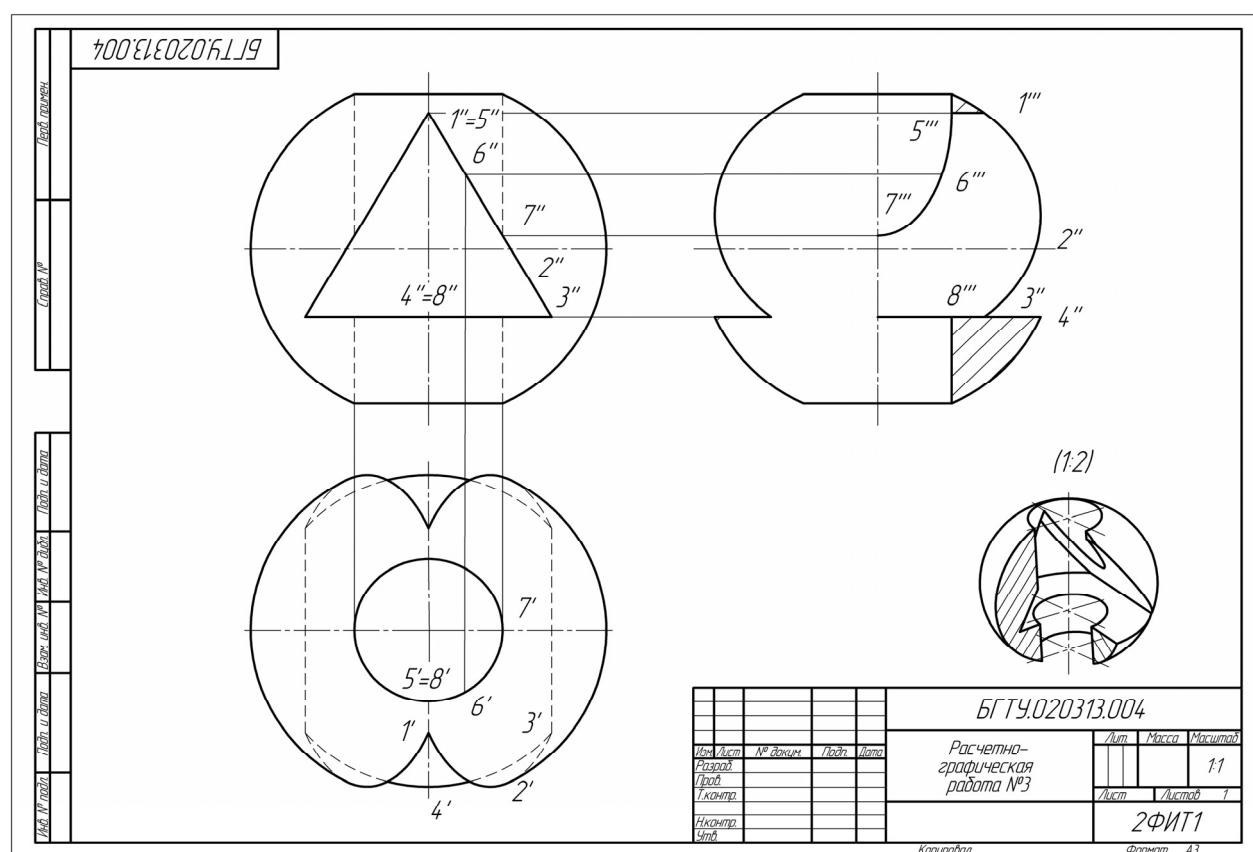
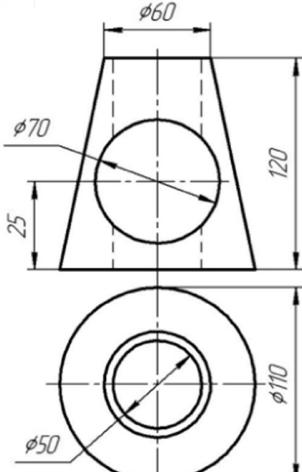
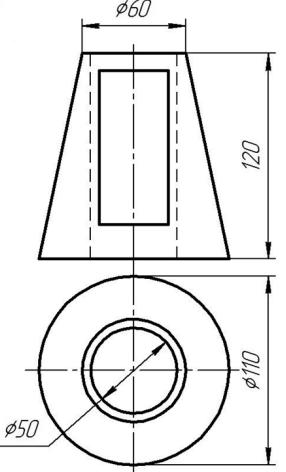
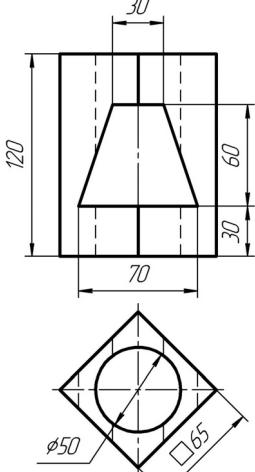
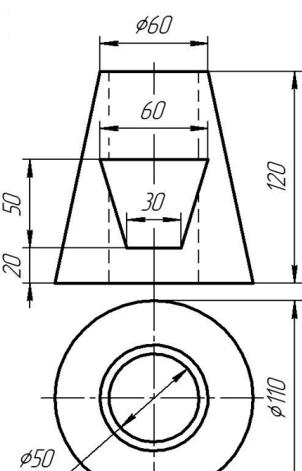
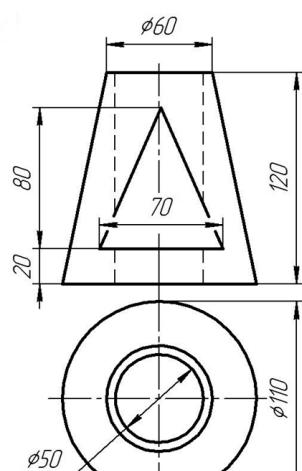
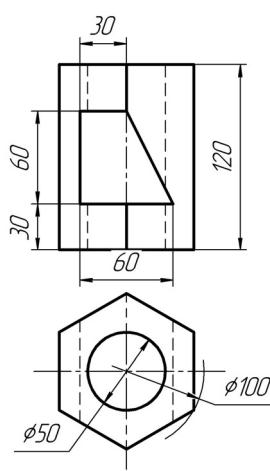
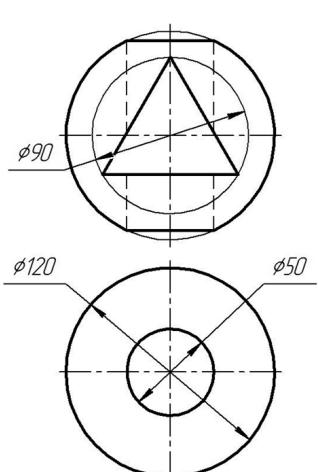
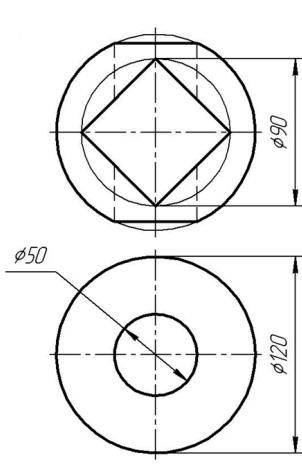
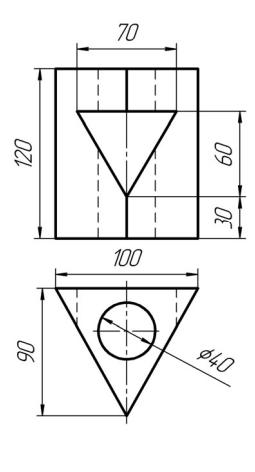


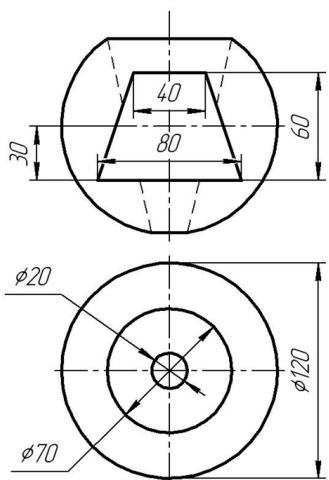
Рис. 3.16

В п. 3.4 и 3.5 даны варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 3 по теме «Взаимное пересечение поверхностей вращения и гранных поверхностей».

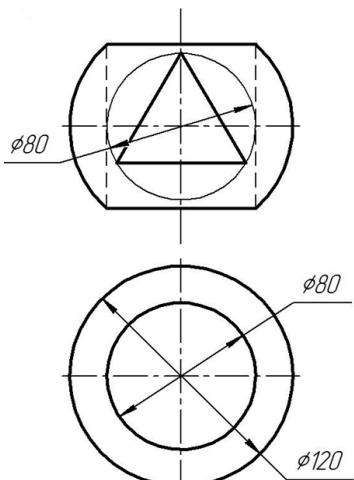
**3.4. Варианты заданий для выполнения
расчетно-графической работы № 3 «Взаимное пересечение
поверхностей вращения и граничных поверхностей»
(варианты № 1–30 для нечетных групп)**

Вариант 1 	Вариант 2 	Вариант 3 
Вариант 4 	Вариант 5 	Вариант 6 
Вариант 7 	Вариант 8 	Вариант 9 

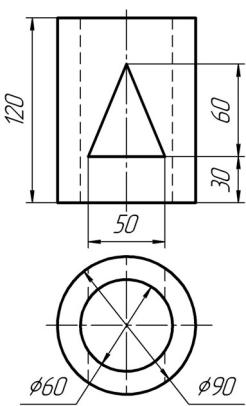
Вариант 10



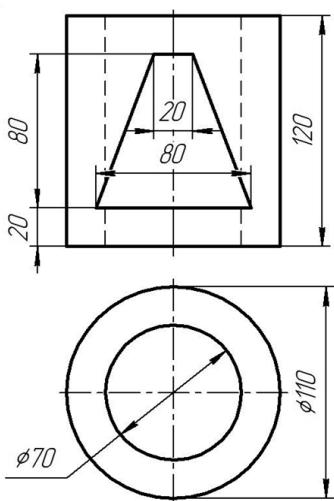
Вариант 11



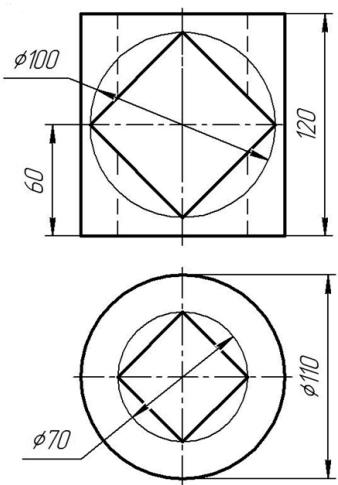
Вариант 12



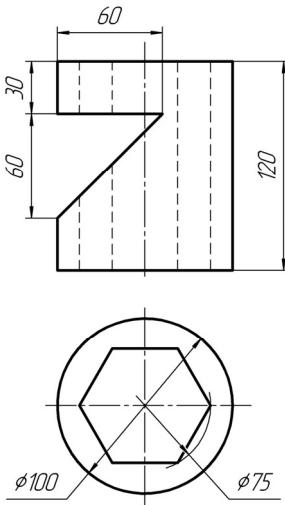
Вариант 13



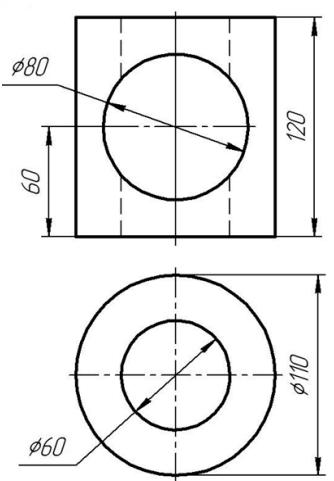
Вариант 14



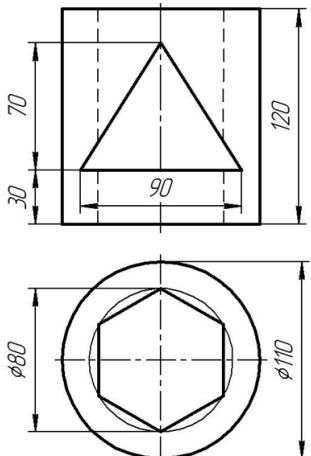
Вариант 15



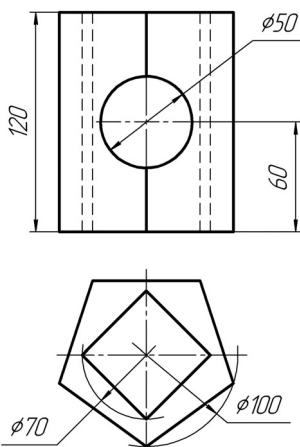
Вариант 16



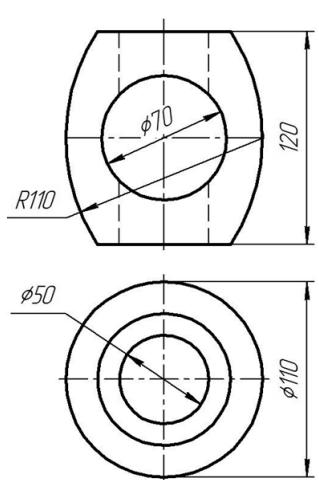
Вариант 17



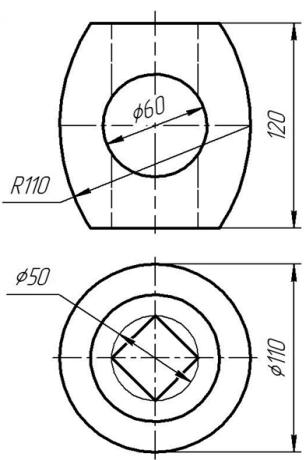
Вариант 18



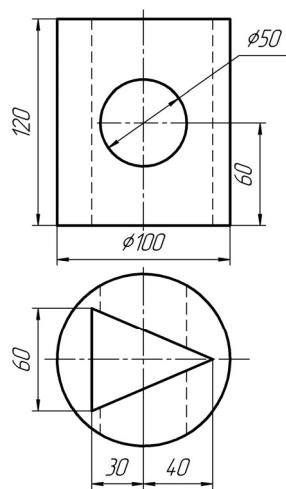
Вариант 19



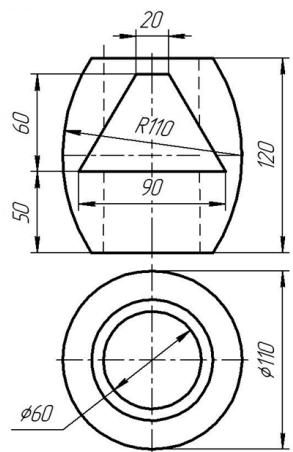
Вариант 20



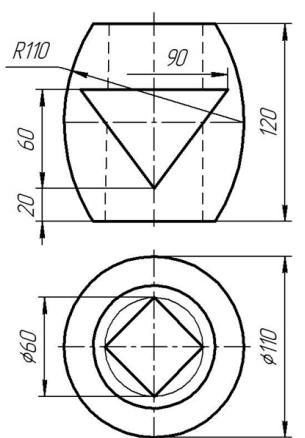
Вариант 21



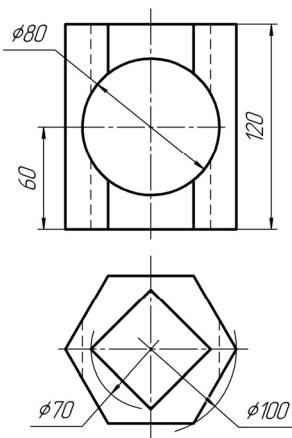
Вариант 22



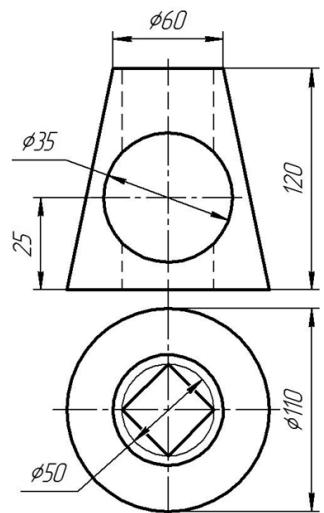
Вариант 23



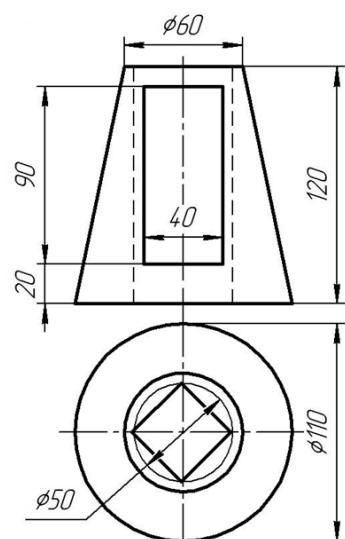
Вариант 24



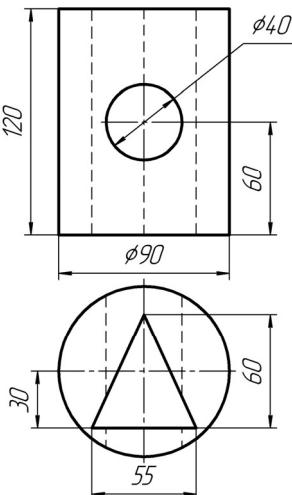
Вариант 25



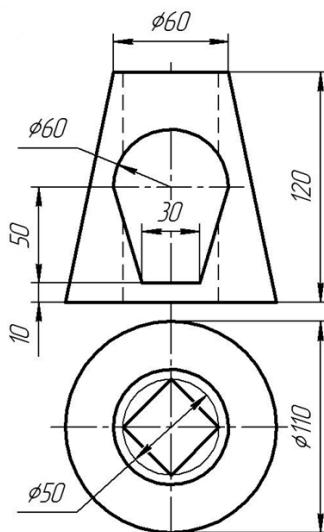
Вариант 26



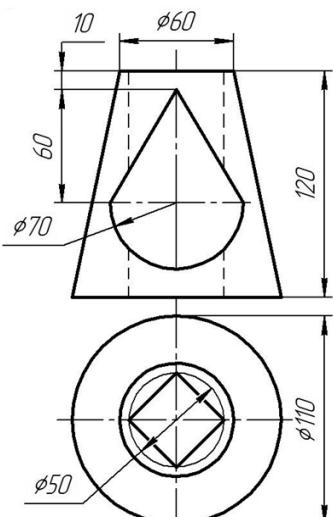
Вариант 27



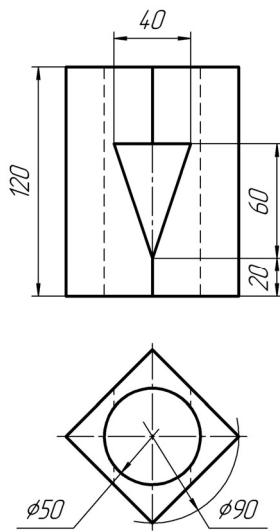
Вариант 28



Вариант 29

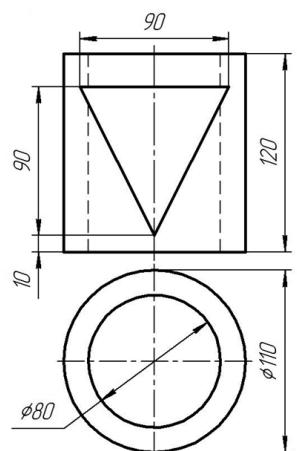


Вариант 30

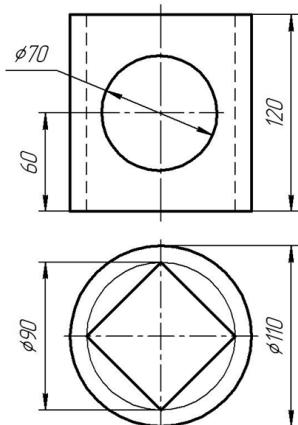


**3.5. Варианты заданий для выполнения
расчетно-графической работы № 3 «Взаимное пересечение
поверхностей вращения и гранных поверхностей»
(варианты № 31–63 для четных групп)**

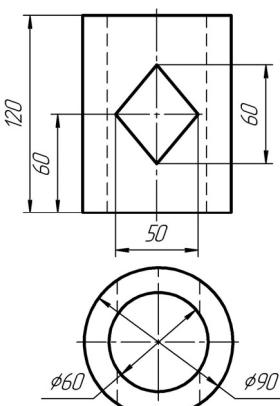
Вариант 31



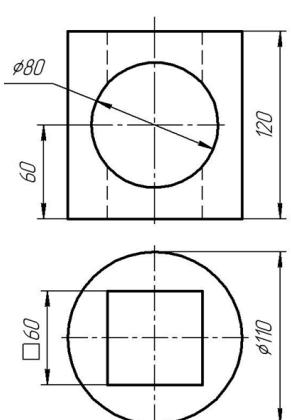
Вариант 32



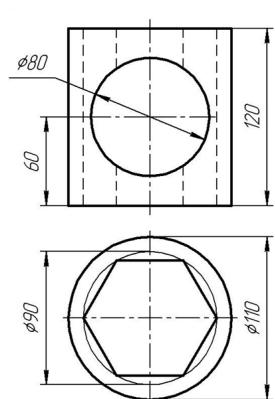
Вариант 33



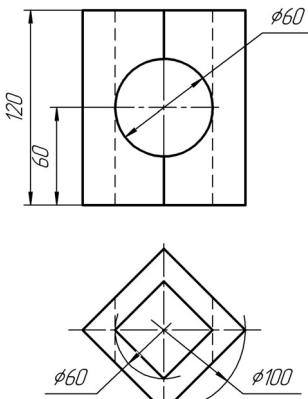
Вариант 34



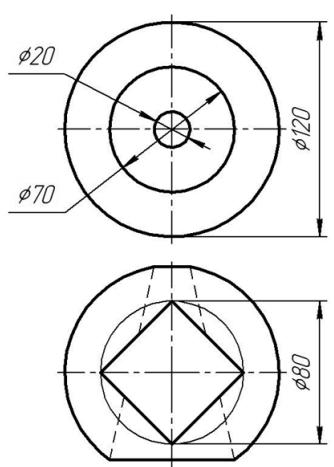
Вариант 35



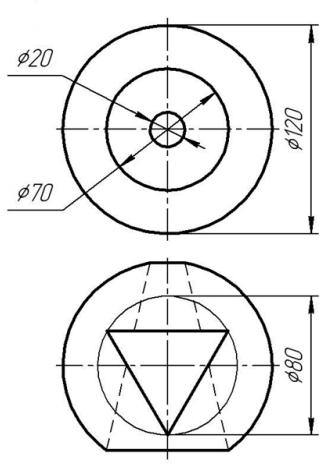
Вариант 36



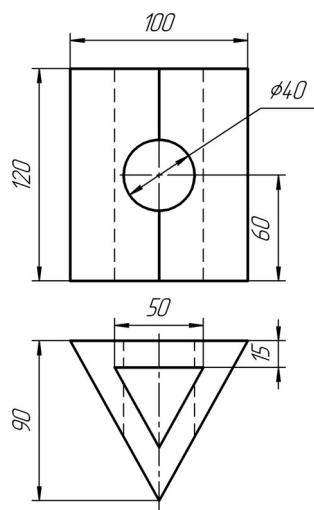
Вариант 37



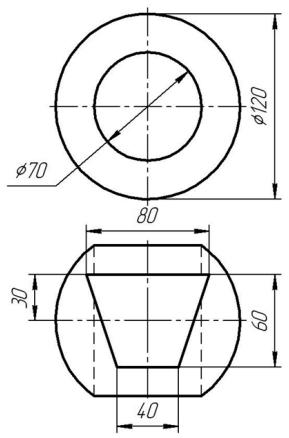
Вариант 38



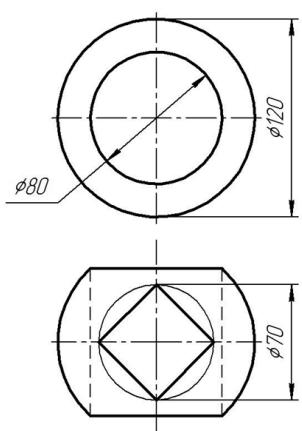
Вариант 39



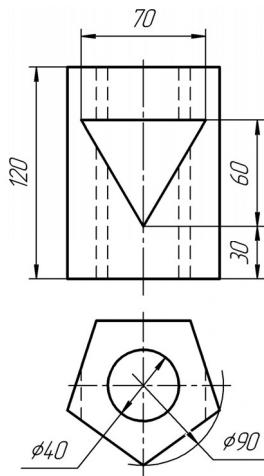
Вариант 40



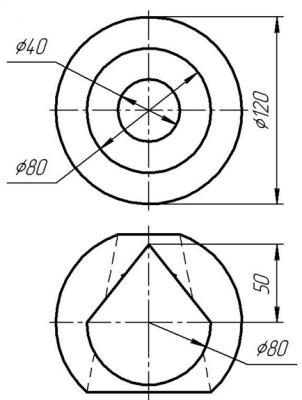
Вариант 41



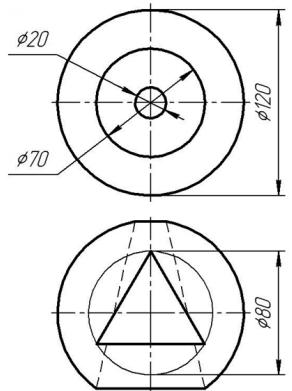
Вариант 42



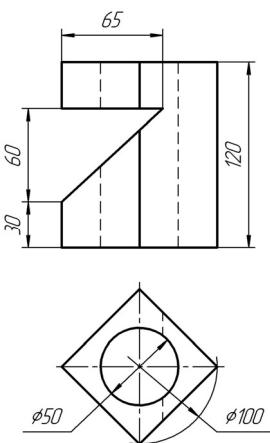
Вариант 43



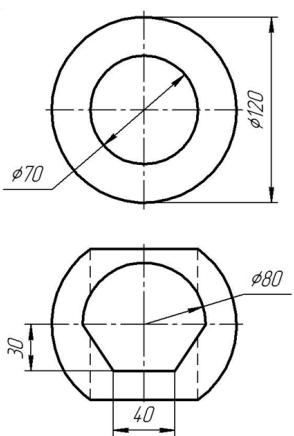
Вариант 44



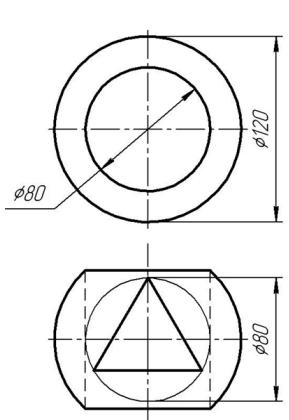
Вариант 45



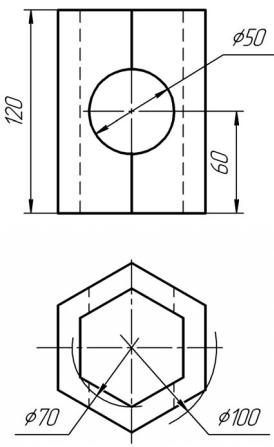
Вариант 46



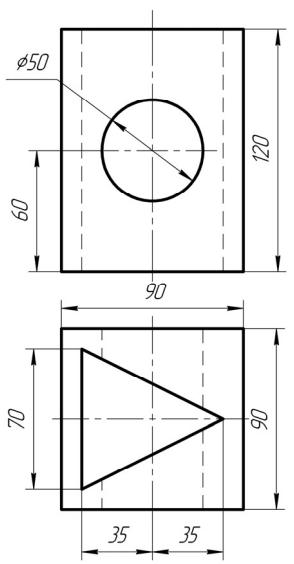
Вариант 47



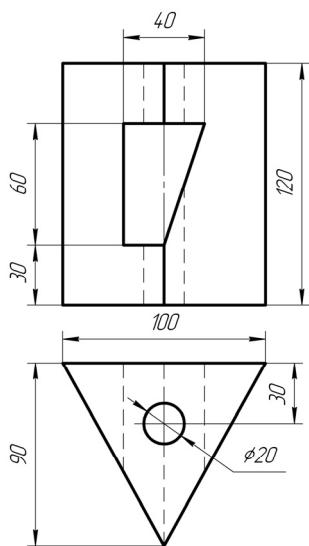
Вариант 48



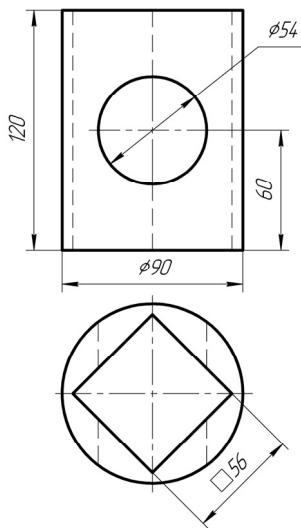
Вариант 49



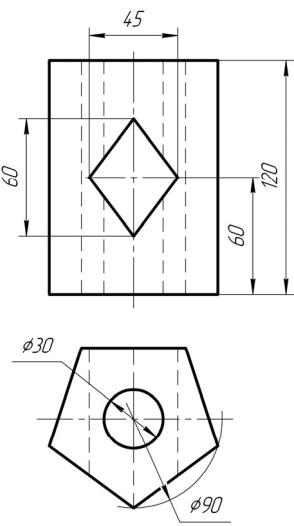
Вариант 50



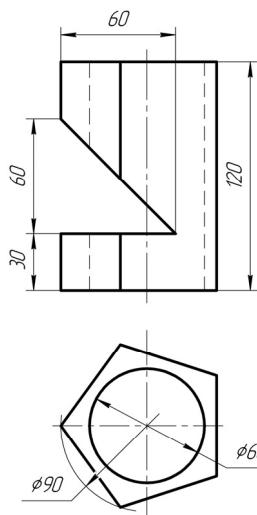
Вариант 51



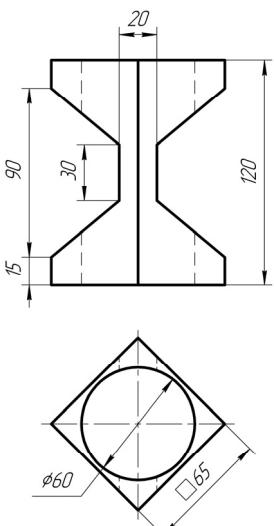
Вариант 52



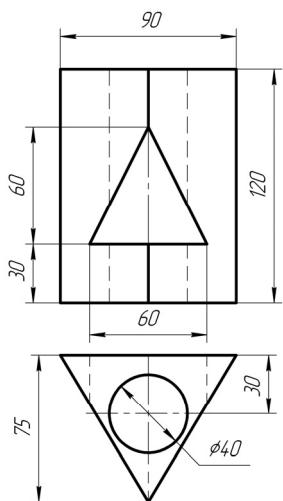
Вариант 53



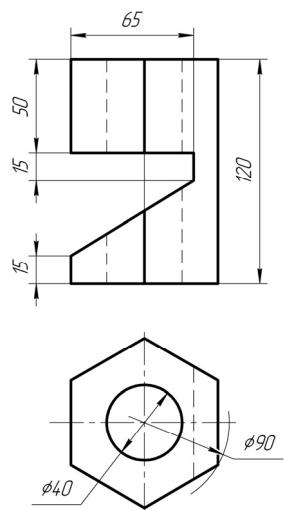
Вариант 54



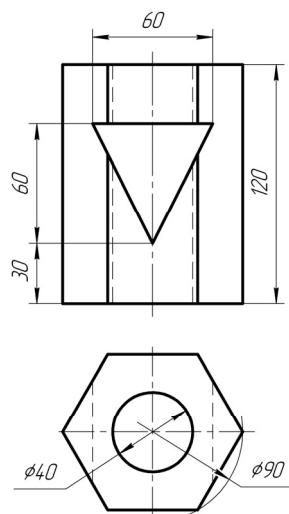
Вариант 55



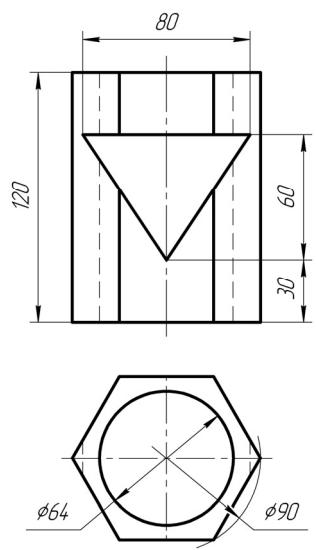
Вариант 56



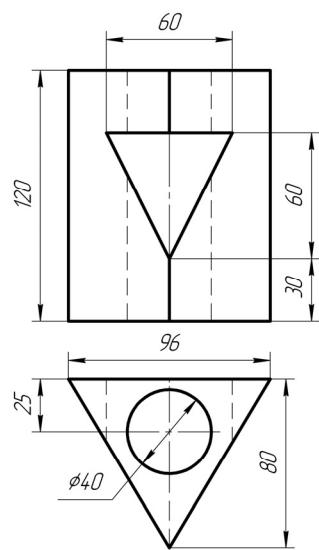
Вариант 57



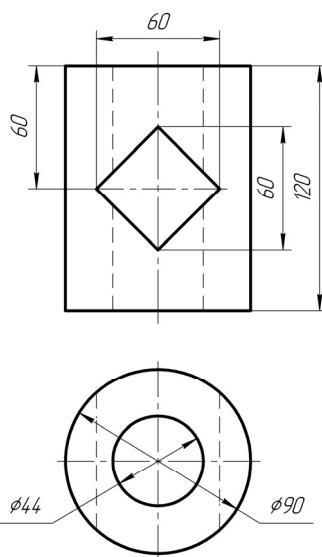
Вариант 58



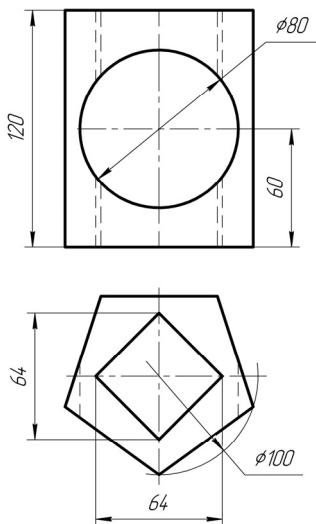
Вариант 59



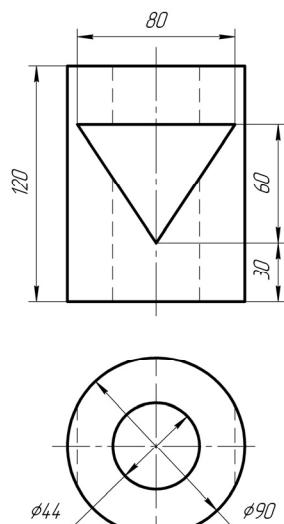
Вариант 60



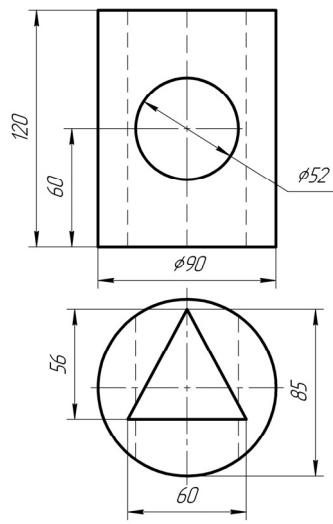
Вариант 61



Вариант 62



Вариант 63





ЛИТЕРАТУРА

1. Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии: учеб. пособие / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. – 26-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.
2. Жарков, Н. И. Начертательная геометрия: учеб. пособие / Н. И. Жарков, А. Л. Калтыгин, Ю. Н. Мануков. – Минск: БГТУ, 2010. – 152 с.
3. Калтыгин, А. Л. Инженерная геометрия и графика: тексты лекций / А. Л. Калтыгин, С. В. Красковский, С. В. Ращупкин. – Минск: БГТУ, 2017. – 74 с.
4. Большаков, В. П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум / В. П. Большаков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 496 с.
5. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 471 с.



ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ	
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ	4
Расчетно-графическая работа № 1. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ И ДВУХ МНОГОГРАННИКОВ	5
1.1. Указания по выполнению задания.....	5
1.2. Основные теоретические положения. Построение линии пересечения двух плоскостей.....	6
1.3. Построение трехмерной модели пересекающихся треугольников	7
1.4. Создание чертежа с двумя проекциями пересекающихся треугольников	9
1.5. Определение угла между плоскостями треугольников	10
1.6. Построение линии пересечения двух фигур: призмы и пирамиды	10
Расчетно-графическая работа № 2. СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР ПЛОСКОСТЯМИ	13
2.1. Задание № 2а. Сечение многогранников плоскостями.....	13
2.1.1. Основные теоретические положения. Многогранники. Способы построения линии сечения проецирующими плоскостями на чертеже	13
2.1.2. Построение моделей и чертежей многогранников, пересеченных плоскостями	16
2.1.3. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 2а по теме «Пересечение многогранников плоскостями».....	25
2.2. Задание № 2б. Сечение поверхностей вращения плоскостями	30
2.2.1. Основные теоретические положения. Поверхности вращения. Способы построения линий сечения плоскостями	30
2.2.2. Построение моделей и чертежей поверхностей вращения, пересеченных плоскостями	32
2.2.3. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 2б по теме «Пересечение поверхностей вращения плоскостями».....	43
Расчетно-графическая работа № 3. ВЗАЙМОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ И ГРАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	48
3.1. Указания по выполнению задания.....	48
3.2. Основные теоретические положения. Взаимное пересечение поверхностей вращения и многогранников. Способы построения линий пересечения на чертеже	48
3.3. Построение моделей и чертежей фигур, образованных взаимным пересечением гранных поверхностей и поверхностей вращения	51
3.4. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 3 «Взаимное пересечение поверхностей вращения и гранных поверхностей» (варианты № 1–30 для нечетных групп)	57
3.5. Варианты заданий для выполнения расчетно-графической работы № 3 «Взаимное пересечение поверхностей вращения и гранных поверхностей» (варианты № 31–63 для четных групп)	60
ЛИТЕРАТУРА	64

Учебное издание

*Калтыгин Александр Львович
Бобровский Сергей Эдуардович
Исаченков Владимир Сергеевич
Рашупкин Сергей Вячеславович*

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ
И ГРАФИКА**

Учебно-методическое пособие

Редактор Ю. Д. Нежикова
Компьютерная верстка Е. В. Ильченко
Корректор Ю. Д. Нежикова

Подписано в печать 14.04.2018. Формат 60×84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 7,7. Уч.-изд. л. 6,2.
Тираж 50 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.