

## **Начертательная геометрия и инженерная графика**

Рабочая тетрадь  
для студентов специальностей:

7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника»,  
6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств»,  
6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и  
инструменты»,  
6-05-0716-01 «Метрология, стандартизация и контроль качества»,  
6-05-0723-01 «Технологии и проектирование текстильных изделий»,  
6-05-0723-02 «Технологии и проектирование одежды и обуви»

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Преподаватель \_\_\_\_\_

Составители:

И. М. Рассохина, В. И. Луцейкович, А. Н. Гришаев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 8 от 28.04.2023.

**Начертательная геометрия и инженерная графика** : рабочая тетрадь / сост. И. М. Рассохина, В. И. Луцейкович, А. Н. Гришаев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2023. – 60 с.

Тетрадь представляет собой сборник задач по курсу «Начертательная геометрия и инженерная графика» и предназначена для самостоятельного решения задач по основным разделам курса: точка, прямая, плоскости, многогранники, тела вращения, метрические задачи, развертки, виды, разрезы, сечения, нанесение размеров для подготовки к практическим занятиям и итоговому экзамену и зачету по дисциплине.

УДК 511(07)

© УО «ВГТУ», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                         | 4  |
| 1 НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ .....                                                                       | 5  |
| 1.1 Точка. Прямая .....                                                                                | 5  |
| 1.2 Плоскость .....                                                                                    | 11 |
| 1.3 Многогранники .....                                                                                | 14 |
| 1.4 Тела вращения .....                                                                                | 20 |
| 1.5 Метрические задачи .....                                                                           | 31 |
| 1.6 Развертки .....                                                                                    | 34 |
| 2 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА .....                                                                             | 40 |
| 2.1 Построение чертежа по аксонометрическому изображению предмета .....                                | 40 |
| 2.2 Построение третьего вида предмета по двум заданным .....                                           | 44 |
| 2.3 Построение видов и простых разрезов .....                                                          | 47 |
| 2.4 Построение видов и сложных разрезов .....                                                          | 50 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                                 | 53 |
| Приложение А. Условности и упрощения, применяемые при построении<br>видов и разрезов на чертежах ..... | 54 |
| Приложение Б. Задания для выполнения простых разрезов .....                                            | 57 |

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания являются частью учебно-методического комплекса, организующего учебную деятельность студентов по освоению курса «Начертательная геометрия и инженерная графика». Они включают типовые задания по начертательной геометрии и инженерной графике и краткие методические указания по выполнению и оформлению этих заданий. Методические указания предназначены для того, чтобы студенты при самостоятельном изучении курса имели возможность подготовиться к практическим занятиям по дисциплине, к выполнению плановых контрольных работ. Кроме этого, методические указания применяются для решения задач на занятиях и для подготовки к итоговому экзамену и зачету по дисциплине.

Задания в методических указаниях следует выполнять карандашами с помощью чертёжных инструментов – треугольников, циркулей, лекал. Все вспомогательные построения, в том числе и линии связи, выполняются тонкими линиями. В качестве линий видимого контура используются сплошные основные линии, невидимый контур изображается штриховыми линиями. Толщина тонких, штриховых и штрихпунктирных линий должна быть в 2...3 раза тоньше основных линий.

# 1 НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

## 1.1 Точка. Прямая

В решениях задач необходимо выдержать те параметры (требования), которые заданы условием задачи. При изображении элементов чертежа рекомендуется использовать различные значения типов, толщины линий и цвет. Так, линии связи и все вспомогательные построения на чертежах следует выполнять сплошными тонкими линиями, линии видимого контура – сплошными основными, а невидимый контур – штриховыми линиями. Осевые линии на чертежах изображаются штрихпунктирными тонкими линиями.

Положение точки определяется ее **координатами**, то есть расстояниями от точки до плоскостей проекций.

При построении проекций точек следует учесть, что если точка принадлежит плоскости проекций, то одна координата этой точки будет равна нулю. В случае, когда точка принадлежит координатной оси (оси проекций), эта точка принадлежит одновременно двум плоскостям проекций, следовательно, две координаты этой точки равны нулю.

При решении задач на взаимное размещение точек, нужно связать слова «**левее, правее, за, перед, выше, ниже**» с направлением координатных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . В частности, слова «**за**» или «**перед**» означают соответственно, что у текущей точки координата  $Y$  меньше или больше на заданное расстояние, чем у точки, по отношению к которой строится текущая точка. В этом случае сравнивается положение точек относительно фронтальной плоскости проекций.

Слова «**левее**» или «**правее**» определяют взаимное расположение двух точек относительно профильной плоскости проекций. Следовательно, речь идет об изменении координаты  $X$  текущей точки.

Слова «**выше**» или «**ниже**» говорят о том, что следует изменить координату  $Z$ , то есть высоту текущей точки. В этом случае сравниваются расстояния двух точек до горизонтальной плоскости проекций.

Решение задач на построение отрезков прямых сводится к построению проекций концевых точек отрезка. При оформлении чертежей необходимо иметь в виду следующее: изображения прямой и отрезка прямой различаются тем, что у прямой могут отсутствовать зафиксированные концевые точки.

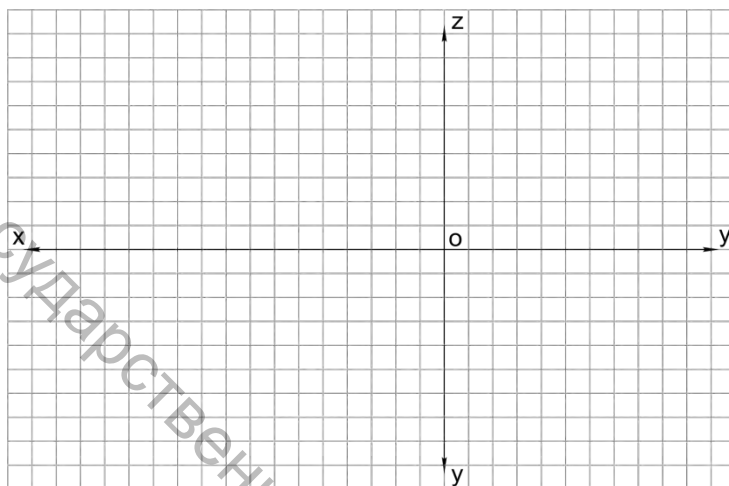
При построении прямых частного положения следует принять во внимание, что некоторые проекции таких прямых занимают частное (параллельное или перпендикулярное) положение по отношению к осям проекций.

Если изображается пара прямых линий (пересекающихся, параллельных, скрещивающихся), рекомендуется для большей наглядности использовать различные цвета для каждой из них.

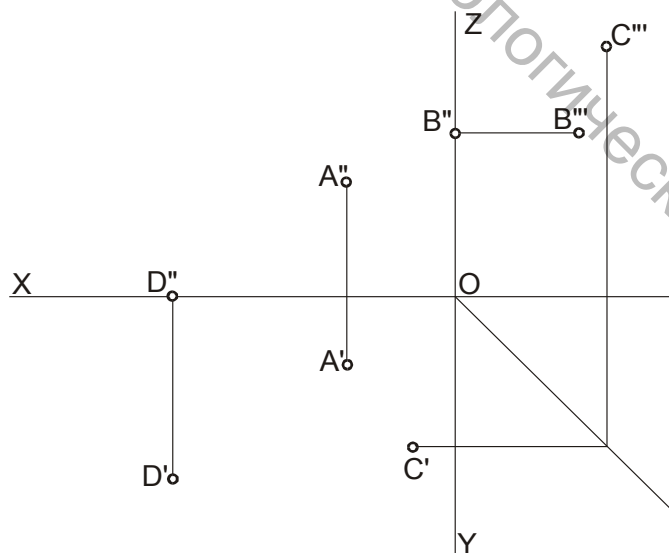
## Задания

**1.1 По заданным координатам построить три проекции точек  $A (40, 25, 15)$ ,  $B (60, 0, 30)$ ,  $C (0, 30, 20)$ ,  $D (0, 15, 0)$ . Определить и записать в таблицу их положение в пространстве.**

|     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|
| $A$ |  | $C$ |  |
| $B$ |  | $D$ |  |



**1.2 Построить третью проекцию точек  $A, B, C, D$ . Определить и записать положение точек (ближе или дальше) относительно плоскостей проекций.**




---

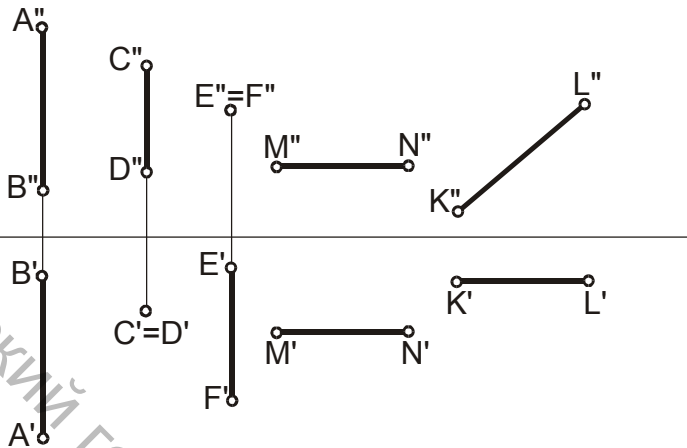
---

---

---

---

**1.3 Как расположены отрезки прямых  $AB$ ,  $CD$ ,  $EF$ ,  $MN$ ,  $KL$  относительно плоскостей проекций?**




---

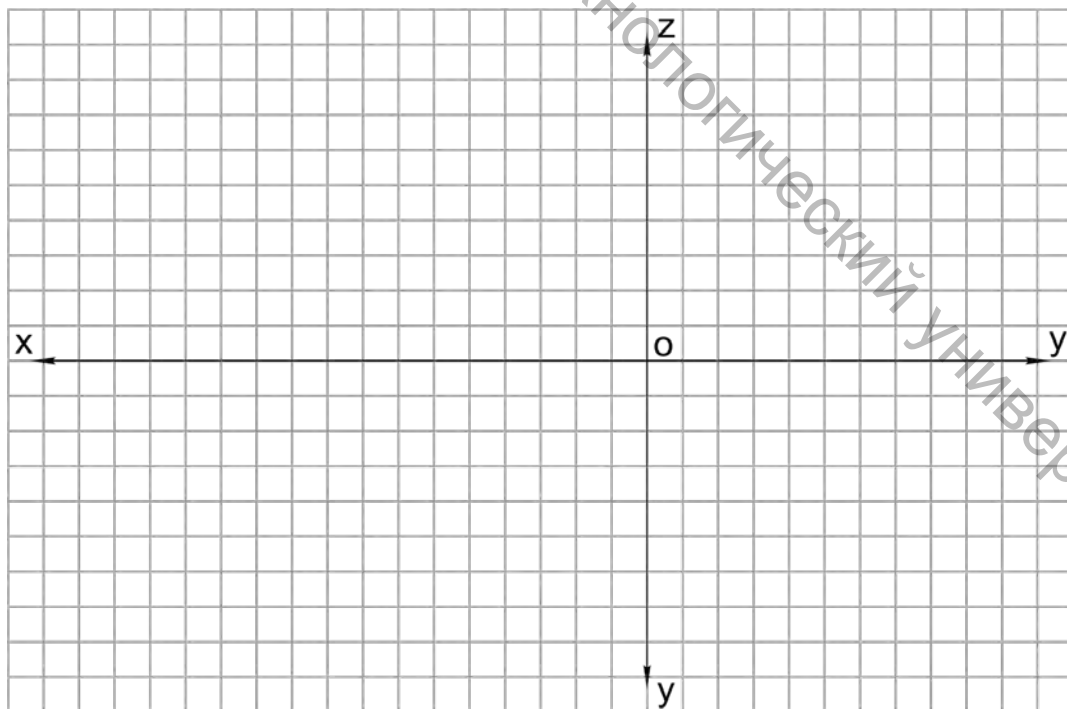
---

---

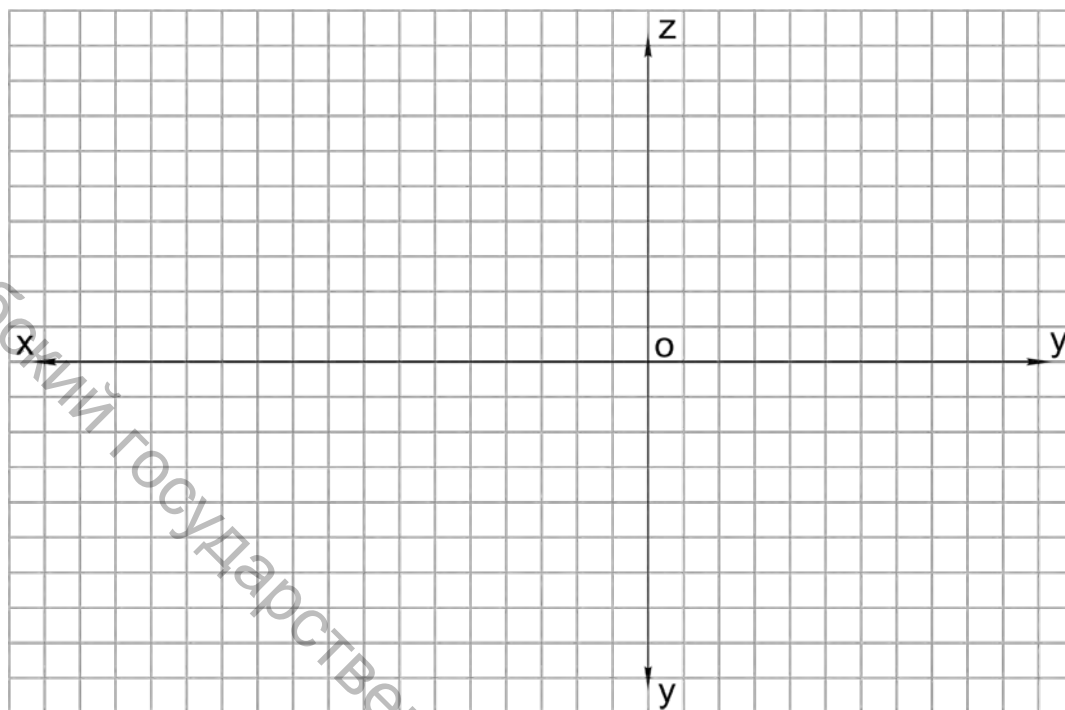
---

---

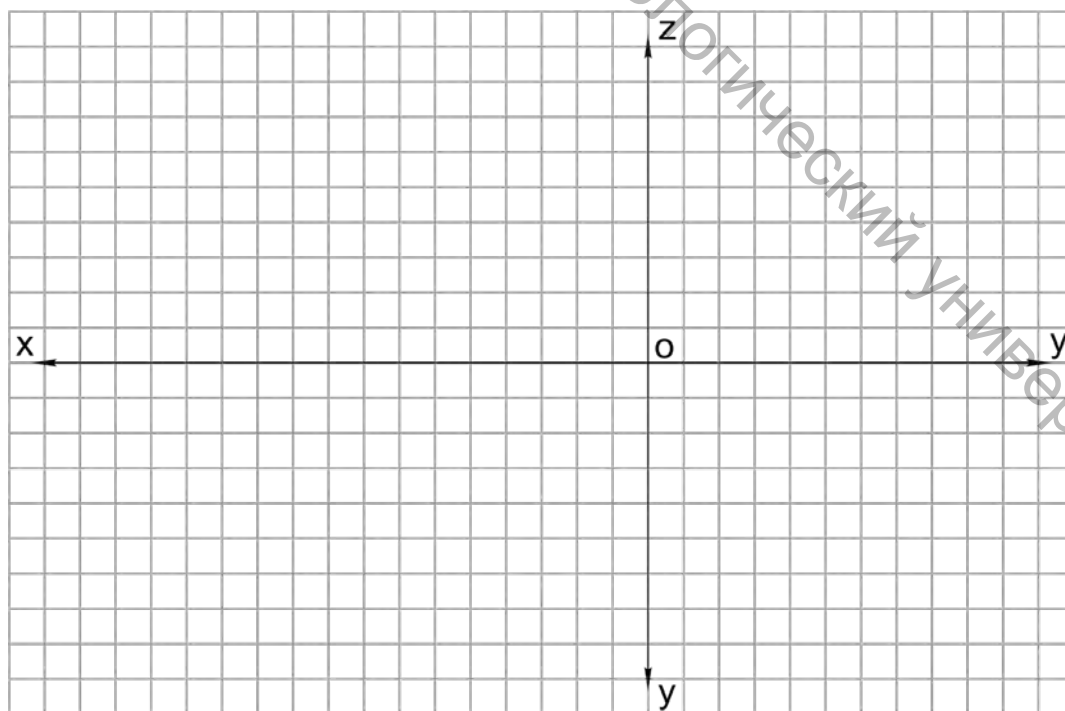
**1.4 Построить три проекции отрезка  $AB$ :  $A(10,15,5)$ ;  $B(35,25,30)$ . Построить на отрезке  $AB$  точку  $C$ , удаленную от профильной плоскости проекций на расстояние 20 мм.**



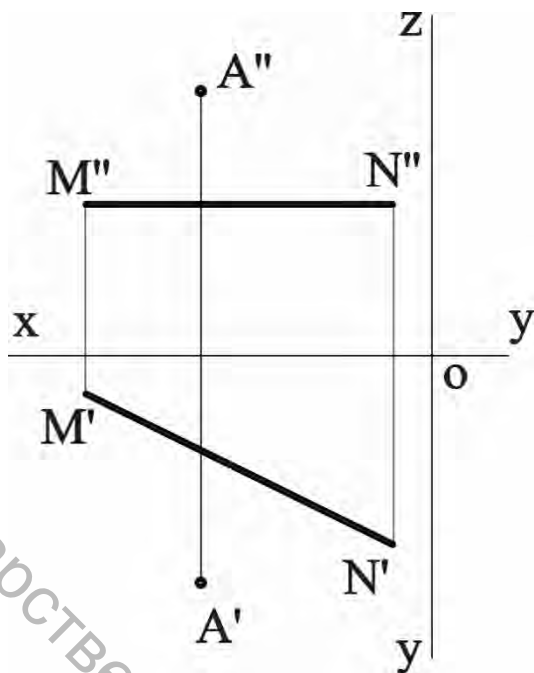
**1.5 Построить три проекции профильно-проецирующего отрезка  $MN$ , длина которого 20 мм.**



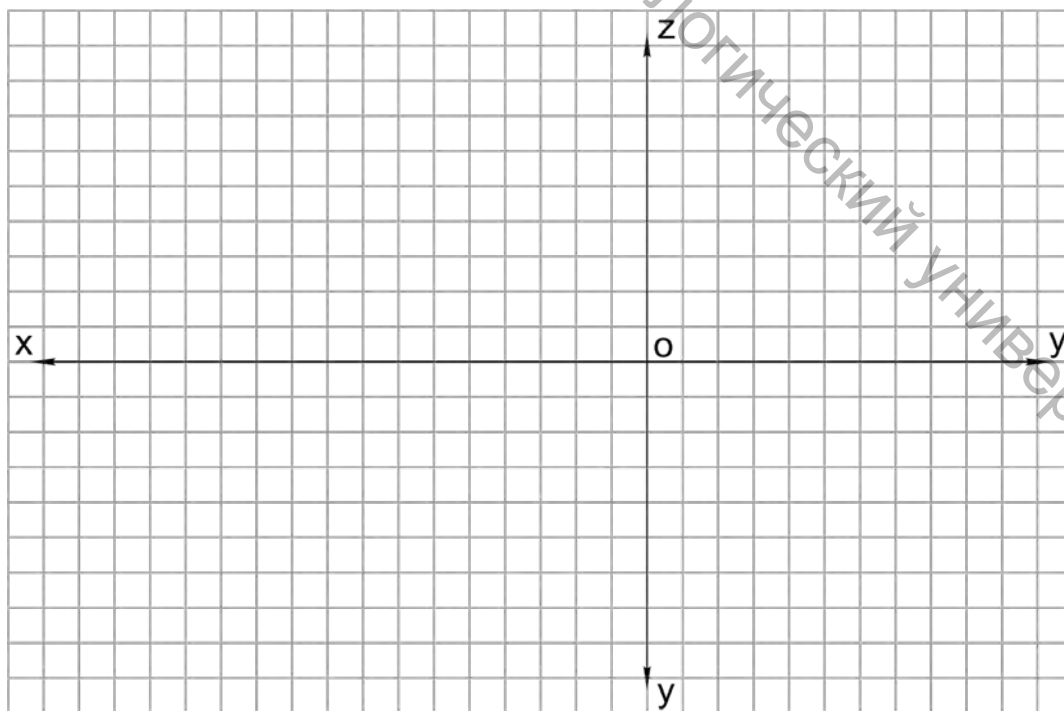
**1.6 Построить три проекции отрезка  $CE$  общего положения, правый конец которого, точка  $C$ , находится на оси  $OZ$ .**



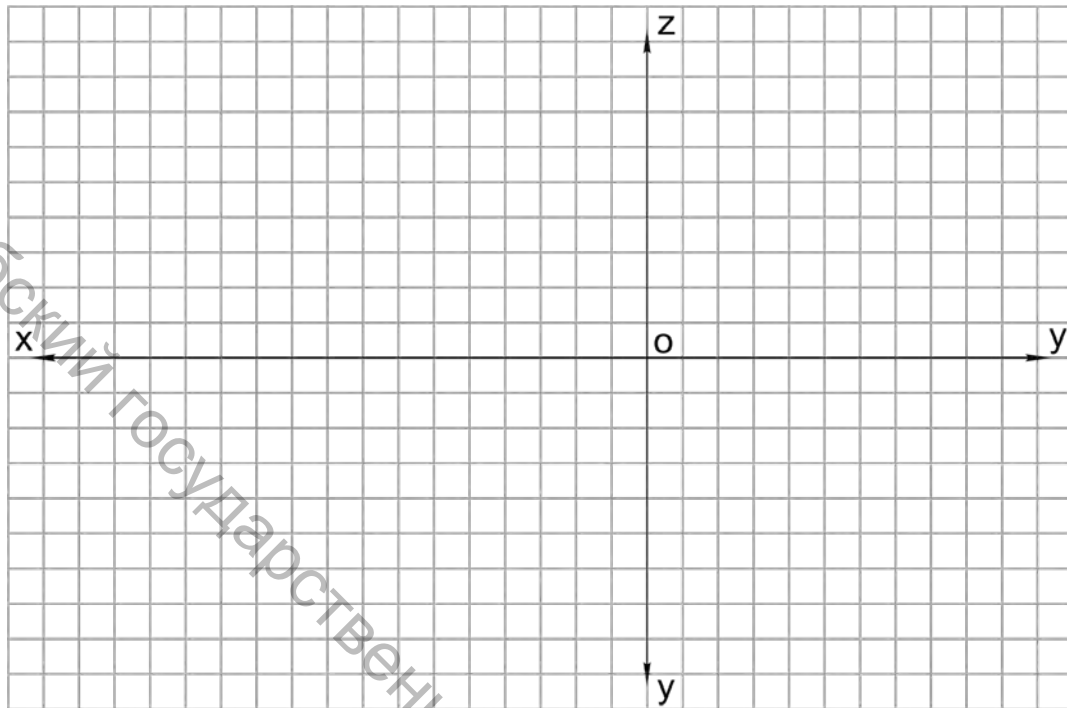
**1.7 Построить проекции отрезка, определяющего расстояние от точки  $A$  до отрезка  $MN$ .**



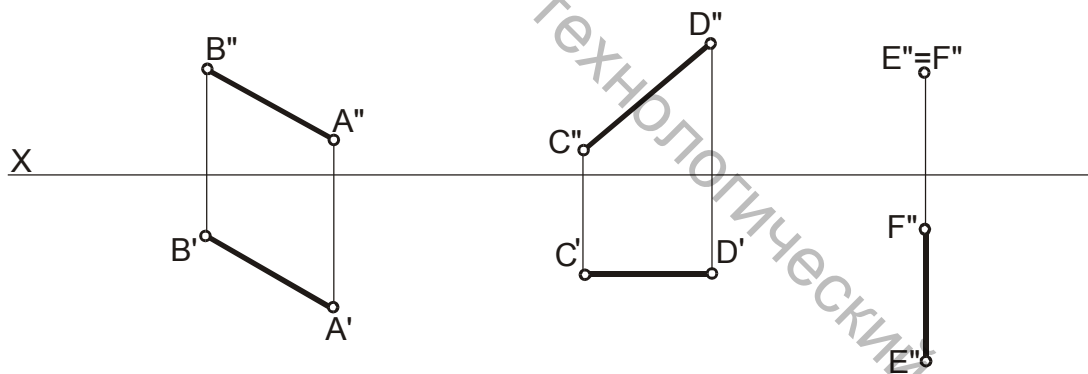
**1.8 Построить три проекции пересекающихся прямых  $AB$  и  $CD$ : при этом прямая  $AB$  параллельна горизонтальной плоскости проекций, а  $CD$  – перпендикулярна профильной плоскости проекций.**



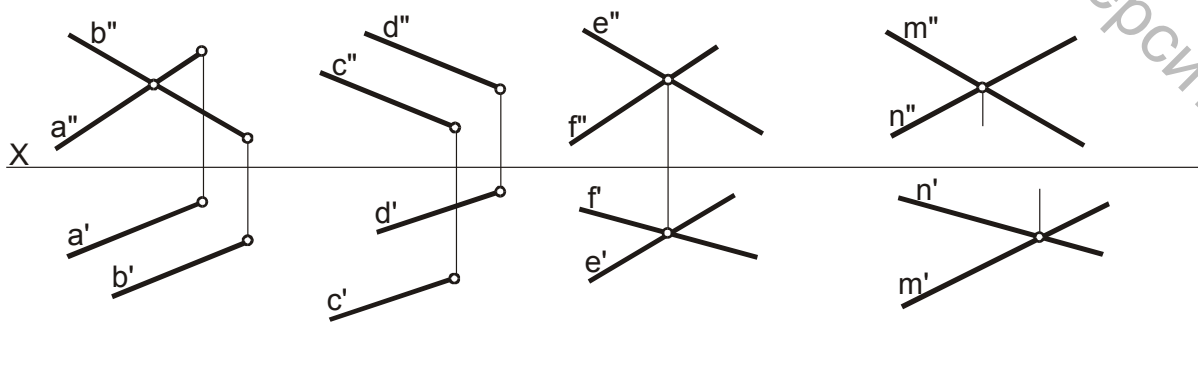
**1.9 Построить три проекции скрещивающихся прямых  $AB$  и  $CD$ : при этом прямая  $AB$  общего положения, а  $CD$  перпендикулярна фронтальной плоскости проекций.**



**1.10 Определить следы заданных на чертеже прямых.**



**1.11 Определить взаимное положение двух прямых. Выявить конкурирующие точки и определить их видимость.**



## 1.2 Плоскость

Для успешного решения задач данного занятия необходимо знать как способы задания плоскости, так и то, чем отличаются чертежи плоскостей общего и частного положения. При этом нужно хорошо понимать, на какой из плоскостей проекций плоскость частного положения отобразится в прямую линию.

Построение элементов (точек, отрезков прямых, следов), задающих плоскость, которая определенным образом расположена в пространстве, рекомендуется начинать с того элемента, положение которого оговорено в условии. Так, например, если в условии сказано, что одна сторона треугольника, задающего плоскость, есть линия уровня, например горизонталь, следует в первую очередь построить три проекции отрезка, который занимает горизонтальное положение. Затем к построенному отрезку нужно добавить (достроить) остальные элементы, расположив их таким образом, чтобы объект в целом занимал требуемое положение в пространстве.

Необходимо также помнить о том, что из всех многоугольников только треугольник является сам по себе плоской фигурой. Построение четвертой, пятой и т. д. точек, принадлежащих плоскости, требуют вспомогательных построений, обеспечивающих такую принадлежность.

При задании плоскости следами следует исходить из того, что следом плоскости называется прямая, по которой пересекаются задаваемая плоскость и плоскость проекций.

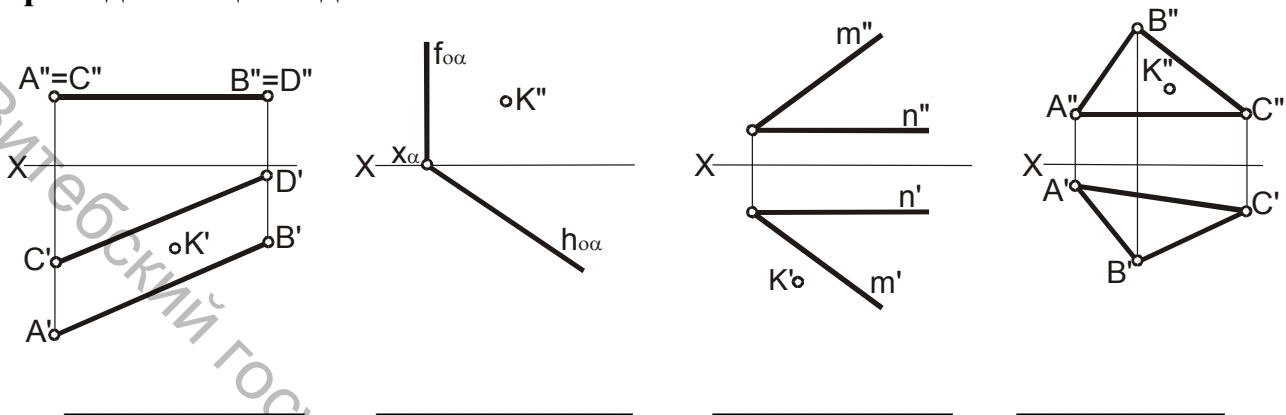
Для построения точки в плоскости в общем случае требуется сначала построить прямую линию в этой плоскости, а затем на этой линии построить искомую точку. А для построения прямой линии в плоскости необходимо провести её через две точки, принадлежащие плоскости.

Однако, если заданная плоскость есть плоскость частного положения, решение задачи упрощается, так как такие плоскости обладают собирательным свойством. Это значит, что одна из проекций точки или прямой или любой плоской фигуры принадлежит соответствующему следу плоскости. Другие проекции такой фигуры выстраиваются в соответствии с заданными условиями.

В качестве примера дано наглядное изображение фронтально-проецирующей плоскости  $\gamma$ , в которой изображены две параллельные прямые **a** и **b**. На двухпроекционном чертеже эта плоскость задана проекциями параллельных прямых –  $\gamma(a||b)$ . Фронтальные проекции этих прямых совпадают, так как представляют собой фронтальную проекцию (фронтальный след) плоскости  $\gamma$ . В плоскости построена точка  $B(B', B'')$  без построения вспомогательной прямой, принадлежащей плоскости, на основании собирательного свойства плоскости. Точка принадлежит плоскости, так как ее фронтальная проекция  $B''$  принадлежит фронтальной проекции (фронтальному следу) плоскости.

## Задания

**1.12** Определить и записать, чем заданы и как расположены изображенные плоскости. Построить недостающую проекцию точки  $K$ , принадлежащей заданным плоскостям.



**1.13** Построить две проекции плоскостей: а) горизонтальной плоскости уровня, заданной тремя точками; б) фронтально-проецирующей плоскости, заданной прямой и точкой; в) фронтальной плоскости уровня, заданной двумя пересекающимися прямыми.

а)

б)

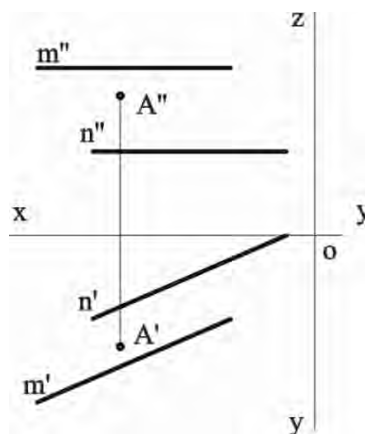
в)

$X$  —————

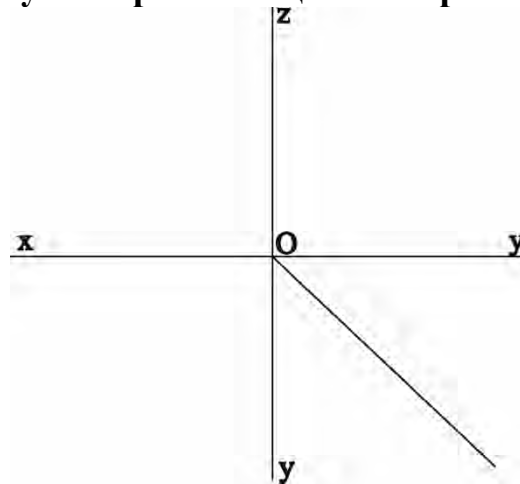
$X$  —————

$X$  —————

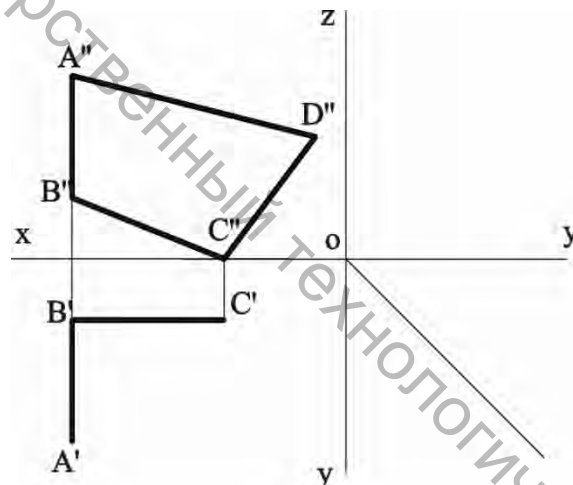
**1.14** Определить (построением), принадлежит ли точка  $A(A', A'')$  плоскости общего положения  $\beta(m||n)$ .



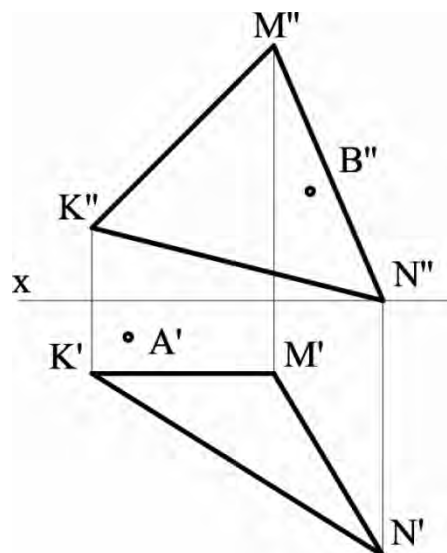
**1.15 Построить три проекции горизонтально-проецирующей плоскости, заданной двумя пересекающимися прямыми.**



**1.16 Достроить горизонтальную и построить профильную проекцию плоского четырехугольника  $ABCD$ .**



**1.17 Построить проекции отрезка  $AB$ , принадлежащего плоскости  $\gamma(KMN)$ .**



### 1.3 Многогранники

Элементы многогранников – это вершины, ребра, грани. **Вершины** являются точками пересечения ребер многогранника. **Ребра** – это отрезки прямых линий, по которым пересекаются грани многогранника. И, наконец, **грани** – это отсеки плоскостей. Построение проекций выше названных элементов изучалось в предыдущих разделах. Решение задач геометрического характера с точками, прямыми, плоскостями является основой для решения задач с многогранниками.

В общем случае изображение многогранников сводится к изображению определенного числа ребер, то есть пересекающихся, параллельных и скрещивающихся отрезков прямых.

Задача на построение проекций пирамиды по заданным координатам вершин сводится к построению проекций точек по их координатам. Соединение точек, т. е. построение ребер, следует проводить с учетом видимости. Очерк многогранника всегда виден. Невидимыми будут ребра, которые располагаются за видимыми гранями многогранника. Определение видимости всех граней и ребер является неременным начальным условием решения любых задач с многогранниками.

У призмы боковые ребра всегда параллельны между собой. Параллельны также и ее основания. Поэтому одним из вариантов построения проекций наклонной призмы может являться следующий порядок.

1. Построить (по точкам) проекции нижнего основания призмы.
2. Построить проекцию одной (заданной) вершины верхнего основания.
3. Построить проекции бокового ребра, соединив отрезком соответствующие точки верхнего и нижнего оснований.
4. Построить оставшиеся проекции боковых ребер, которые будут параллельны проекциям ребра, построенного по пункту 3.
5. Построить проекции верхнего основания параллельного нижнему.
6. Оформить видимость в проекциях.

У прямой призмы боковые ребра перпендикулярны основанию. Отсюда следует, что, если боковые ребра параллельны некоторой плоскости проекций, то основания призмы будут перпендикулярны этой плоскости проекций.

Построение точек и линий на гранях многогранников аналогично построению точек и линий в плоскости. В качестве примера ниже дано наглядное изображение призмы и пирамиды, на гранях которых построены прямые и точки: прямые ВС имеют с гранями две общие точки (на ребрах), а точки А находятся на прямых, принадлежащих этим граням. На трехпроекционном чертеже показано построение точки А, принадлежащей боковой грани пирамиды и наклонной призмы, и отрезка ВС, принадлежащего также боковым граням. Точка А построена с помощью вспомогательной прямой, принадлежащей грани призмы и пирамиды.

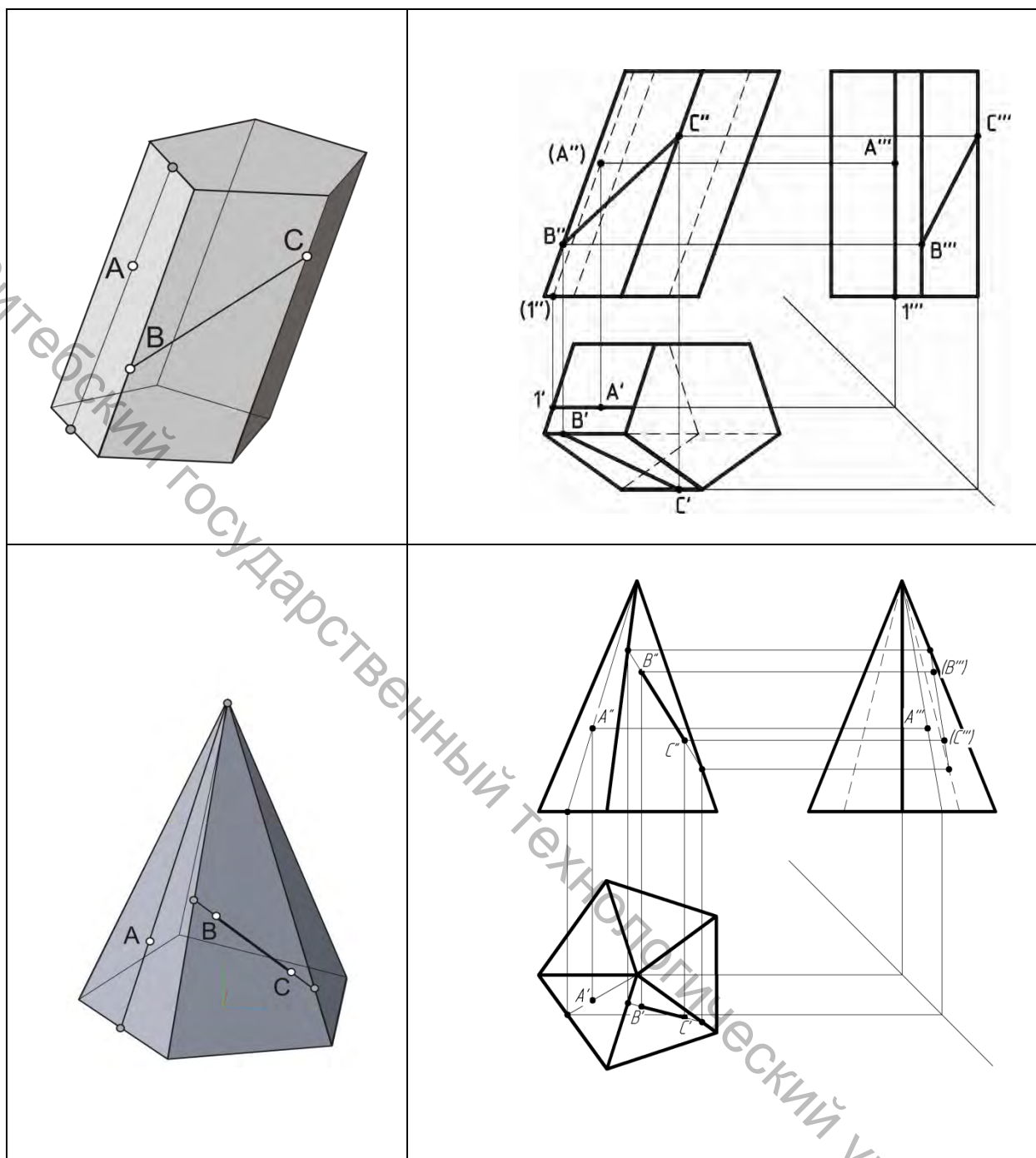


Рисунок 1.1 – Построение линий и точек на гранях многогранников

Построение сечений многогранников плоскостью сводится, во-первых, к нахождению точек пересечения ребер многогранника с секущей плоскостью и, во-вторых, последовательному соединению построенных точек с учетом видимости граней многогранника. Последовательное соединение предполагает соединение пары точек, принадлежащих одной грани многогранника. Так, в обоих примерах, приведенных ниже, фронтально-проецирующие плоскости  $\beta$  пересекают наклонную трехгранную призму и трехгранную пирамиду по треугольникам  $A_1B_1C_1$ , где точки  $A_1, B_1, C_1$  есть точки пересечения плоскостей  $\beta$  с боковыми ребрами призмы и пирамиды.

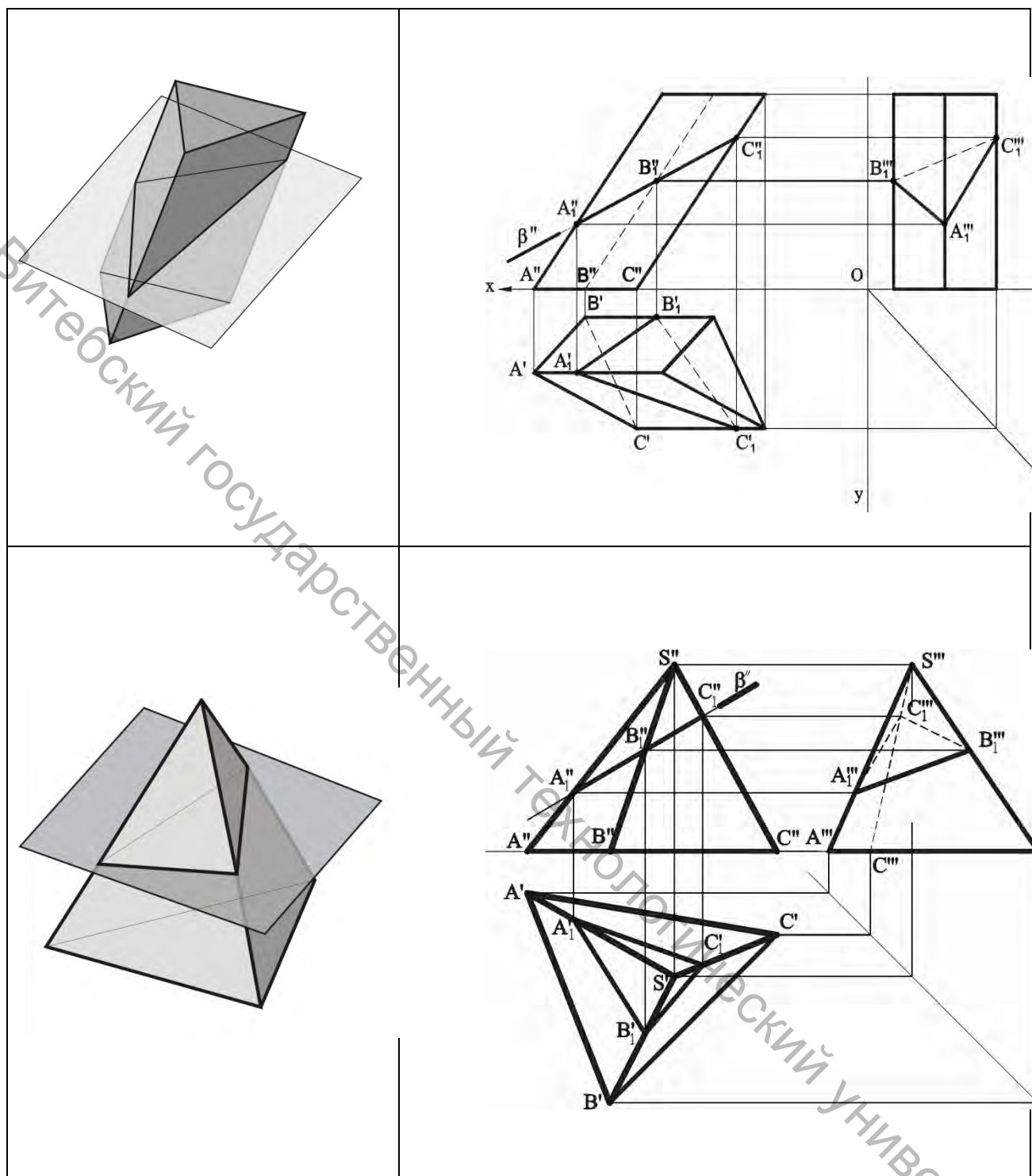
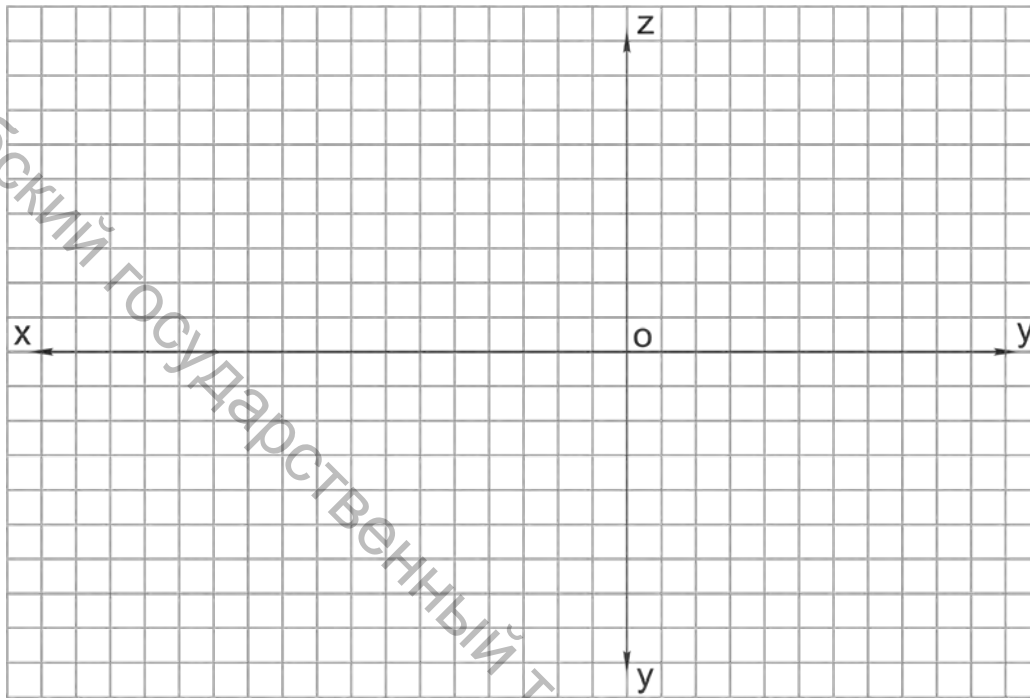


Рисунок 1.2 – Построение сечений многогранников

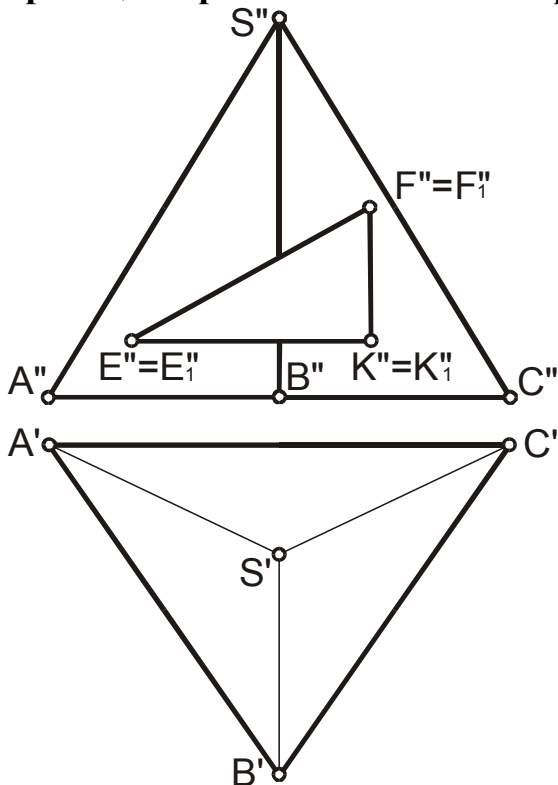
При построении проекций **нормального сечения** призмы необходимо помнить о том, что секущая плоскость должна быть перпендикулярна боковым ребрам призмы.

## Задания

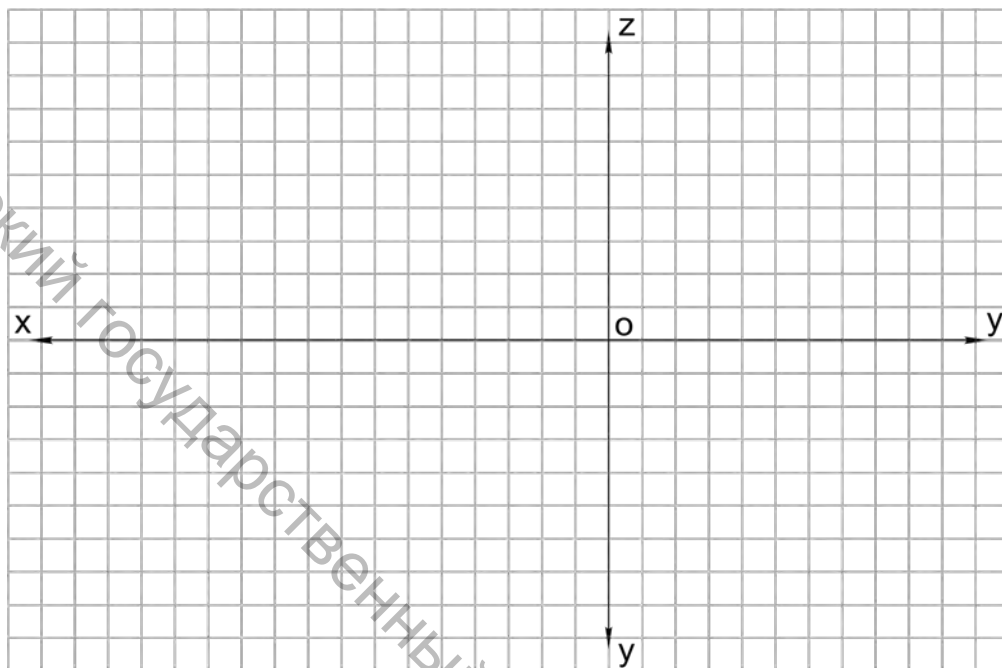
**1.18** Построить три проекции пирамиды  $SABC$ , заданной координатами ее вершин:  $A(65, 10, 10)$ ,  $B(50, 0, 35)$ ,  $C(40, 35, 0)$ ,  $S(20, 20, 40)$ . Определить видимость ребер, граней пирамиды. Построить сечение пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью.



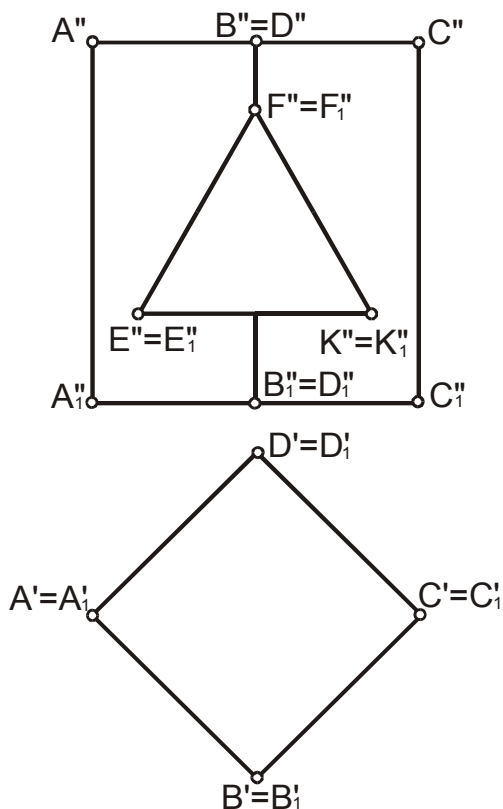
**1.19** Построить третью проекцию пирамиды  $SABC$  и недостающие проекции призматического отверстия  $EFKE_1F_1K_1$ .



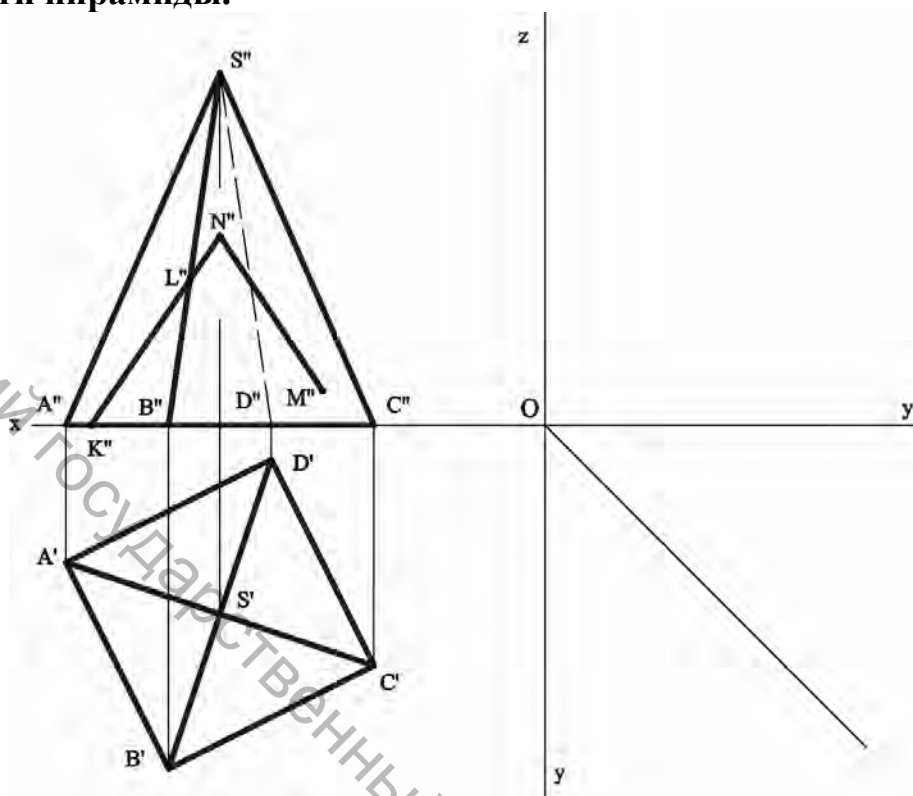
1.20 Построить три проекции призмы  $ABCA_1B_1C_1$ , заданной координатами вершин верхнего основания  $A(30, 20, 30)$ ;  $B(5, 5, 30)$ ;  $C(15, 40, 30)$ , и точки  $C_1(50, 40, 0)$  верхнего основания. Определить видимость ребер, граней пирамиды. Построить сечение призмы горизонтально-проецирующей плоскостью.



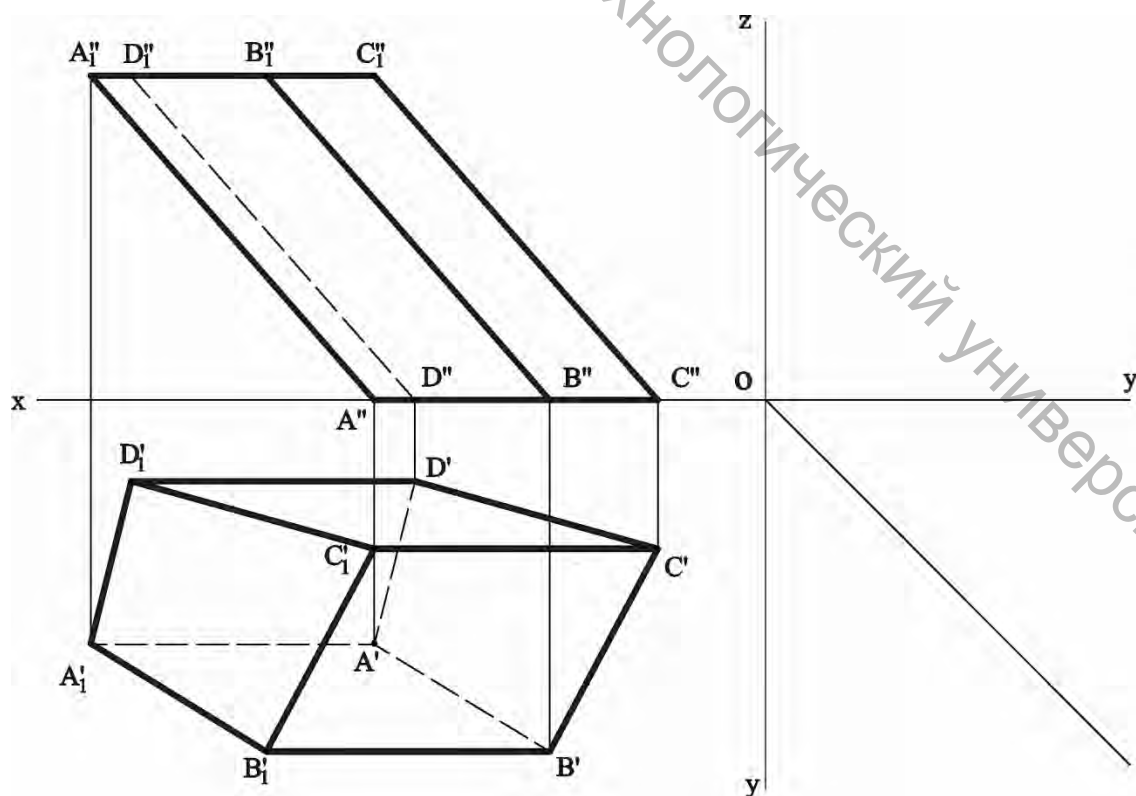
1.21. Построить третью проекцию призмы  $ABCA_1B_1C_1D_1$  и недостающие проекции призматического отверстия  $EFKE_1F_1K_1$ .



1.22 Построить профильную проекцию пирамиды  $SABCD$  и недостающие проекции ломаной линии  $KLNM$ , принадлежащей боковой поверхности пирамиды.



1.23 Построить профильную проекцию наклонной призмы  $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$  и проекции ее нормального сечения.



## 1.4 Тела вращения

### Цилиндр

Построение проекций цилиндра сводится к построению проекций его оснований и очерковых образующих. Следует помнить, что очерковые образующие на фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостях проекций есть разные образующие цилиндра. Так, на рисунке ниже, фронтальный очерк цилиндра определяется образующими, начальные точки  $A$  и  $B$  которых находятся на верхнем основании цилиндра, и проекциями верхнего и нижнего оснований. Профильный очерк определяют образующие с начальными точками  $E$  и  $F$  на верхнем основании цилиндра и проекциями верхнего и нижнего оснований. Образующие горизонтального очерка начинаются также в точках  $E$  и  $F$  на верхнем основании цилиндра. Центры верхнего и нижнего оснований цилиндра обозначены точками  $C_1$  и  $C_2$  соответственно.

Очерк геометрического тела определяет границу смены видимости в проекциях.

Все образующие цилиндра параллельны между собой. Поэтому для построения их проекций достаточно нахождения одной конечной точки образующей на любом основании цилиндра. Направление проекций строящихся образующих определяется направлением осевой линии цилиндра или любой очерковой образующей.

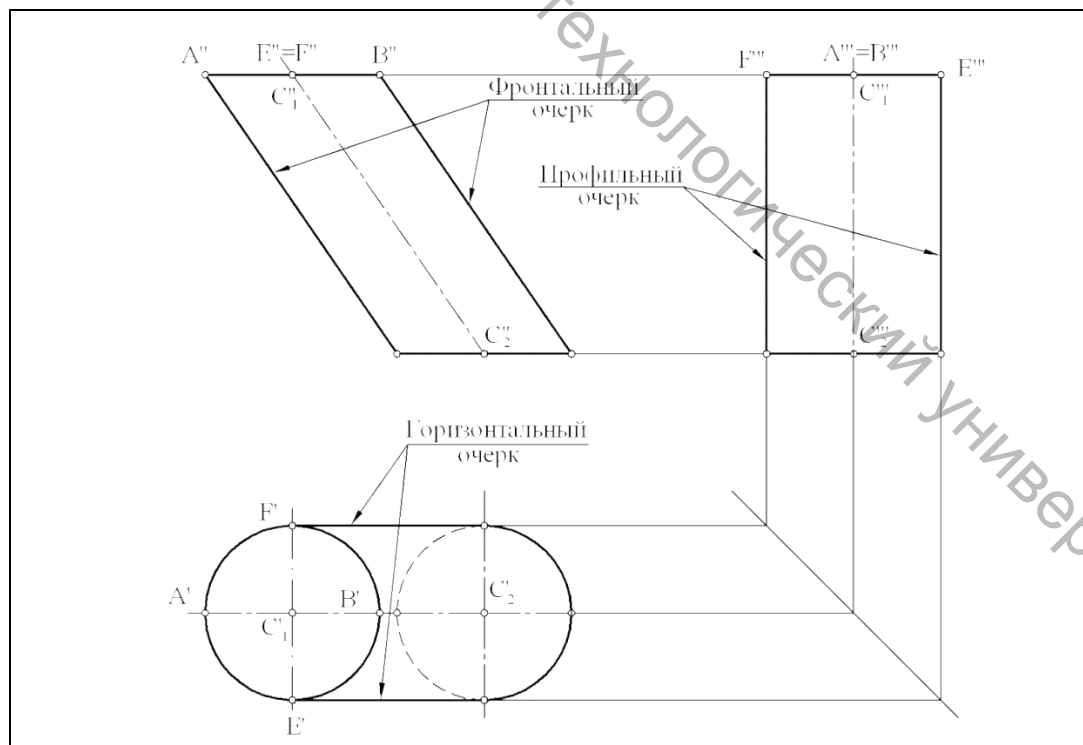


Рисунок 1.3 – Построение проекций наклонного цилиндра

Следовательно, для успешного выполнения заданий необходимо научиться анализировать положение оснований и образующих цилиндра, то есть его поверхности, относительно плоскостей проекций. Проецирующее положение образующих, а, следовательно, и поверхности цилиндра, во многом упрощает решение задачи. В этом случае одна из проекций геометрической фигуры (точки, линии), принадлежащей поверхности **проецирующего** цилиндра, известна, так как совпадает с той его проекцией, которая представляет собой окружность. Точка на поверхности цилиндра может быть построена (смотри рисунок ниже): с помощью прямолинейной образующей, например, точка А; с помощью окружности, плоскость которой параллельна основаниям цилиндра, а центр находится на осевой линии цилиндра, например, точка В.

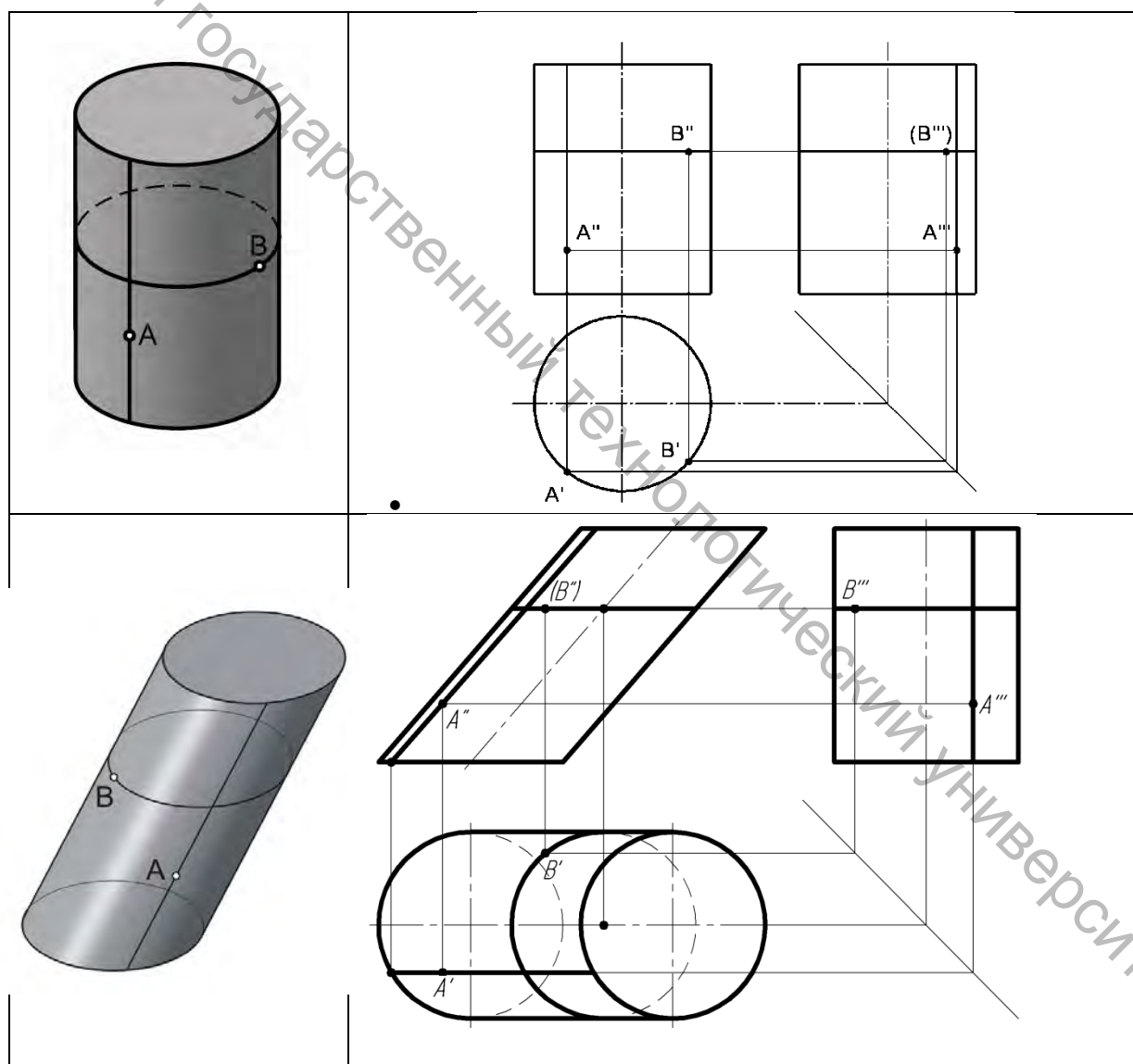


Рисунок 1.4 – Построение точек на поверхности цилиндра

Построение проекций линии пересечения цилиндра проецирующей плоскостью имеет следующую последовательность.

1. Выделяется множество точек на той проекции сечения, которая представляет собой отрезок прямой.
2. Строятся недостающие проекции этих точек с помощью образующих или окружностей.
3. Построенные точки последовательно соединяются с учетом видимости в проекциях.

Построение следует начинать с особых точек – экстремальных (наиболее удаленных и близких к плоскостям проекций), точек смены видимости, принадлежащих очерковым образующим цилиндра и др.

На рисунке ниже фронтально-проецирующая плоскость  $\beta$  пересекает наклонный цилиндр по эллипсу, фронтальная проекция которого есть отрезок прямой. Выделены точки, принадлежащие очерковым образующим цилиндра. Эти точки, во-первых, являются точками смены видимости. Во-вторых, определяют большую и малую ось эллипса. И, в-третьих, являются экстремальными точками сечения. Точки В и С определяют большую ось эллипса и являются точками смены видимости на фронтальной плоскости проекций. Точки Е и F определяют малую ось эллипса. Кроме этого, они являются точками смены видимости на горизонтальной и профильной плоскостях проекций.

Построение промежуточных точек показано на примере точек  $A_1$  и  $A_2$ , которые построены с помощью образующих, проходящих через точки 1 и 2 нижнего основания цилиндра. Естественно, **число промежуточных точек должно быть необходимым и достаточным для четкого выявления характера формы линии сечения.**

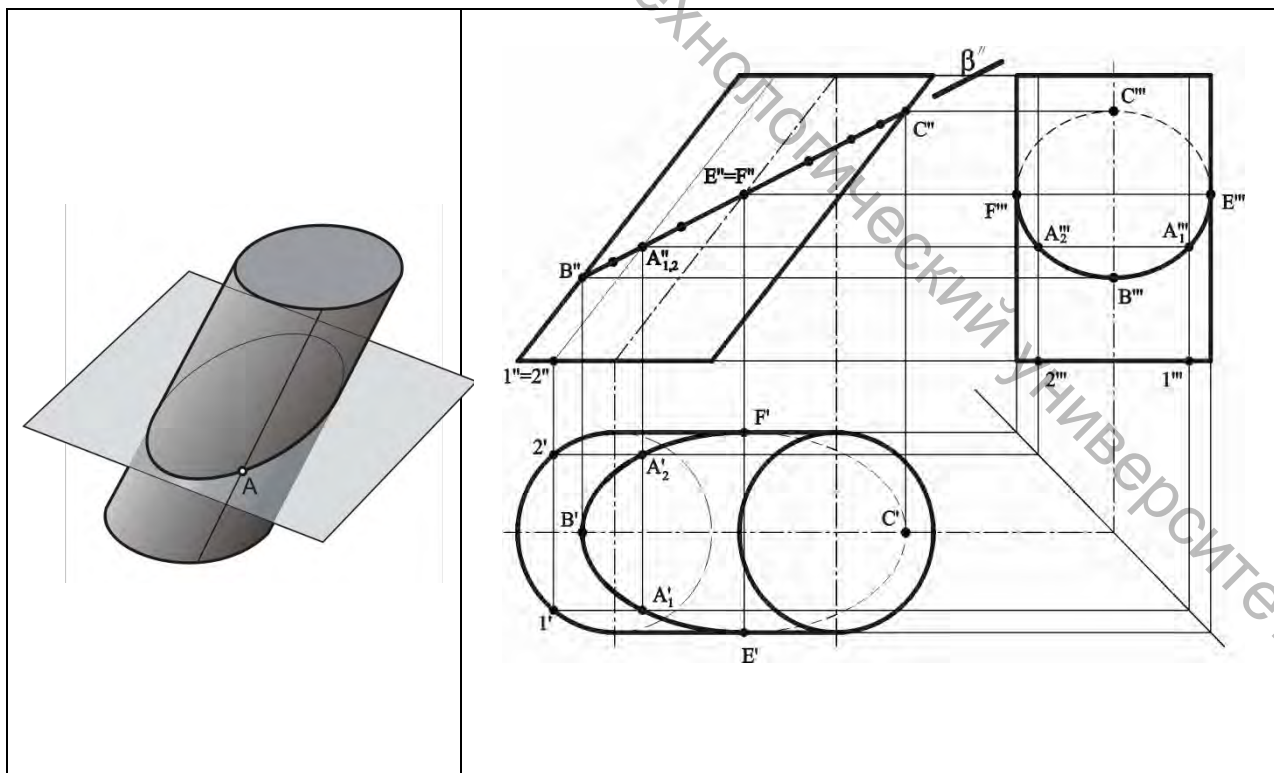
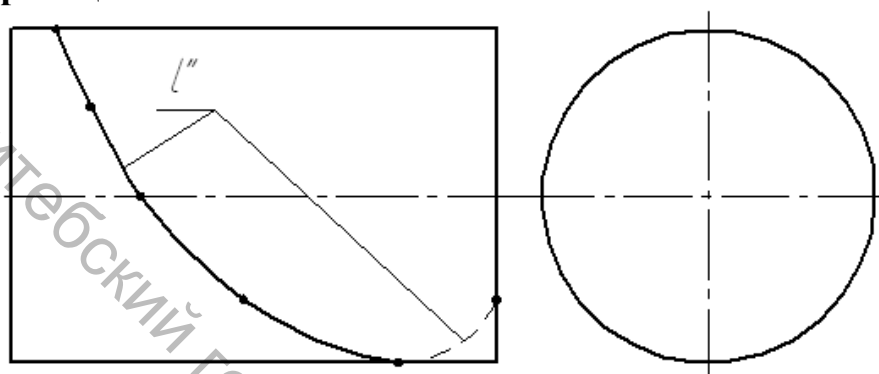


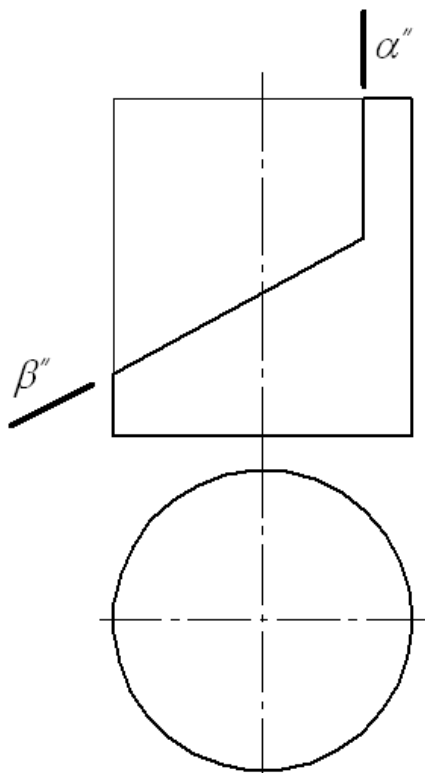
Рисунок 1.5 – Построение сечения цилиндра

## Задания

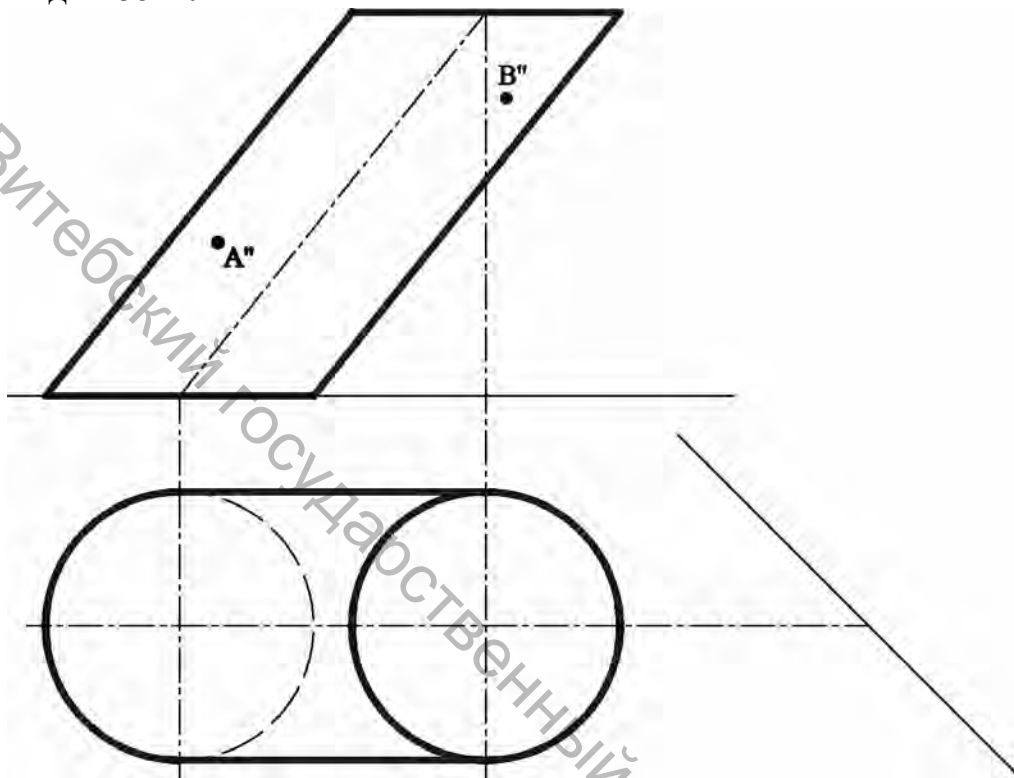
1.24 По заданной горизонтальной проекции линии  $l$ , принадлежащей поверхности цилиндра, построить ее фронтальную и профильные проекции.



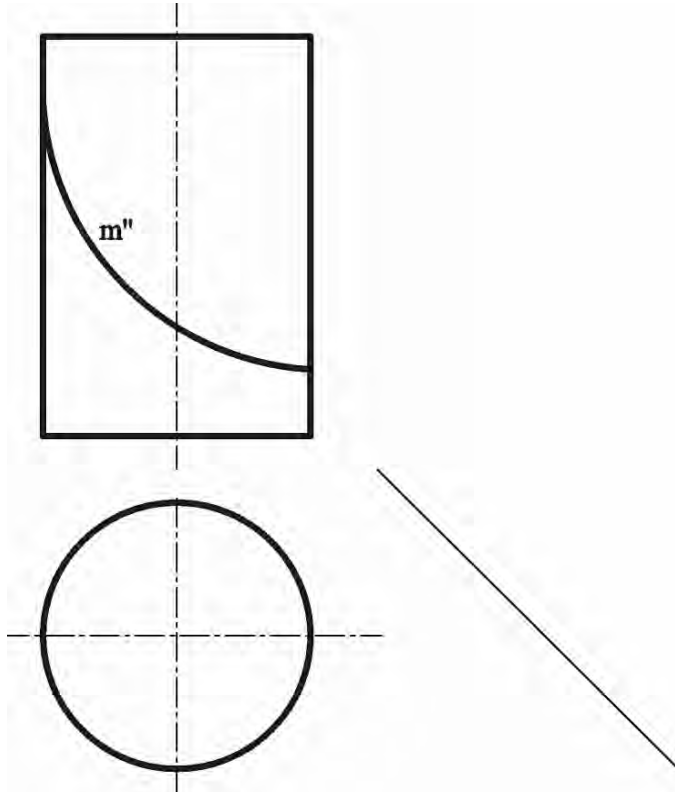
1.25 Построить три проекции цилиндра, усеченного плоскостями  $\alpha$  и  $\beta$



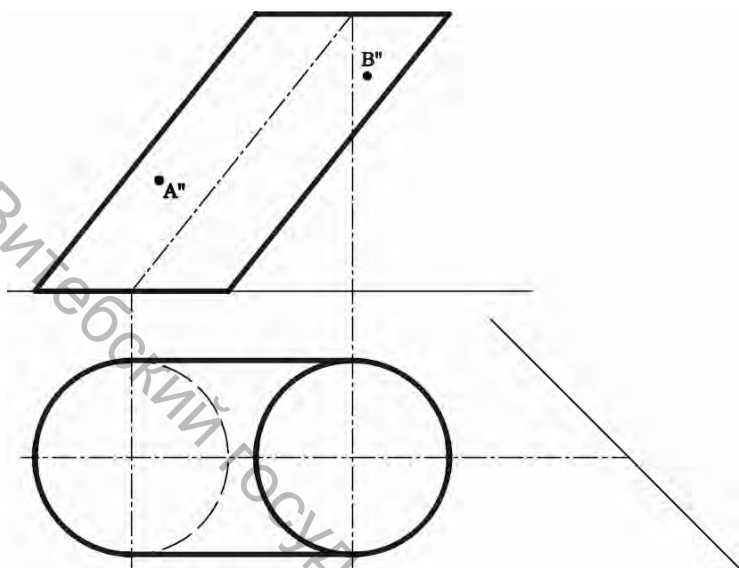
1.26 Даны фронтальные проекции точек  $A$  и  $B$ . Задать плоскости, проходящие через точки  $A$  и  $B$  и пересекающие наклонный цилиндр по окружности и четырехугольнику. Построить проекции сечений, оформить видимость.



1.27 Построить недостающие проекции цилиндра и линии  $m$  ( $m''$ ), принадлежащей его поверхности. Фронтальная проекция дана в законченном виде.



**1.28 Провести через точку  $A$  плоскость нормального сечения цилиндра и построить проекции сечения.**



**Конус**

Построение проекций конуса сводится к построению проекций его оснований и очерковых образующих. Следует помнить, что очерковые образующие на фронтальной и профильной плоскости проекций есть разные образующие конуса. Образующие  $SA$  и  $SB$  определяют фронтальный очерк конуса, а  $SC$  и  $SD$  – его профильный очерк.

Стрелки показывают направление взгляда: взгляд сверху – на горизонтальную, взгляд спереди – на фронтальную, взгляд слева – на профильную плоскость проекций. Часть поверхности конуса, расположенная **левее** образующих  $SC$  и  $SD$ , будет видима на профильной проекции. Часть поверхности конуса, расположенная **перед** образующими  $SA$  и  $SB$ , будет видима на фронтальной проекции. На горизонтальной проекции (с вершины) будет видима вся боковая поверхность конуса.

Точки на поверхности конуса могут быть построены: с помощью образующих; с помощью окружностей.

Построение недостающей проекции точки на поверхности конуса с помощью образующей производится в следующем порядке.

1. Через заданную проекцию точки строится проекция образующей.
2. Строится вторая проекция образующей (а если нужно, то и третья проекция).
3. На построенной проекции образующей с помощью линии связи строится вторая, а затем и третья проекция точки.
4. Определяется видимость построенных проекций точки.

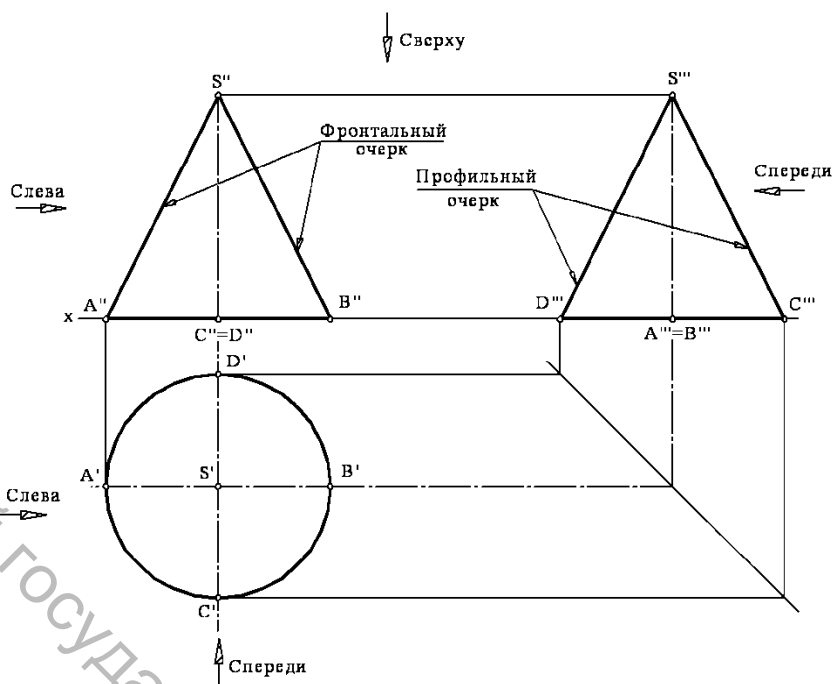


Рисунок 1.6 – Построение проекций конуса

Точка А построена с помощью образующей  $S1$ , один конец которой есть вершина конуса  $S$ , а второй конец (точка 1) находится на окружности основания.

Точка В построена с помощью окружности, плоскость которой параллельна основанию конуса, а центр находится на оси вращения конуса. Если задана фронтальная  $B''$  или профильная  $B'''$  проекция точки В, алгоритм построения следующий:

1. Через заданную проекцию точки проводится секущая плоскость, перпендикулярная оси вращения конуса (параллельная основанию).
2. Строятся проекции окружности сечения.
3. На построенных проекциях окружности с помощью линий связи строятся недостающие проекции точки.

В том случае, если дана горизонтальная проекция  $B'$  точки, сначала строится горизонтальная проекция окружности, на которой находится точка В. Затем с помощью линий связи выстраиваются фронтальная и профильная проекции окружности и на них – проекции  $B''$  и  $B'''$  соответственно. Последнее утверждение действительно для случая, когда ось вращения конуса перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, как на рисунке ниже.

Следовательно, при построении точек и линий, принадлежащих поверхности конуса, следует предварительно разобраться с положением оси вращения, вершины, образующих и оснований конуса.

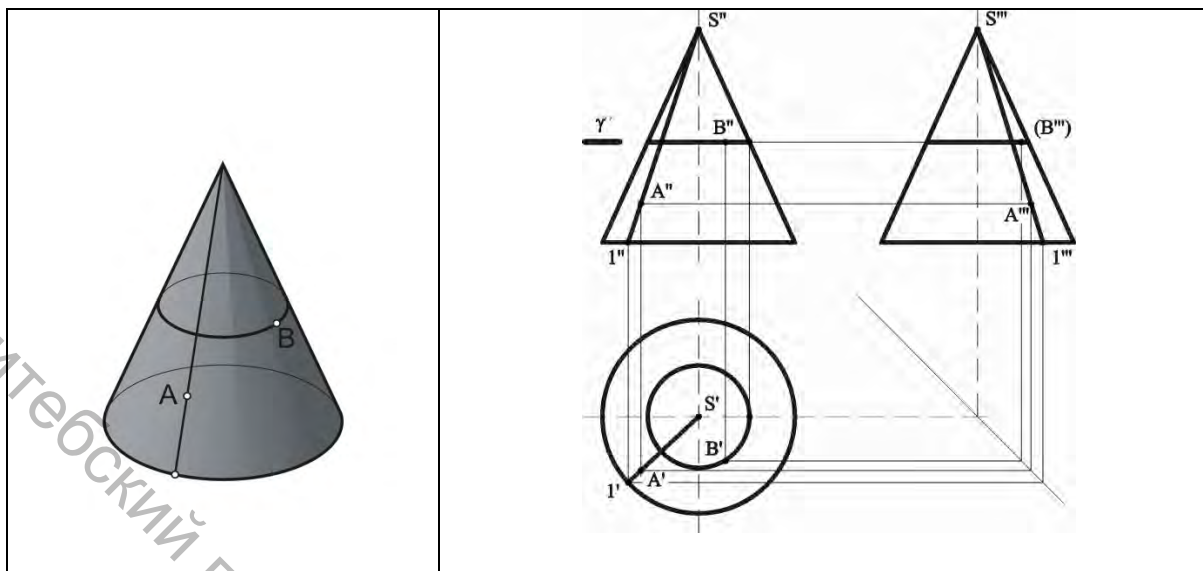


Рисунок 1.7 – Построение точек на поверхности конуса

Построение недостающей проекции линии на поверхности сводится к задаче на построение проекций конечного множества точек, принадлежащих этой линии, и последовательному их соединению с учетом видимости в проекциях. Построение следует начинать с точек, которые определяют начало и конец линии; точек на очерковых образующих (точек смены видимости); экстремальных точек (наиболее удаленных и близких к плоскостям проекций) и др.

Построение конических сечений (эллипса, параболы, гиперболы - проецирующими плоскостями аналогично построению линий на поверхности конуса.

1. На известной проекции сечения выделяется множество точек, в первую очередь характерных.
2. Строятся их недостающие проекции с помощью образующих или окружностей.
3. Проекции точек последовательно соединяются с учетом их видимости.

Как и для цилиндра, на рисунке изображена фронтально-проецирующая плоскость  $\gamma$ , пересекающая конус по эллипсу. Выделены точки на очерковых образующих конуса. Точки 1 и 2 определяют большую ось эллипса и являются точками смены видимости на фронтальной плоскости проекций. Точки 3 определяют малую ось эллипса. Точки 4 являются точками смены видимости на профильной плоскости проекций. Точки 3, а также промежуточные точки 5, 6 построены с помощью вспомогательных секущих плоскостей, пересекающих конус по окружностям.

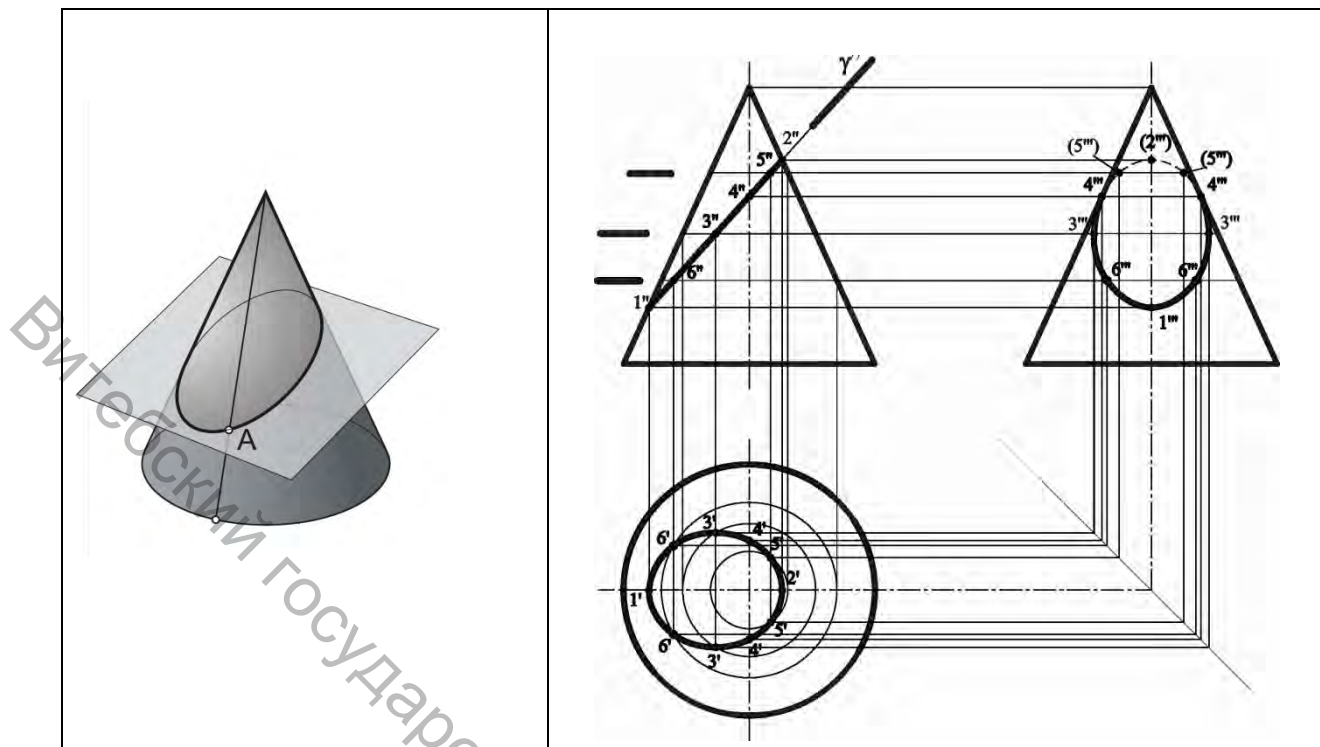
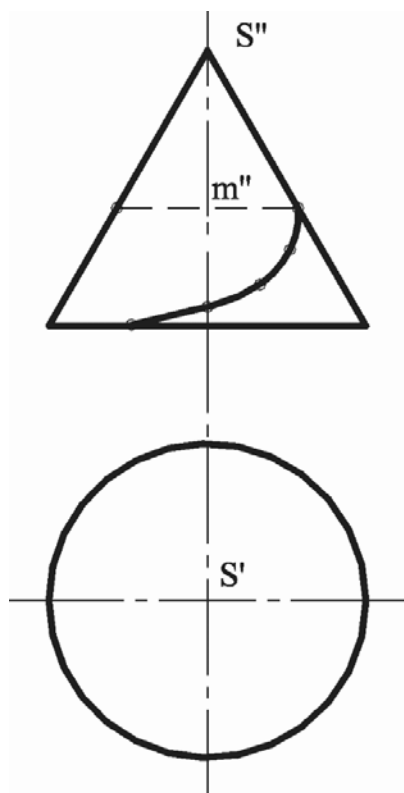


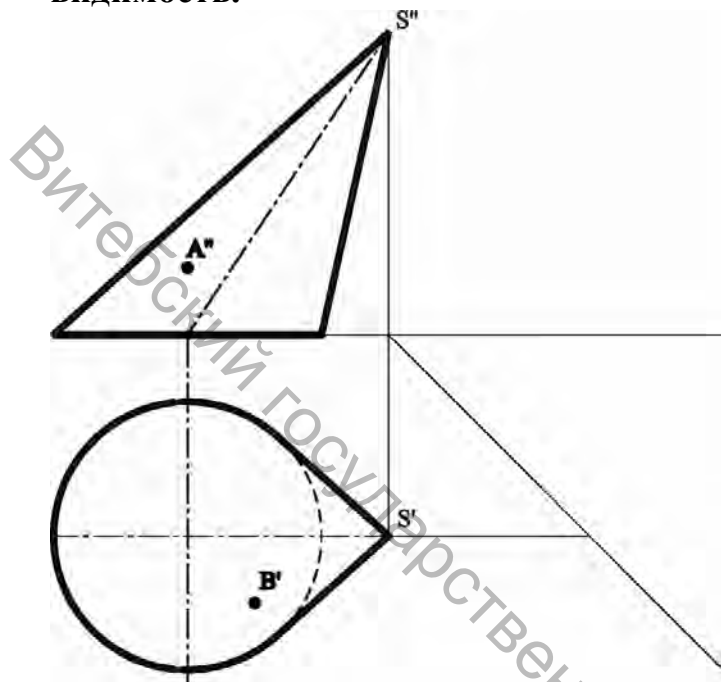
Рисунок 1.8 – Построение сечения конуса

### Задания

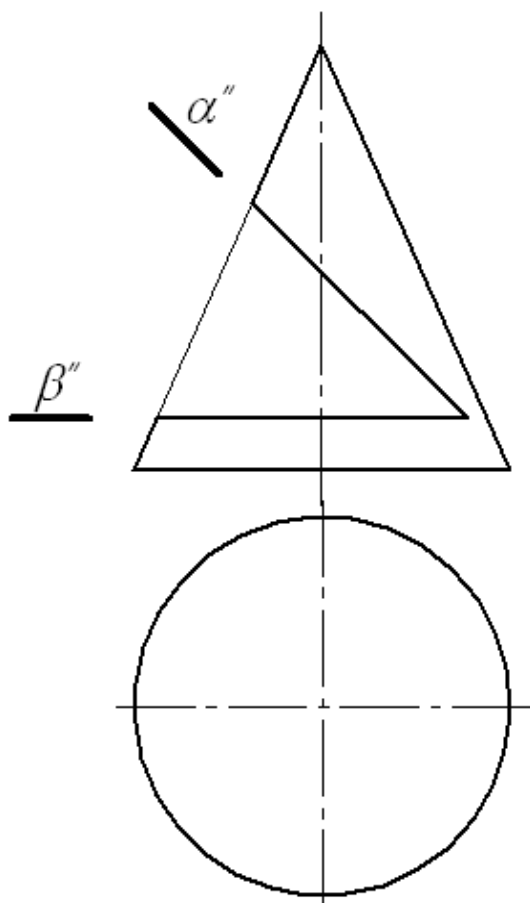
**1.29 Построить недостающую проекцию линии  $m$  ( $m''$ ), принадлежащую поверхности прямого кругового конуса.**



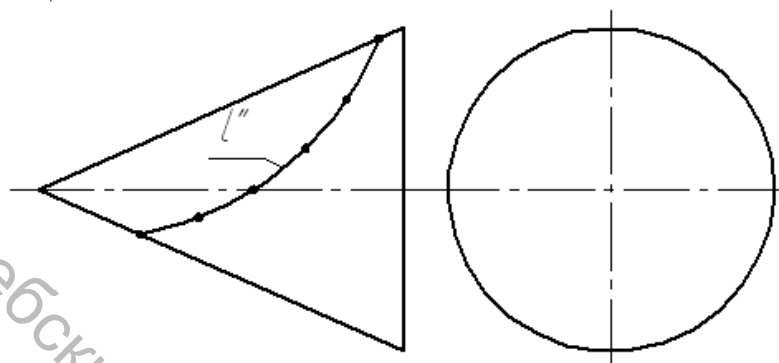
1.30 Через точку  $A$  провести плоскость, пересекающую наклонный конус по окружности, а через точку  $B$  – по треугольнику. Построить недостающую проекцию конуса и проекции сечений. Оформить видимость.



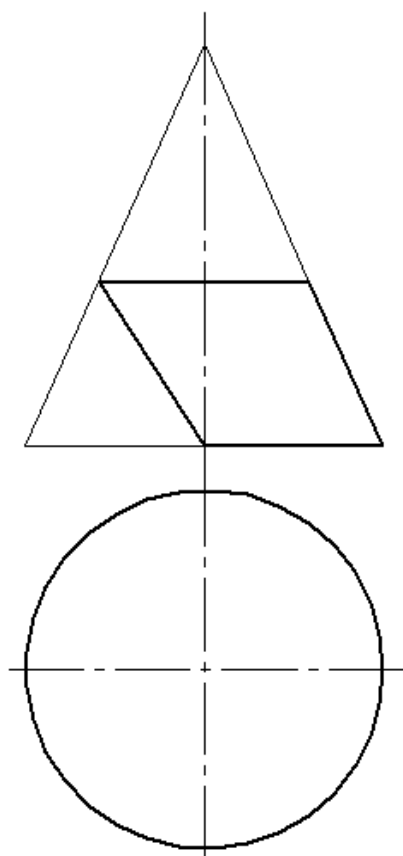
1.31 Построить три проекции конуса, усеченного плоскостями  $\alpha$  и  $\beta$ .



**1.32 По заданной фронтальной проекции линии  $l$ , принадлежащей поверхности конуса, построить ее горизонтальную и профильные проекции.**



**1.33 Построить три проекции конуса, усеченного плоскостями.**



## 1.5 Метрические задачи

Задачи на определение действительной величины отрезков прямых, плоских фигур, площадей поверхностей и других метрических характеристик называются метрическими. Решение таких задач упрощается, если фигуры занимают частное, а именно параллельное положение относительно какой-либо плоскости проекций. Следовательно, чтобы определить действительную величину отрезка прямой или треугольника способом замены плоскостей проекций, необходимо ввести новую плоскость проекций, параллельную отрезку или треугольнику. В этом случае новая проекция будет равна действительной величине отрезка или треугольника.

На чертеже введение новой плоскости выражается в проведении новой оси  $x_1$ , которая проводится параллельно проекции отрезка. В случае с треугольником или другой плоской фигурой ось  $x_1$  проводится параллельно той проекции, которая представляет собой отрезок прямой.

Если определяется действительная величина плоской фигуры способом вращения, следует ось вращения выбирать перпендикулярно той плоскости проекций, которой перпендикулярна исходная плоская фигура. На рисунке треугольник  $ABC$  перпендикулярен фронтальной плоскости проекций. Поэтому для необходимого преобразования ось вращения  $i$  выбрана также перпендикулярно этой плоскости проекций.

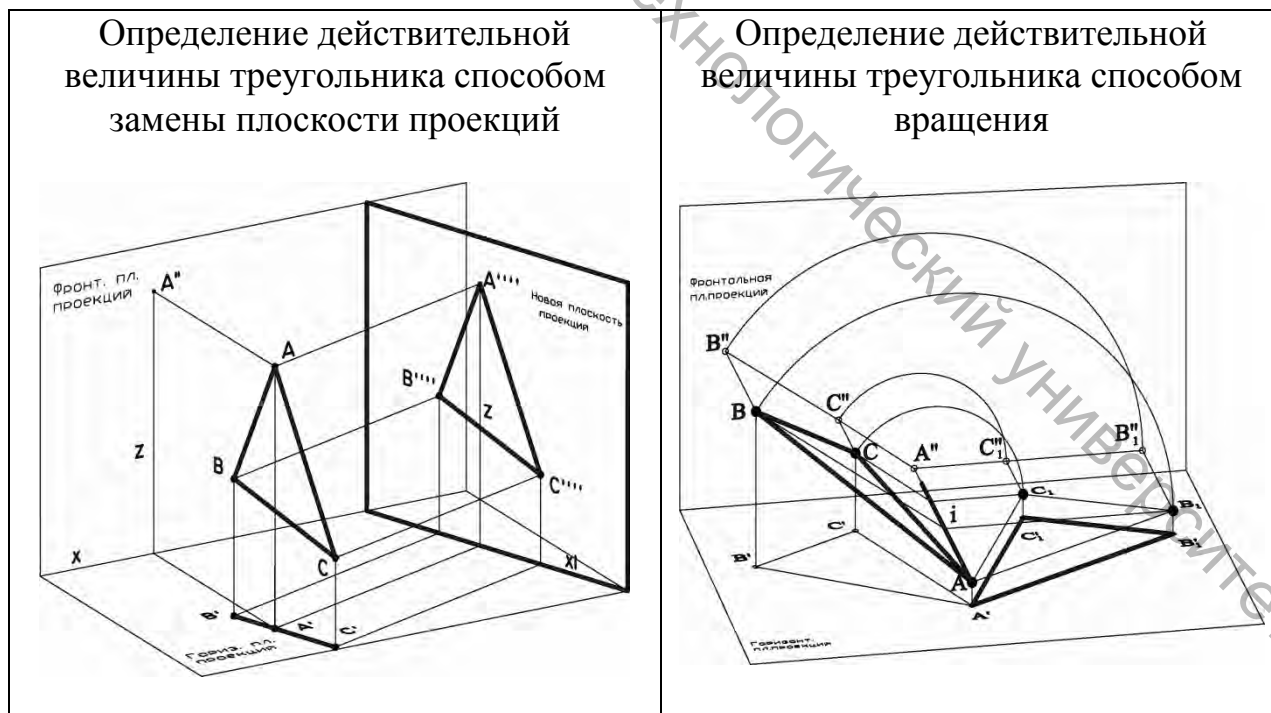
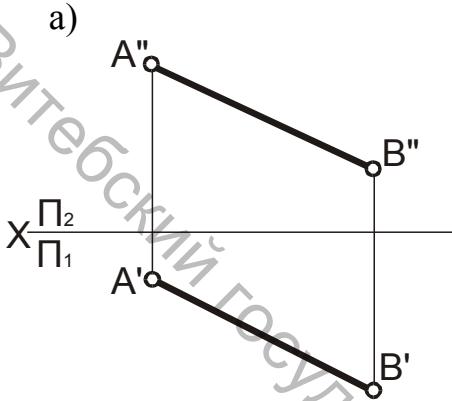


Рисунок 1.9 – Определение действительной величины треугольника

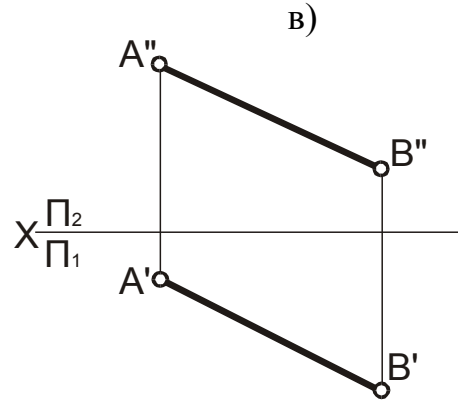
## Задания

### 1.34 Определить действительную величину отрезка $[AB]$ :

- а) способом замены плоскостей проекций;
- б) способом вращения вокруг проецирующих осей;
- в) способом плоско-параллельного перемещения.

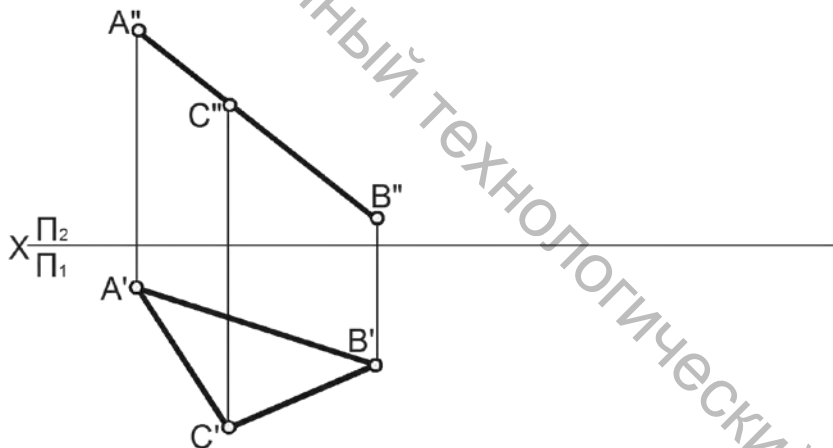


б)

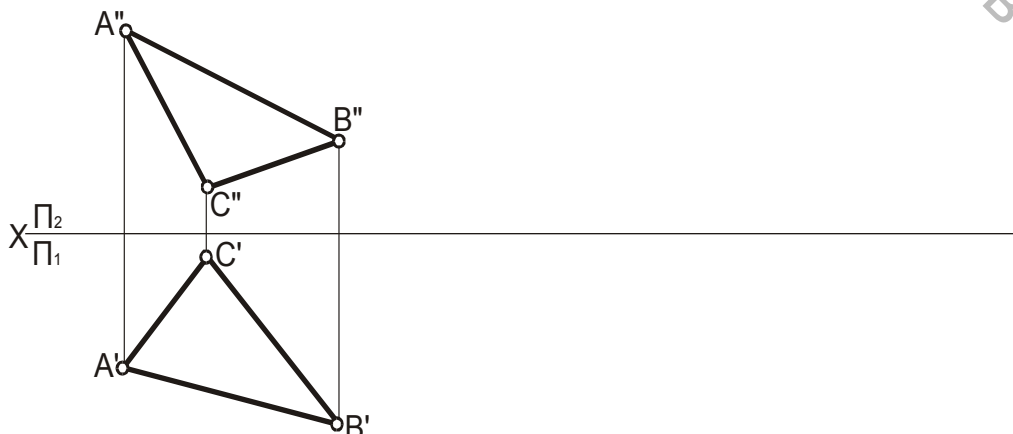


### 1.35 Определить натуральную величину:

- а) треугольника  $ABC$  частного положения способом вращения вокруг проецирующей оси;



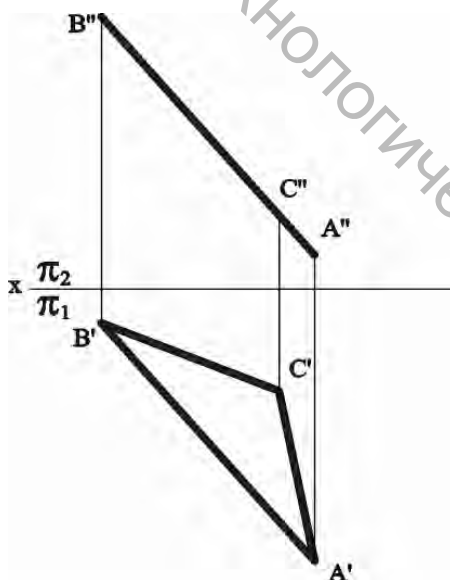
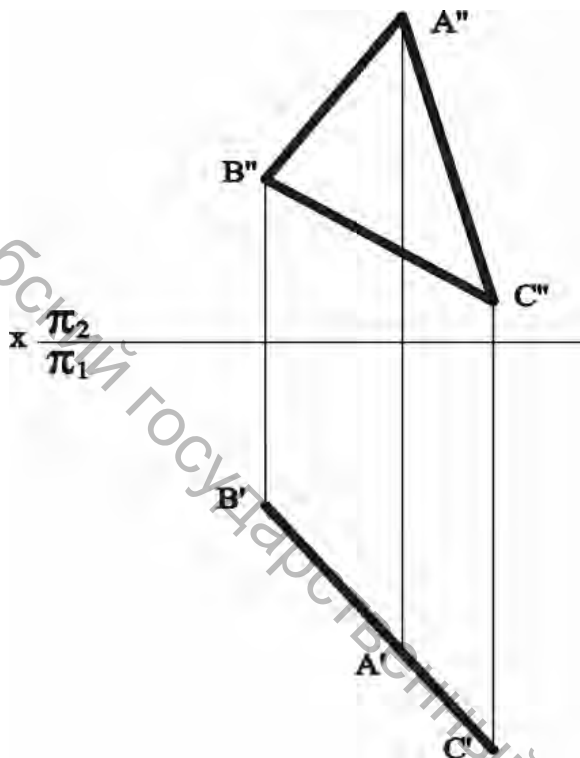
- б) треугольника  $ABC$  общего положения способом плоско-параллельного перемещения.



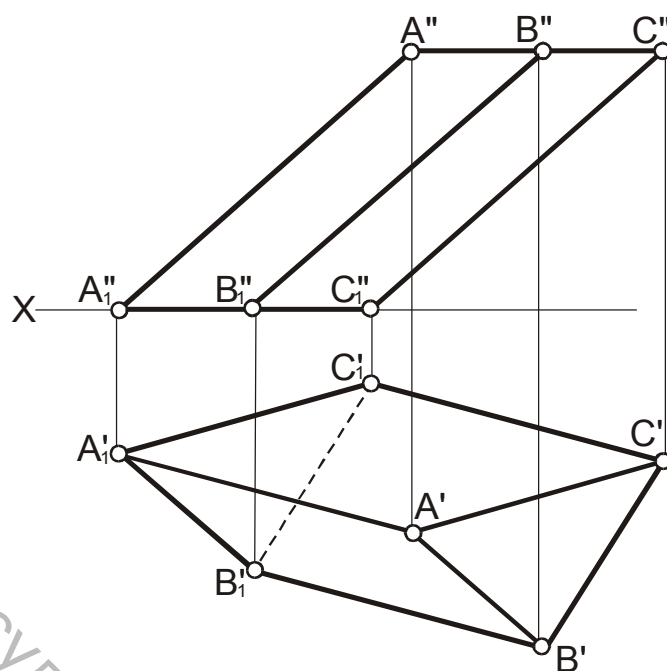
**1.36 Определить действительную величину треугольника  $ABC$ :**

а) способом замены плоскостей проекций;

б) способом вращения.



**1.37 По заданному чертежу определить натуральную величину ребер призмы. Построить сечение призмы и определить его действительную величину способом вращения.**



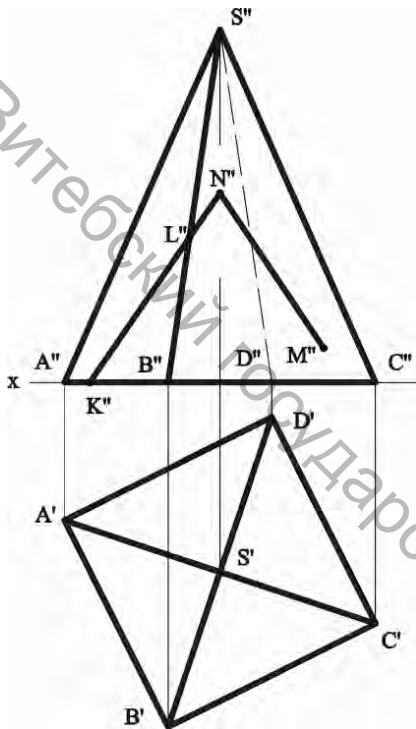
## 1.6 Развертки

В данной теме используются знания, умения и навыки, приобретенные при изучении предыдущих разделов курса. Здесь понадобятся знания по изображению геометрических тел, сечению их плоскостями, по построению точек и линий на поверхностях, способов преобразования чертежа для определения действительных величин отрезков, плоских фигур.

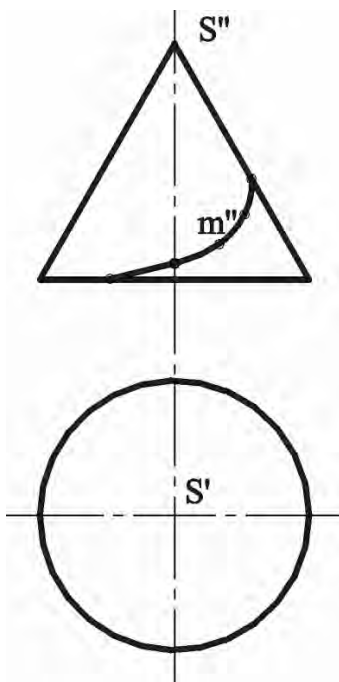
При изготовлении различных конструкций и изделий из листового материала, в том числе из ткани и кожи или их заменителей, имеет большое значение построение разверток поверхностей. Если представить себе поверхность как гибкую нерастяжимую пленку, то некоторые из них путем изгиба можно совместить с плоскостью без разрывов и деформаций. Такие поверхности относятся к развертываемым. Полученную в результате развертывания поверхности плоскую фигуру называют **разверткой** этой фигуры. Те поверхности, которые нельзя совместить с плоскостью без разрывов и деформаций, относятся к неразвертываемым. Теоретически точно развертываются графическим способом только гранные поверхности. При развертывании конических и цилиндрических поверхностей на практике их аппроксимируют вписанными гранными поверхностями. В этом случае, чем больше граней содержит вписанная поверхность, тем точнее ее развертка. Построенные таким образом развертки поверхностей называют приближенными.

## Задания

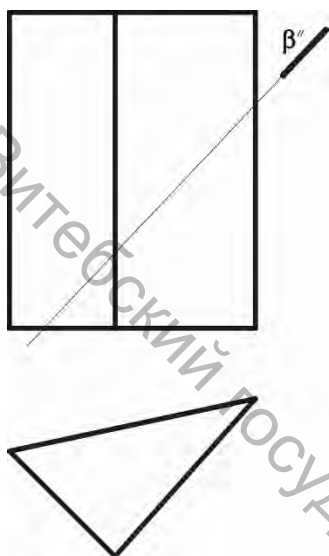
1.38 Построить развертку пирамиды  $SABCD$  и ломаной линии  $KLNM$ , принадлежащей поверхности пирамиды.



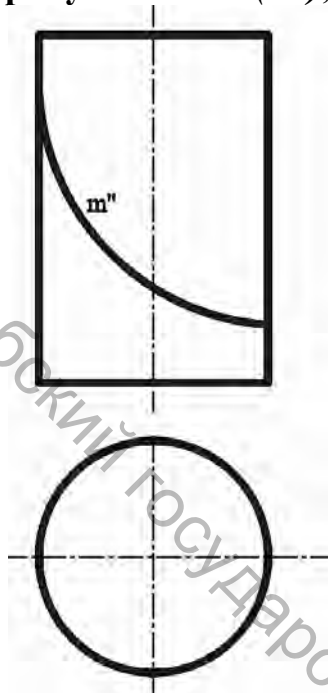
1.39 Построить развертку прямого кругового конуса и линии  $m$  ( $m''$ ), принадлежащей его поверхности.



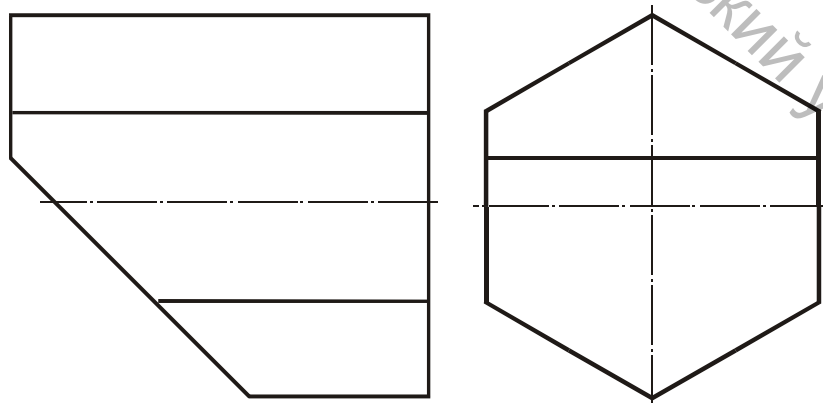
**1.40 Построить развертку трехгранной прямой призмы. Нанести на развертку линию сечения призмы плоскостью  $\beta$ .**



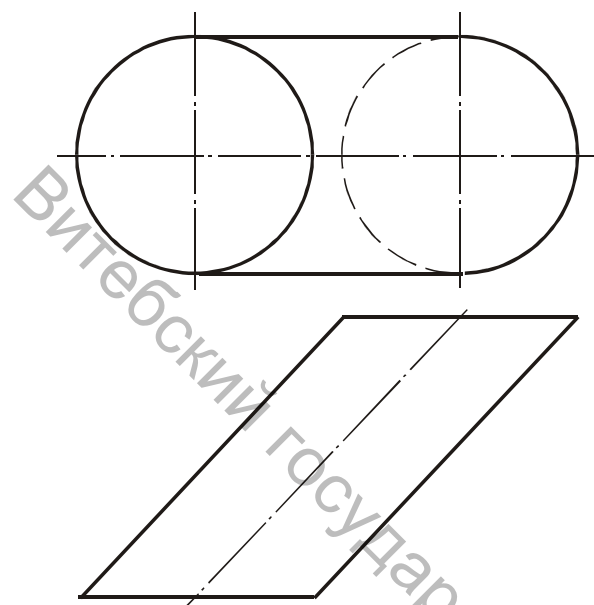
1.41 Построить развертку прямого кругового цилиндра и нанести на развертку линию  $m$  ( $m'$ ), принадлежащую поверхности цилиндра.



**1.42 Построить полную развертку усеченной призмы.**



**1.43 Построить развертку боковой поверхности эллиптического цилиндра способом раскатки.**



## 2 ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

### 2.1 Построение чертежа по аксонометрическому изображению предмета

В условиях заданий дано аксонометрическое (наглядное) изображение предмета с размерами.

Требуется начертить три вида предмета – спереди, сверху и слева, изобразив его внутренние элементы штриховыми линиями. Построение видов выполняется с использованием линий связи. При выполнении чертежа средствами машинной графики линии связи необходимо сохранить, создав для них новый слой.

#### Примечания.

1. Если глубина отверстий или пазов не читается на наглядном изображении, следует считать, что они выполнены насквозь.

2. В рабочей тетради для данного задания рекомендуется применение масштаба уменьшения 1:2.

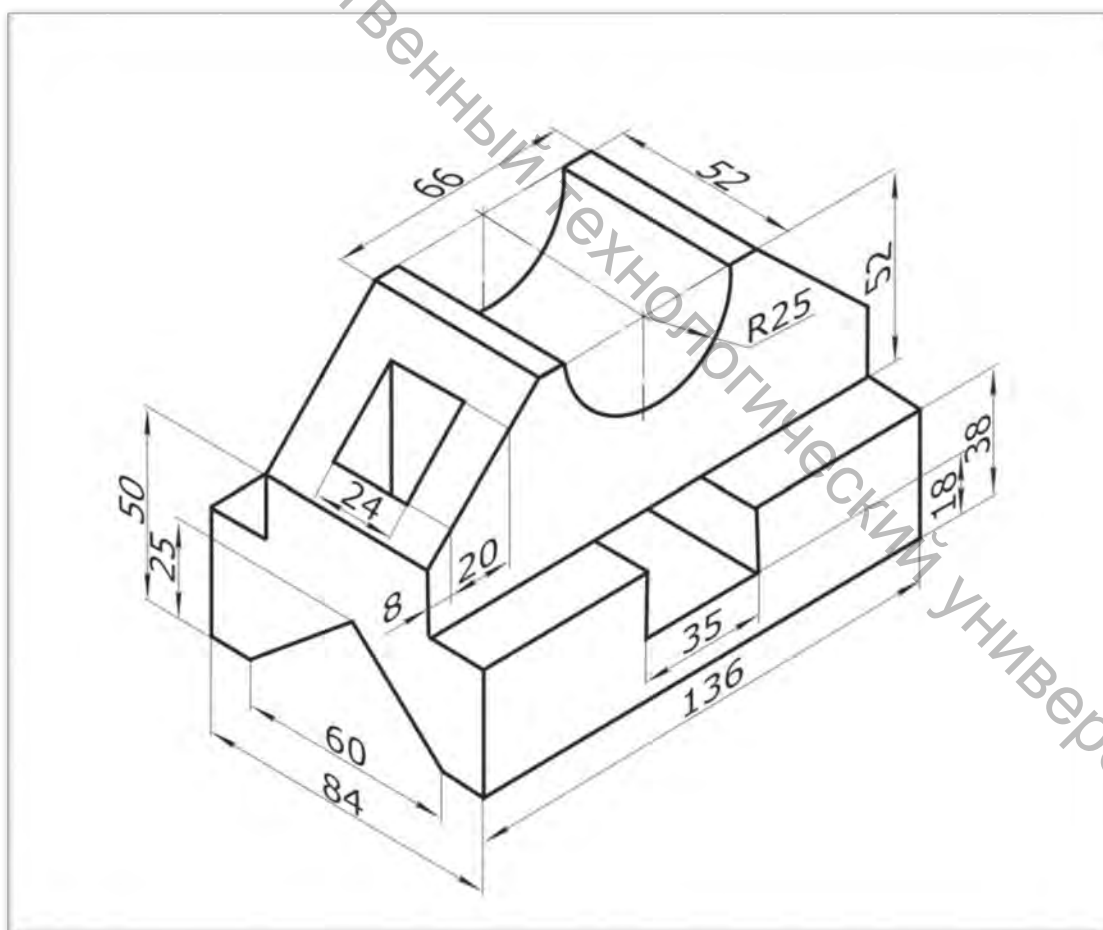


Рисунок 2.1 – Пример условия задания

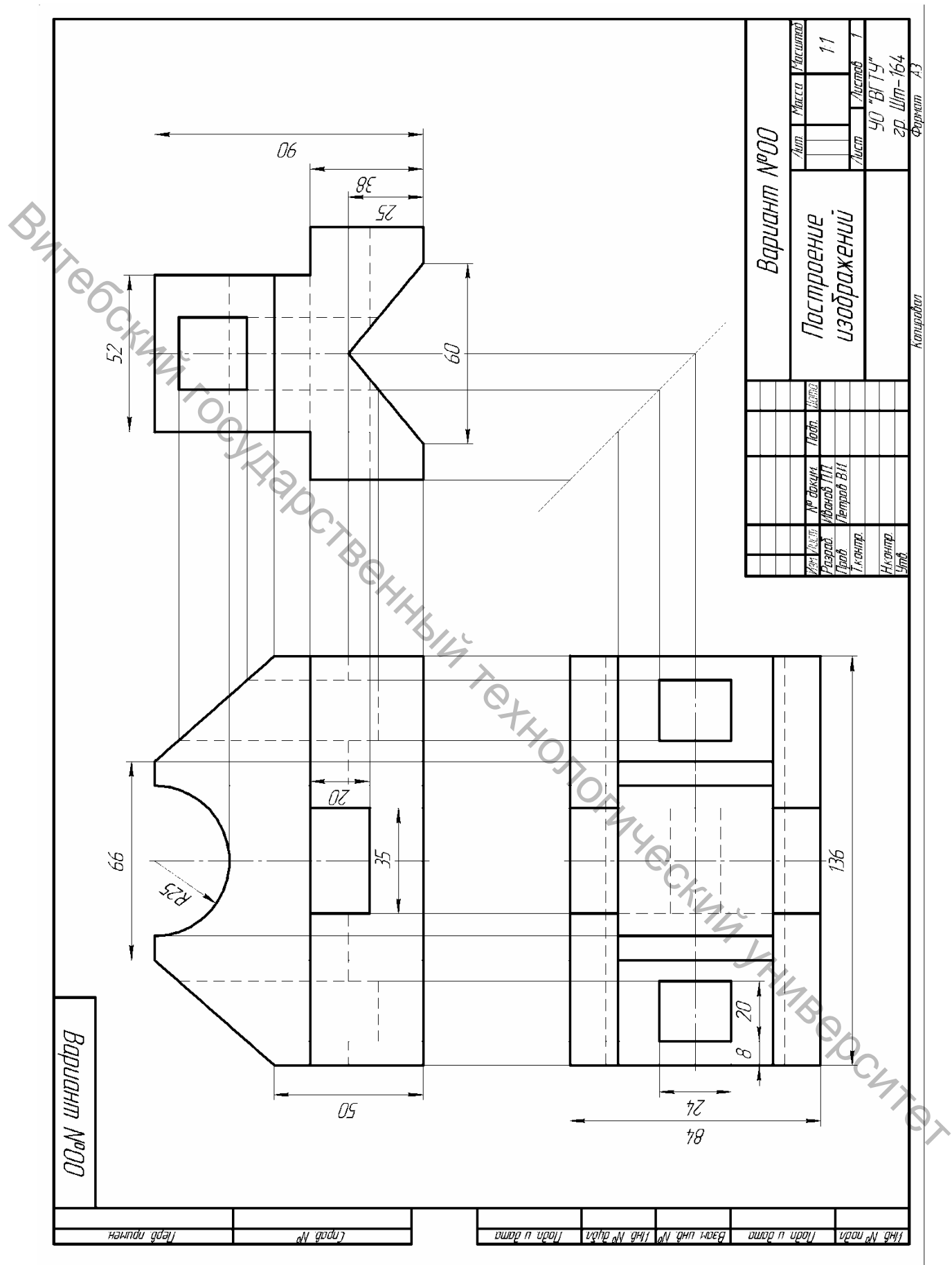
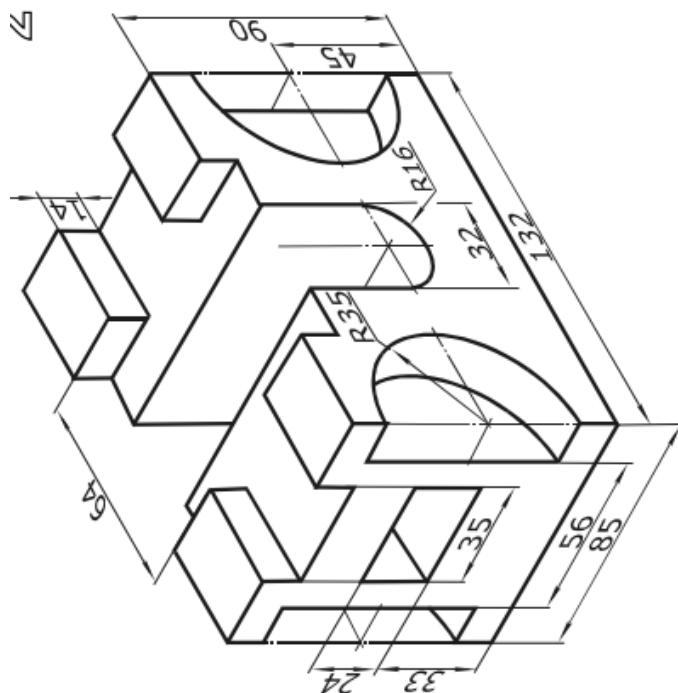


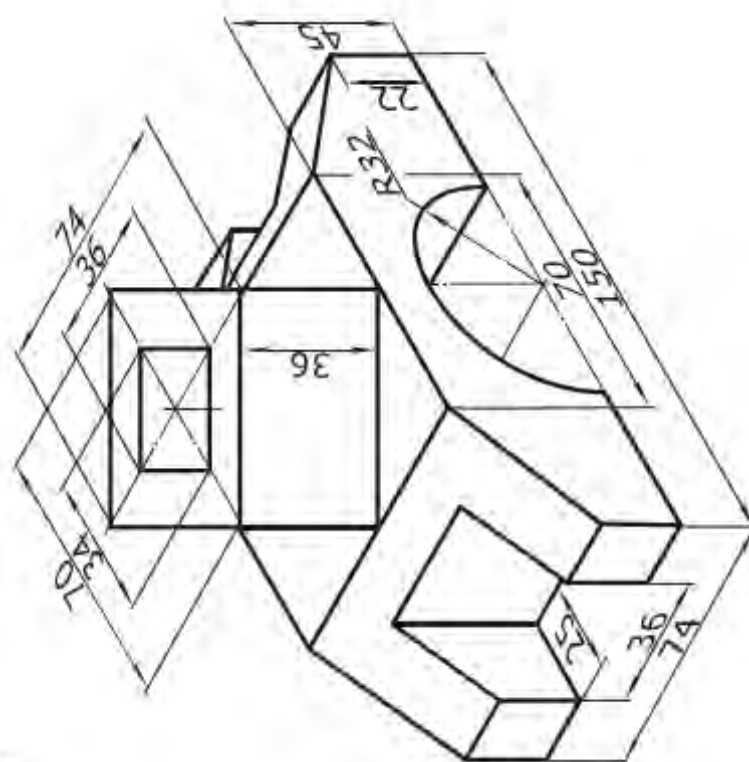
Рисунок 2.2 – Пример выполнения и оформления задания

Isometric drawing of a mechanical part. The part features a base plate with a central rectangular cutout. A vertical plate is attached to the base, and a horizontal plate is attached to the vertical plate. The dimensions are as follows:

- Base plate: 85 (width) x 56 (depth) x 4 (thickness).
- Central cutout: 35 (width) x 24 (depth) x 33 (height).
- Vertical plate: 32 (width) x 132 (height) x 4 (thickness).
- Horizontal plate: 35 (width) x 64 (depth) x 4 (thickness).
- Radius: R35 (on the vertical plate).



Задание 2.2



2.2 Построение третьего вида предмета по двум заданным

В условиях заданий дано два вида предмета с размерами.

Требуется начертить третий вид предмета (вид слева), изобразив его внутренние элементы штриховыми линиями. Построение видов выполняется с использованием линий связи, которые необходимо сохранить.

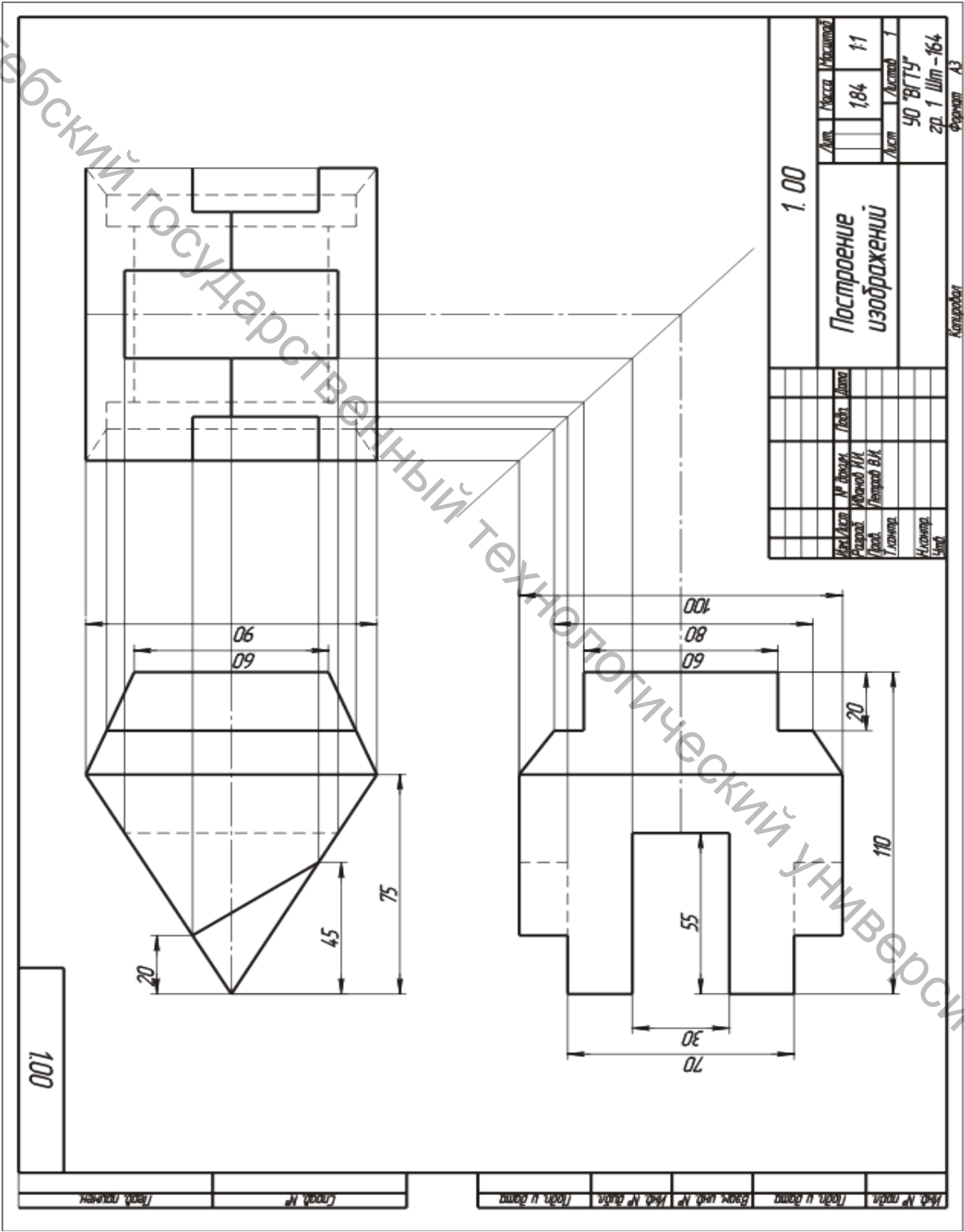
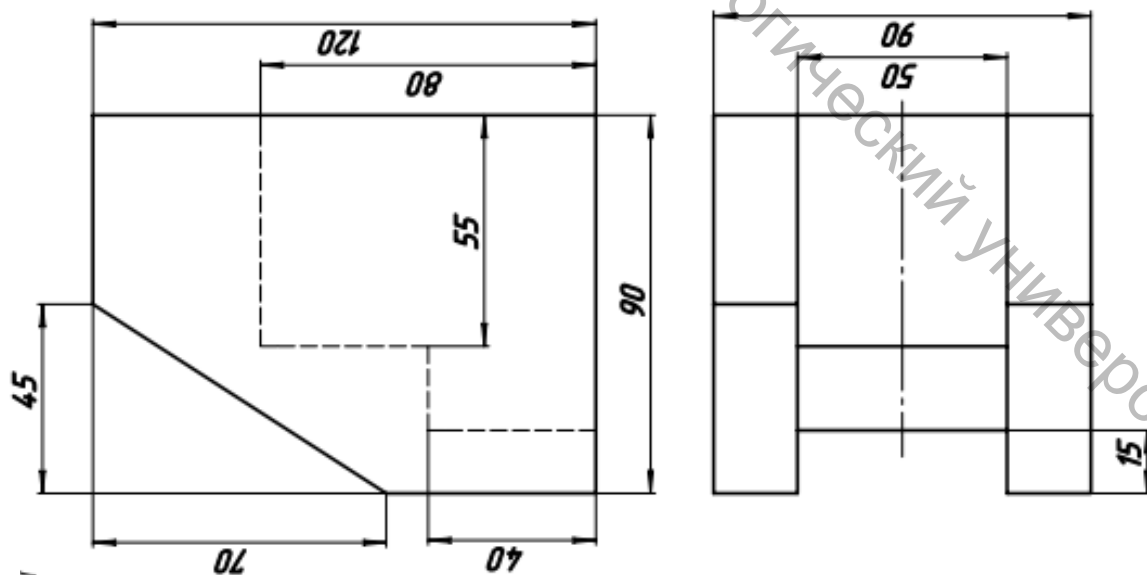


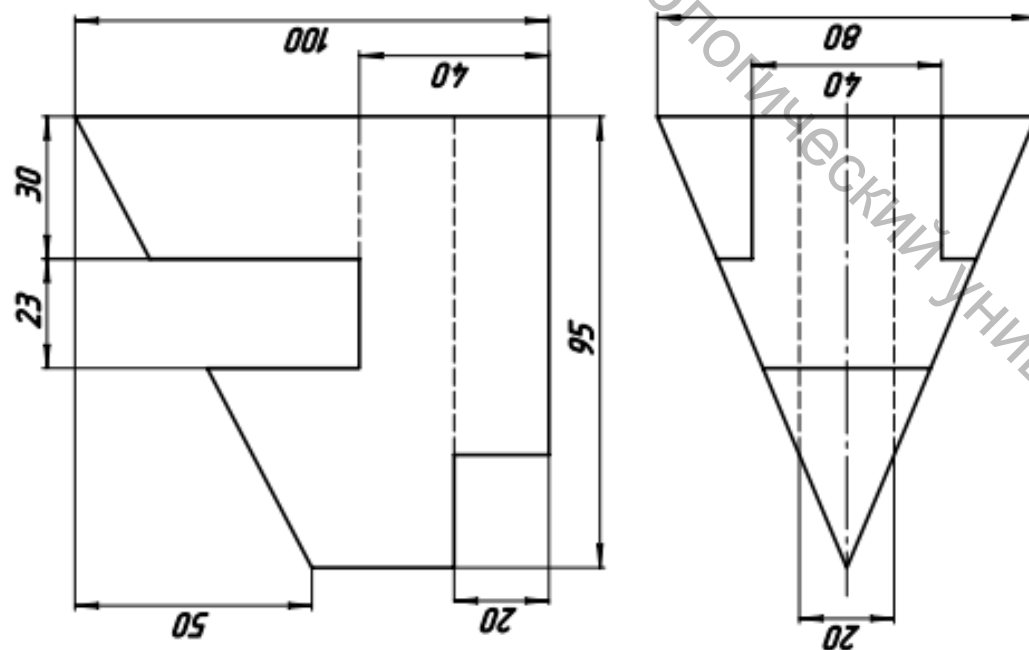
Рисунок 2.3 – Пример выполнения задания

Витебский государственный технологический университет

Задание 2.3



Задание 2.4



## 2.3 Построение видов и простых разрезов

Условия заданий содержат два вида предмета – спереди (главный вид) и вид сверху. Указаны размеры предмета.

Требуется начертить вид слева и выполнить два обязательных простых разреза – фронтальный и профильный, применив условность о совмещении части вида и части соответствующего разреза в одном изображении.

Форму пазов, отверстий и других элементов, не попавших в плоскости разрезов, рекомендуется показать с помощью местных разрезов. Чертеж в законченном виде не должен содержать линий невидимого контура предмета.

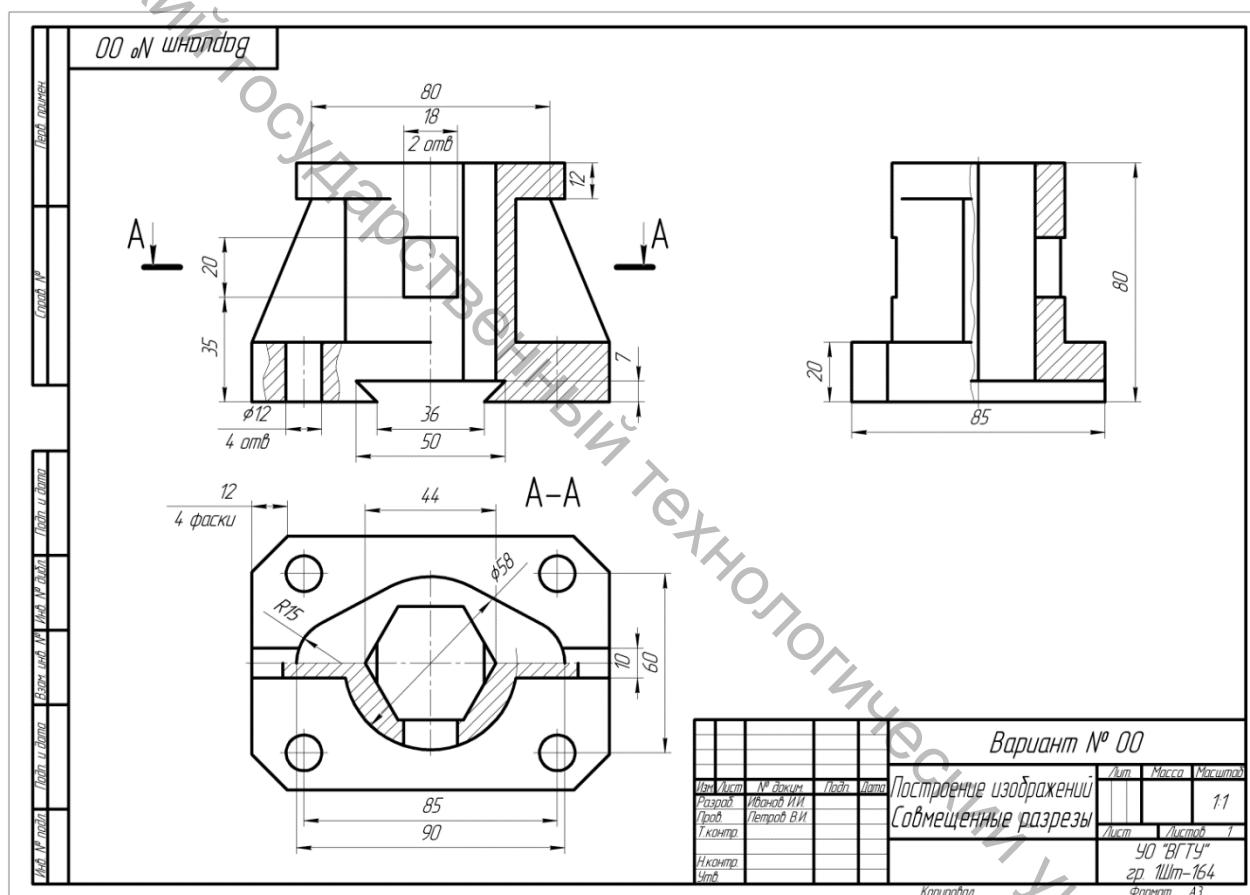
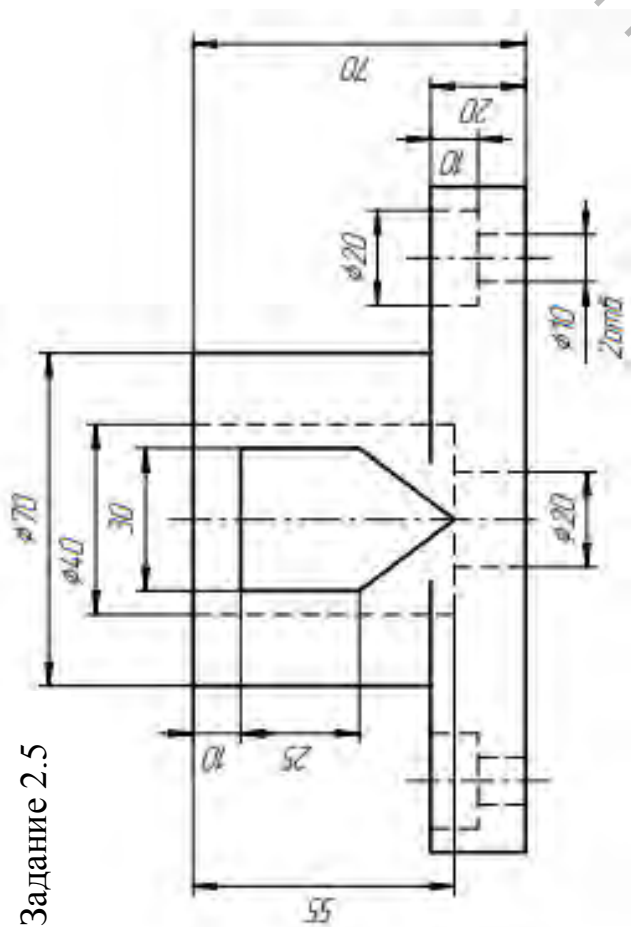
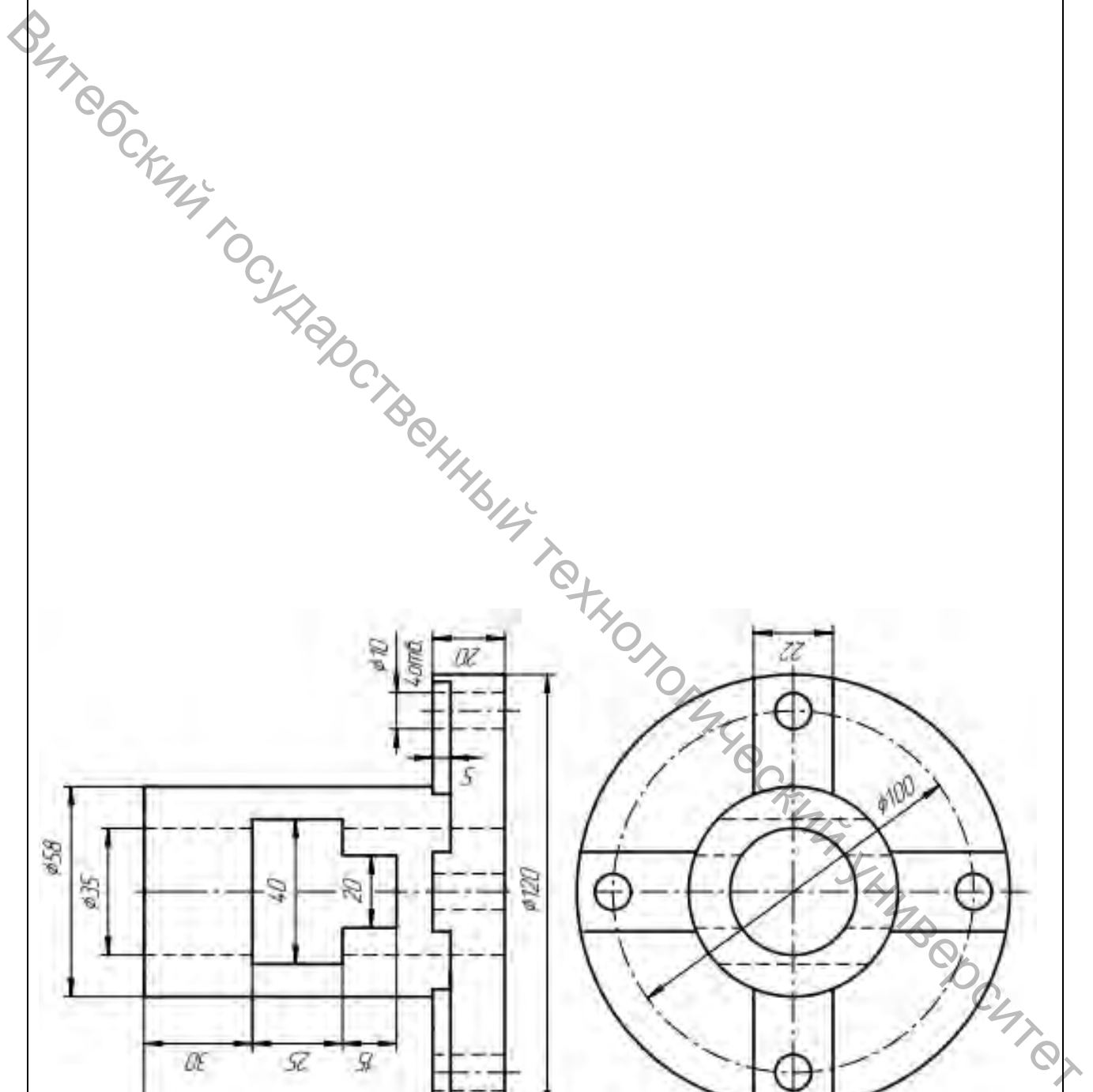


Рисунок 2.4 – Пример выполнения и оформления задания

Задание 2.5





## 2.4 Построение видов и сложных разрезов

Условия заданий содержат два вида предмета – спереди (главный вид) и сверху. Указаны размеры предмета.

Требуется начертить вид слева и выполнить обязательный сложный разрез. Для более полного выявления формы предмета рекомендуется также выполнить простые и местные разрезы. Чертеж в законченном виде не должен содержать линий невидимого контура предмета.

Форму пазов, отверстий и других элементов, не попавших в плоскости разрезов, рекомендуется показать с помощью местных разрезов.

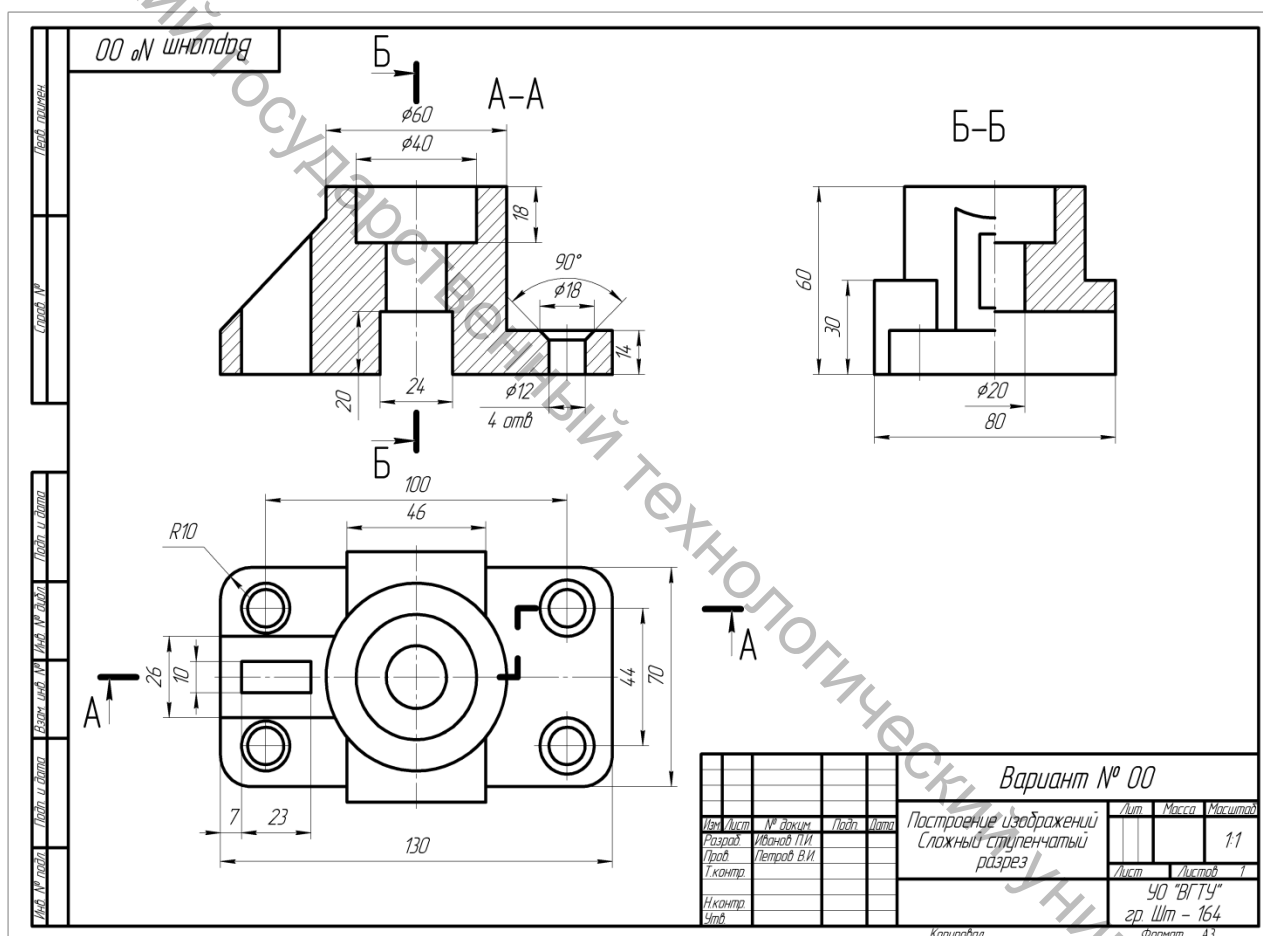
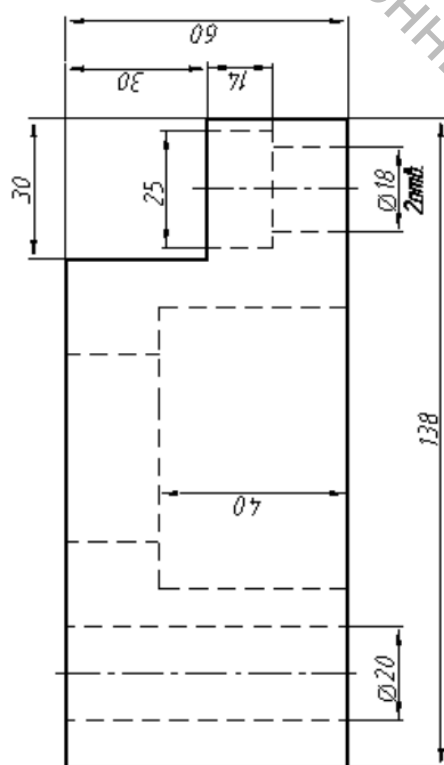


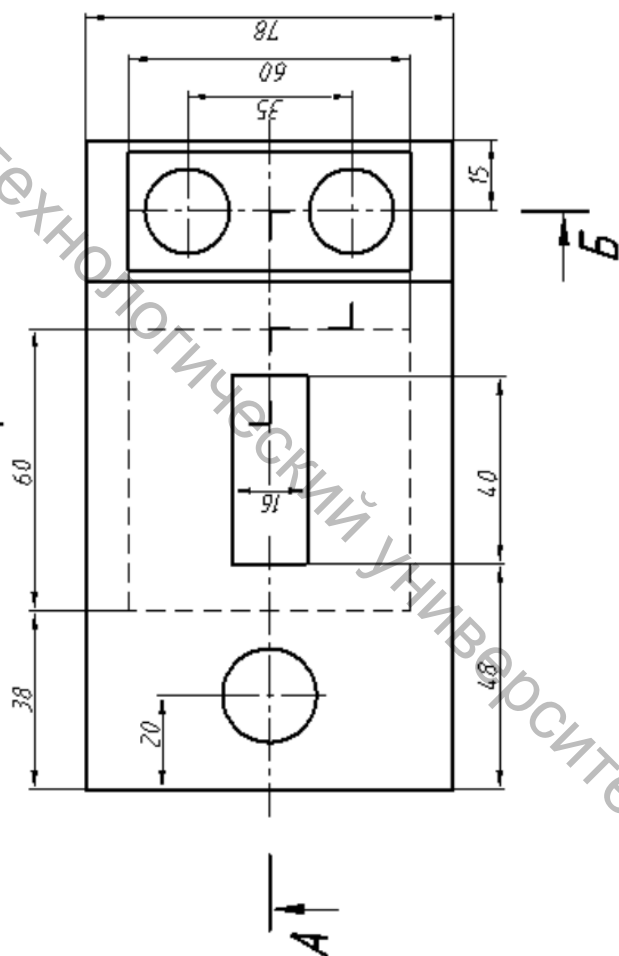
Рисунок 2.5 – Пример выполнения и оформления задания

Задание 2.7

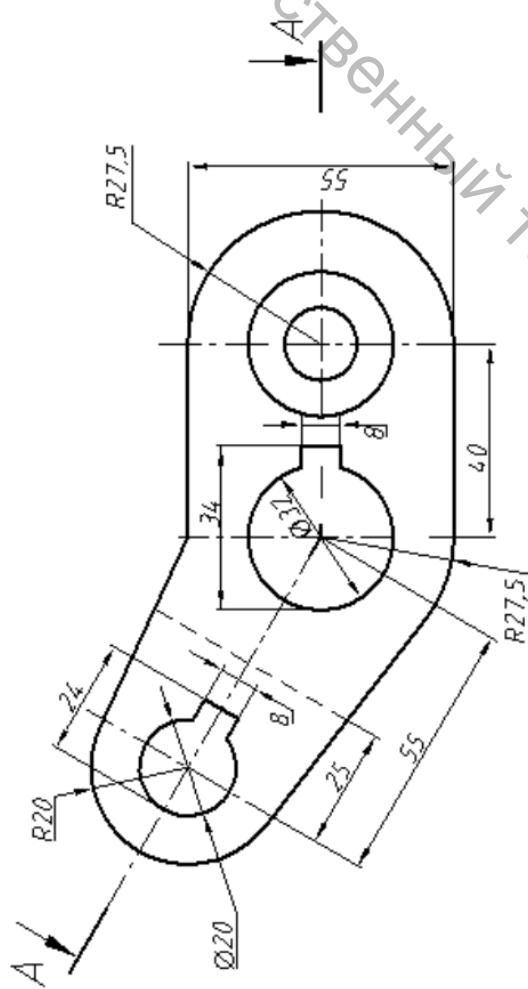
A-A



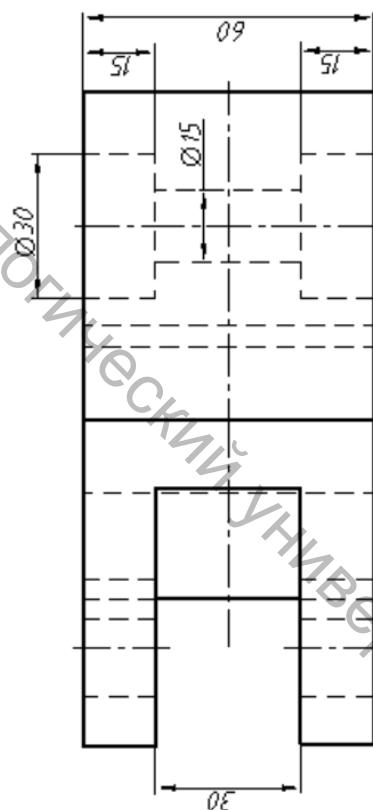
B-B



Задание 2.8



A - A



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Начертательная геометрия : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим спец. / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 391 с.
2. Начертательная геометрия. Практикум : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по спец. «Программное обеспечение информационных технологий» / К. П. Яговдик. – Минск : Издательство Гревцова, 2012. – 79 с.
3. Начертательная геометрия : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по техническим спец. / П. В. Зеленый, Е. И. Беякова ; БНТУ ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : БНТУ, 2015. – 223 с.
4. Инженерная графика : учебное пособие для курсантов и студентов вузов по техническим спец. и специальности «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» / А. А. Цакунов, Т. Э. Каптилович ; под ред. Г. Ф. Ласуты. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 200 с.
5. Основы начертательной геометрии : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по техническим спец. / А. Ф. Кокошко. – 2-е изд., испр. – Минск : ТетраСистемс, 2013. – 191 с.
6. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие для студентов вузов по техническим спец. / П. В. Зеленый, Е. И. Беякова ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : Новое знание, 2011. – 302 с.
7. Техническая графика : учебно-методический комплекс / Ю. П. Беженарь. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2012. – 345 с.
8. Инженерная графика. Практикум : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омель. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 207 с.

## Приложение А

### Условности и упрощения, применяемые при построении видов и разрезов на чертежах

Для простых фронтальных, горизонтальных и профильных разрезов допускается соединение в одном изображении половины вида с половиной соответствующего разреза при условии, что предмет представляет собой симметричную фигуру. Если изображение такого разреза выполняется в проекционной связи с направлением взгляда – фронтальный разрез выполняется на месте вида спереди (или сзади), горизонтальный – на месте вида сверху (или снизу), профильный – вида слева (или справа), секущая плоскость не изображается и разрез не обозначается. На границе между видом и разрезом проводится штрихпунктирная осевая линия. Как правило, разрез располагается справа, а соответствующий вид – слева от осевой линии (рис. А.1).

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной тонкой линией с изломом или сплошной волнистой линией (рис. А.2 и А.3). Волнистую линию следует применять и в том случае, если с осевой линией совпадает линия видимого контура предмета (рис. А.3). Граница вида и разреза смещается в сторону вида, если линия видимого контура относится к внутренней части предмета, и в сторону разреза, если она изображает наружный контур предмета.

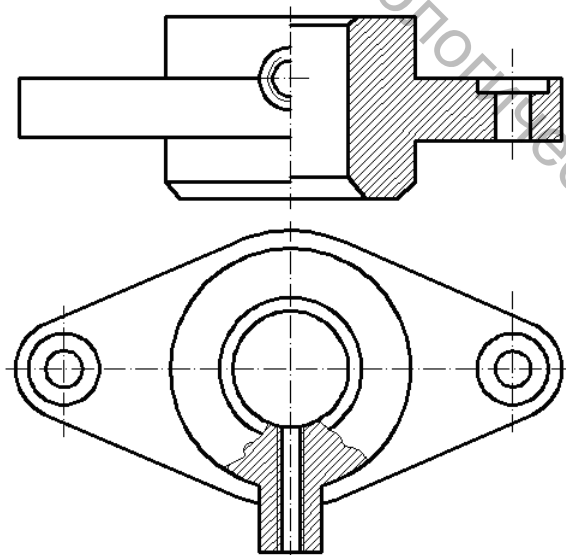


Рисунок А.1 – Совмещение на изображении части вида и разреза

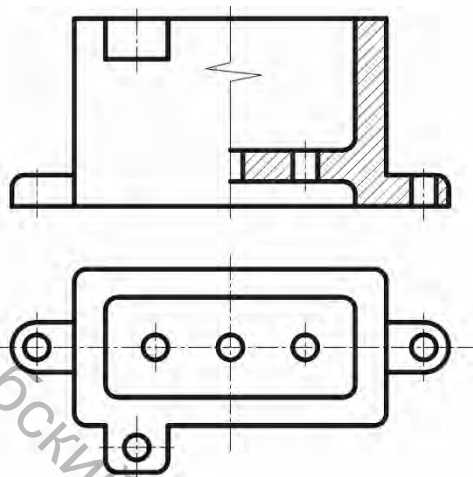


Рисунок А.2 – Совмещение на изображении части вида и разреза

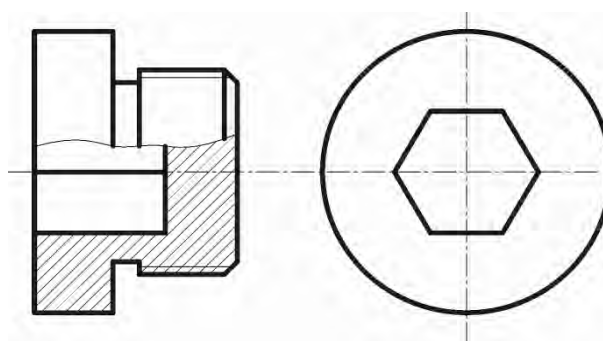
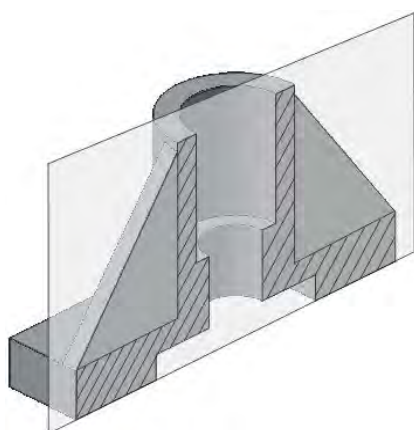
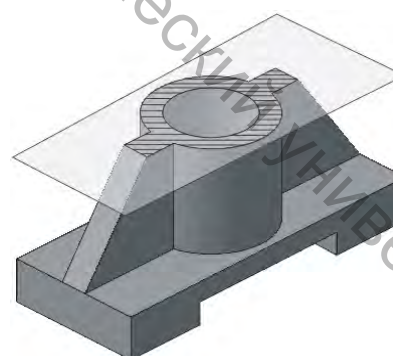


Рисунок А.3 – Совмещение на изображении части вида и разреза

Если секущая плоскость направлена вдоль оси, вдоль длины, вдоль толщины сплошных не пустотелых элементов или предметов (ребер жесткости, валов, осей, спиц и т. д.), названные элементы или предметы при продольных разрезах условно не заштриховываются. При построении ортогонального чертежа предмета (рис. А.4) тонкие стенки (ребра жесткости) в продольном разрезе условно не заштрихованы (рис. А.5), так как секущая плоскость направлена вдоль их толщины. При поперечном разрезе такие элементы режутся по общему правилу, то есть заштриховываются. Эта условность относится также ко всем стандартным крепежным деталям – болтам, винтам, штифтам, гайкам, шайбам и т. д. Эта же условность не применяется в аксонометрических (наглядных) изображениях предметов



Фронтальное рассечение детали плоскостью



Рассечение детали горизонтальной плоскостью

Рисунок А.4 – Изображение предмета с ребрами жесткости (тонкими стенками)

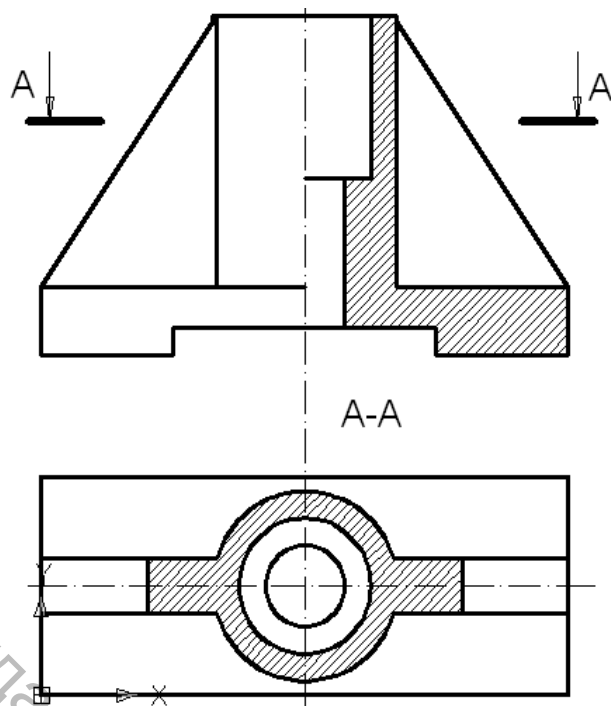
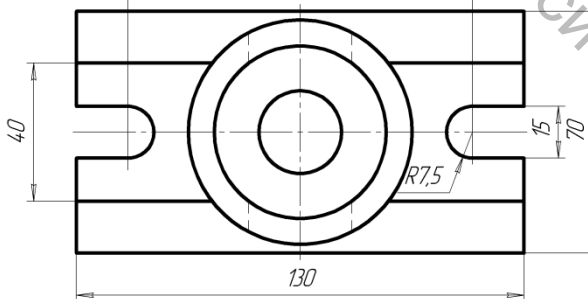
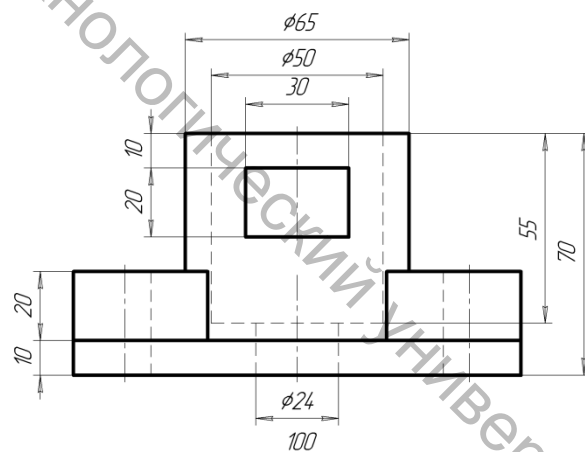
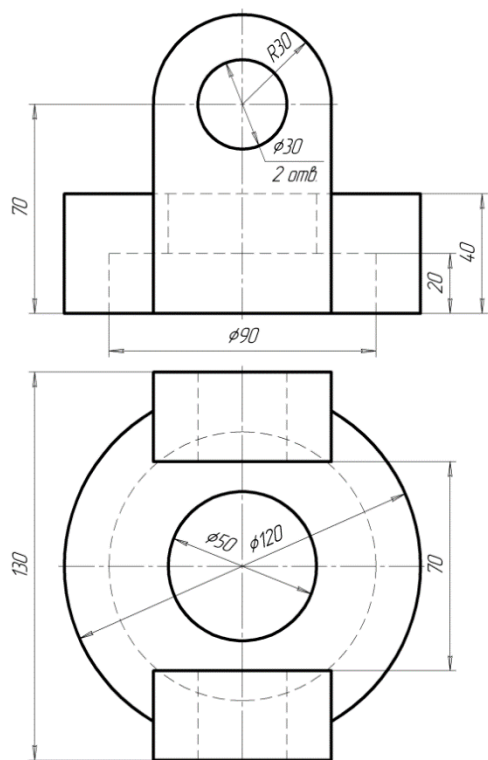
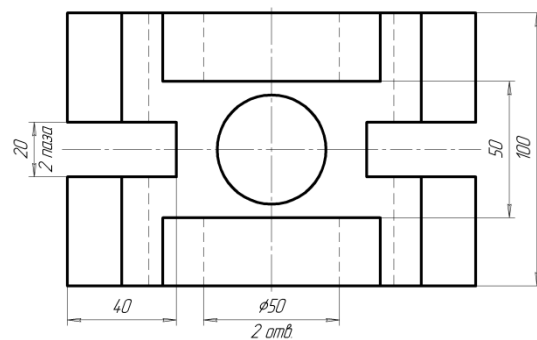
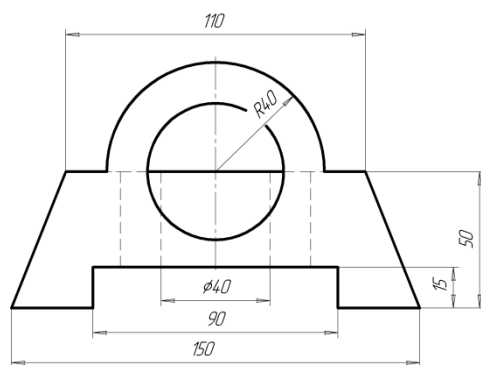
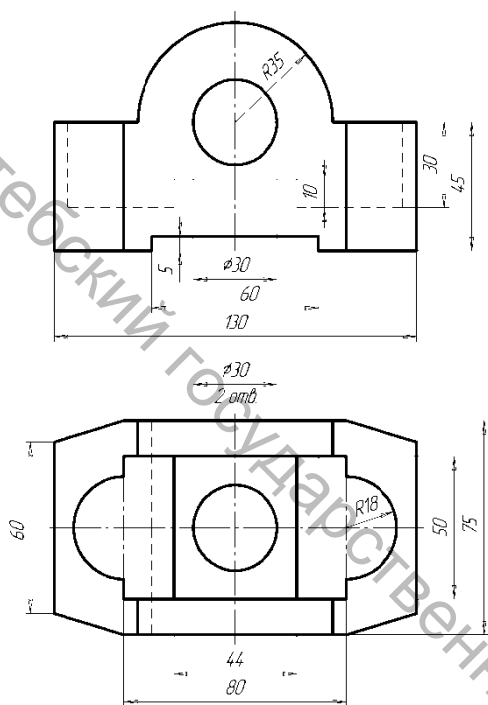
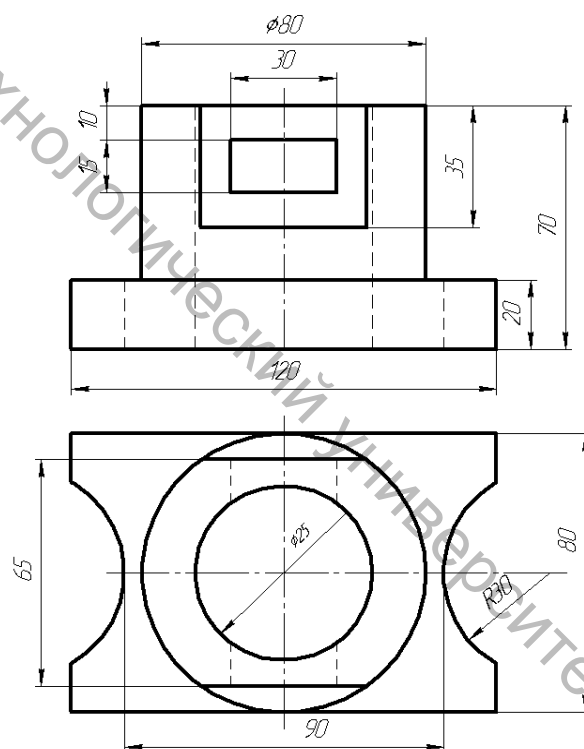
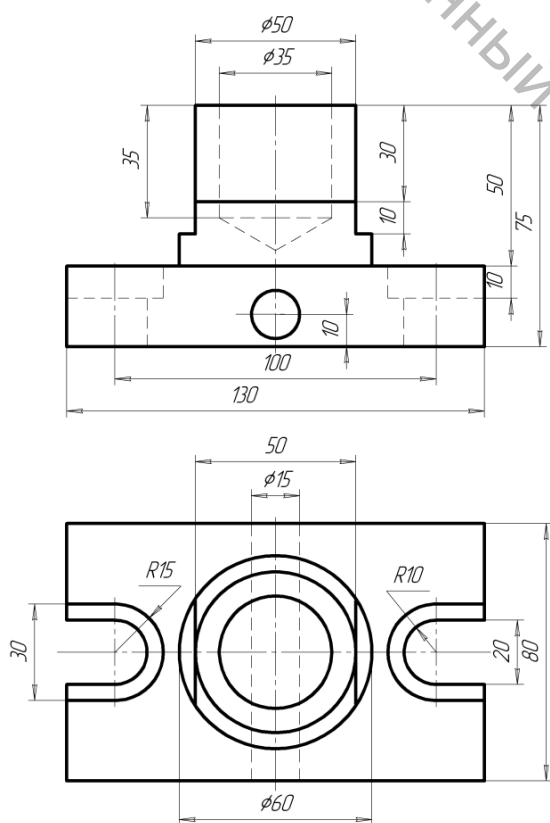
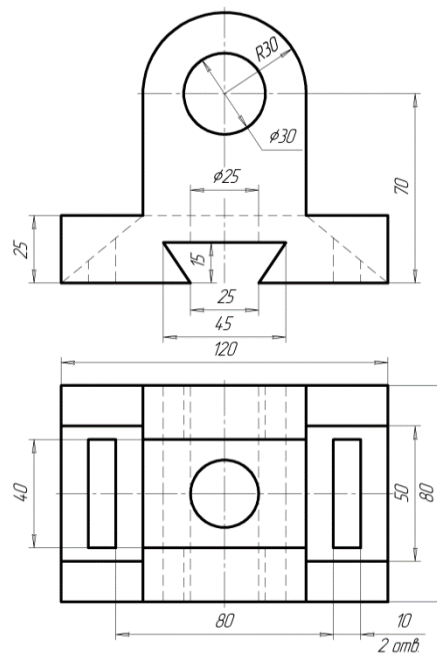
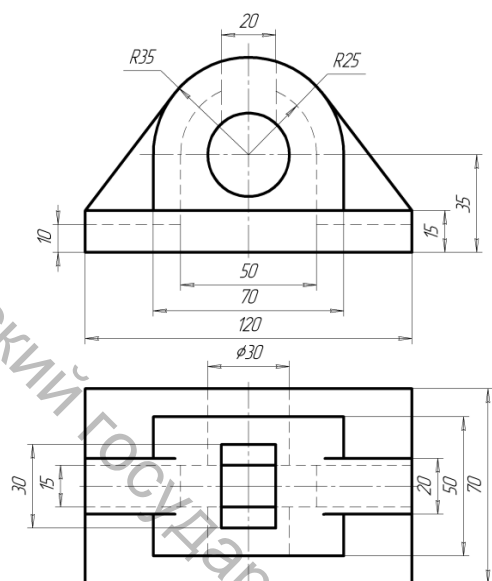


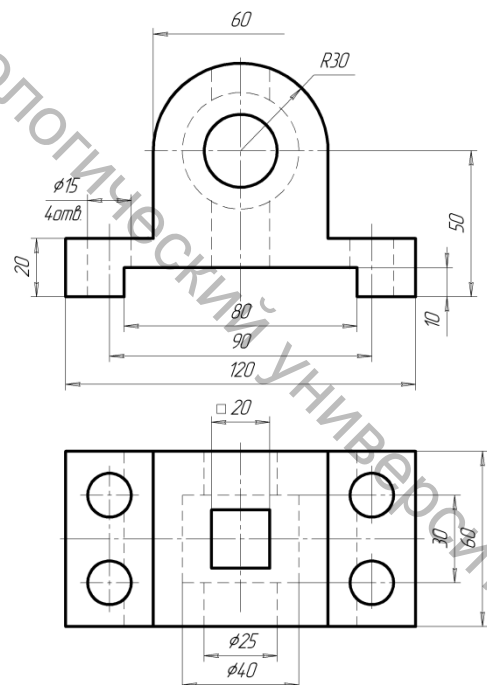
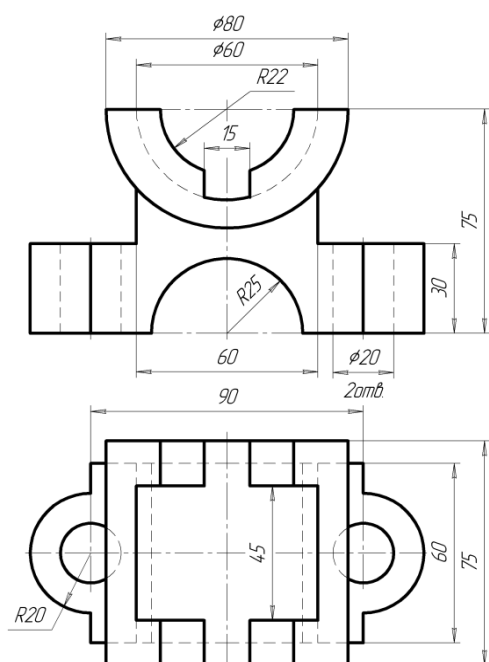
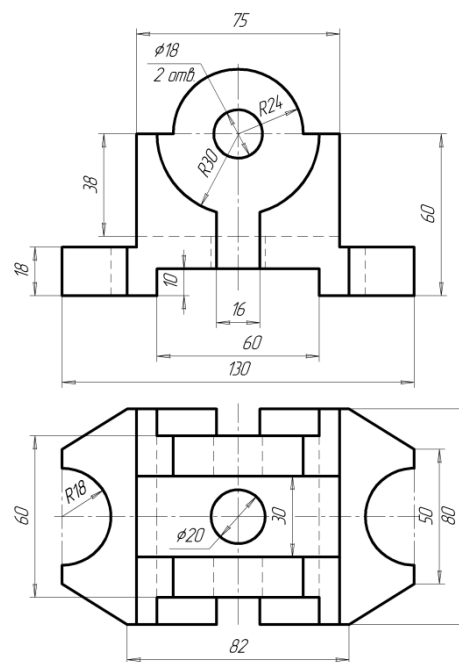
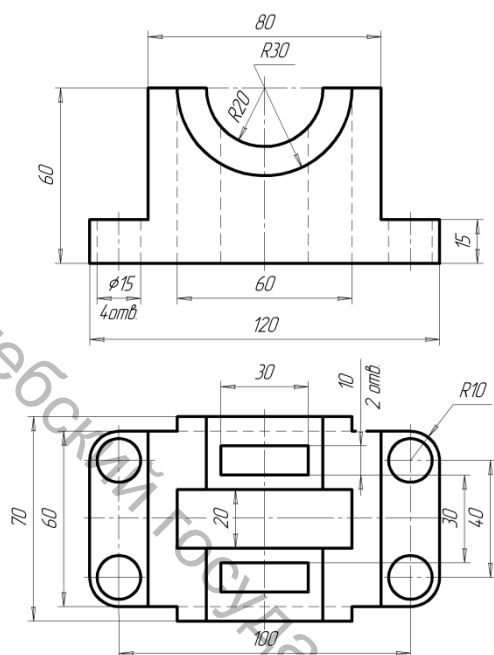
Рисунок А.5 – Изображение продольного фронтального и поперечного горизонтального разрезов (предмет с тонкими стенками)

# Приложение Б Задания для выполнения простых разрезов



Витебский государственный технологический университет





Учебное издание

## **Начертательная геометрия и инженерная графика**

Рабочая тетрадь

Составители:

Рассохина Ирина Михайловна  
Луцейкович Валерий Иванович  
Гришаев Александр Николаевич

Редактор *А.В. Пухальская*  
Корректор *А.В. Пухальская*  
Компьютерная верстка *И.М. Рассохина*

---

Подписано к печати 11.05.2023. Формат 60х90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. печ. листов 7,5.  
Уч.-изд. листов 4,8. Тираж 240 экз. Заказ № 132.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.