



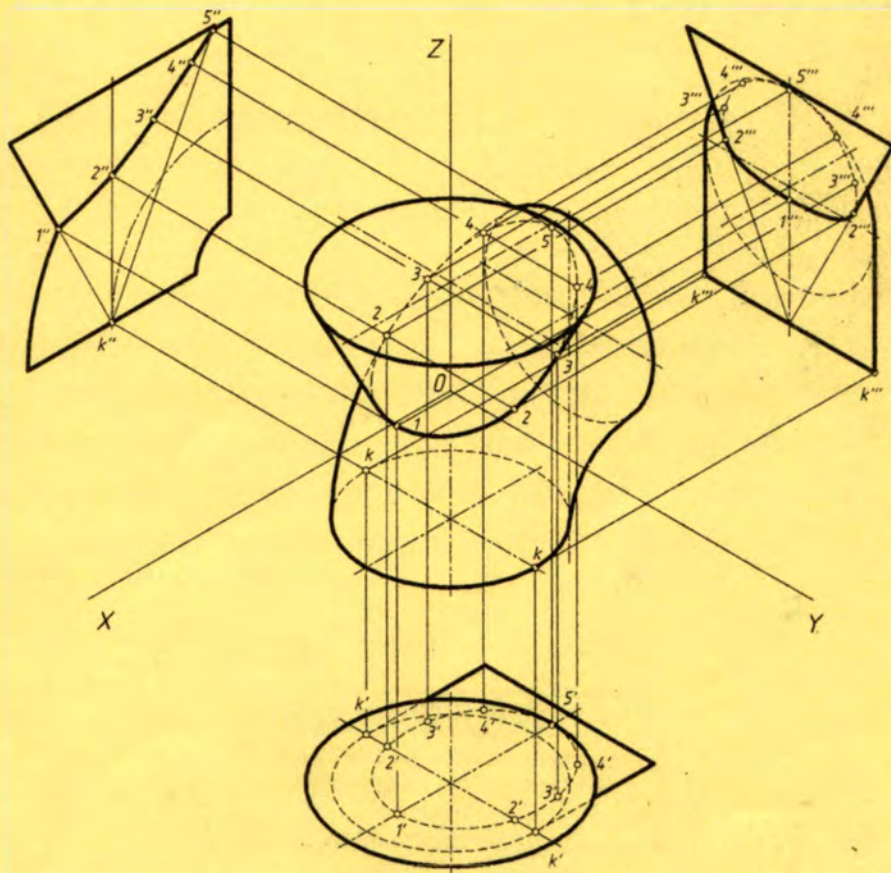
Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Инженерная графика машиностроительного профиля»

П.В. ЗЕЛЁНЫЙ  
Е.И. БЕЛЯКОВА

33 18

# НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ



Минск 2008

УДК 514.18 (075.8)

ББК 22.151.3я7

3 48

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Инженерная графика» БГТУ *Н.И. Жарков*,

канд. техн. наук, доцент кафедры

«Инженерная графика машиностроительного профиля» *М.А. Колгико*

**Зелёный, П.В.**

3 48 Начертательная геометрия. Индивидуальные графические работы: учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения высших технических учебных заведений / П.В. Зелёный, Е.И. Белякова; под ред. П.В. Зелёного. – Минск: БНТУ, 2008. – 110 с.

ISBN 978-985-479-789-2.

Учебно-методическое пособие для выполнения индивидуальных графических работ по начертательной геометрии для студентов заочной формы обучения содержит теоретический материал по основным темам начертательной геометрии, по которым выполняются графические работы для самостоятельного усвоения курса.

Пособие содержит условия по 30 вариантам, рекомендуемым к индивидуальному выполнению графических работ, методические указания и примеры выполнения каждой графической работы.

УДК 514.18 (075.8)  
ББК 22.151.3я7

ISBN 978-985-479-789-2

© Зелёный П.В.,  
Белякова Е.И., 2008  
© БНТУ, 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Начертательная геометрия является основополагающим разделом учебной дисциплины «Инженерная графика», входящей в цикл общенаучных и общепрофессиональных предметных курсов подготовки специалистов в высшей технической школе по большинству направлений образования профиля 1 «Техника и технологии», по направлению образования 27 «Экономика и организация производства», по группам специальностей 02 06 «Преподавание технологии» и 08 01 «Профессиональное образование» согласно учебной программе, утвержденной в качестве типовой Министерством образования Республики Беларусь от 02.12.2003 года для высших учебных заведений инженерного профиля.

Начертательная геометрия является теоретической и практической основой общей графической подготовки технических специалистов. Изучение начертательной геометрии начинается на первом курсе в первом семестре. Последующие разделы инженерной графики – «Проекционное черчение», «Машиностроительное черчение» и «Компьютерная графика и моделирование» изучаются далее в последовательном порядке и, как правило, в следующих учебных семестрах, но могут совмещаться с начертательной геометрией в зависимости от количества учебных часов, отведенных на весь курс инженерной графики.

Знания, умения и навыки при выполнении и чтении чертежей, знание способов решения различных пространственных задач на плоскости чертежа (или на дисплее компьютера), приобретенные при изучении курса начертательной геометрии, необходимы для усвоения как последующих общеинженерных и специальных технических дисциплин, так и для успешной профессиональной деятельности.

Авторы приносят благодарность за оказанную помощь при оформлении средствами компьютерной графики разработанных графических условий индивидуальных заданий и некоторых текстовых рисунков сотрудникам кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля» Белорусского национального технического университета: Т.В. Дорогокупец (условия к задачам 1–6), В.Н. Степаненкову (образцы выполнения заданий), О.К. Щербаковой (шрифт, корректировка рисунков), а также следующим студентам автотракторного факультета БНТУ: Р.М. Алиевичу, М.В. Гришелю, М.Н. Ефременко, А.О. Комарову, В.С. Слепец, С.А. Филипповичу.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Учебные задачи начертательной геометрии

Основоположником начертательной геометрии как научной дисциплины является французский ученый и геометр Гаспар Монж (1746–1818 гг.).

Первое систематическое изложение курса начертательной геометрии дано им в конспекте лекций, изданном в 1795 году. В России начертательную геометрию как инженерную учебную дисциплину ввели в программу высшей школы в 1810 году в Петербургском институте инженеров путей сообщения.

Предметом начертательной геометрии является научная разработка и обоснование, теоретическое и практическое изучение способов графического построения изображений пространственных форм на плоскости и графических способов решения различных позиционных и метрических задач.

Способы и правила построения изображений предметов на чертеже по методу проекций (методу Г. Монжа), изучаемые в начертательной геометрии, позволяют по чертежу создавать пространственные образы предметов, определять их взаимное расположение и размеры, исследовать и моделировать различные технические формы и конструкции. Начертательная геометрия развивает пространственное мышление, необходимое для профессиональной деятельности инженера при решении различных технических задач и выполнении чертежей. Особое значение начертательная геометрия приобретает на современном этапе перехода на компьютерное моделирование и автоматизированное выполнение чертежей, поскольку программное обеспечение здесь основано на теоретических положениях, понятиях и способах решения различных задач, данных и изучаемых исключительно в начертательной геометрии.

Учебные задачи изучаемого курса начертательной геометрии заключаются в следующем:

- усвоить правила построения изображений пространственных форм на чертеже;
- усвоить графические способы решения различных практических позиционных и метрических задач;
- развить навыки создания пространственных образов предметов на основе логического анализа их изображений, т.е. развить пространственное мышление;
- научиться применять методы и понятия начертательной геометрии в решении различных задач геометрического конструирования в практике автоматизированного выполнения чертежей и компьютерного трехмерного моделирования.

## 1.2. Тематический план курса начертательной геометрии

Изложение тем начертательной геометрии в данном учебном пособии выполняется в порядке, данном в базовом учебнике «Начертательная геометрия» В.О. Гордона [5–7] и принятом практически во всех других изданных учебниках (табл. 1.1).

## Перечень тем графических работ

| Наименование темы  | Графическая работа №.<br>Лист №.<br>Задачи №   |
|--|--|
| 1  | 2  |
| 1. Введение в предмет. Образование проекционного чертежа по методу Г. Монжа. Метод проекций:<br>– предмет начертательной геометрии;<br>– образование проекций; проекции центральные и параллельные   |  |
| 2. Точка и прямая линия:<br>– ортогональные (прямоугольные) проекции точки и прямой в системе двух (H и V) и трех (H, V и W) плоскостей проекций;<br>– возможные расположения прямой относительно плоскостей проекций (прямые общего и частного положений) и характерные признаки прямых на чертеже;<br>– точка на прямой;<br>– следы прямой;<br>– построение на чертеже натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов ее наклона к плоскостям проекций H и V;<br>– взаимное положение двух прямых и их характерные признаки на чертеже;<br>– о проекциях плоских углов; теорема о проекции прямого угла  |  |
| 3. Плоскость:<br>– различные способы задания плоскости на чертеже;<br>– понятие о следах плоскости;<br>– точка и прямая в плоскости – теоремы о принадлежности;<br>– прямые особого положения в плоскости – горизонталь, фронталь, линии наибольшего ската плоскости;<br>– характерные положения плоскости относительно плоскостей проекций – плоскости общего и частного положения (проецирующие и плоскости уровня);<br>– взаимное положение двух плоскостей, прямой линии и плоскости;<br>– признак параллельности двух плоскостей и построение взаимно параллельных плоскостей на чертеже;<br>– построение точки пересечения прямой линии с плоскостью;<br>– построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых линий с плоскостью;<br>– перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей (частные случаи взаимного расположения) – построение перпендикуляра к плоскости или плоскости перпендикулярной к прямой;<br>– проекции углов между прямой и плоскостью, двумя плоскостями | Графическая работа 1<br>Лист 1<br>Задача 1 и 2 |
| 4. Способы преобразования чертежа:<br>– сущность способов преобразования чертежа;<br>– способ замены плоскостей проекций;<br>– способ вращения вокруг проецирующей оси;<br>– способ плоскопараллельного перемещения;<br>– способ вращения вокруг линий уровня  | Графическая работа 2<br>Лист 2<br>Задачи 3 и 4 |
|  | Графическая работа 3<br>Лист 3<br>Задачи 5 и 6 |

| 1   | 2   |
|---|---|
| 5. Поверхности: многогранники.<br>Геометрические тела – призма и пирамида:<br>– понятие о многогранниках;<br>– построение проекций призмы и пирамиды;<br>– сечение поверхностей призмы и пирамиды плоскостями частного положения  | Графическая работа 4<br>Лист 4<br>Задачи 7 и 8  |
| 6. Кривые линии и поверхности.<br>6.1*. Кривые линии:<br>– общие сведения о кривых линиях;<br>– плоские кривые линии;<br>– пространственные кривые – цилиндрические и конические винтовые линии.<br>6.2*. Кривые поверхности:<br>– обзор некоторых кривых поверхностей, их задание и изображение на чертеже;<br>– винтовые поверхности (прямой и косой геликоиды)   |   |
| 7. Поверхности вращения:<br>– образование;<br>– общие понятия и определения.<br>Геометрические тела – цилиндр и конус:<br>– проекции прямого кругового цилиндра и прямого кругового конуса;<br>– сечение поверхностей цилиндра и конуса плоскостями частного положения, конические сечения.<br>Геометрические тела – шар и тор:<br>– проекции шара и открытого тора;<br>– сечение поверхностей шара и тора плоскостями частного положения   | Графическая работа 5<br>Лист 5<br>Задачи 9 и 10<br><br>Графическая работа 6<br>Лист 6<br>Задачи 11 и 12 |
| 8*. Касательные плоскости:<br>– построение плоскостей, касательных к поверхностям геометрических тел  |   |
| 9. Комбинированные поверхности:<br>– построение проекций комбинированных тел, поверхности которых образованы геометрическими телами со срезами плоскостями частного положения и отверстиями цилиндрической или призматической формы   | Графическая работа 7<br>Лист 7<br>Задача 13   |
| 10. Пересечение поверхностей плоскостью общего положения и прямой линией*:<br>– определение натуральной величины сечения способом замены плоскостей проекций;<br>– построение точек пересечения прямой линии с поверхностью*  | Графическая работа 8<br>Лист 8<br>Задача 14   |
| 11. Пересечение поверхностей:<br>– общий принцип построения линии пересечения двух поверхностей.<br>11.1. Частные случаи пересечения поверхностей:<br>– пересечение геометрических образов, имеющих относительно какой-либо плоскости проекций проецирующие боковые поверхности (прямая призма и прямой цилиндр);<br>– пересечение геометрических образов, из которых один имеет боковую проецирующую поверхность;<br>– соосные поверхности;<br>– пересечение поверхностей вращения второго порядка, описанных или вписанных в сферу (теорема Г. Монжа) |   |

| 1   | 2   |
|---|---|
| 11.2. Общие случаи пересечения двух поверхностей и способы построения линии пересечения:<br>– способ вспомогательных секущих плоскостей;<br>– способ концентрических сфер;<br>– способ эксцентрических сфер.  | Графическая работа 9<br>Лист 9<br>Задачи 15 и 16                          |
| 12. Развертки поверхностей:<br>– развертки многогранников: развертка призмы способами нормального сечения и раскатки, развертка пирамиды по натуральным величинам боковых граней;<br>– развертки цилиндрической и конической поверхностей   | Графическая работа 10<br>Лист 10<br>Задача 17                             |
| 13. Аксонометрические проекции:<br>– общие сведения;<br>– стандартные аксонометрические проекции ГОСТ 2.317-69;<br>– прямоугольная изометрия;<br>– прямоугольная диметрия;<br>– косоугольная диметрия   | Графическая работа 11<br>Лист 11<br>Задача 18<br><br>Лист 12<br>Задача 19 |
| 14*. Введение в компьютерное графическое моделирование:<br>– понятие о компьютерной графике;<br>– типы систем графики (растровая, векторная);<br>– анимационные системы;<br>– типы компьютерных моделей;<br>– решение геометрических, инженерных и исследовательских задач методами компьютерного моделирования |   |

Примечание: теоретический материал, отмеченный знаком «\*», не изложен в настоящем пособии, поэтому его следует изучить САМОСТОЯТЕЛЬНО по учебникам «Начертательная геометрия» (см. список литературы).

К учебно-методическому пособию разрабатывается и будет издан дополнительный сборник задач, предназначенный для самостоятельного и обязательного решения студентами заочного отделения, в котором даны задачи по всем темам начертательной геометрии, в том числе и по темам, не включенным в данное пособие. Альбом ксерокопированных листов задачника с решенными задачами нужно будет представить на экзамен.

### **1.3. Общие методические рекомендации к изучению курса начертательной геометрии**

Для изучения начертательной геометрии необходимо ознакомиться с данной в учебно-методическом пособии программой курса, количеством задач в контрольных работах по темам курса, приобрести учебную литературу (см. список литературы) и инструменты для выполнения чертежей (карандаши, линейки, лекала, циркуль, ластик), продумать план самостоятельной работы над теоретическим материалом и выполнением практических индивидуальных заданий.

При изучении начертательной геометрии следует придерживаться следующих общих указаний.

1. Изучать и усваивать теоретический материал последовательно; запоминать применяемую терминологию и понятия, формулировки теорем.

2. Обязательно проработать и усвоить графическое решение всех задач, данных в качестве примеров в каждой теме начертательной геометрии – это поможет понять теоретический материал и решить индивидуальные задания.

3. При изучении курса полезно прибегать к моделированию изучаемых геометрических сочетаний и форм – сделать, например, модель системы трех взаимноперпендикулярных плоскостей проекций  $H$ ,  $V$  и  $W$ ; изучить на такой модели возможные положения прямых и плоскостей относительно плоскостей проекций; выполнить модели по темам «Поверхности» (из подручных материалов), преобразование чертежа и т.д. Опора на пространственные модели поможет быстрее установить логическую связь между пространственной формой и чертежом и поможет развитию пространственного воображения и мышления.

Если в процессе изучения курса возникнут трудности, студент вправе обратиться за письменной или устной консультацией на кафедру инженерной графики университета к своему преподавателю-рецензенту.

## **2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ НА РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

### **2.1. Перечень графических работ для самостоятельного изучения курса**

Для усвоения курса начертательной геометрии студенты заочной формы обучения выполняют по основным темам дисциплины контрольную работу, краткое содержание задач которой, сгруппированных по темам в графические работы, приведено в табл. 2.1. Контрольная работа – это чертежи решенных индивидуальных задач, текстовые и графические условия которых представлены в вариантах по каждой теме в настоящем издании. Задачи выполняются по две или одной на отдельных листах белой бумаги в соответствии с образцами их выполнения и оформления, приведенных в пособии. Чертежи решенных задач выполняются в натуральном масштабе  $M1:1$  (ГОСТ 2.302-68 «Масштабы») в карандаше с использованием линий, установленных ГОСТ 2.303-68 «Линии».

К каждой задаче листов 1, 2 и 3 контрольной работы следует приложить на листе писчей бумаги краткий план решения задачи в виде текстового алгоритма, выполненный чертежным шрифтом (или компьютерную распечатку чертежным шрифтом).

По курсу начертательной геометрии выполняется ОДНА контрольная работа. Контрольная работа содержит 12 листов формата А3 с 19 решенными задачами. Допускается присылать контрольную работу по частям в два этапа (по 6 листов каждый).



## Содержание задач графических работ

| Номер листа графической работы.<br>Тема | Номер задачи | Содержание задач  |
|---|--------------|---|
| 1                                       | 2            | 3   |
| Лист 1<br>Тема: прямая<br>и плоскость   | Задача 1     | Построить по заданному условию проекции плоской фигуры:<br>варианты 1–15 – проекции ромба;<br>варианты 16–30 – проекции квадрата;   |
|   | Задача 2     | Построить по заданному условию проекции линии пересечения двух плоскостей общего положения:<br>варианты 1–15 – пересечение двух треугольников;<br>варианты 16–30 – пересечение треугольника и параллелограмма.  |
| Лист 2<br>Тема: перпендикулярность      | Задача 3     | Варианты 1–15 – построить по заданному основанию проекции прямой призмы.<br>Варианты 16–30 – построить проекции сферы $R35$ мм, касательной заданной плоскости в точке $D$ .  |
|   | Задача 4     | Варианты 1–15 – определить радиус шара с центром в заданной точке $O$ , касательного к заданной плоскости.<br>Варианты 16–30 – построить ортогональные проекции отрезка на заданную плоскость   |
| Лист 3<br>Тема: преобразование чертежа  | Задача 5     | Варианты 1–15 – построить центр окружности, описанной вокруг заданного треугольника;<br>Варианты 16–30 – определить центр сферы $R20$ , вписанной в заданный угол $ABC$ .<br>Задачу решать способом замены плоскостей проекций                                |
|   | Задача 6     | Варианты 1–15 – определить натуральную величину заданного треугольника (координаты точек из задачи 5).<br>Варианты 16–30 – определить натуральную величину угла $ABC$ (координаты точек из задачи 5).<br>Задачу решать способом вращения вокруг прямой уровня |
| Лист 4<br>Тема: гранные поверхности     | Задача 7     | Построить по заданному условию проекции прямой правильной призмы со срезами плоскостями частного положения  |
|   | Задача 8     | Построить по заданному условию проекции правильной пирамиды со срезами плоскостями частного положения   |
| Лист 5<br>Тема: поверхности вращения    | Задача 9     | Построить по заданному условию проекции прямого кругового цилиндра со срезами плоскостями частного положения  |
|   | Задача 10    | Построить по заданному условию проекции прямого кругового конуса со срезами плоскостями частного положения  |
| Лист 6<br>Тема: поверхности вращения    | Задача 11    | Построить по заданному условию проекции шара со срезами плоскостями частного положения  |
|   | Задача 12    | Построить по заданному условию проекции тора со срезами плоскостями частного положения  |
| Лист 7<br>Тема: поверхности             | Задача 13    | Построить по заданному условию проекции комбинированного тела   |

| 1   | 2         | 3  |
|---|-----------|--|
| Лист 8<br>Тема: преобразование чертежа            | Задача 14 | Построить способом замены плоскостей проекций натуральную величину сечения заданного геометрического тела плоскостью общего положения          |
| Лист 9<br>Тема: пересечение поверхностей          | Задача 15 | Построить способом вспомогательных секущих плоскостей проекции линии пересечения поверхностей на двух заданных проекциях                       |
|   | Задача 16 | Построить способом вспомогательных концентрических или эксцентрических сфер проекции линии пересечения поверхностей на двух заданных проекциях |
| Лист 10<br>Тема: развертки                        | Задача 17 | Построить полную развертку поверхности пирамиды по условию, данному в задаче 8 (лист 4)  |
| Листы 11 и 12<br>Тема: аксонометрические проекции | Задача 18 | Построить прямоугольную или косоугольную аксонометрическую проекцию пирамиды по условию, данному в задаче 8 (лист 4)                           |
|   | Задача 19 | Построить прямоугольную изометрию цилиндра по условию, данному в задаче 9 (лист 5)   |

## 2.2. Оформление и представление графических работ

Каждый лист контрольной работы с решенными в соответствии с образцами индивидуальных графических работ задачами выполнять на стандартных листах формата А3 (ГОСТ 2.301-68. Форматы) с размерами сторон внешней рамки 420×297 мм. Оформление листа формата А3 показано на рис. 2.1.

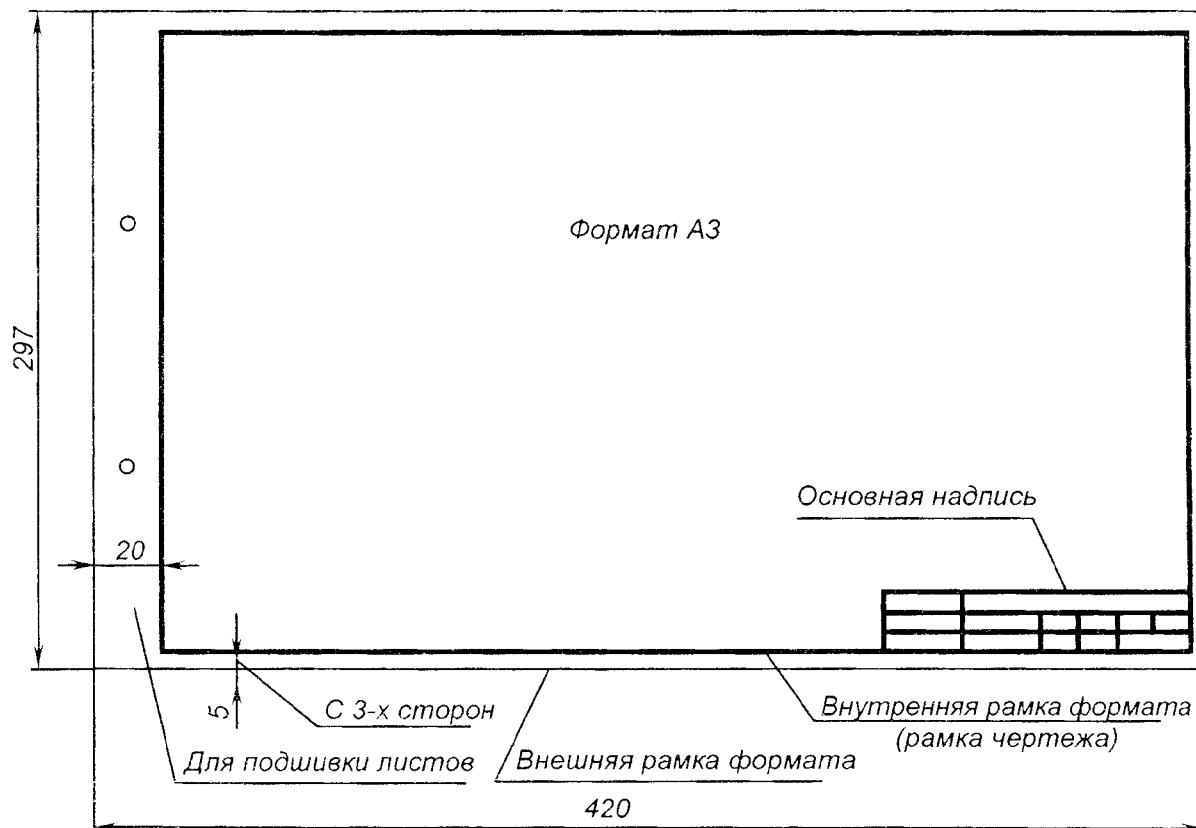


Рис. 2.1

К листам 1, 2 и 3 контрольной работы на листах формата А4 писчей бумаги выполнить (можно компьютерную распечатку чертежным шрифтом) текст краткого графического алгоритма (план) решения каждой задачи.

В правом нижнем углу формата выполнить основную надпись, разработанную кафедрой для заданий по начертательной геометрии. Основная надпись располагается в правом нижнем углу формата и примыкает к линиям внутренней рамки формата. Размеры и пример заполнения основной надписи даны на рис. 2.2.

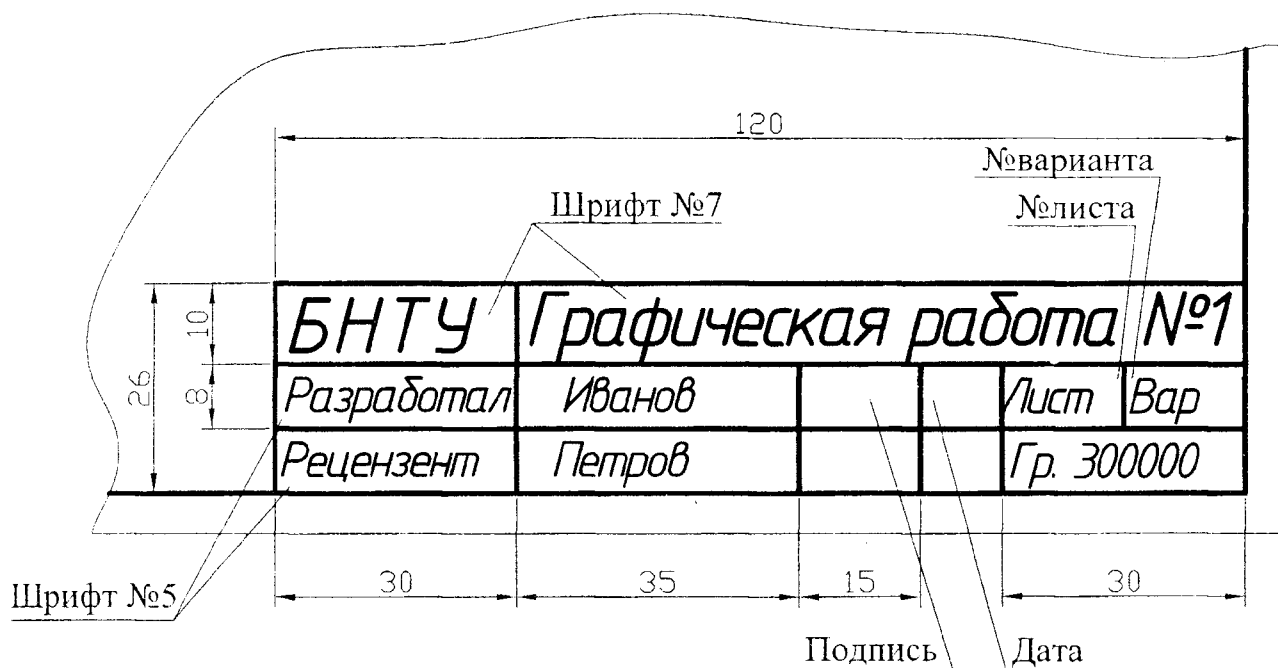


Рис. 2.2

Для выполнения текста основной надписи следует использовать стандартный чертежный шрифт № 7 и № 5 (ГОСТ 2.304-81. Шрифты чертежные). Выполнить на листе формата А4 белой бумаги с размерами сторон 210×297 мм **титальный лист** и оформить в соответствии с рис. 2.3.

Для выполнения надписей на титульном листе использовать прямой или наклонный чертежный шрифт № 5, 7 и 10, тип Б (широкий).

Титульный лист можно выполнять в компьютерном варианте на листе формата А4 писчей бумаги (обязательно использовать стандартный чертежный шрифт ГОСТ 2.304-81)!

Выполненные листы контрольной работы с первым титульным листом сшить в альбом папкой формата А4 с прозрачным передним листом (продаются в отделах канцелярских товаров) и отправить на рецензию назначенному преподавателю-рецензенту на кафедру «Инженерная графика машиностроительного профиля» БНТУ за месяц до начала сессии (не позднее 20 декабря текущего года) по адресу: 220013, г. Минск, ул. Я. Коласа, д. 12. Если контрольная работа высылается в два этапа по мере выполнения (по 6 листов), указанная крайняя дата должна относиться ко второму этапу.

Шрифт №5  
Шрифт №7  
Шрифт №10

*Белорусский национальный технический университет*

\_\_\_\_\_  
(факультет)

*Кафедра*

*"Инженерная графика машиностроительного профиля"*

***Контрольная работа  
по инженерной графике***

*Раздел: "Начертательная геометрия"*

*Выполнил студент:* \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество студента)

*Группа:* \_\_\_\_\_

(№ группы, шифр)

*Адрес:* \_\_\_\_\_

(домашний почтовый адрес студента)

\_\_\_\_\_  
*Рецензент:* \_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество преподавателя)

*Отметки о рецензировании:*

| <i>Дата</i> | <i>Заключение преподавателя</i> | <i>Подпись преподавателя</i> |
|-------------|---------------------------------|------------------------------|
|             |                                 |                              |
|             |                                 |                              |
|             |                                 |                              |

*Минск 2008*

Рис. 2.3

### 2.3. Порядок рецензирования

Контрольная работа проверяется преподавателем-рецензентом кафедры. На изображениях чертежей контрольной работы в местах, где допущены ошибки, рецензент выполняет краткие письменные замечания с возможными комментариями по их исправлению. На свободном поле чертежа преподаватель письменно отмечает недостатки по оформлению чертежей.

Если на чертежах много ошибок и чертежи выполнены с большими несоответствиями стандартам по их оформлению, то свои суммарные замечания преподаватель должен изложить письменно на отдельном листе писчей бумаги, отметив ошибки и несоответствия вопросительными знаками на каждом чертеже контрольной работы.

Замечания и пометки преподавателя на чертежах стирать нельзя (если чертеж выполняется заново, следует прислать предыдущий чертеж с пометками преподавателя).

Если преподаватель-рецензент считает, что контрольная работа требует доработки, на титульном листе выполняется отметка «К.р. не зачтена» с датой рецензирования и подписью преподавателя и контрольная работа отправляется студенту на доработку.

Если контрольная работа не требует доработки или требует небольшой текущей доработки, то на титульном листе преподаватель выполняет отметку «К.р. зачтена» с датой рецензирования и подписью и работа отправляется студенту.

Все замечания преподавателя по чертежам незачтенной контрольной работы должны быть исправлены, и работа представлена на повторную рецензию.

На рецензию кафедрой принимаются контрольные работы, отправленные по почте или представленные лично не позднее 20 декабря текущего года!!!

Контрольную работу, представленную на рецензирование студентом лично, принимает ответственный на дежурстве сотрудник учебно-вспомогательной лаборатории кафедры и регистрирует ее в журнале с присвоением номера регистрации (каб. 504).

Контрольные работы, не прошедшие рецензию в плановом порядке, студент должен представить своему преподавателю на рецензию ЛИЧНО и согласовать с ним время получения рецензии.

Студенты, не получивший положительной рецензии на контрольную работу (с надписью «К.р. зачтена»), на экзамен по начертательной геометрии НЕ ДОПУСКАЮТСЯ.

Зачтенные контрольные работы должны быть представлены студентом на экзамен по начертательной геометрии преподавателю-экзаменатору и далее будут храниться в архиве кафедры в установленном порядке.

### 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В СООТВЕТСВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕСКД

Для оформления чертежей пользуются Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), стандарты которой устанавливают единые для всех предприятий правила разработки, оформления и обращения конструкторской документации. Рассмотрим кратко некоторые стандарты (ГОСТ – государственный стандарт) этой системы, знание которых необходимо для оформления любых чертежей, в том числе чертежей графических работ по начертательной геометрии.

#### 3.1. Форматы – ГОСТ 2.301-68

Этот стандарт устанавливает форматы листов чертежей – размеры внешней рамки чертежа в миллиметрах (мм).

Формат с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1м<sup>2</sup> с соотношением сторон 5/7, принят за самый большой основной формат.

Прочие основные форматы получают последовательным делением большей стороны предыдущего формата пополам параллельно его меньшей стороне (табл. 3.1).

Таблица 3.1

| Основные стандартные форматы чертежей по ГОСТ 2.301-68 |          |         |         |         |         |         |
|--|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Обозначения  | A0       | A1      | A2      | A3      | A4      | A5      |
| Размеры сторон   | 1189×841 | 594×841 | 594×420 | 297×420 | 297×210 | 148×210 |

Применяются для выполнения чертежей и дополнительные форматы, образование и размеры которых смотрите в указанном стандарте (здесь не приведены).

Чертежи индивидуальных заданий контрольной работы следует выполнять на форматах А3 с размерами сторон 297×420.

Титульный лист контрольной работы выполнять на формате А4 с размерами сторон 297×210.

Оформление формата А3 показано на рис. 2.1. Если размеры листа не соответствуют необходимому для выполнения чертежа формату по ГОСТ 2.301-68 (превышают его), на листе вычерчивается сплошной тонкой линией внешняя рамка чертежа (рамка формата). По ней формат должен быть вырезан из листа, желательно, после завершения работы над чертежом. Внутренняя рамка чертежа выполняется сплошными толстыми основными линиями.

Основная надпись, размеры и заполнение которой даны на рис. 2.2, выполняется в правом нижнем углу чертежа также сплошной толстой линией.

Оформление титульного листа показано на рис. 2.3.

#### 3.2. Масштабы – ГОСТ 2.302-68

Этот стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующих рядов (табл. 3.2).

Таблица 3.2

| Масштабы изображений на чертежах по ГОСТ 2.302-68. |     |     |     |      |       |        |
|--|-----|-----|-----|------|-------|--------|
| Масштабы уменьшения                                | 1:2 | 1:4 | 1:5 | 1:10 |       | 1:1000 |
| Натуральная величина                               | 1:1 |     |     |      |       |        |
| Масштабы увеличения                                | 2:1 | 4:1 | 5:1 |      | 100:1 |        |

Чертежи индивидуальных заданий выполнять в натуральную величину в М1:1.

### 3.3. Линии – ГОСТ 2.303-68




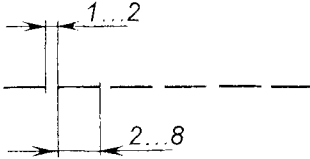
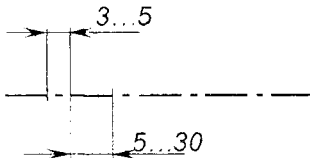
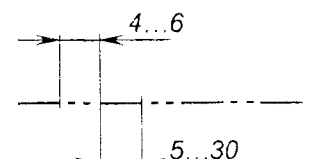
Этот стандарт устанавливает начертание и основные назначения линий на чертежах.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на чертеже.

Толщина линии сплошной толстой основной «s» должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм, а толщина всех прочих линий на чертеже берется в зависимости от выбранной для чертежа сплошной толстой основной линии.

Начертание, назначение и относительная толщина линий, применяемых при выполнении чертежей, приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Наименование                       | Начертание  | Толщина линии, мм   | Основное назначение            |
|------------------------------------|---|---------------------|--------------------------------|
| 1                                  | 2   | 3                   | 4                              |
| 1. Сплошная толстая основная       |  | $s = 0,5 \dots 1,4$ | Линии видимого контура         |
| 2. Сплошная тонкая                 |  | От $s/3$ до $s/2$   | Линии выносные и размерные     |
| 3. Сплошная волнистая              |  | От $s/3$ до $s/2$   | Линия обрыва изображения       |
| 4. Штриховая                       |  | От $s/3$ до $s/2$   | Линии невидимого контура       |
| 5. Штрихпунктирная тонкая          |  | От $s/3$ до $s/2$   | Линии осевые и линии симметрии |
| 6. Штрихпунктирная с двумя точками |  | От $s/3$ до $s/2$   | Линии сгиба на развертках      |

Рекомендуемая толщина линий различного назначения и их начертание для выполнения графических работ по начертательной геометрии на формате А3:

а) сплошная толстая основная –  $s = 0,7 - 0,9$  мм;

б) все тонкие линии –  $s/3$ ;

в) начертание штриховой линии:

– длина штрихов – 4 мм;

– разрывы между штрихами – 1 мм.

При этом на чертеже:

– штрихи этой линии должны касаться линий видимого контура;

– на изгибах линии ее штрихи должны касаться друг друга;

г) начертание штрихпунктирной линии:

– длинные штрихи длиной 12 мм;

– между длинными штрихами под короткий пунктир расстояние 3 мм;

– длина пунктира 1 мм.

При этом на чертеже:

– штрихпунктирные линии должны пересекаться длинными штрихами;

– за видимый контур изображения длинные штрихи этой линии выступают на 2 мм.

### 3.4. Шрифты чертежные – ГОСТ 2.3304-81

Этот стандарт устанавливает чертежные шрифты, т.е. размеры и начертание цифр и букв различных алфавитов (рис. 3.1 – 3.3).

Некоторые определения:

1. Размер шрифта  $h$  – высота прописных (больших) букв и цифр в миллиметрах.

Стандартом установлены следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

2. Высота строчных (маленьких) букв  $c$  (без отростков  $k$ ) определяется по отношению  $c = 7/10h$ , то есть в каждом размере шрифта высота строчных букв на размер меньше прописных.

3. Толщина линий шрифта  $d$  равна:

– для шрифта типа **A** (узкого)  $d = 1/14h$ ;

– для шрифта типа **B** (широкого)  $d = 1/10h$ .

Буквы шрифта любого типа можно выполнять с наклоном в  $75^\circ$  к одной из сторон рамки чертежа или без наклона.

4. Ширина и начертание каждой буквы (прописных и строчных) для шрифта типа **B** русского (кириллицы), латинского и греческого алфавитов, а также начертание и ширина арабских цифр даны на рис. 3.1 – 3.3, где все буквы и цифры выполнены на вспомогательных сетках с шагом между линиями, равным  $d = 1/10h$ , которым равна толщина линий шрифта.



## Шрифт N10 (типБ широкий)

АБ ВГД ЕЖЗИЙКЛМНОПРСТУ  
ФХЦЧШЩЬЫЬЭЮЯ  
абвгдежзийклмнопрстуфхцч  
шщьюыьэюя 1234567890 3  
Контрольная работа N1

## Шрифт N 7 (типБ широкий)

АБВ ГДЕЖЗИЙКЛМНОПРСТУ  
ФХЦЧШЩЬЫЬЭЮЯ  
аббгдежзийклмнопрстуфхцшщьюыьэюя  
1234567890 3  
Разработал Рецензент вариант лист

R20  $\phi$ 15 □34 ▷1:7 >1:3 45°

R – радиус

▷ – знак конусности

$\phi$  – диаметр

> – знак уклона

□ – знак призматической поверхности

Рис. 3.1

75° Шрифт N10 (тип Б широкий)

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРС  
ТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ  
абвгдежзийклмнопрстуфх  
цчшщъыьэюя 1234567890 3  
Контрольная работа N1 лист  
Разработал Рецензент вариант

Шрифт N7 (тип Б широкий)

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРС  
ТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ  
абвгдежзийклмнопрстуфхцчшщъыьэюя  
1234567890 3  
R20 Ø15 □34 ▷1.7 >1.3 45°

Рис. 3.2

# Греческиū алфавит

Α Β Γ Δ Ε Ζ Η Θ Ι Κ Λ Μ Ν

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

Ξ Ο Π Ρ Σ Τ Υ Φ Χ Ψ Ω

14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω

14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1 - αλφα    | 13 - ню      |
| 2 - βετα    | 14 - кси     |
| 3 - γαμμα   | 15 - ομικρον |
| 4 - δελта   | 16 - πι      |
| 5 - εpsilon | 17 - ρο      |
| 6 - δзета   | 18 - сигма   |
| 7 - эта     | 19 - таυ     |
| 8 - тэта    | 20 - иpsilon |
| 9 - йота    | 21 - фи      |
| 10 - kappa  | 22 - хи      |
| 11 - lambda | 23 - пси     |
| 12 - мю     | 24 - omega   |

# Λατινскиū алфавит

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q

r s t u v w x y z

Рис. 3.3

### 3.5. Нанесение размеров – ГОСТ 2.307-68

В некоторых таблицах с вариантами графических работ на заданных условиях **НАНЕСЕНЫ РАЗМЕРЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**, по которым на чертежах индивидуальных заданий нужно построить проекции изображений. Размеры нанесены в соответствии с рассматриваемым стандартом. Некоторые правила нанесения размеров и используемые при этом знаки, которые встречаются на заданных графических условиях задач, рассмотрены ниже.

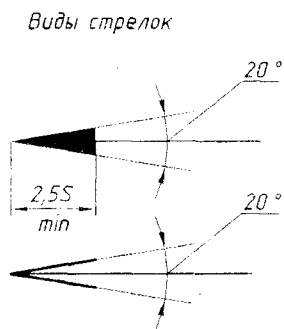


Рис. 3.4

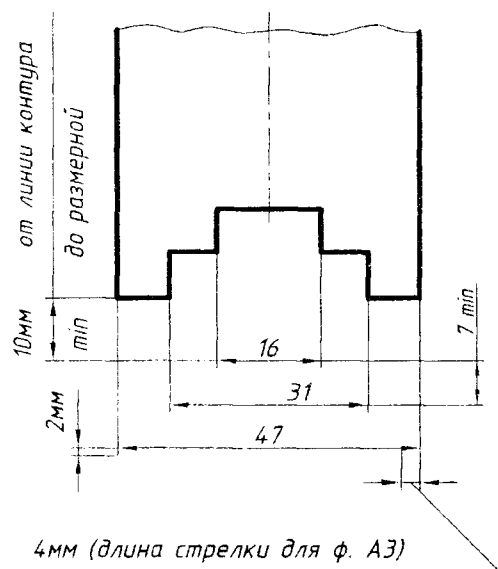


Рис. 3.5

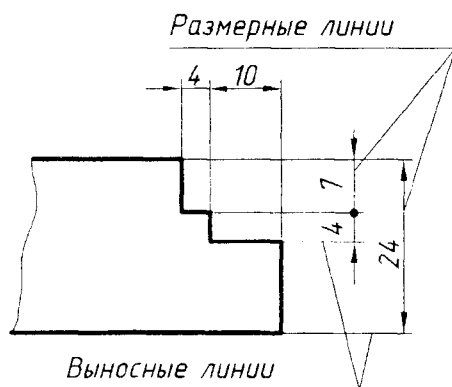


Рис. 3.6

Основанием для определения величины изображенного предмета служат размерные числа, нанесенные на чертеже. Для формата А3 размерные числа выполнять чертежным шрифтом № 5.

Линейные размеры (длина, высота и ширина) геометрических элементов, размеры диаметров и радиусов указывают на чертежах в миллиметрах, **БЕЗ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ**.

1. Линейные размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями со стрелками на концах, ограниченными перпендикулярными к ним выносными линиями, выступающими на 1...5 мм за концы стрелок (желательно принимать 2 мм, см. образцы на рис. 3.4–3.6).

Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже (рис. 3.4).

Размерное число наносить с небольшим зазором (примерно 0,5...1 мм) к размерной линии.

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями 7 мм, а между размерной и линией контура 10 мм (рис. 3.5).

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

При нанесении нескольких параллельных размерных линий размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 3.5).

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или четко наносимыми точками (рис. 3.6).

2. Размеры окружностей поверхностей вращения (цилиндрических, конических, сферических, торовых) или их проекций в виде прямых указывают размерной линией с двумя стрелками и размерным числом со знаком  $\varnothing$ , который заменяет слово «диаметр» и наносится перед размерным числом. Относительные размеры знака представлены на рис. 3.7.

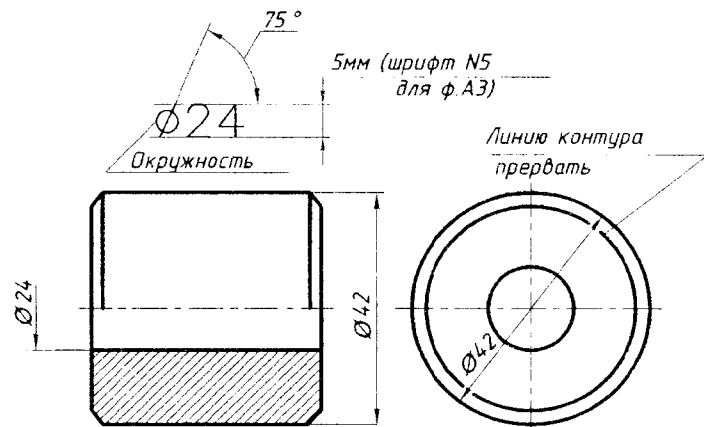


Рис. 3.7

3. Размеры дуг окружностей, равных  $180^\circ$  градусам или менее  $180^\circ$  градусам, указывают на чертеже размерной линией с одной стрелкой и прописной буквой  $R$  перед размерным числом, которая заменяет слово «радиус» (рис. 3.8 и 3.9).

Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят те же знаки  $\varnothing$  или  $R$ . Если на чертеже сферическая форма не читается, то перед указанными знаками допускается наносить слово или знак в форме окружности  $O$ , например, «Сфера  $\varnothing 18$ », « $OR12$ ». Диаметр знака сферы равен высоте размерных чисел на чертеже.

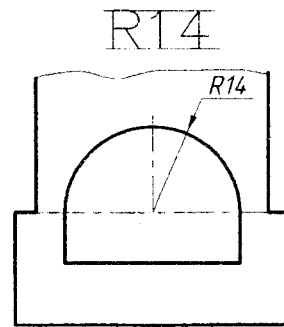


Рис. 3.8

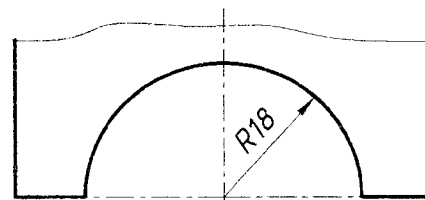


Рис. 3.9

При недостатке места для стрелок из-за близко расположенной контурной или выносной линии их допускается прерывать (рис. 3.10).

Размерные линии допускается проводить с обрывом при указании размера диаметра окружности, как это показано на рис. 3.10, причем независимо от того, изображена окружность полностью или частично. Обрыв размерной линии делают за центром окружности на расстоянии не менее 5 мм.

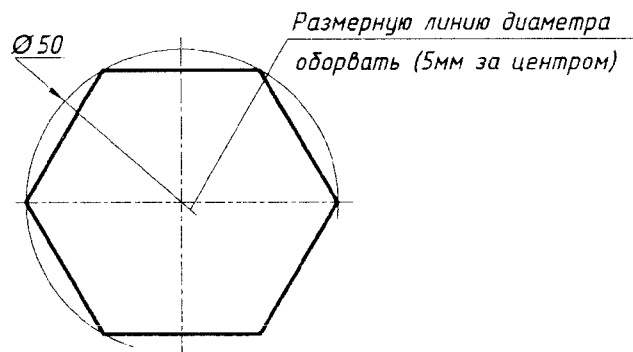


Рис. 3.10

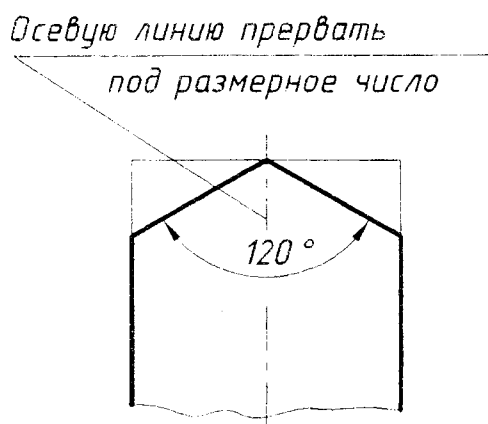


Рис. 3.11

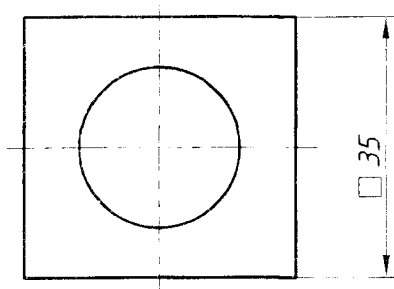


Рис. 3.12

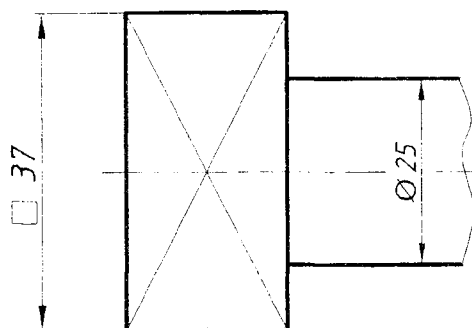


Рис. 3.13

4. Угловые размеры наносят на дуговых размерных линиях, ограниченных выносными линиями, выходящими из вершины угла, и размерное число сопровождается знаком  $^{\circ}$ , заменяющим слово «градус» (рис. 3.11).

5. Размеры призматических поверхностей с равными сторонами (квадрат), параллельными координатным осям, наносятся как линейные размеры, но предваряются знаком  $\square$ , заменяющим на чертеже слово «квадрат» (рис. 3.12 и 3.13).

Размерные числа не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию очеркового контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые и центровые линии, линии штриховки и другие линии прерывают (см. рис. 3.8 и 3.13).

Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.), рекомендуется группировать в одном месте, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно.

### 3.6. Чертежные материалы, принадлежности и инструменты

Чертежные материалы, принадлежности и инструменты для графического выполнения индивидуальных графических заданий существенно влияют на качество и трудоемкость выполнения чертежей.

Для облегчения выполнения и качественного графического оформления чертежей необходимо приобрести:

1. Чертежную белую бумагу – ватман формата А3 – хорошего качества без типографской рамки чертежа и основной надписи.

2. Чертежные линейки и угольники – желательно деревянные или из качественной прозрачной пластмассы (с выступающими опорными элементами во избежание размазывания вычерченных линий):

– линейка должна быть длиной не менее 400 мм (для вычерчивания рамки чертежа и нанесения горизонтальных линий связи);

– можно использовать роликовые линейки-рейсшины хорошего качества (длина – 220...300 мм) для вычерчивания параллельных линий;

– прямоугольные треугольники (деревянные или пластмассовые с выступающими опорными элементами) должны иметь острые углы в  $45^\circ$  или  $30^\circ$  и  $60^\circ$  и прямолинейные гладкие кромки. При покупке желательно проверять качество изготовления треугольника, в частности, выдержан ли прямой угол.

3. Учебный набор чертежных инструментов (готовальня) с циркулем и измерителем. Можно приобрести циркуль отдельно – хорошего качества, удобный в пользовании, с возможностью легкой замены грифеля. В головку циркуля нужно вставить хороший грифель и заточить его.

4. Карандаши:

– рекомендуем карандаши чешской фирмы «KOH-I-NOOR» HARDVUTH твердости грифеля «НВ» (твёрдо-мягкий), «ВН» (мягко-твёрдый), «В» (мягкий) и «F» (более мягкий); грифель из карандаша твердостью «В» или «F» нужно вставлять в головку циркуля; при использовании обычных карандашей должна быть приобретена точилка с контейнером для сбора срезаемой при заточке части карандаша;

– рекомендуем автоматические цанговые карандаши с грифелями 0,9; 0,7 и 0,5 мм для выполнения толстых и тонких линий на чертежах (карандаши и грифели к ним приобретать качественные).

5. Немаловажное значение для качества выполнения графических работ имеет и ластик – он должен вытирать линию, а не размазывать ее, и не должен протирать бумагу (без абразивных включений – белого цвета, как правило).

Качественными являются чертежные принадлежности (карандаши, ластик, циркули, линейки и др.) также других известных фирм: Rotring, MAPED, Staedtler, Pelikan и др.

#### **4. ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ: СОДЕРЖАНИЕ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕМ, ТАБЛИЧНЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПО ВАРИАНТАМ, МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ, ОБРАЗЦЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ**

##### **4.1. Графическая работа №1 (лист 1, задачи 1 и 2)**

(образование проекций; проекции точки и прямой; взаимное положение прямых и их изображение на чертеже; проекции плоских углов)

##### **4.1.1. Содержание графической работы №1, условия задач 1 и 2 и план графических действий**

###### **Задача 1.**

Построить проекции плоского контура по заданному условию. Задача имеет два варианта графических условий.

Варианты 1–15: построить фронтальную и горизонтальную проекции ромба  $ABCD$  с диагоналями  $AC$  и  $BD$  по заданному условию:

– вершина ромба точка  $A$  дана, а диагональ  $AC$  лежит на заданной прямой уровня  $AL$ ;

– вторая диагональ ромба  $BD$  равна 130 мм и проходит через заданную точку  $K$ .

Величина диагонали  $AC$  определяется при построении проекций ромба.

Определить углы наклона диагонали ромба  $BD$  или ее половины  $BO$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ .

Варианты 16–30: построить проекции квадрата  $ABCD$  с диагоналями  $AC$  и  $BD$  по заданному условию:

– вершина квадрата точка  $A$  дана, а диагональ  $AC$  лежит на заданной прямой  $AL$ ;

– вторая диагональ квадрата  $BD$  проходит через заданную точку  $K$ .

Диагонали квадрата равны и их величина определяется при построении его проекций.

Определить углы наклона диагонали квадрата  $BD$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ .

Для решения задачи 1 следует проработать и усвоить нижеперечисленные темы начертательной геометрии.

**Тема 1.** Образование *чертежа* (метод проекций):

- проекции центральные и параллельные;
- свойства параллельных проекций;
- прямоугольные (ортогональные) проекции;
- метод Гаспара Монжа.

**Тема 2.** Точка:

- точка в системе  $H, V, W$ ;
- ортогональные (прямоугольные) проекции точки в системе прямоугольных координат  $X, Y, Z$ .

**Тема 3.** Прямая:

- прямые линии общего положения относительно плоскостей проекций  $H, V, W$  и их изображение на чертежах;
- особые (частные) положения прямой линии относительно плоскостей проекций и их изображение на чертеже – прямые проецирующие и прямые уровня;
- точка на прямой (теорема о принадлежности точки прямой);
- деление отрезка в заданном отношении;
- определение на чертеже натуральной величины отрезка прямой общего положения и углов ее наклона к плоскостям проекций  $H$  и  $V$  (способ прямоугольного треугольника);
- понятие о следах прямой.

**Тема 4:**

- взаимное положение двух прямых и их изображение на чертеже (прямые параллельны, пересекаются или скрещиваются);
- о проекциях плоских углов (теорема о проекции прямого угла);
- *частный случай пересекающихся прямых – взаимно перпендикулярные прямые.*

Графические условия всех вариантов представлены координатами  $x, y$  и  $z$  точек  $A, L$  и  $K$  в табл. 4.1. По заданным координатам (даны в миллиметрах) следует построить на чертеже графическое условие задачи 1 – фронтальную и горизонтальную проекции прямой уровня  $AL(A''L'', A'L')$  и проекции точки  $K(K'', K')$ .



## Графическая работа № 1

## Лист 1. Задача 1.

Тема: точка. Прямая. Теорема о проекции прямого угла

| № варианта | Координата | A   | L   | K  | № варианта | A   | L   | K  | № варианта | A   | L   | K   |
|------------|------------|-----|-----|----|------------|-----|-----|----|------------|-----|-----|-----|
| 1          | X          | 35  | 120 | 70 | 11         | 25  | 120 | 30 | 21         | 120 | 15  | 100 |
|            | Y          | 50  | 50  | 80 |            | 50  | 50  | 70 |            | 45  | 45  | 10  |
|            | Z          | 60  | 20  | 70 |            | 80  | 0   | 30 |            | 20  | 80  | 85  |
| 2          | X          | 10  | 120 | 45 | 12         | 35  | 120 | 80 | 22         | 120 | 0   | 90  |
|            | Y          | 75  | 10  | 30 |            | 20  | 65  | 20 |            | 75  | 0   | 30  |
|            | Z          | 65  | 65  | 30 |            | 35  | 35  | 60 |            | 55  | 55  | 70  |
| 3          | X          | 30  | 120 | 50 | 13         | 30  | 120 | 65 | 23         | 120 | 5   | 95  |
|            | Y          | 50  | 50  | 70 |            | 45  | 45  | 65 |            | 50  | 50  | 80  |
|            | Z          | 70  | 30  | 40 |            | 60  | 25  | 70 |            | 80  | 20  | 10  |
| 4          | X          | 15  | 120 | 65 | 14         | 120 | 0   | 80 | 24         | 25  | 120 | 40  |
|            | Y          | 10  | 70  | 20 |            | 70  | 0   | 25 |            | 70  | 20  | 5   |
|            | Z          | 55  | 55  | 80 |            | 55  | 55  | 25 |            | 40  | 40  | 70  |
| 5          | X          | 120 | 0   | 75 | 15         | 120 | 10  | 90 | 25         | 10  | 120 | 40  |
|            | Y          | 55  | 55  | 75 |            | 50  | 50  | 70 |            | 50  | 50  | 70  |
|            | Z          | 30  | 80  | 70 |            | 80  | 0   | 30 |            | 15  | 70  | 60  |
| 6          | X          | 120 | 10  | 80 | 16         | 20  | 120 | 55 | 26         | 30  | 120 | 50  |
|            | Y          | 70  | 10  | 20 |            | 70  | 20  | 20 |            | 75  | 0   | 25  |
|            | Z          | 65  | 65  | 40 |            | 40  | 40  | 60 |            | 45  | 45  | 30  |
| 7          | X          | 120 | 5   | 75 | 17         | 15  | 120 | 40 | 27         | 20  | 120 | 35  |
|            | Y          | 50  | 50  | 75 |            | 45  | 45  | 65 |            | 40  | 40  | 70  |
|            | Z          | 75  | 35  | 45 |            | 5   | 75  | 50 |            | 75  | 25  | 10  |
| 8          | X          | 30  | 120 | 40 | 18         | 10  | 120 | 40 | 28         | 35  | 120 | 100 |
|            | Y          | 70  | 10  | 25 |            | 80  | 30  | 30 |            | 15  | 80  | 5   |
|            | Z          | 45  | 45  | 65 |            | 60  | 60  | 45 |            | 35  | 35  | 70  |
| 9          | X          | 25  | 120 | 55 | 19         | 20  | 120 | 45 | 29         | 120 | 5   | 85  |
|            | Y          | 60  | 60  | 80 |            | 40  | 40  | 70 |            | 50  | 50  | 80  |
|            | Z          | 0   | 70  | 45 |            | 60  | 30  | 10 |            | 0   | 80  | 50  |
| 10         | X          | 20  | 120 | 40 | 20         | 25  | 120 | 80 | 30         | 120 | 0   | 105 |
|            | Y          | 75  | 30  | 30 |            | 10  | 75  | 5  |            | 80  | 0   | 0   |
|            | Z          | 65  | 65  | 40 |            | 40  | 40  | 80 |            | 55  | 55  | 15  |

Пример решения задачи №1 приведен на образце выполнения листа 1 графической работы №1 (рис. 4.1, а). Задачу выполнить на формате А3 белой бумаги (слева).

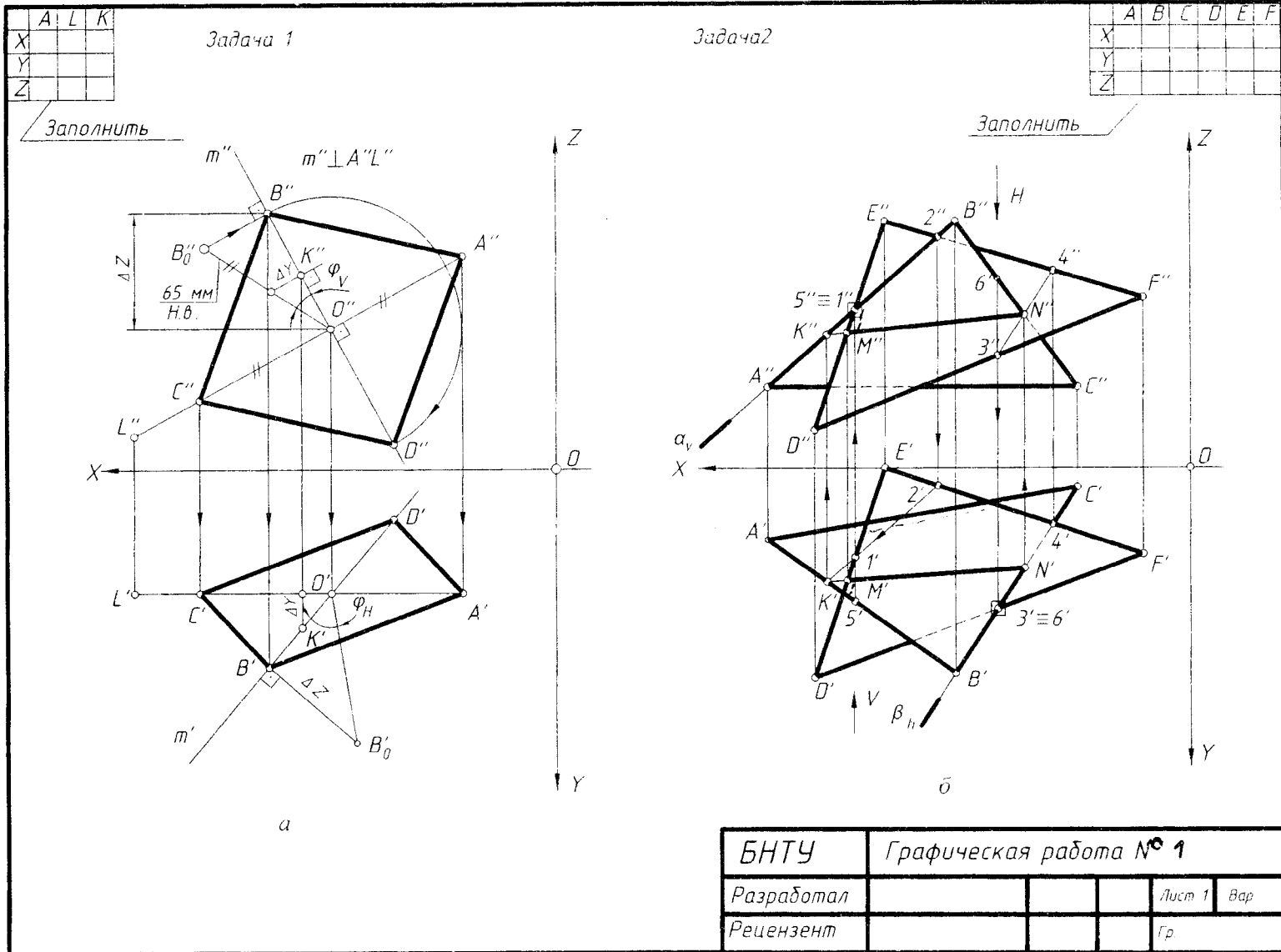


Рис. 4.1

На образце показан пример решения задачи 1 по условию вариантов 1–15, т.е. построены проекции ромба  $ABCD$ .

Для решения задачи рассмотрим ромб как геометрическую фигуру: диагонали ромба перпендикулярны и точкой пересечения (точка  $O$ ) делятся пополам.

По заданным координатам точек построить на левой половине листа 1 графическое условие задачи: проекции фронтальной прямой уровня  $AL(AL'', AL')$  и проекции точки  $K(K'', K')$ . В левом верхнем углу выполнить таблицу с координатами точек своего варианта.

План графических действий для решения задачи 1:

*1-е действие.* Построить фронтальную и горизонтальную проекции прямой общего положения  $m(m'', m')$ , на которой будет лежать диагональ ромба  $BD$ :

– фронтальная проекция  $m(m'')$  этой прямой перпендикулярна фронтальной проекции  $A''L''$  прямой уровня  $AL$  и проходит через фронтальную проекцию  $K''$  точки  $K$  (в соответствии с теоремой о проекции прямого угла);

– определить точку  $O(O'')$  пересечения диагоналей ромба на пересечении фронтальных проекций заданной прямой уровня  $AL$  и построенной прямой  $m$  и по линии связи построить горизонтальную  $O(O')$  точки пересечения диагоналей ромба;

– провести горизонтальную проекцию прямой  $m(m')$  через горизонтальные проекции точек  $O$  и  $K$ .

*2-е действие.* Построить на прямой общего положения  $m(m', m'')$  проекции отрезка  $OB = 65$  мм – половину второй диагонали ромба  $BD$ .

*3-е действие.* Построить проекции вершин ромба  $C(C', C'')$  и  $D(D', D'')$ , отложив от точки  $O(O''O')$  на диагоналях отрезки, равные соответственно построенным проекциям половин диагоналей  $OA$  и  $OB$ .

*4-е действие.* Достроить проекции ромба  $ABCD$ , соединив прямыми линиями построенные проекции его вершин.

*5-е действие.* Определить углы наклона половины диагонали ромба – отрезка  $OB$  к плоскостям проекций  $H$  и  $V$ :

– построить дополнительно натуральную величину отрезка  $OB$  способом прямоугольного треугольника относительно горизонтальной  $O'B'$  проекций этого отрезка;

– определить искомые углы:

угол  $\varphi_V$  наклона отрезка  $OB$  к плоскости проекций  $V$  определяется между проекцией  $O''B''$  и гипотенузой  $O''B_o''$  построенного относительно фронтальной проекции  $O''B''$  прямоугольного треугольника  $O''B''B_o''$ ;

угол  $\varphi_H$  наклона отрезка  $OB$  к плоскости проекций  $H$  между проекцией  $O'B'$  и гипотенузой  $O'B_o'$  построенного относительно горизонтальной проекции  $O'B'$  прямоугольного треугольника  $O'B'B_o'$ .

## Задача 2.

Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения двух плоскостей общего положения. Задача имеет два варианта графических условий.

Варианты 1–15: построить проекции линии пересечения двух плоскостей общего положения  $ABC$  и  $DEF$ , заданных треугольными отсеками.

Варианты 16–30: построить проекции линии пересечения треугольника  $ABC$  и параллелограмма  $DEFG$ , проекции вершины  $G(G'', G''')$  которого требуется предварительно достроить.

Для решения задачи 2 следует проработать и усвоить нижеперечисленные темы начертательной геометрии.

**Тема 1. Плоскость:**

- различные способы задания плоскости на чертеже;
- точка и прямая в плоскости (теоремы о принадлежности точки и прямой плоскости);
- прямые особого положения – горизонталь и фронталь плоскости;
- положение плоскости относительно плоскостей проекций (плоскости общего положения, плоскости частного положения – плоскости проецирующие и плоскости уровня);
- понятие о следах плоскости;
- проведение проецирующей плоскости через прямую общего положения (заключение прямой в плоскость).

**Тема 2:**

- взаимное положение двух плоскостей (пересекаются или параллельны);
- взаимное положение прямой линии и плоскости (пересекаются или параллельны);
- частные случаи пересечения двух плоскостей, прямой и плоскости:
  - 1-й случай – два пересекающихся геометрических образа (плоскости и прямые) занимают частные положения относительно плоскостей проекций;
  - 2-й случай – один из пересекающихся геометрических образов (или плоскость или прямая) занимает частное положение относительно плоскостей проекций;
  - 3-й случай – пересечение геометрических образов общего положения;
    - пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения (построение точки их пересечения);
    - пересечение плоскостей общего положения (построение линии пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямых с плоскостью).

Графические условия всех вариантов задачи 2 представлены координатами  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  и  $F$  в таблице 4.2.

По заданным в табл. 4.2 координатам точек построить графическое условие:

- для вариантов 1–15 фронтальную и горизонтальную проекции треугольных плоскостей общего положения  $ABC$  и  $DEF$ ;
- для вариантов 16–30 фронтальную и горизонтальную проекции треугольной плоскости общего положения  $ABC$  и проекции трех вершин  $D$ ,  $E$  и  $F$  параллелограмма (проекция вершины  $G$  – достроить).

Графическое условие задачи 2 построить на правой стороне листа 1 формата А3 (см. образец выполнения листа 1, рис. 4.1, б). В правом верхнем углу выполнить таблицу с координатами точек своего варианта.

## Графическая работа № 1

## Лист 1. Задача 2.

Тема: плоскость. Пересечение прямой и плоскости общего положения, пересечение плоскостей

| № варианта | Координата | № варианта |     |    |     |     |     | № варианта | № варианта |     |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |
|------------|------------|------------|-----|----|-----|-----|-----|------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|            |            | A          | B   | C  | D   | E   | F   |            | A          | B   | C   | D   | E   | F   |    |     |     |     |     |     |     |
| 1          | X          | 130        | 100 | 30 | 130 | 100 | 10  | 11         | 120        | 10  | 30  | 75  | 120 | 50  | 21 | 130 | 15  | 80  | 130 | 90  | 45  |
|            | Y          | 75         | 10  | 45 | 20  | 80  | 20  |            | 10         | 80  | 10  | 80  | 40  | 0   |    | 65  | 80  | 20  | 20  | 80  | 65  |
|            | Z          | 70         | 10  | 50 | 40  | 80  | 10  |            | 40         | 75  | 0   | 0   | 20  | 80  |    | 60  | 40  | 0   | 75  | 20  | 25  |
| 2          | X          | 130        | 30  | 80 | 130 | 15  | 100 | 12         | 130        | 20  | 50  | 35  | 120 | 85  | 22 | 130 | 15  | 65  | 110 | 25  | 55  |
|            | Y          | 50         | 75  | 20 | 70  | 30  | 10  |            | 70         | 70  | 10  | 80  | 50  | 10  |    | 0   | 65  | 0   | 20  | 20  | 60  |
|            | Z          | 65         | 65  | 0  | 40  | 60  | 0   |            | 20         | 70  | 0   | 5   | 40  | 70  |    | 60  | 45  | 0   | 70  | 40  | 15  |
| 3          | X          | 130        | 70  | 20 | 130 | 20  | 70  | 13         | 130        | 90  | 10  | 120 | 70  | 10  | 23 | 15  | 130 | 45  | 110 | 25  | 10  |
|            | Y          | 80         | 10  | 20 | 55  | 45  | 0   |            | 80         | 10  | 10  | 40  | 10  | 50  |    | 60  | 50  | 10  | 75  | 75  | 30  |
|            | Z          | 0          | 80  | 25 | 55  | 75  | 0   |            | 0          | 70  | 20  | 30  | 0   | 60  |    | 70  | 55  | 10  | 20  | 20  | 55  |
| 4          | X          | 130        | 75  | 20 | 120 | 90  | 20  | 14         | 130        | 20  | 90  | 105 | 130 | 35  | 24 | 30  | 110 | 85  | 65  | 130 | 110 |
|            | Y          | 0          | 70  | 30 | 70  | 0   | 15  |            | 65         | 35  | 10  | 10  | 45  | 80  |    | 70  | 40  | 0   | 0   | 30  | 60  |
|            | Z          | 40         | 70  | 10 | 0   | 80  | 70  |            | 80         | 10  | 0   | 55  | 20  | 0   |    | 50  | 80  | 0   | 85  | 55  | 15  |
| 5          | X          | 130        | 20  | 85 | 120 | 60  | 20  | 15         | 0          | 130 | 35  | 0   | 35  | 115 | 25 | 130 | 20  | 45  | 115 | 85  | 20  |
|            | Y          | 60         | 50  | 10 | 40  | 0   | 70  |            | 60         | 40  | 5   | 40  | 0   | 25  |    | 60  | 60  | 15  | 35  | 65  | 0   |
|            | Z          | 35         | 90  | 10 | 50  | 80  | 10  |            | 60         | 35  | 10  | 30  | 0   | 50  |    | 25  | 75  | 10  | 40  | 10  | 60  |
| 6          | X          | 120        | 20  | 65 | 130 | 20  | 85  | 16         | 120        | 15  | 100 | 40  | 130 | 85  | 26 | 20  | 130 | 85  | 10  | 35  | 110 |
|            | Y          | 0          | 55  | 80 | 30  | 0   | 80  |            | 30         | 30  | 70  | 30  | 10  | 70  |    | 15  | 0   | 65  | 55  | 20  | 20  |
|            | Z          | 75         | 15  | 0  | 0   | 35  | 80  |            | 70         | 80  | 15  | 20  | 40  | 70  |    | 40  | 70  | 0   | 70  | 20  | 20  |
| 7          | X          | 20         | 130 | 65 | 10  | 75  | 130 | 17         | 130        | 20  | 90  | 0   | 60  | 130 | 27 | 105 | 10  | 55  | 120 | 80  | 40  |
|            | Y          | 10         | 5   | 70 | 40  | 20  | 80  |            | 60         | 50  | 10  | 20  | 20  | 60  |    | 55  | 35  | 10  | 25  | 60  | 25  |
|            | Z          | 0          | 20  | 60 | 30  | 75  | 20  |            | 70         | 40  | 10  | 40  | 10  | 40  |    | 70  | 50  | 10  | 25  | 0   | 90  |
| 8          | X          | 115        | 85  | 10 | 125 | 45  | 10  | 18         | 130        | 10  | 100 | 0   | 50  | 120 | 28 | 20  | 70  | 130 | 35  | 110 | 95  |
|            | Y          | 80         | 20  | 40 | 10  | 70  | 0   |            | 20         | 20  | 70  | 40  | 5   | 60  |    | 20  | 60  | 10  | 10  | 0   | 60  |
|            | Z          | 0          | 65  | 50 | 10  | 70  | 10  |            | 60         | 60  | 10  | 5   | 60  | 70  |    | 0   | 60  | 0   | 55  | 35  | 0   |
| 9          | X          | 130        | 10  | 55 | 120 | 70  | 10  | 19         | 130        | 80  | 20  | 115 | 20  | 0   | 29 | 110 | 20  | 130 | 20  | 55  | 130 |
|            | Y          | 65         | 40  | 0  | 40  | 0   | 65  |            | 10         | 80  | 40  | 0   | 10  | 60  |    | 60  | 25  | 0   | 25  | 0   | 50  |
|            | Z          | 70         | 50  | 0  | 0   | 80  | 50  |            | 10         | 75  | 50  | 65  | 65  | 20  |    | 5   | 45  | 60  | 30  | 0   | 40  |
| 10         | X          | 120        | 10  | 70 | 130 | 90  | 30  | 20         | 10         | 70  | 130 | 50  | 5   | 80  | 30 | 130 | 50  | 20  | 10  | 110 | 85  |
|            | Y          | 0          | 30  | 70 | 20  | 80  | 0   |            | 20         | 70  | 0   | 20  | 40  | 80  |    | 30  | 60  | 0   | 10  | 10  | 60  |
|            | Z          | 70         | 30  | 0  | 0   | 80  | 20  |            | 60         | 0   | 60  | 10  | 40  | 70  |    | 10  | 70  | 30  | 60  | 50  | 0   |

На образце показан пример решения задачи 2 по графическому условию вариантов 1–15.

Поскольку проекции заданных плоскостей общего положения  $ABC$  и  $DEF$  на чертеже накладываются, то для построения линии пересечения заданных плоскостей используем графический алгоритм построения точки пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения. Графические действия алгоритма следует выполнить дважды, так как прямая линия пересечения плоскостей проходит через две точки.

План графических действий для решения задачи 2:

*1-е действие.* Построить точку  $K(K', K'')$  пересечения, например, прямой  $AB$  с плоскостью  $DEF$ :

а) заключить прямую  $AB$  (сторону треугольника  $ABC$ ) во вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость  $\alpha$  и обозначить ее фронтальный след  $\alpha_V$ ;

б) построить проекции линии пересечения  $1-2(1'-2', 1''-2'')$  вспомогательной плоскости  $\alpha$  с другим треугольником  $DEF$ ;

в) определить проекции точки пересечения  $K(K', K'')$  стороны  $AB$  с плоскостью  $DEF$  (продлить горизонтальную проекцию построенной вспомогательной линии  $1'-2'$  до пересечения с горизонтальной проекцией стороны  $AB$ ).

*2-е действие.* Повторить графические действия алгоритма и построить проекции второй точки  $N(N', N'')$  пересечения, например, прямой  $BC$  с плоскостью  $DEF$ , заключив ее во вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость  $\beta$  и обозначить ее горизонтальный след  $\beta_H$ .

*3-е действие.* Построить проекции линии пересечения  $KN(K'N', K''N'')$  заданных плоскостей, соединив отрезками одноименные проекции построенных точек (в пределах треугольников можно рассматривать линию  $MN$ ).

*4-е действие.* Определить относительную видимость плоскостей  $ABC$  и  $DEF$ , рассмотрев две пары конкурирующих точек: точки  $1-5$  для определения видимости на фронтальной проекции и точки  $3-6$  для определения видимости на горизонтальной проекции.

*Внимание!!!* К листу 1 сделать приложение, изложив на листах писчей бумаги планы решения задач 1 и 2.

## 4.2. Графическая работа № 2 (лист 2, задачи 3 и 4) (перпендикулярность прямой и плоскости)

### 4.2.1. Графические условия задач 3 и 4

**Задача 3** имеет два варианта графических условий.

Варианты 1–15: построить проекции прямой треугольной призмы высотой 65 мм с заданным основанием  $ABC$ .

Варианты 16–30: построить проекции шара радиусом 35 мм, касательного к заданной плоскости  $ABC$  в точке  $D$ ; точка касания  $D$  задана одной своей проекцией (фронтальной или горизонтальной) и ее недостающую проекцию предварительно нужно достроить.

Для решения задачи 3 следует усвоить следующую тему начертательной геометрии.

**Тема 1.** Частные случаи взаимного расположения прямой и плоскости, двух плоскостей:

- перпендикулярность прямой и плоскости;
- перпендикулярность плоскостей;
- повторить теорему о проекции прямого угла.

Графические условия всех вариантов задачи 3 представлены координатами  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  в табл. 4.3.

Таблица 4.3

## Графическая работа № 2

### Лист 1. Задача 3 и 4.

Тема: перпендикулярность прямой и плоскости

| № варианта | Координаты | К задаче 3 |     |    |    | № варианта | К задаче 3 |            |     |    |     |    |  |
|------------|------------|------------|-----|----|----|------------|------------|------------|-----|----|-----|----|--|
|            |            | A          | B   | C  | O  |            | A          | B          | C   | D  | E   | F  |  |
|            |            | К задаче 4 |     |    |    |            |            | К задаче 4 |     |    |     |    |  |
| 1          | 2          | 3          | 4   | 5  | 6  | 7          | 8          | 9          | 10  | 11 | 12  | 13 |  |
| 1          | X          | 100        | 45  | 10 | 65 | 16         | 80         | 30         | 0   | 25 | 70  | 50 |  |
|            | Y          | 40         | 10  | 65 | 60 |            | 90         | 25         | 80  | 70 | 35  | 10 |  |
|            | Z          | 10         | 60  | 30 | 70 |            | 65         | 100        | 35  | ?  | 40  | 40 |  |
| 2          | X          | 90         | 40  | 10 | 75 | 17         | 65         | 30         | 120 | 70 | 30  | 55 |  |
|            | Y          | 70         | 45  | 80 | 40 |            | 95         | 60         | 40  | ?  | 20  | 25 |  |
|            | Z          | 100        | 100 | 55 | 60 |            | 75         | 10         | 50  | 60 | 80  | 70 |  |
| 3          | X          | 80         | 0   | 50 | 50 | 18         | 35         | 105        | 75  | 65 | 20  | 50 |  |
|            | Y          | 40         | 30  | 10 | 50 |            | 80         | 30         | 90  | 65 | 40  | 40 |  |
|            | Z          | 90         | 50  | 50 | 35 |            | 95         | 55         | 15  | ?  | 50  | 35 |  |
| 4          | X          | 100        | 25  | 55 | 35 | 19         | 55         | 25         | 105 | 70 | 95  | 70 |  |
|            | Y          | 90         | 80  | 45 | 35 |            | 20         | 45         | 85  | ?  | 45  | 15 |  |
|            | Z          | 50         | 20  | 0  | 50 |            | 30         | 90         | 40  | 50 | 60  | 90 |  |
| 5          | X          | 15         | 90  | 40 | 75 | 20         | 20         | 100        | 45  | 55 | 95  | 75 |  |
|            | Y          | 55         | 0   | 0  | 45 |            | 30         | 10         | 60  | 40 | 50  | 75 |  |
|            | Z          | 5          | 20  | 70 | 55 |            | 45         | 90         | 90  | ?  | 45  | 30 |  |
| 6          | X          | 60         | 90  | 10 | 75 | 21         | 100        | 40         | 20  | 55 | 70  | 95 |  |
|            | Y          | 15         | 45  | 45 | 65 |            | 90         | 35         | 90  | ?  | 20  | 40 |  |
|            | Z          | 50         | 95  | 65 | 40 |            | 80         | 100        | 40  | 70 | 20  | 30 |  |
| 7          | X          | 75         | 95  | 15 | 40 | 22         | 30         | 65         | 100 | 60 | 55  | 30 |  |
|            | Y          | 5          | 60  | 50 | 20 |            | 35         | 85         | 70  | 65 | 100 | 90 |  |
|            | Z          | 60         | 100 | 50 | 90 |            | 70         | 20         | 85  | ?  | 85  | 85 |  |
| 8          | X          | 90         | 110 | 30 | 70 | 23         | 40         | 110        | 90  | 85 | 55  | 30 |  |
|            | Y          | 50         | 80  | 90 | 40 |            | 80         | 35         | 95  | ?  | 25  | 35 |  |
|            | Z          | 0          | 40  | 20 | 40 |            | 0          | 25         | 70  | 35 | 70  | 55 |  |

| 1  | 2 | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  | 11 | 12  | 13  |
|----|---|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|
| 9  | X | 0   | 35  | 80  | 60 | 24 | 20  | 90  | 40  | 55 | 115 | 90  |
|    | Y | 70  | 5   | 35  | 55 |    | 90  | 20  | 20  | 35 | 80  | 95  |
|    | Z | 30  | 60  | 0   | 75 |    | 80  | 95  | 40  | ?  | 40  | 25  |
| 10 | X | 75  | 20  | 105 | 60 | 25 | 25  | 110 | 50  | 65 | 70  | 90  |
|    | Y | 60  | 20  | 10  | 60 |    | 85  | 20  | 30  | ?  | 75  | 70  |
|    | Z | 15  | 30  | 60  | 80 |    | 15  | 25  | 80  | 45 | 80  | 65  |
| 11 | X | 0   | 25  | 80  | 55 | 26 | 105 | 55  | 35  | 65 | 95  | 70  |
|    | Y | 30  | 65  | 0   | 55 |    | 35  | 90  | 35  | 50 | 65  | 85  |
|    | Z | 50  | 100 | 100 | 70 |    | 60  | 80  | 10  | ?  | 30  | 20  |
| 12 | X | 35  | 80  | 120 | 70 | 27 | 40  | 75  | 90  | 70 | 90  | 110 |
|    | Y | 75  | 100 | 40  | 50 |    | 65  | 25  | 100 | ?  | 40  | 55  |
|    | Z | 10  | 50  | 30  | 40 |    | 80  | 10  | 50  | 40 | 85  | 70  |
| 13 | X | 115 | 35  | 80  | 60 | 28 | 60  | 100 | 25  | 60 | 90  | 70  |
|    | Y | 25  | 10  | 60  | 55 |    | 35  | 100 | 65  | 55 | 40  | 25  |
|    | Z | 65  | 25  | 10  | 60 |    | 100 | 60  | 50  | ?  | 30  | 30  |
| 14 | X | 85  | 20  | 70  | 65 | 29 | 30  | 100 | 60  | 55 | 95  | 70  |
|    | Y | 50  | 70  | 100 | 50 |    | 65  | 25  | 90  | ?  | 80  | 80  |
|    | Z | 100 | 55  | 55  | 35 |    | 5   | 40  | 80  | 50 | 25  | 15  |
| 15 | X | 100 | 45  | 20  | 30 | 30 | 70  | 95  | 25  | 75 | 40  | 20  |
|    | Y | 10  | 50  | 10  | 55 |    | 90  | 30  | 90  | 75 | 40  | 50  |
|    | Z | 55  | 100 | 80  | 50 |    | 35  | 75  | 100 | ?  | 45  | 65  |

По заданным координатам точек построить графическое условие задачи:

- для вариантов 1–15: фронтальную и горизонтальную проекции треугольного основания призмы  $ABC$ ;
- для вариантов 16–30: фронтальную и горизонтальную проекции треугольной плоскости  $ABC$  и заданную проекцию точки касания  $D$  (недостающую проекцию дорисовать).

**Задача 4** имеет два варианта графических условий:

Варианты 1–15: определить натуральную величину радиуса шара с центром в точке  $O(O'', O')$ , касательного к заданной плоскости  $ABC$ , и построить проекции шара.

Варианты 16–30: построить прямоугольные (ортогональные) проекции отрезка общего положения  $EF(E'F', E''F'')$  на заданную плоскость  $ABC$ .

Для решения задачи 4 следует усвоить ту же тему начертательной геометрии, что и для решения задачи 3.

Графические условия всех вариантов задачи 4 представлены координатами  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $O$ ,  $E$  и  $F$  в табл. 4.3.

По заданным координатам точек построить графическое условие задачи 4:

- для вариантов 1–15: фронтальные и горизонтальные проекции заданной плоскости  $ABC$  и центра шара точки  $O$ ;
- для вариантов 16–30: фронтальные и горизонтальные проекции заданной плоскости  $ABC$  и отрезка общего положения  $EF$ .



### 4.2.2. Содержание графической работы № 2 (лист 2)

Решение задач на тему о перпендикулярности прямой и плоскости основано на двух теоремах геометрии:

1 теорема. Если прямая перпендикулярна двум пересекающимся прямым, лежащим в плоскости, то она перпендикулярна к этой плоскости (из школьного курса).

2 теорема. О проекции прямого угла – если плоскость прямого угла является плоскостью общего положения и одна его сторона параллельна плоскости проекций, а вторая не перпендикулярна, то на эту плоскость проекций угол проецируется прямым ( $90^\circ$ ).

Из этих двух теорем следует, что на чертеже проекции перпендикуляра к плоскости можно провести только к проекциям фронтали и горизонтали, то есть к двум пересекающимся прямым уровня, которые можно провести в плоскости.

Запомните:

– фронтальная проекция  $m''$  перпендикуляра к плоскости перпендикулярна к фронтальной проекции  $f''$  фронтали этой плоскости ( $m'' \perp f''$ );

– горизонтальная проекция  $m'$  перпендикуляра к плоскости перпендикулярна к горизонтальной проекции  $h'$  горизонтали этой плоскости ( $m' \perp h'$ ).

Задачи на тему перпендикулярности прямой и плоскости можно разделить на три типичных группы:

1 группа. Провести от точки, лежащей в плоскости, перпендикуляр в пространство.

2 группа. Провести из точки, не лежащей в плоскости, перпендикуляр к этой плоскости.

3 группа. Построить плоскость, перпендикулярную к прямой общего положения (построить геометрическое место точек – ГМТ).

### 4.2.3. План графических действий

Образец выполнения листа 2 с задачами 3 и 4 показан на рис. 4.2, а, б. Задачи 3 и 4 выполнить на формате А3 белой бумаги.

**Задача 3** выполняется на левой половине рабочего поля чертежа.

По заданному условию своего варианта построить графическое условие задачи: фронтальную и горизонтальную проекции плоскости общего положения  $ABC$  – основания прямой призмы (приведен пример решения задачи по условию вариантов 1–15).

Рассмотрим прямую правильную призму. Из школьного курса геометрии известно: ребра и основания у любой призмы равны и параллельны, а у прямой призмы – ребра перпендикулярны основанию.

План графических действий для решения задачи:

1-е действие. Провести в плоскости  $ABC$  проекции фронтали  $f(f'', f')$  и горизонтали  $h(h'', h')$ .

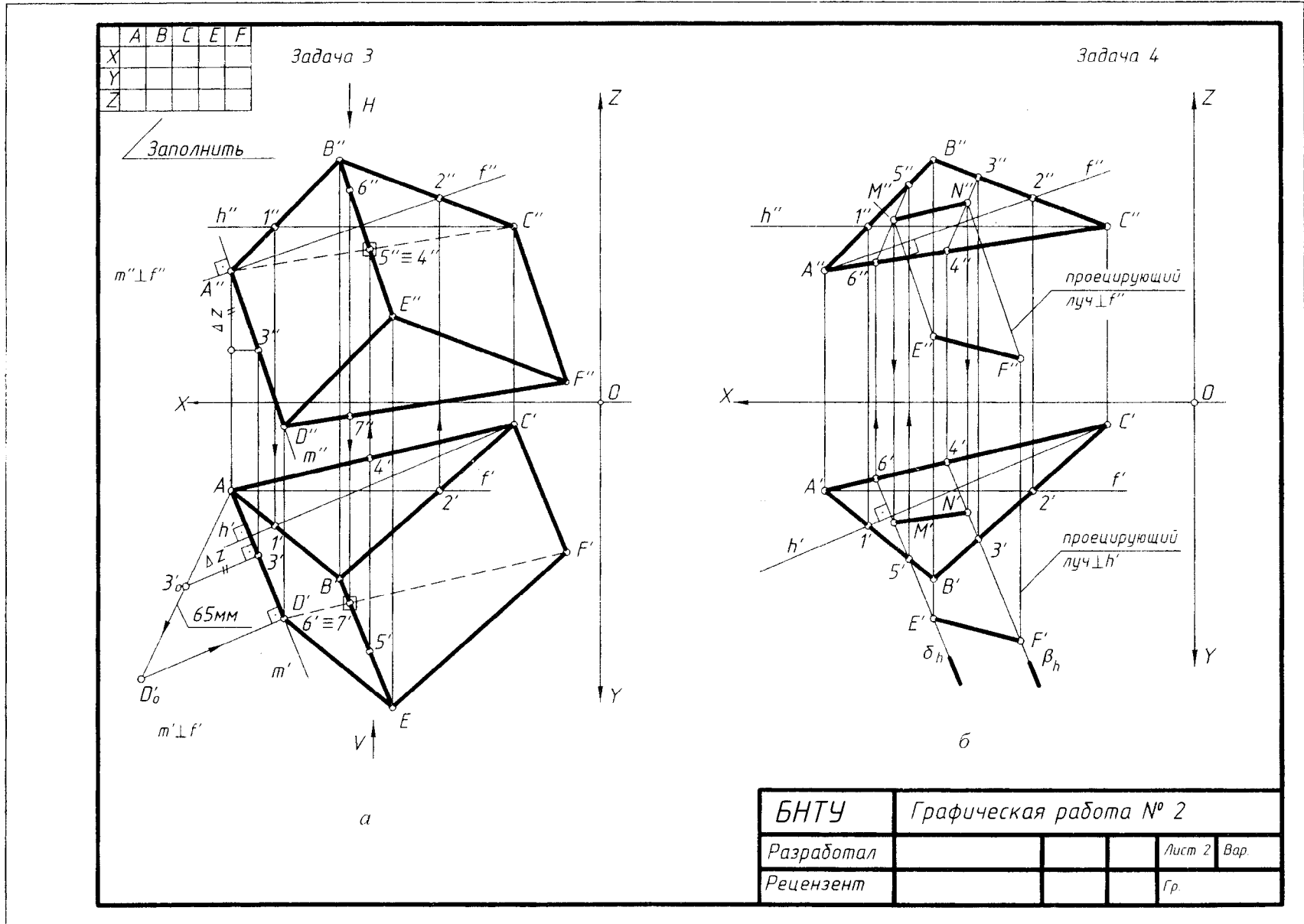


Рис. 4.2

*2-е действие.* Провести проекции перпендикуляра  $m(m'',m')$  из вершины  $A$  плоскости основания в пространство – направление ребер призмы.

*3-е действие.* Построить на перпендикуляре  $m$  проекции отрезка  $AD$  заданной величины 65 мм – высота призмы.

*4-е действие.* Провести из вершин основания  $B$  и  $C$  прямые, параллельные и равные построенному отрезку  $AD$ , т.е. достроить второе основание призмы.

*5-е действие.* Определить относительную видимость граней призмы на ее проекциях по конкурирующим точкам.

**Задача 4** выполняется на правой половине поля чертежа.

По заданному условию своего варианта построить графическое условие задачи: фронтальные и горизонтальные проекции плоскости общего положения  $ABC$  и отрезка общего положения  $EF$  (рассматривается решение задачи по условию вариантов 16–30).

По условию задачи заданная плоскость общего положения  $ABC$  является плоскостью проекций и проецирующие лучи из концов отрезка  $EF$  должны быть перпендикулярны этой плоскости.

План графических действий для решения задачи:

*1-е действие.* Провести в заданной плоскости  $ABC$  фронталь  $f(f'',f')$  и горизонталь  $h(h'',h')$ .

*2-е действие.* Провести проекции перпендикуляров (проецирующих лучей) из конечных точек  $E$  и  $F$  отрезка к плоскости  $ABC$ .

*3-е действие.* Построить точки  $M$  и  $N$  пересечения перпендикуляров-лучей с плоскостью проекций  $ABC$ ; полученный отрезок  $MN$ , лежащий в плоскости проекций  $ABC$ , и есть прямоугольная проекция отрезка  $EF$  на эту плоскость.

### **4.3. Графическая работа № 3 (лист 3, задачи 5 и 6)**

(преобразование чертежа: способ перемены (замены) плоскостей проекций, способы вращения вокруг проецирующей оси и линии уровня, плоскопараллельный перенос)

#### **4.3.1. Содержание графической работы № 3 и условия задач 5 и 6**

**Задача 5.** Задача имеет два варианта графических условий.

Варианты 1–15. Построить проекции центра окружности, описанной вокруг плоскости общего положения  $ABC$ , способом замены плоскостей проекций.

Варианты 16–30. Построить проекции центра сферы, вписанной в плоский угол  $ABC$  способом замены плоскостей проекций.

**Задача 6.** Задача также имеет два варианта графических условий.

Варианты 1–15. Построить натуральную величину заданной плоскости общего положения  $ABC$  способом вращения вокруг линии уровня – фронтали или горизонтали (линия уровня указана для каждого варианта в табл. 4.4).

Варианты 16–30. Построить натуральную величину заданного угла  $ABC$  способом вращения вокруг линии уровня (указана для каждого варианта в табл. 4.4).

Графическая работа № 1

Лист 3. Задача 5 и 6

Тема: преобразование чертежа

| № варианта | Координата | Координаты точек |     |     | Замена | Вращение | № варианта | Координаты точек |     |     | Замена | Вращение | № варианта | Координаты точек |     |     | Замена | Вращение |
|------------|------------|------------------|-----|-----|--------|----------|------------|------------------|-----|-----|--------|----------|------------|------------------|-----|-----|--------|----------|
|            |            | A                | B   | C   |        |          |            | A                | B   | C   |        |          |            | A                | B   | C   |        |          |
| 1          | X          | 100              | 55  | 10  | h      | f        | 11         | 55               | 100 | 20  | h      | f        | 21         | 50               | 15  | 100 | h      | f        |
|            | Y          | 40               | 70  | 20  |        |          |            | 70               | 35  | 25  |        |          |            | 10               | 65  | 30  |        |          |
|            | Z          | 10               | 60  | 30  |        |          |            | 80               | 20  | 50  |        |          |            | 25               | 65  | 50  |        |          |
| 2          | X          | 15               | 60  | 100 | f      | h        | 12         | 70               | 100 | 15  | f      | h        | 22         | 100              | 65  | 20  | f      | h        |
|            | Y          | 45               | 0   | 20  |        |          |            | 70               | 20  | 45  |        |          |            | 55               | 80  | 30  |        |          |
|            | Z          | 5                | 55  | 20  |        |          |            | 15               | 70  | 30  |        |          |            | 70               | 20  | 55  |        |          |
| 3          | X          | 60               | 20  | 100 | h      | f        | 13         | 100              | 60  | 15  | h      | f        | 23         | 15               | 100 | 40  | h      | f        |
|            | Y          | 70               | 10  | 55  |        |          |            | 35               | 0   | 60  |        |          |            | 80               | 60  | 40  |        |          |
|            | Z          | 60               | 15  | 40  |        |          |            | 20               | 60  | 10  |        |          |            | 60               | 40  | 10  |        |          |
| 4          | X          | 100              | 60  | 10  | f      | h        | 14         | 15               | 55  | 100 | f      | h        | 24         | 25               | 100 | 40  | f      | h        |
|            | Y          | 55               | 10  | 55  |        |          |            | 50               | 10  | 50  |        |          |            | 15               | 15  | 70  |        |          |
|            | Z          | 85               | 40  | 55  |        |          |            | 10               | 60  | 30  |        |          |            | 25               | 65  | 80  |        |          |
| 5          | X          | 20               | 100 | 60  | h      | f        | 15         | 50               | 20  | 100 | h      | f        | 25         | 100              | 75  | 15  | h      | f        |
|            | Y          | 40               | 50  | 10  |        |          |            | 25               | 65  | 75  |        |          |            | 10               | 70  | 40  |        |          |
|            | Z          | 10               | 70  | 0   |        |          |            | 60               | 10  | 30  |        |          |            | 30               | 65  | 20  |        |          |
| 6          | X          | 55               | 100 | 25  | f      | h        | 16         | 100              | 10  | 75  | f      | h        | 26         | 30               | 50  | 100 | f      | h        |
|            | Y          | 30               | 75  | 60  |        |          |            | 20               | 40  | 60  |        |          |            | 20               | 75  | 20  |        |          |
|            | Z          | 20               | 70  | 40  |        |          |            | 30               | 10  | 75  |        |          |            | 10               | 80  | 60  |        |          |
| 7          | X          | 100              | 20  | 80  | h      | f        | 17         | 15               | 100 | 75  | h      | f        | 27         | 60               | 15  | 100 | h      | f        |
|            | Y          | 70               | 25  | 5   |        |          |            | 70               | 50  | 20  |        |          |            | 20               | 50  | 80  |        |          |
|            | Z          | 70               | 20  | 30  |        |          |            | 70               | 40  | 20  |        |          |            | 65               | 15  | 25  |        |          |
| 8          | X          | 70               | 10  | 100 | f      | h        | 18         | 65               | 100 | 10  | f      | h        | 28         | 100              | 20  | 60  | f      | h        |
|            | Y          | 25               | 65  | 65  |        |          |            | 20               | 65  | 45  |        |          |            | 60               | 45  | 15  |        |          |
|            | Z          | 15               | 35  | 65  |        |          |            | 15               | 40  | 60  |        |          |            | 40               | 15  | 80  |        |          |
| 9          | X          | 20               | 85  | 100 | h      | f        | 19         | 100              | 45  | 20  | h      | f        | 29         | 45               | 100 | 20  | h      | f        |
|            | Y          | 60               | 90  | 40  |        |          |            | 10               | 60  | 30  |        |          |            | 65               | 15  | 30  |        |          |
|            | Z          | 20               | 20  | 65  |        |          |            | 60               | 60  | 15  |        |          |            | 70               | 50  | 20  |        |          |
| 10         | X          | 100              | 65  | 20  | f      | h        | 20         | 20               | 80  | 100 | f      | h        | 30         | 20               | 100 | 80  | f      | h        |
|            | Y          | 50               | 75  | 25  |        |          |            | 10               | 70  | 35  |        |          |            | 40               | 80  | 20  |        |          |
|            | Z          | 70               | 15  | 45  |        |          |            | 15               | 70  | 25  |        |          |            | 10               | 50  | 70  |        |          |

Данные для своего варианта взять из табл. 4.4. Условия всех вариантов представлены координатами  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

Для решения задач 5 и 6 следует проработать и усвоить нижеперечисленные темы начертательной геометрии.

Преобразование чертежа.

**Тема 1.** Способ перемены (замены) плоскостей проекций. Сущность способа.

Основные графические задачи преобразования чертежа способом замены плоскостей проекций:

- задача 1 – преобразование прямой общего положения в прямую уровня;
- задача 2 – преобразование прямой уровня в прямую проецирующую;
- задача 3 – преобразование плоскости общего положения в плоскость проецирующую;
- задача 4 – преобразование плоскости проецирующей в плоскость уровня.

**Тема 2.** Способ вращения вокруг проецирующей оси, перпендикулярной плоскостям проекций  $V$  или  $H$ . Сущность способа.

Основные графические задачи преобразования чертежа этим способом:

- задача 1 – построение натуральной величины отрезка общего положения;
- задача 2 – построение натуральной величины проецирующей плоскости.

Частный случай данного способа: плоскопараллельное перемещение, т.е. вращение геометрического элемента вокруг проецирующей оси с одновременным перемещением этого элемента на свободное поле чертежа.

**Тема 3.** Способ вращения вокруг прямой уровня – горизонтальной ( $//H$ ) или фронтальной ( $//V$ ). Сущность способа. Основная графическая задача преобразования этим способом – построение натуральной величины плоскости.

#### 4.3.2. План графических действий

По заданным координатам точек построить на левой и правой половине чертежа графическое условие задач: проекции плоскости общего положения, заданной треугольником  $ABC$  (варианты 1–15), и проекции угла  $ABC$  (варианты 16–30). В таблице для каждого варианта указаны линии уровня, относительно которых нужно выполнять преобразование чертежа для 5-й и 6-й задач.

Задачи выполнять на формате А3 белой бумаги. Образец выполнения листа 3 с задачами 5 и 6 приведен на рис. 4.3.

Для определения центра окружности, описанной вокруг заданного треугольника  $ABC$ , плоскость треугольника должна занять положение плоскости уровня – горизонтальной или фронтальной. Преобразовать плоскость общего положения в плоскость уровня можно двумя последовательными заменами плоскостей проекций, то есть выполнить 3 и 4 преобразования плоскости.

План графических действий для решения задачи 5 (по вариантам 1–15):

Первая замена.

*1-е действие.* Провести в плоскости  $ABC$  проекции фронтали  $f(f', f'')$ .

*2-е действие.* Ввести первую дополнительную систему плоскостей проекций  $x_1-V/H_1$ , ось проекций  $x_1$  которой перпендикулярна фронтальной проекции фронтали  $f(f'')$ .

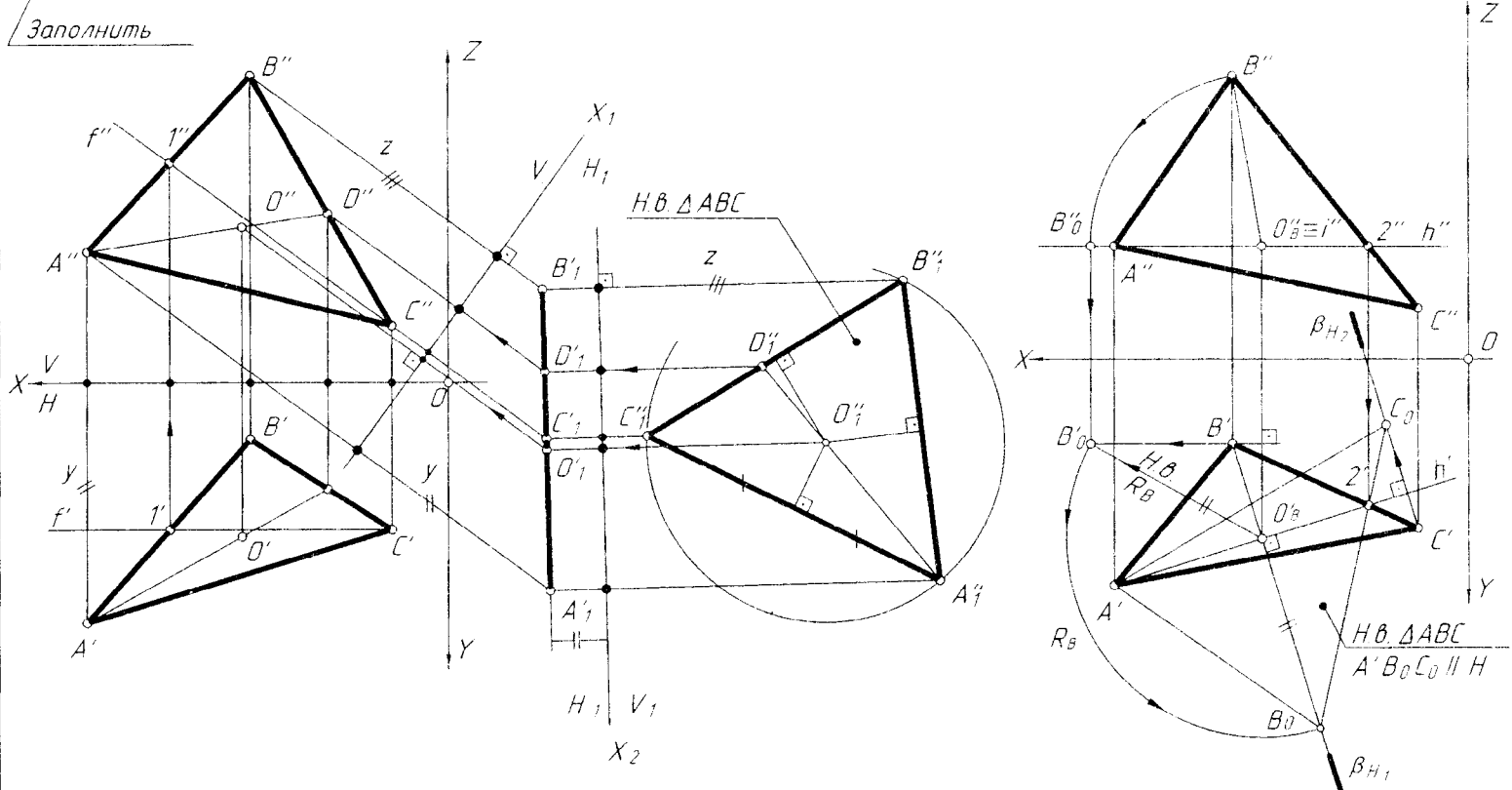
*3-е действие.* Построить горизонтальную проекцию  $A_1'B_1'C_1'$  по координатам  $u$  из системы  $x-V/H$  на дополнительной плоскости  $H_1$ . Плоскость  $ABC$  спроецировалась в прямую (выродилась в линию), т.е. преобразовалась в горизонтально-проецирующую плоскость (перпендикулярную дополнительной плоскости проекций  $H_1$ ).

|   |   |   |   |        |           |
|---|---|---|---|--------|-----------|
|   | A | B | C | Замена | Враще-ние |
| X |   |   |   |        |           |
| Y |   |   |   | f      | h         |
| Z |   |   |   |        |           |

Задача 5

Задача 6

Заполнить



|            |                        |  |        |     |
|------------|------------------------|--|--------|-----|
| БНТУ       | Графическая работа № 3 |  |        |     |
| Разработал |                        |  | Лист 3 | Вар |
| Рецензент  |                        |  | Гр.    |     |

Рис. 4.3

Вторая замена.

*4-е действие.* Ввести на вторую дополнительную систему плоскостей проекций  $x_2-H_1/V_1$ , ось проекций  $x_2$  которой параллельна построенной (вырожденной) проекции треугольника  $A_1'B_1'C_1'$ .

*5-е действие.* Построить фронтальную проекцию плоскости  $A_1''B_1''C_1''$  по координатам  $Z$  из предыдущей системы  $x_1-V/H_1$  на дополнительную плоскости проекций  $V_1$ , которая является натуральной величиной треугольника  $ABC$ , так как плоскость преобразовалась во фронтальную плоскость уровня (параллельную дополнительной плоскости проекций  $V_1$ ).

*6-е действие.* Определить центр окружности (точку  $O$ ), описанной вокруг треугольника  $ABC$ , который находится на пересечении перпендикуляров, проведенных через середины сторон треугольника.

*7-е действие.* Обратным проецированием определить проекции построенного центра описанной окружности  $O(O'',O')$  на заданных проекциях треугольника, используя вспомогательную линию  $AD$ , на которой лежит точка  $O$ .

Натуральную величину плоской фигуры определяет только плоскость уровня. Следовательно, заданную плоскость общего положения  $ABC$  нужно преобразовать вращением вокруг линии уровня в плоскость уровня, например, в горизонтальную.

План графических действий для решения задачи 6 (по вариантам 1–15):

*1-е действие.* Провести в заданной плоскости  $ABC$  проекции линии уровня – горизонтали  $h(h'',h')$ ; следовательно, вращать следует горизонтальную проекцию  $A'B'C'$  треугольника.

*2-е действие.* Провести следы плоскостей  $\beta_{H1}$  и  $\beta_{H2}$  перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $h'$ , в которых будут вращаться точки  $B$  и  $C$ .

*3-е действие.* Построить способом вращения вокруг проецирующей оси  $i$  натуральную величину радиуса вращения  $R_B$  – отрезка  $BO$ .

*4-е действие.* Натуральная величина радиуса  $R_B$  поворотом расположить на следе плоскости  $\beta_{H1}$  и построить вершину  $B_0$ .

*5-е действие.* Достроить повернутую проекцию  $A'B_0C_0$  треугольника  $ABC$ , которая определяет его натуральную величину. Вершина  $C_0$  определяется на пересечении следа плоскости  $\beta_{H2}$  и прямой, проходящей через точки  $B_0$  и  $2'$  (без построения натуральной величины  $R_C$ ).

#### **4.4. Графическая работа № 4 (лист 4, задачи 7 и 8)**

(поверхности; многогранники – призма, пирамида)

##### **4.4.1. Содержание графической работы №4 и условия задач 7 и 8**

Для решения задач 7 и 8 следует усвоить материал начертательной геометрии о многогранных поверхностях:

1. Проекция многогранников – прямой правильной призмы и правильной пирамиды; характерные очерки призмы и пирамиды на чертеже (очерк – линии, ограничивающие области проекций на поле чертежа).

2. Построение проекций точек на поверхностях призмы и пирамиды по их принадлежности ребрам или граням этих поверхностей.

### 3. Сечение призмы и пирамиды плоскостями частного положения.

Многогранниками называют геометрические тела, поверхность которых ограничена плоскостями (гранями). Многогранник называют четырех-, пяти-, шестигранником и т.д. по количеству граней, включая основания, образующих его поверхность. На чертеже многогранники задают проекциями его ребер (ребро – линия пересечения граней).

Основанием призмы и пирамиды может быть любой многоугольник, по количеству сторон которого призму и пирамиду называют треугольной, четырехугольной и т.д. Такое название более соответствует изображению этих многогранников на чертеже, по которому определяется многоугольник основания, что позволяет создать в воображении соответствующий пространственный образ призмы.

Призма как геометрическое материальное тело имеет два параллельных основания, боковые грани и параллельные ребра. Призму называют *правильной*, если ее основаниями являются правильные многоугольники, вписанные в окружность. Призму называют *прямой*, если ее ребра перпендикулярны основанию, и *наклонной*, если ребра не перпендикулярны основанию.

Пирамида имеет одно основание и вершину, объединяющую все ее ребра. Пирамиду называют *правильной*, если ее основанием является правильный многоугольник, вписанный в окружность, а основание высоты лежит в центре этой окружности и соединяет его с вершиной пирамиды (то есть пирамида прямая).

Пирамида может быть *наклонной*, если основание высоты не лежит в центре окружности, в которую можно вписать многоугольник основания пирамиды.

Содержание графической работы.

**Задача 7.** По заданным фронтальной и горизонтальной проекциям правильной призмы со срезами плоскостями частного положения построить ее профильную проекцию. Горизонтальную проекцию призмы предварительно достроить.

**Задача 8.** По заданным фронтальной и горизонтальной проекциям правильной пирамиды со срезами плоскостями частного положения построить ее профильную проекцию. Горизонтальную проекцию пирамиды предварительно достроить.

Задачи 7 и 8 выполнять на одном листе формата А3 белой бумаги.

Графические условия вариантов задач 7 и 8 даны в табл. 4.5.

Образец выполнения листа 4 с задачами 7 и 8 приведен на рис. 4.4.

#### 4.4.2. План графических действий для решения задачи 7 и 8

##### Задача 7.

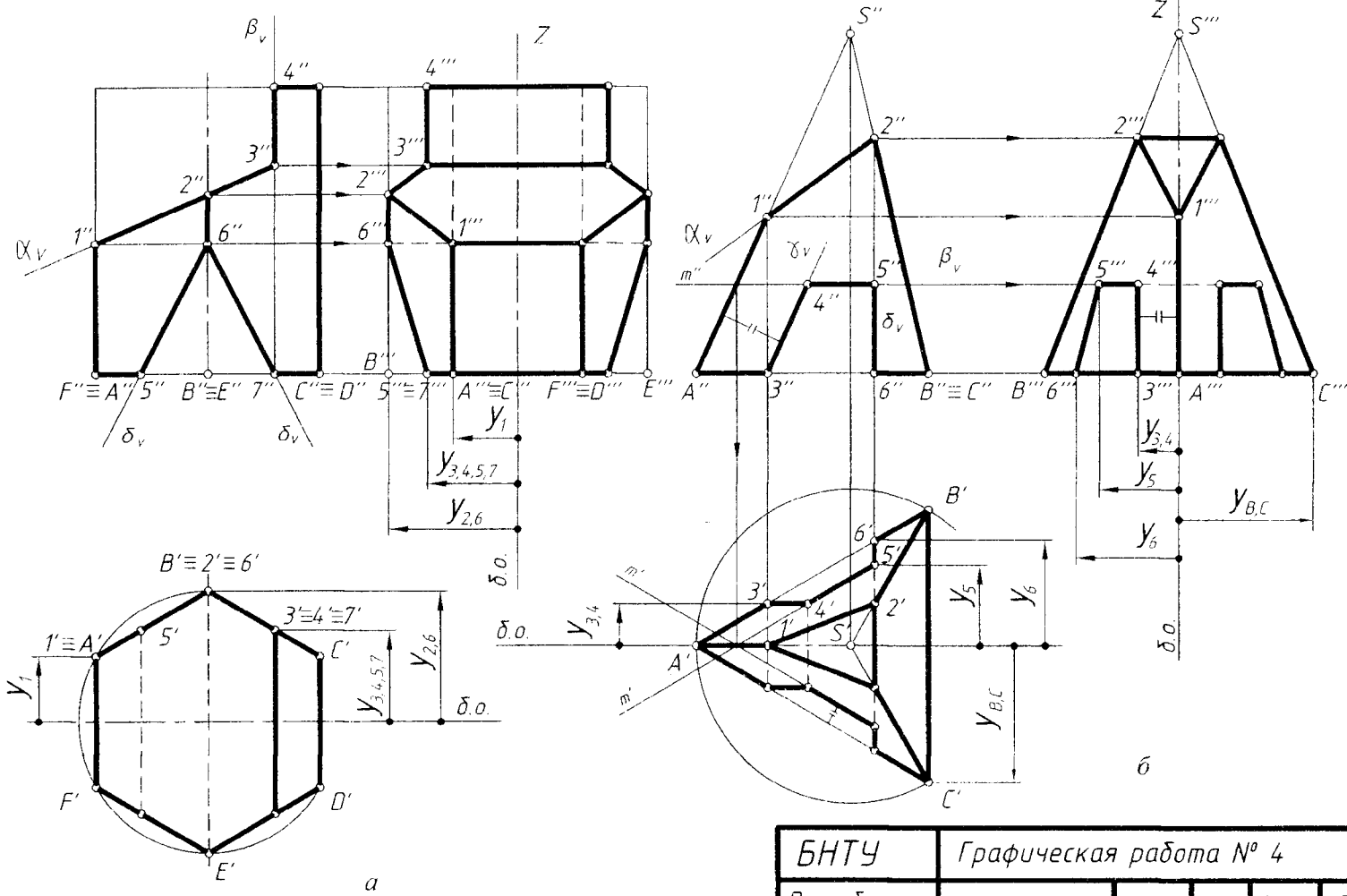
План графических действий для решения задачи 7 (рис. 4.4, а).

*1-е действие.* На левой половине чертежа построить тонкими сплошными линиями фронтальную, горизонтальную и профильную проекции прямой правильной призмы по заданному графическому условию и размерам – шестиугольную призму заданной высоты  $H$  и выполнить на ее фронтальной проекции срезы плоскостями частного положения по заданному условию: вырез фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$  и профильной плоскостью  $\beta(\beta_V)$  и сквозной паз, образованный двумя симметричными фронтально-проецирующими плоскостями  $\delta(\delta_V)$ . Обозначить ребра буквами.



Задача 7

Задача 8



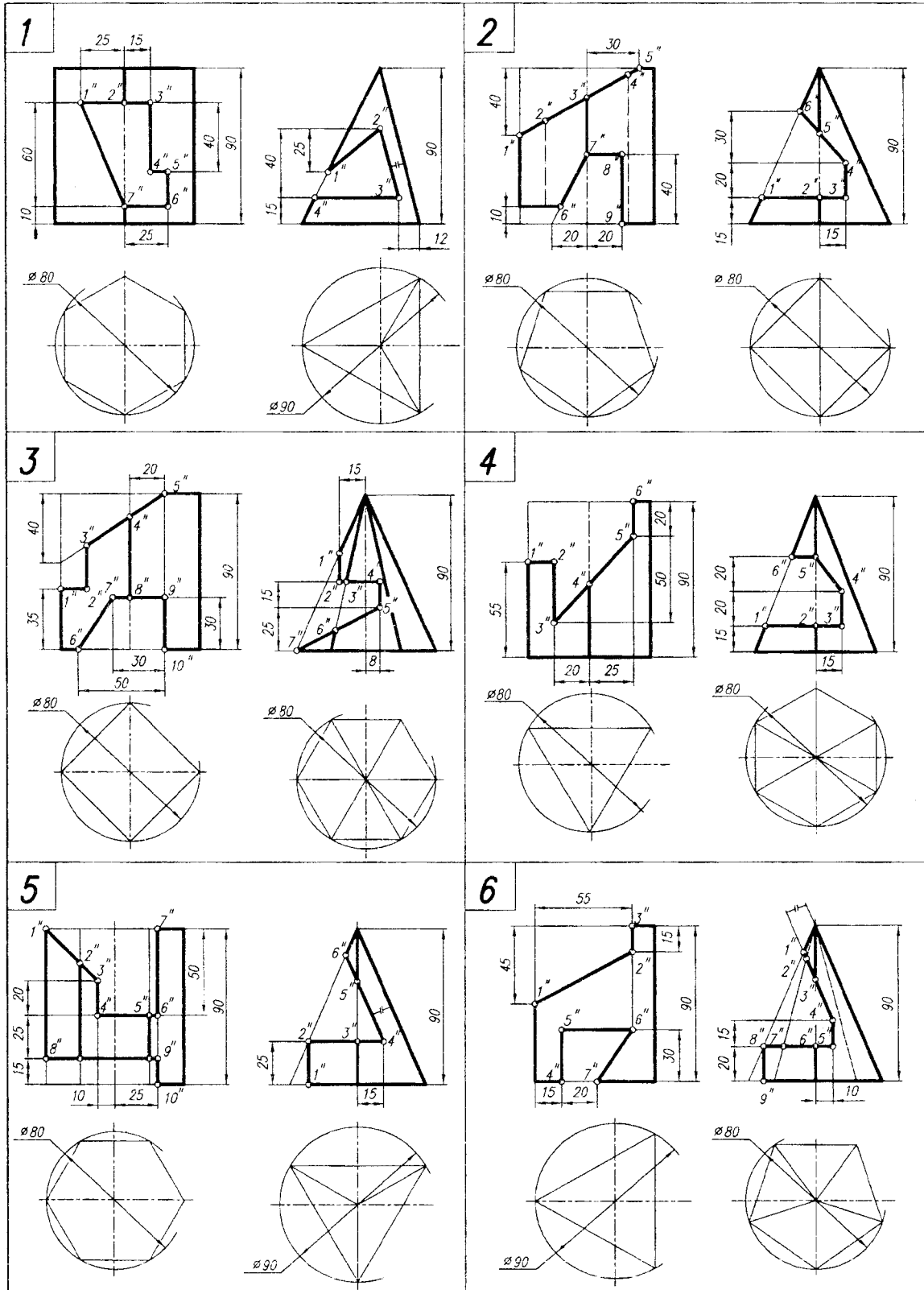
|            |                        |  |        |      |
|------------|------------------------|--|--------|------|
| БНТУ       | Графическая работа № 4 |  |        |      |
| Разработал |                        |  | лист 4 | вар. |
| Рецензент  |                        |  | Гр.    |      |

Рис. 4.4

Графическая работа № 4

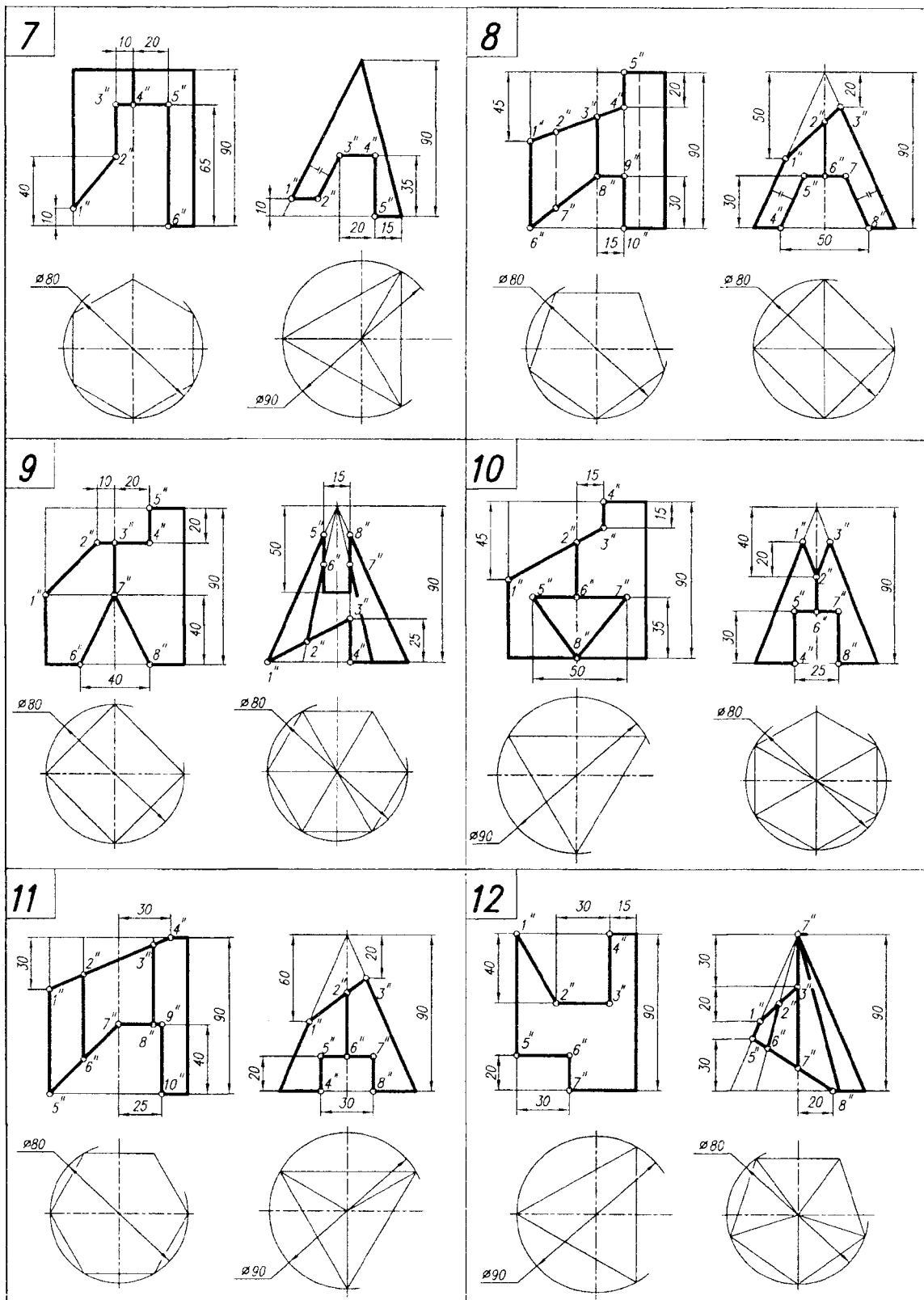
Лист 4. Задачи 7–8 (варианты 1–6)

Тема: поверхности; многогранники – призма, пирамида



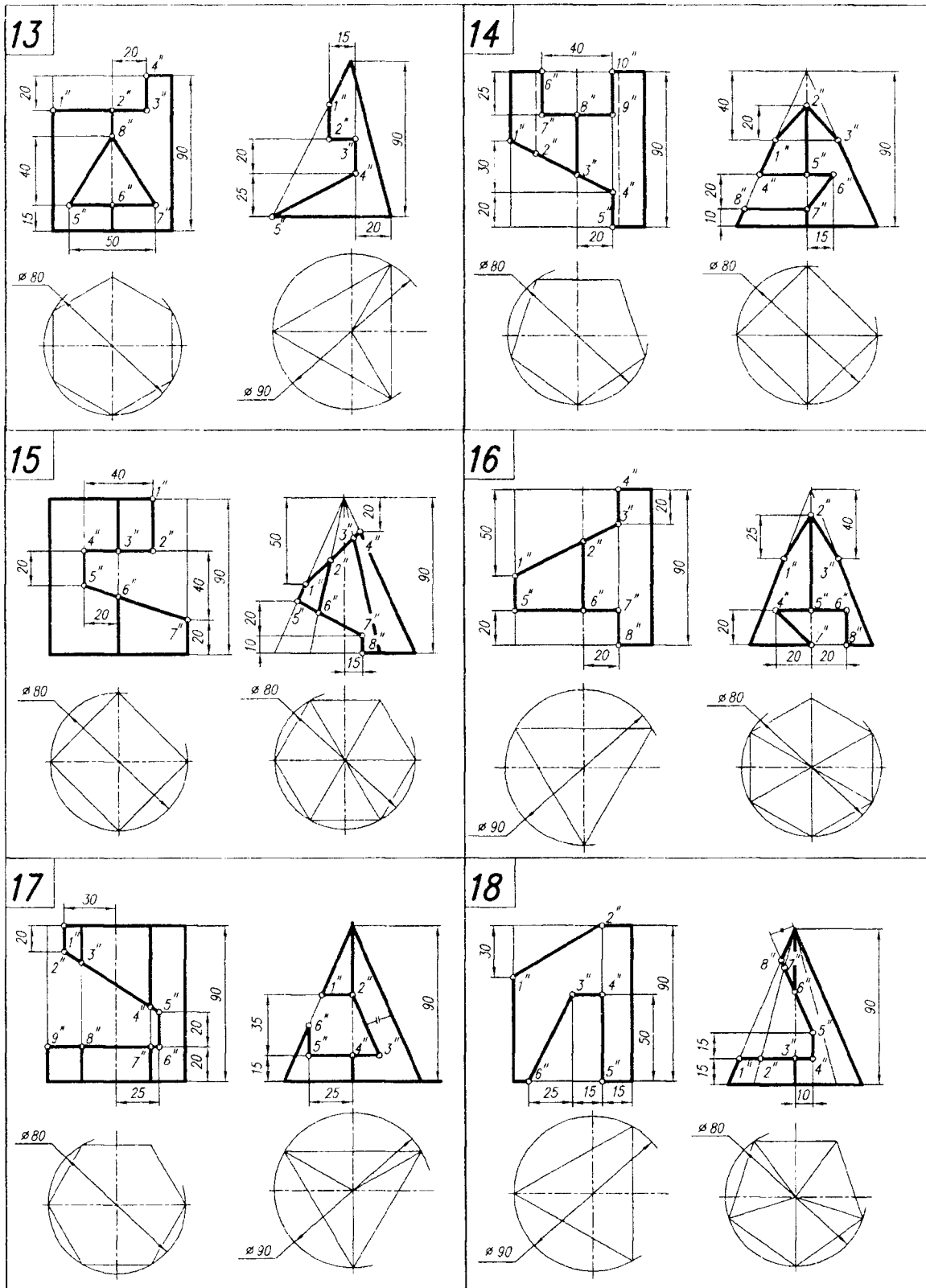
**Лист 4. Задачи 7–8 (варианты 7–12)**

Тема: поверхности; многогранники – призма, пирамида



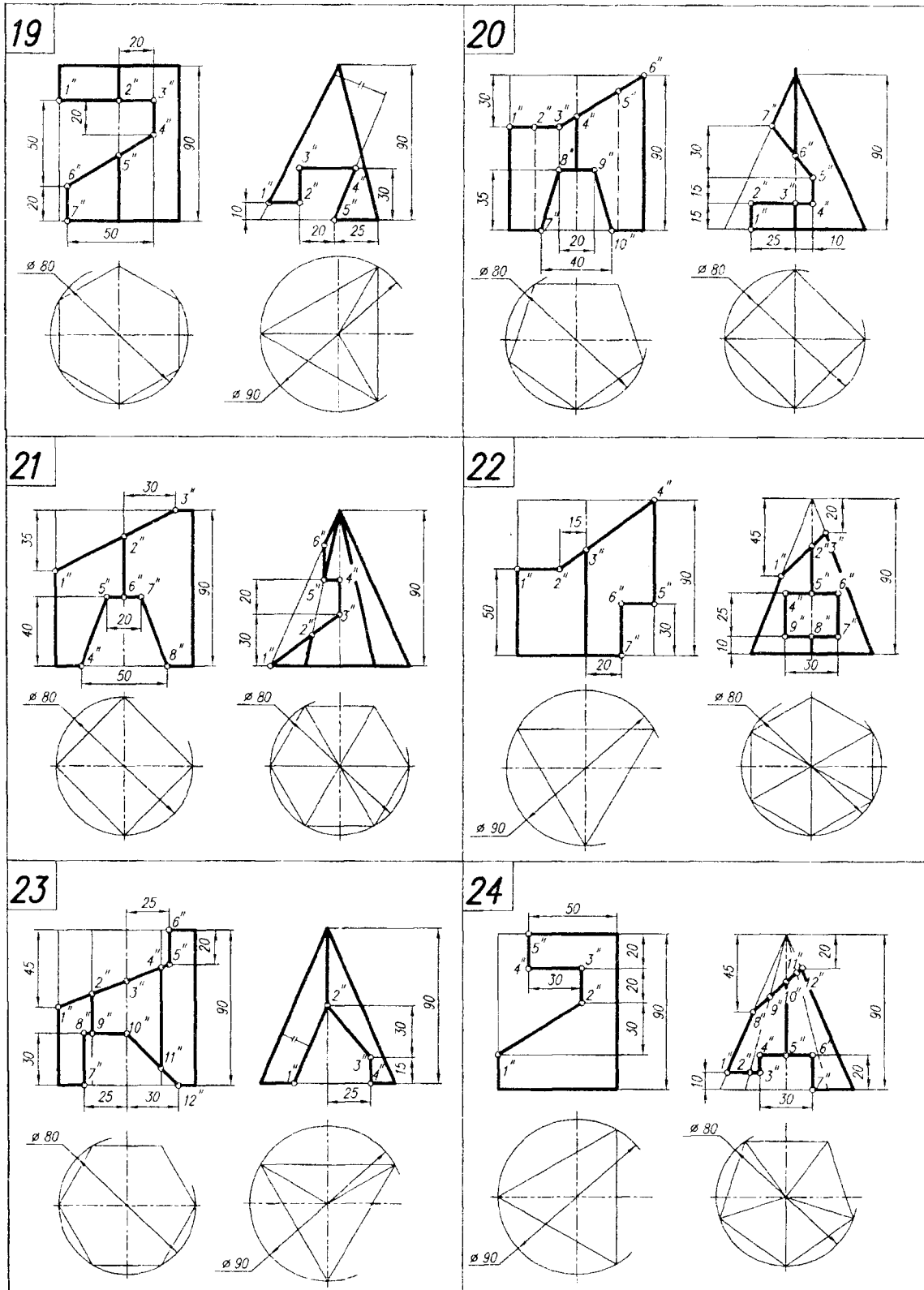
**Лист 4. Задачи 7–8 (варианты 13–18)**

Тема: поверхности; многогранники – призма, пирамида



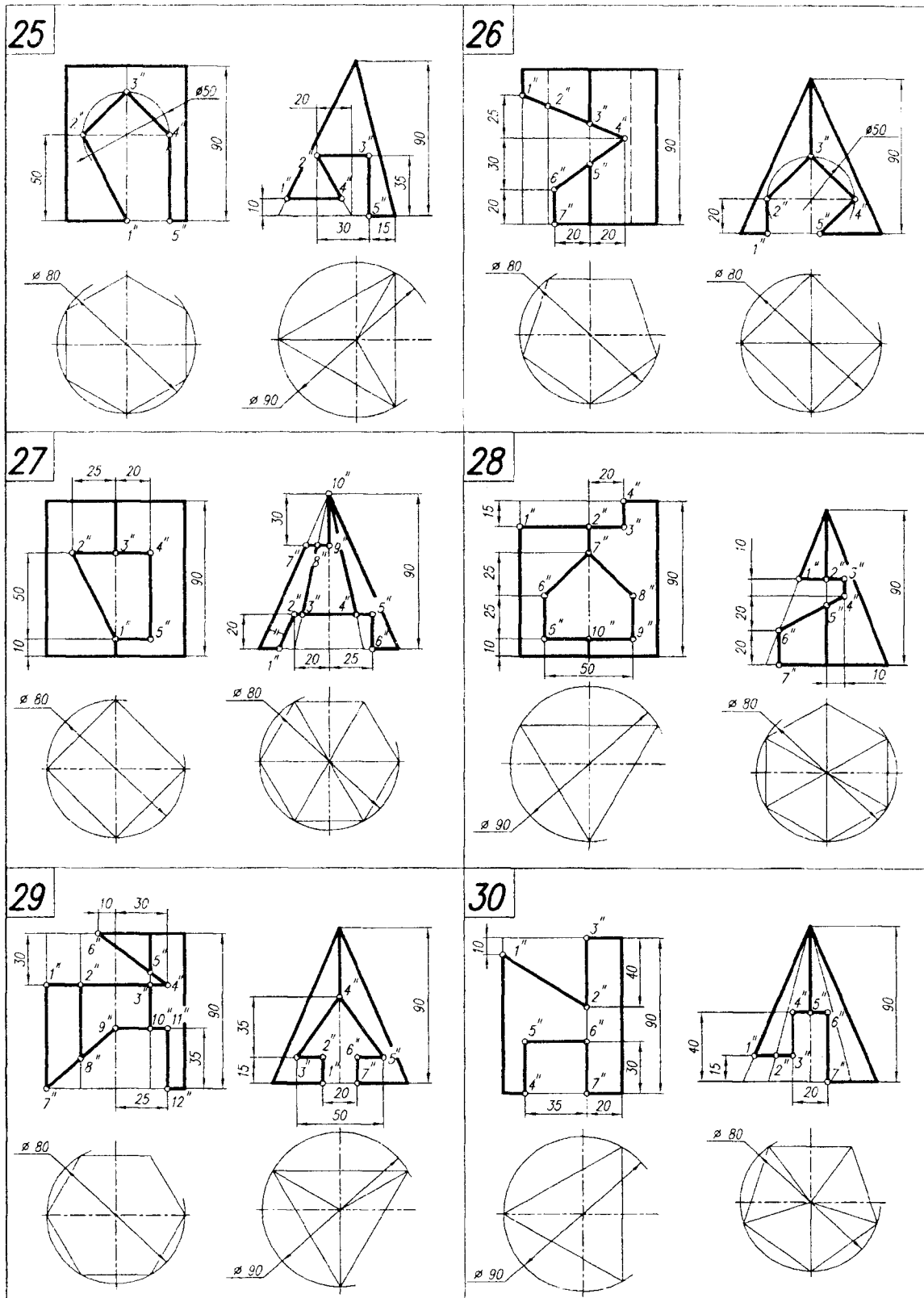
**Лист 4. Задачи 7–8 (варианты 19–24)**

Тема: поверхности; многогранники – призма, пирамида



**Лист 4. Задачи 7–8 (варианты 25–30)**

Тема: поверхности; многогранники – призма, пирамида



Базовую ось (б.о.) на горизонтальной проекции и базовую ось для профильной проекции взять на осях симметрии горизонтальной и профильной проекций.

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной проекции характерные точки:

- точки  $1(1'')$  лежат на ребрах  $A(A'')$  и  $F(F'')$ ;
- точки  $2(2'')$  лежат на ребрах  $B(B'')$  и  $E(E'')$ ;
- точки  $3(3'')$  лежат на гранях  $BC$  и  $DE$  и определяют проекцию фронтально-проецирующей линии пересечения плоскостей среза  $\alpha$  и  $\beta$ ;
- точки  $4(4'')$  лежат на верхнем основании и определяют проекцию фронтально-проецирующей линии пересечения плоскости среза  $\beta$  с плоскостью верхнего основания призмы;
- точки  $5(5'')$  и  $7(7'')$  лежат на нижнем основании призмы и определяют проекции фронтально-проецирующих линий пересечения боковых плоскостей паза  $\delta$  с плоскостью нижнего основания призмы;
- точки  $6(6'')$  лежат на ребрах  $B(B'')$  и  $E(E'')$  и определяют проекцию фронтально-проецирующей линии пересечения плоскостей паза  $\delta$ .

*3-е действие.* Достроить горизонтальную проекцию призмы со срезами, построив горизонтальные проекции обозначенных точек по их принадлежности рёбрам и граням призмы и выполнить графический анализ изображения для определения видимости плоскостей срезов:

а) горизонтальные проекции обозначенных точек лежат на соответствующих ребрах и гранях призмы;

б) шестиугольник  $1'-2'-3'-3'-2'-1'$  – искаженная по величине проекция фронтально-проецирующей плоскости среза  $\alpha$  (видимый на горизонтальной проекции):

- отрезок  $4'-4'(3'-3')$  – вырожденная проекция профильной плоскости среза  $\beta$  (видимый на горизонтальной проекции);
- отрезок  $5'-5'$  – линия пересечения левой плоскости паза  $\delta$  с нижним основанием призмы (невидимый на горизонтальной проекции);
- отрезок  $7'-7'$  – линия пересечения правой плоскости паза  $\delta$  с нижним основанием призмы (невидимый, но совпадает с видимыми отрезками  $3'-3'$  и  $4'-4'$ );
- отрезок  $6'-6'$  – линия пересечения плоскостей паза  $\delta$  (невидимый на горизонтальной проекции).

!!! Поскольку горизонтальная проекция призмы относительно базовой линии (б.о.) имеет вертикальную симметрию, указанные точки обозначены на одной ее половине (верхней).

*4-е действие.* Достроить профильную проекцию призмы со срезами, построив проекции срезов по профильным проекциям обозначенных точек и определить видимость плоскостей срезов:

- точки  $1(1''')$ ,  $2(2''')$  и  $6(6''')$  лежат соответственно на ребрах  $A$ ,  $F$ ,  $B$  и  $E$ ;
- точки  $3(3''')$ ,  $4(4''')$ ,  $5(5''')$  и  $7(7''')$  построены по координате  $Y$ , равной для всех этих точек по условию задачи;
- шестиугольник  $123321$  – искаженная по величине видимая проекция фронтально-проецирующей плоскости  $\alpha$ ;
- прямоугольник  $3443$  – натуральная величина видимой проекции профильной плоскости среза  $\beta$ ;

-- четырехугольники 5665 и 7667 – искаженные по величине невидимые и совпадающие проекции двух фронтально-проецирующих плоскостей паза  $\delta$  (невидимый отрезок  $6'''-6'''$ , видимые отрезки  $5'''-6'''$  и видимые  $6'''-7'''$  совпадают).

*5-е действие.* Выполнить графический анализ профильной проекции призмы для определения ее очерка.

Наружный очерк:

- справа и слева – очерк определяется отрезками  $6'''-2'''$  – участками ребер  $B$  и  $E$ ;
- сверху – отрезком  $4'''-4'''$  – частью верхнего основания призмы, срезанного профильной плоскостью  $\beta$ ;
- снизу – совпадающими отрезками  $5'''-5'''$  и  $7'''-7'''$  – частями нижнего основания призмы.

Внутренний контур:

- определяется штриховыми линиями невидимых продолжений ребер  $C$  и  $D$ ;
- штриховой линией  $6'''-6'''$  пересечения плоскостей паза  $\delta$ ;
- видимым отрезком  $1'''-1'''$  (линия пересечения плоскости среза  $\alpha$  и  $\beta$ );
- видимыми участками ребер  $A'''-1'''$  и  $F'''-1'''$ .

*6-е действие.* Оформить чертеж призмы, обведя сплошными толстыми линиями очерки всех ее проекций (оставить тонкими сплошными линиями контуры проекций призмы без срезов и линии построения).

### Задача 8.

План графических действий для решения задачи 8 (рис. 4.4, б).

*1-е действие.* Построить на правой половине чертежа тонкими линиями фронтальную, горизонтальную и профильную проекции правильной пирамиды по заданному графическому условию – треугольную пирамиду заданной высоты  $H$ .

Обозначить буквами  $A$ ,  $B$  и  $C$  вершины основания пирамиды.

Базовую линию (б.о.) и базовую ось  $Z$  взять на осях симметрии горизонтальной и профильной проекций.

Выполнить на ее фронтальной проекции заданный по условию срез фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$  и сквозной паз, образованный горизонтальной плоскостью  $\beta(\beta_V)$ , фронтально-проецирующей плоскостью  $\gamma(\gamma_V)$  и профильной плоскостью  $\delta(\delta_V)$ .

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной проекции характерные точки пересечения плоскостей срезов с ребрами и гранями пирамиды:

- точка  $1(1'')$  лежит на ребре  $SA$ ;
- точки  $2(2'')$  лежат на ребрах  $SB$  и  $SC$ ;
- точки  $3(3'')$  лежат на сторонах  $AB$  и  $AC$  основания и определяют вырожденную в точку фронтально-проецирующую линию пересечения основания с плоскостью паза  $\gamma$ ;
- точки  $4(4'')$  и  $5(5'')$  лежат на боковых гранях  $SAB$  и  $SAC$  и определяют фронтально-проецирующие линии пересечения плоскостей паза  $\gamma$  и  $\beta$  и  $\beta$  и  $\delta$ ;
- точки  $6(6'')$  лежат на сторонах основания  $AB$  и  $AC$  и определяют фронтально-проецирующую линию пересечения основания с горизонтальной плоскостью паза  $\delta$ .



!!! Поскольку горизонтальная проекция пирамиды имеет вертикальную симметрию, точки обозначены на одной ее верхней половине.

*3-е действие.* Достроить горизонтальную проекцию пирамиды со срезами, построив горизонтальные проекции обозначенных точек, и выполнить графический анализ изображения для определения видимости плоскостей срезов:

- точки  $1(1')$  и  $2(2')$  лежат соответственно на ребрах  $SA$ ,  $SB$  и  $SC$ ;
- точки  $3(3')$  и  $6(6')$  лежат на сторонах основания  $AB$  и  $AC$ ;
- точки  $4(4')$  и точки  $5(5')$  лежат на гранях  $SAB$  и  $SAC$  и строятся с помощью вспомогательной линии  $m(m'',m')$ , параллельной сторонам основания;
- треугольник  $1'-2'-2'$  – искаженная по величине видимая проекция фронтально-проецирующей плоскости среза  $\alpha$ ;
- четырехугольник  $3'-4'-4'-3'$  – искаженная по величине невидимая проекция фронтально-проецирующей плоскости паза  $\gamma$ ;
- четырехугольник  $4'-5'-5'-4'$  – натуральная величина невидимой горизонтальной плоскости паза  $\delta$ ;
- совпадающие отрезки  $6'-6'$  и  $5'-5'$  – проекция невидимой плоскости паза  $\delta$  (ее участки  $6'-5'$  – видимые).

*4-е действие.* Выполнить графический анализ построенной горизонтальной проекции со срезами для определения ее наружного очерка и внутреннего контура.

Наружный очерк определяется:

- участками  $A'-3'$  и  $6'-B'$  стороны основания  $AB$ ;
- стороной  $B'C'$  основания;
- участками  $C'-6'$  и  $3'-A'$  стороны основания  $CA$ ;
- ломаными видимыми линиями  $3'-4'-5'-6'$  (линии пересечения плоскостей паза с гранями пирамиды).

Внутренний контур определяется:

- видимой ломаной линией  $1'-2'-2'$  – искаженной проекцией плоскости среза  $\alpha$ ;
- видимым участком  $A'1'$  ребра  $SA$ ;
- видимыми участками  $B'2'$  и  $C'2'$  ребер  $SB$  и  $SC$ ;
- невидимыми отрезками  $4'-4'$  и  $5'-5'$  (линии пересечения плоскостей паза  $\gamma$  и  $\beta$ ,  $\beta$  и  $\delta$ );
- невидимыми отрезками  $3'-3'$  и  $5'-5'$  (линии пересечения плоскости паза  $\gamma$  с основанием пирамиды и плоскостей паза  $\beta$  и  $\delta$ ).

*5-е действие.* Достроить профильную проекцию пирамиды, построив проекции срезов по профильным проекциям обозначенных точек и определить видимость плоскостей срезов:

- точки  $1(1''')$  и  $2(2''')$  лежат на профильных проекциях соответствующих ребер  $SA$ ,  $SB$  и  $SC$ ;
- точки  $3(3''')$  и  $4(4''')$  построены по координатам  $Y_3 = Y_4$  (отрезки  $3-4$  параллельны ребру  $SA$  на всех проекциях);
- точки  $5(5''')$  построены по координате  $Y_5$ ;
- точки  $6(6''')$  построены по координате  $Y_6$ ;
- треугольник  $1''',2''',2'''$  – видимая проекция плоскости среза  $\alpha$ ;

- ломаные  $3'''-4'''-5'''-6'''$  – проекции видимых линий пересечения плоскостей паза с гранями  $SAB$  и  $SAC$ ;
- отрезок  $4'''-4'''$  – невидимый участок вырожденной проекции горизонтальной плоскости паза  $\beta$ .

*6-е действие.* Выполнить графический анализ построенной профильной проекции пирамиды со срезами для определения наружного очерка и внутреннего контура.

Наружный очерк:

- справа – определяется участком  $C'''2'''$  ребра  $SC$ ;
- слева – определяется участком  $B'''2'''$  ребра  $SB$ ;
- снизу – определяется стороной основания  $B'''C'''$ ;
- сверху – отрезком  $2'''-2'''$  (линия пересечения плоскости среза  $\alpha$  с гранью пирамиды  $SBC$ ).

Внутренний контур определяется:

- видимыми отрезками  $1'''-2'''$  плоскости среза  $\alpha$ ;
- видимыми ломаными линиями  $3'''-4'''-5'''-6'''$ ;
- невидимым отрезком  $4'''-4'''$ ;
- видимыми отрезками  $5'''-4'''$ ;
- видимым участком  $A'''-1'''$  ребра  $SA$ .

*7-е действие.* Оформить чертеж пирамиды, обведя толстыми линиями очерк каждой ее проекции (тонкими линиями оставить на чертеже полные контуры проекций пирамиды без срезов и вспомогательные линии построения).

#### **4.5. Графическая работа № 5 (лист 5, задачи 9 и 10)**

(поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус)

##### **4.5.1. Содержание графической работы № 5 и условия задач 9 и 10**

Для решения задач 9 и 10 следует усвоить нижеперечисленный материал начертательной геометрии о поверхностях вращения:

1. Образование поверхностей вращения – прямые круговые цилиндр и конус.
2. Понятие о круговых параллелях, экваторе, горле и меридианах поверхности вращения.
3. Проекции прямого кругового цилиндра и прямого кругового конуса; характерные образующие на поверхности цилиндра и конуса; характерные очерки цилиндра и конуса на чертеже.
4. Построение проекций точек на поверхностях цилиндра и конуса по их принадлежности образующим или круговым параллелям этих поверхностей.
5. Цилиндрические и конические сечения.
6. Построение проекций цилиндра и конуса со срезами плоскостями частного положения.

Поверхностью вращения называют поверхность, образованную вращением некоторой линии (образующей поверхности) вокруг неподвижной прямой, называемой осью вращения. При этом образующая может вращаться

вокруг оси вращения, пересекая какую-либо кривую (окружность), называемую направляющей. Образующей поверхности вращения может быть кривая или прямая линия. Поверхность вращения называют линейчатой, если ее образующей является прямая линия.

Все точки образующей вращаются вокруг оси по окружностям соответствующего радиуса, которые называют параллелями поверхности. Если ось поверхности вращения является горизонтально-проецирующей прямой, на фронтальную и профильную проекции поверхности эти параллели проецируются в прямые линии, перпендикулярные оси вращения. На горизонтальную проекцию параллели проецируются в виде окружностей. Некоторые параллели имеют определенные общепринятые наименования:

- горло поверхности – параллель наименьшего (минимального) радиуса;
- экватор – параллель наибольшего (максимального) радиуса.

!!! К поверхностям вращения относятся две линейчатые поверхности с прямолинейной образующей – цилиндр и конус, а также поверхности с криволинейными образующими – сфера (образующая – окружность), эллипсоид (образующая – эллипс), одно- и двуполостные гиперболоиды (гипербола), параболоид (парабола), торовые (окружность). Все перечисленные виды поверхностей вращения, кроме торовых, являются поверхностями второго порядка (по порядку образующей или направляющей).

Торовые поверхности вращения относятся к поверхностям четвертого порядка (по произведению порядков двух окружностей – образующей и направляющей).

Поверхности вращения – цилиндр и конус.

Цилиндрическая поверхность вращения.

Цилиндрическая поверхность вращения – это линейчатая поверхность, образованная параллельным перемещением прямолинейной образующей вокруг оси вращения, которая пересекает криволинейную направляющую окружность. Тело, ограниченное цилиндрической поверхностью вращения (боковой поверхностью) и двумя параллельными секущими плоскостями (основаниями) перпендикулярными оси вращения, называют цилиндром.

Цилиндр называют круговым, если нормальным сечением является окружность (нормальное сечение перпендикулярно оси цилиндра).

Цилиндр называют прямым, если ось вращения цилиндра перпендикулярна его основаниям.

Цилиндр по положению относительно плоскостей проекций называют проецирующим, если его боковая поверхность перпендикулярна плоскости проекций:

- горизонтально-проецирующим, если боковая поверхность перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций ( $\perp H$ );
- фронтально-проецирующим, если боковая поверхность перпендикулярна фронтальной плоскости проекций ( $\perp V$ );
- профильно-проецирующим, если боковая поверхность перпендикулярна профильной плоскости проекций ( $\perp W$ ).

!!! Запомните, характерные признаки очерков прямого кругового цилиндра на чертеже – окружность и два прямоугольника.

Цилиндрические сечения:

1. Плоскость пересекает поверхность цилиндра по образующим, если она расположена параллельно оси вращения цилиндра.

2. Плоскость пересекает поверхность цилиндра по эллипсу, если она расположена к оси вращения цилиндра под углом, отличным от прямого.

3. Плоскость пересекает поверхность цилиндра по окружности, если она перпендикулярна оси вращения цилиндра.

Коническая поверхность вращения. Прямой круговой конус.

Коническая поверхность – это линейчатая поверхность, образованная вращением прямолинейной образующей, которая пересекает криволинейную направляющую (окружность) и проходит через неподвижную точку оси вращения, называемую вершиной.

Конусом называют тело, ограниченное конической поверхностью и плоскостью основания, пересекающего все его образующие.

Конус называют прямым, если ось вращения перпендикулярна его основанию. Конус называют круговым, так как криволинейной направляющей является окружность.

Принадлежность точки поверхности конуса определяется ее принадлежностью либо образующей этого конуса, либо принадлежностью параллели определенного радиуса, по которой точка вращается вокруг оси конуса.

!!! Запомните, характерные признаки очерков прямого кругового конуса на чертеже – окружность основания и два треугольника.

Конические сечения.

Есть пять возможных случаев положения секущих плоскостей относительно оси конуса и его образующих, определяющих характер линии пересечения с поверхностью конуса (математические доказательства не приводятся):

*1-й случай.* Если секущая плоскость проходит через вершину конуса, то эта плоскость пересекает коническую поверхность по двум образующим.

*2-й случай.* Если секущая плоскость расположена перпендикулярно оси конуса, то эта плоскость пересекает коническую поверхность по окружности.

*3-й случай.* Если секущая плоскость расположена параллельно одной образующей конуса, то эта плоскость пересекает коническую поверхность по параболе.

*4-й случай.* Если секущая плоскость расположена параллельно двум образующим конуса, то эта плоскость пересекает коническую поверхность по гиперболе.

*5-й случай.* Если плоскость пересекает все образующие конуса под углом, отличным от прямого (или, иначе, не параллельна ни одной из образующих конуса), то эта плоскость пересекает коническую поверхность по эллипсу.

Содержание графической работы.

**Задача 9.** По заданной фронтальной проекции прямого кругового цилиндра со срезами плоскостями частного положения достроить его горизонтальную и построить профильную проекции.

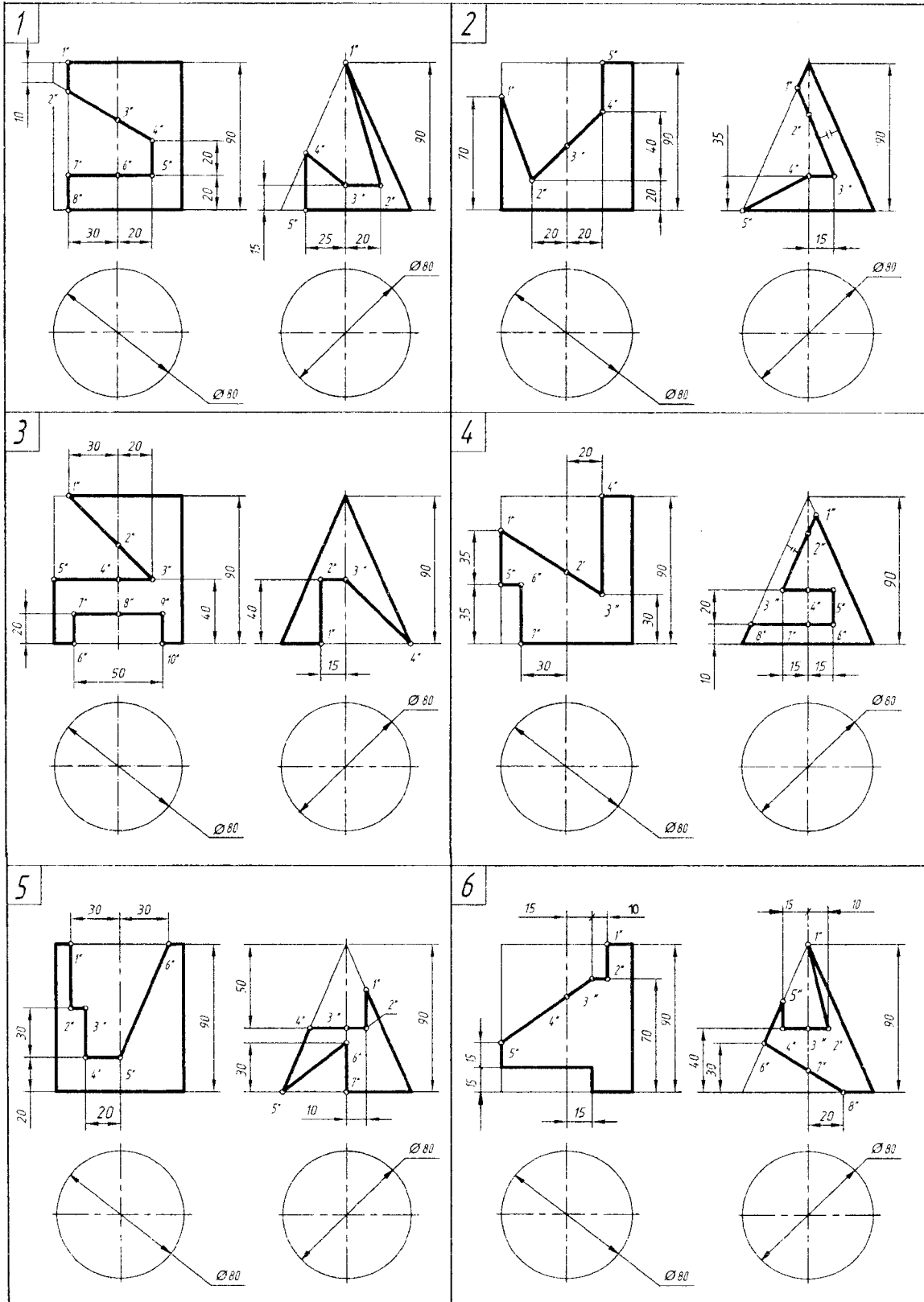
**Задача 10.** По заданной фронтальной проекции прямого кругового конуса со срезами плоскостями частного положения достроить его горизонтальную и построить профильную проекции.

Графические условия вариантов задач 9 и 10 даны в табл. 4.6.

Графическая работа № 5

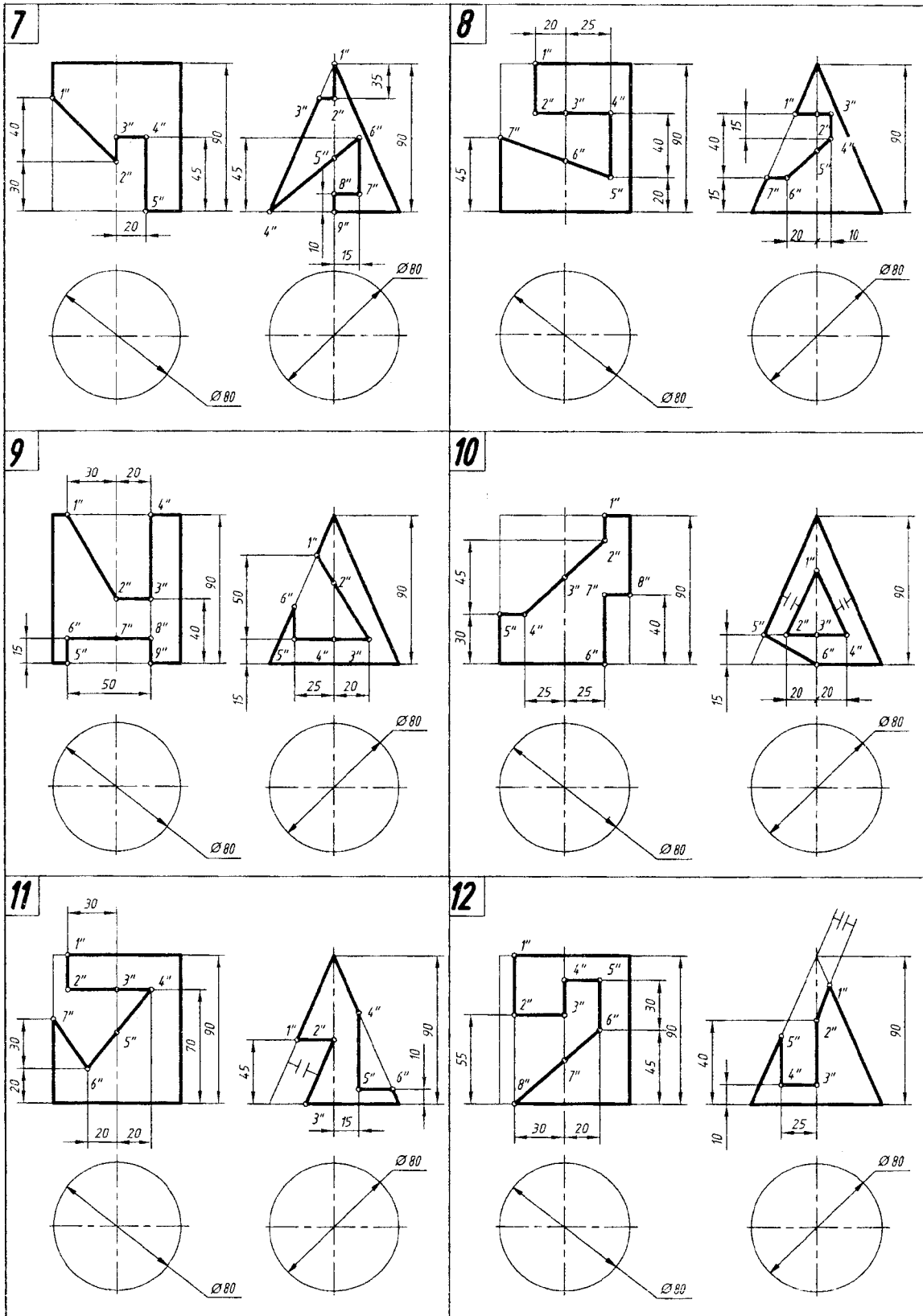
Лист 5. Задачи 9–10 (варианты 1–6)

Тема: поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус



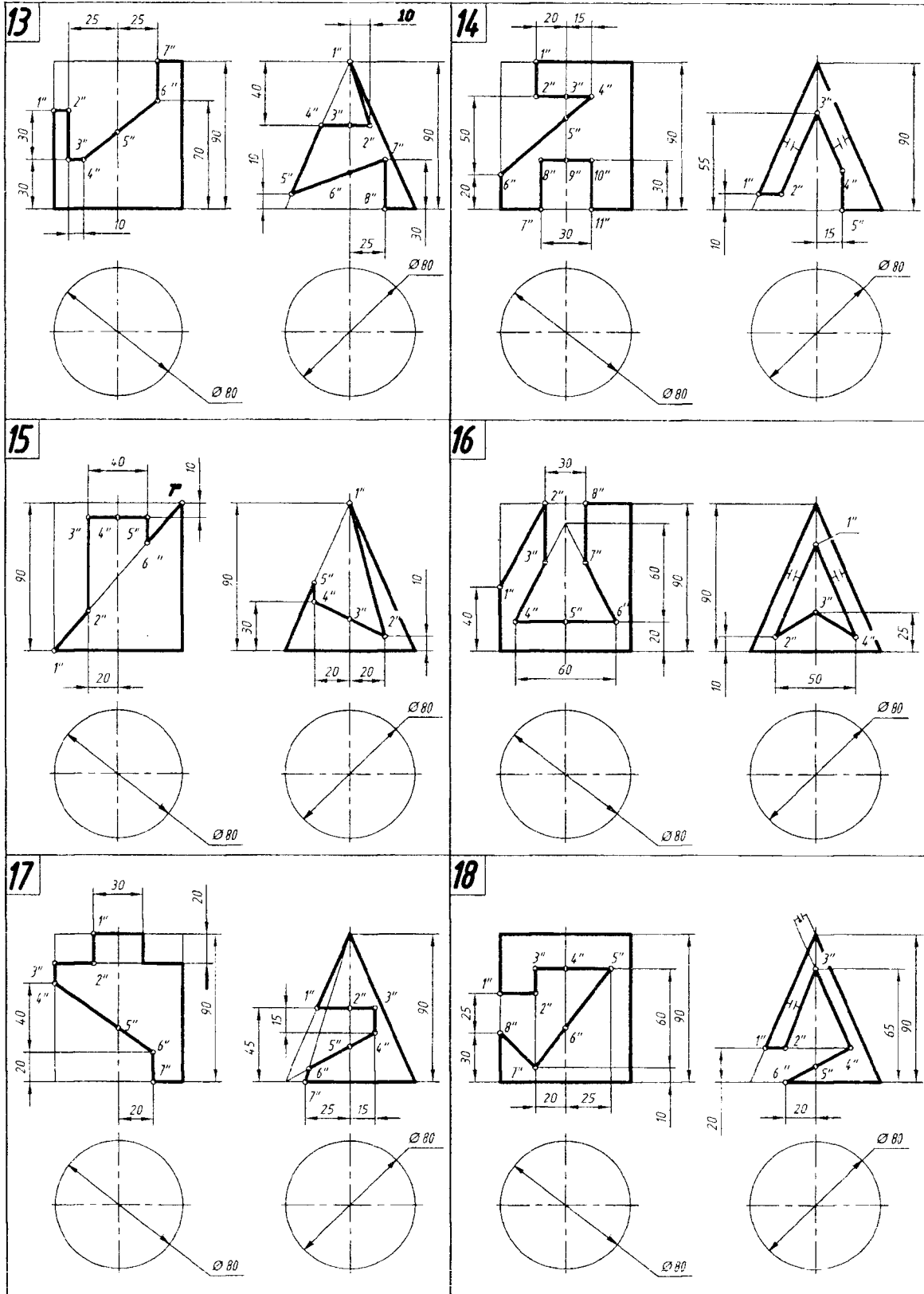
Лист 5. Задачи 9–10 (варианты 7–12)

Тема: поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус



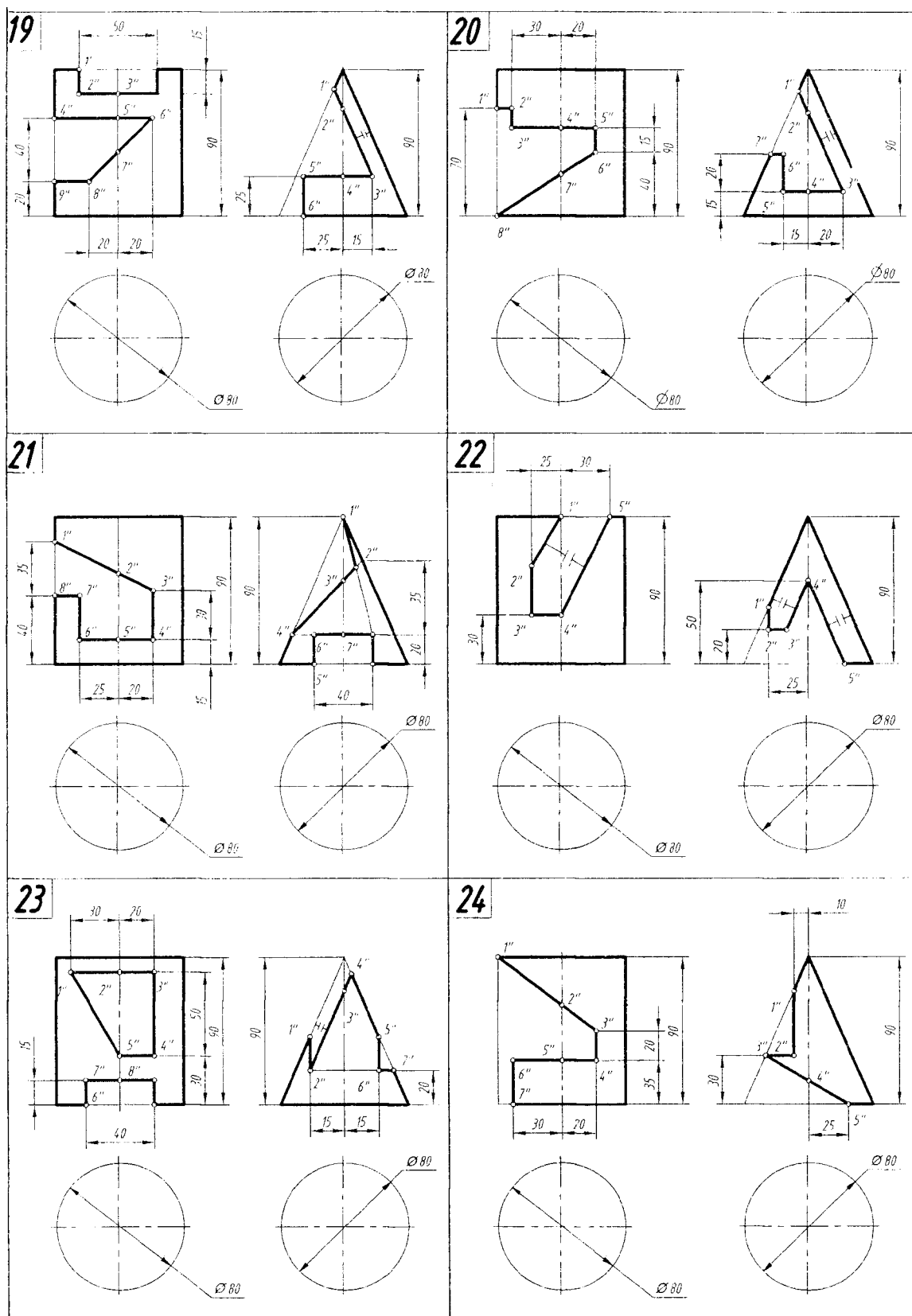
Лист 5. Задачи 9–10 (варианты 13–18)

Тема: поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус



Лист 5. Задачи 9–10 (варианты 19–24)

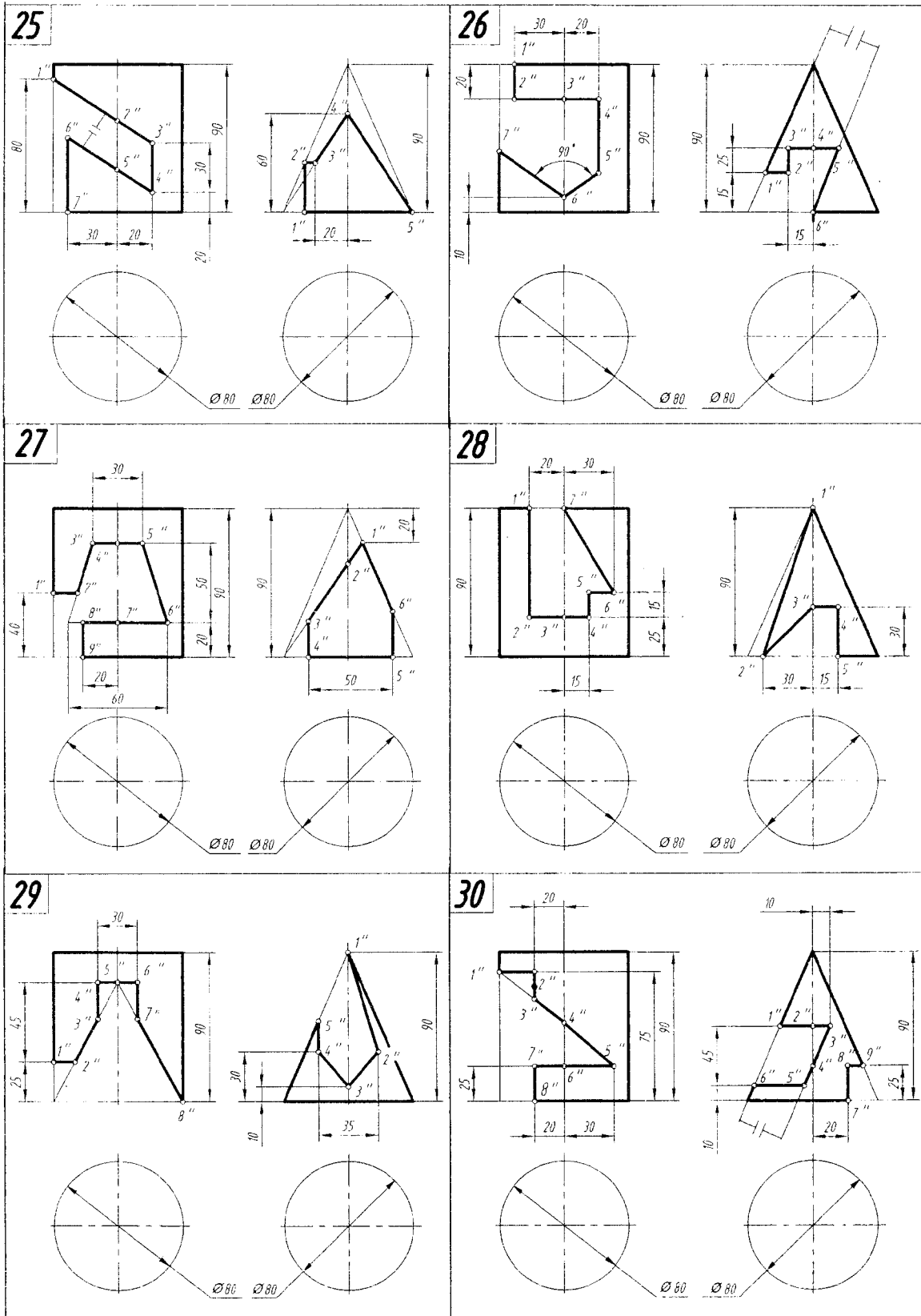
Тема: поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус





**Лист 5. Задачи 9–10 (варианты 25–30)**

Тема: поверхности; поверхности вращения – цилиндр и конус



Образец листа 5 с примерами построения проекций прямого кругового цилиндра и конуса со срезами плоскостями частного положения приведен на рис. 4.5, а, б.

План графических действий для решения задачи 9 и 10.

### Задача 9.

План графических действий для решения задачи 9 (рис. 4.5, а):

*1-е действие.* На левой половине поля чертежа тонкими сплошными линиями построить по заданному диаметру и высоте горизонтальную, фронтальную и профильную проекции прямого кругового цилиндра и выполнить на его фронтальной проекции заданные по условию вырезы плоскостями частного положения.

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной проекции характерные точки и выполнить графический анализ плоскостей вырезов:

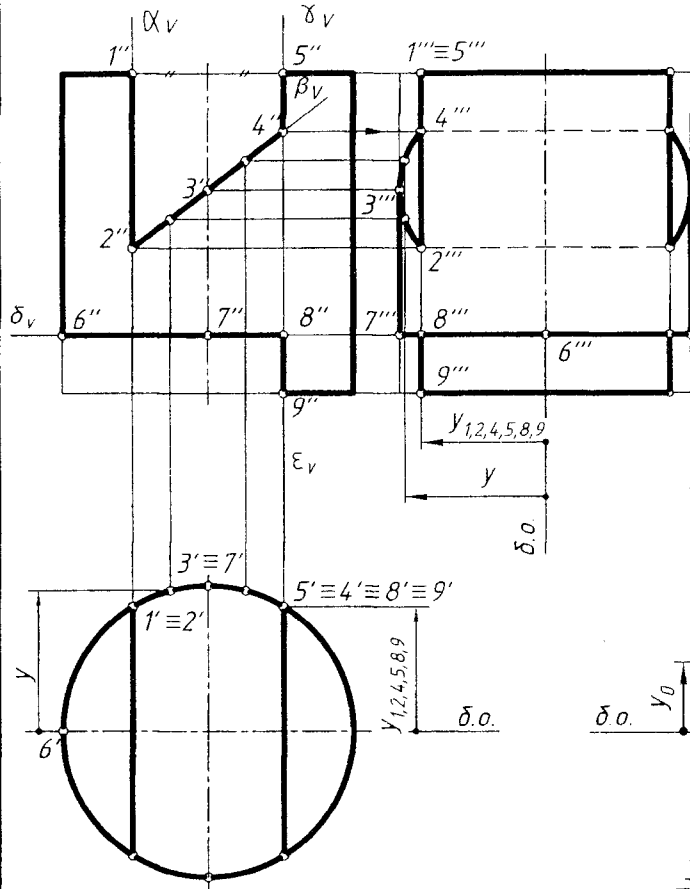
- профильная плоскость  $\alpha(\alpha_V)$  пересекает поверхность цилиндра по прямоугольнику 1-2-2-1;
- фронтально-проецирующая плоскость  $\beta(\beta_V)$  пересекает поверхность цилиндра по неполному эллипсу 2-3-4-4-3-2;
- профильная плоскость  $\gamma(\gamma_V)$  пересекает поверхность цилиндра по прямоугольнику 4-5-5-4;
- горизонтальная плоскость  $\delta(\delta_V)$  пересекает поверхность цилиндра по неполной окружности 6-7-8-8-7-6;
- профильная плоскость  $\varepsilon(\varepsilon_V)$  пересекает поверхность цилиндра по прямоугольнику 8-9-9-8.

*3-е действие.* Построить горизонтальную проекцию цилиндра по горизонтальным проекциям отмеченных точек и выполнить графический анализ очерка проекции для определения видимости плоскостей вырезов и ее очерка:

- горизонтальные проекции всех отмеченных точек лежат на окружности, которая является вырожденной проекцией боковой поверхности цилиндра.
- прямоугольники пересечения профильных плоскостей  $\alpha$  и  $\gamma$  с поверхностью цилиндра проецируются в видимые отрезки прямых линий; проекция прямоугольника пересечения профильной плоскости  $\varepsilon$  с поверхностью цилиндра невидима, но она совпадает с видимой проекцией плоскости  $\gamma$ ;
- неполный эллипс пересечения фронтально-проецирующей плоскости  $\beta$  с поверхностью цилиндра совпадает с окружностью его вырожденной боковой поверхности;
- окружность пересечения горизонтальной плоскости  $\delta$  с поверхностью цилиндра совпадает с окружностью его боковой поверхности;
- горизонтальный очерк определяется окружностью боковой поверхности цилиндра.

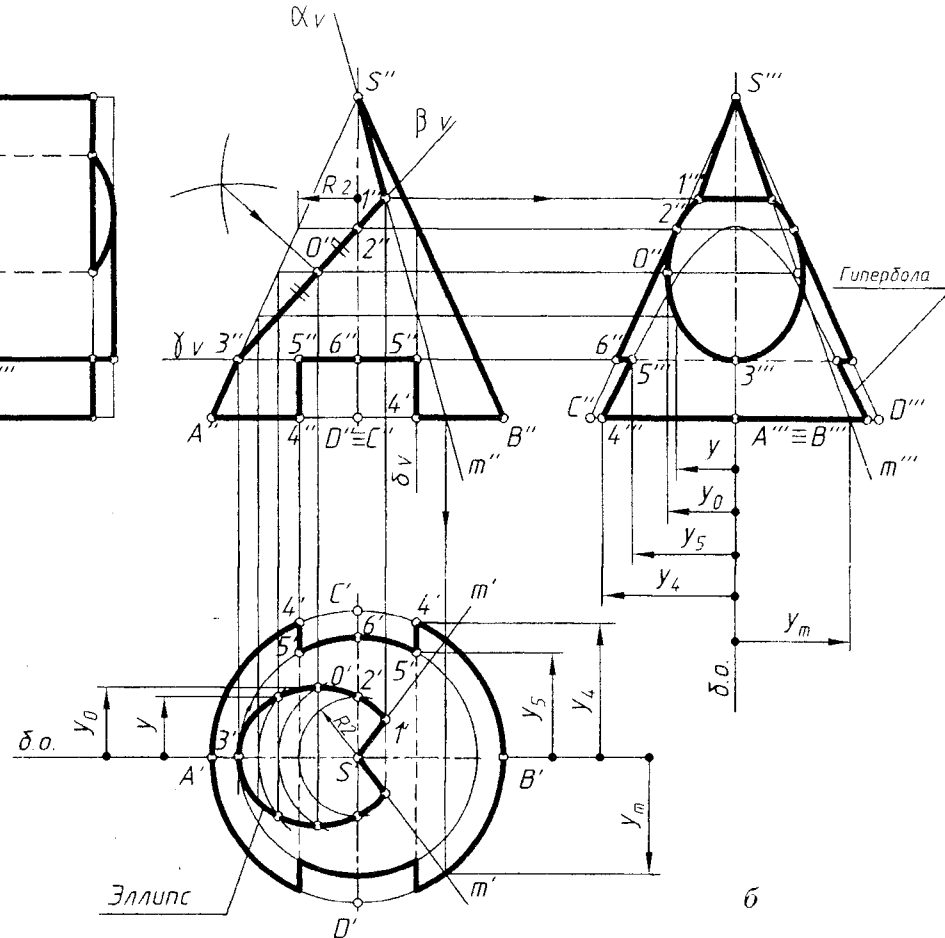
!!! Поскольку горизонтальная проекция цилиндра имеет вертикальную симметрию относительно базовой оси, точки отмечены на одной ее половине (верхней).

Задача 9



а

Задача 10



б

|            |  |                        |        |      |
|------------|--|------------------------|--------|------|
| БНТУ       |  | Графическая работа № 5 |        |      |
| Разработал |  |                        | Лист 5 | Вар. |
| Рецензент  |  |                        | Гр     |      |

Рис. 4.5

*4-е действие.* Достроить профильную проекцию цилиндра по профильным проекциям отмеченных точек и определить видимость плоскостей срезов:

– проекции прямоугольников  $1''-2''-2'''-1'''$ ,  $4''-5''-5'''-4'''$  и  $8''-9''-9'''-8'''$  строятся по координате  $Y_1$ , равной для всех обозначенных точек; образующие  $1''-2''$ ,  $4''-5''$  и  $8''-9''$  будут видимыми на профильной проекции (образующие  $4''-5''$  совпадают с образующими  $1''-2''$ );

– проекции точек  $2-3-4$  соединить видимыми участками эллипсоидных кривых, точки  $3(3''')$  которых лежат на очерковых образующих профильной проекции (для более точного построения кривых отмечены и построены по координате  $Y$  промежуточные точки (цифрами не отмечены));

– видимая проекция плоскости среза  $\delta$  проецируется в отрезок горизонтальной прямой (точки  $7(7''')$  лежат на очерковых образующих, а точка  $6(6''')$  лежит на образующей, совпадающей с осью);

– невидимые отрезки  $2-2(2''-2''')$  и  $4-4(4''-4''')$  – проекции линии Пересечения плоскостей срезов  $\alpha$  и  $\beta$  и  $\beta$  и  $\gamma$ .

*5-е действие.* Выполнить графический анализ проекции для определения ее очерка. Профильный очерк проекции определяют:

– горизонтальный отрезок  $1''-1'''(5''-5''')$  – часть верхнего основания цилиндра;

– отрезком  $9''-9'''$  – часть нижнего основания;

– участки  $3''-7''$  очерковых образующих цилиндра.

*6-е действие.* Оформить чертеж цилиндра, выполнив толстыми сплошными линиями очерки проекций (оставить на чертеже тонкими линиями полные очерки проекций и линии построения).

### **Задача 10.**

План графических действий для решения задачи 10 (рис. 4.5, б):

*1-е действие.* Построить на правой половине чертежа тонкими сплошными линиями по заданному диаметру основания и высоте горизонтальную, фронтальную и профильную проекции прямого кругового конуса без срезов и выполнить на его фронтальной проекции заданные срезы плоскостями частного положения.

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной проекции характерные точки и выполнить графический анализ плоскостей срезов:

– фронтально-проецирующая плоскость  $\alpha(\alpha_V)$  проходит через вершину конуса и пересекает его поверхность по треугольнику  $S-1-1$  (по образующим  $m$ , случай 1);

– фронтально-проецирующая плоскость  $\beta(\beta_V)$  пересекает все образующие конуса не под прямым углом и, следовательно, пересекает его поверхность по эллипсу  $1-2-0-3$  (случай 5);

– горизонтальная плоскость  $\gamma(\gamma_V)$  расположена к оси конуса под прямым углом и пересекает его поверхность по участкам  $5-6-7$  окружности (случай 2);

– две симметричные профильные плоскости  $\delta(\delta_V)$  расположены параллельно двум образующим конуса  $SC$  и  $SD$  и пересекают его поверхность по участкам гипербол  $4-5$  (случай 4);

## 4.6. Графическая работа № 6 (лист 6, задачи 11 и 12)

(поверхности вращения – сферическая и торовая)

### 4.6.1. Содержание графической работы № 6 и условия задач 11 и 12

Для успешного решения задач 11 и 12 следует проработать и усвоить следующий материал начертательной геометрии:

1. Образование поверхностей вращения: сферическая и торовая поверхности.
2. Проекция шара и тора, характерные очерковые линии на поверхностях шара и тора и их проекции.
3. Построение проекций точек на поверхностях шара и тора;
4. Сечения шара и тора плоскостями частного положения;
5. Построение проекций шара и тора со срезами плоскостями частного положения.

Сферическая поверхность (шар).

При вращении окружности вокруг ее диаметра образуется поверхность вращения, называемая сферой. Сферическая поверхность – геометрическое место точек, равноудаленных от ее центра. Сфера – единственная геометрическая поверхность, которая имеет бесконечное число осей, проходящих через ее центр, что удобно использовать при построении проекций точек на ее поверхности и при решении различных позиционных задач с геометрическими формами, в образование которых входит сфера.

Пространство, ограниченное сферой, называют шаром.

Проекция шара и проекция его очерковых окружностей.

Все три очерка шара – фронтальный, горизонтальный и профильный – представляют собой окружности одного диаметра – это характерный признак проекций шара на чертеже. Каждая точка на поверхности шара описывает вокруг оси окружности, называемые параллелями.

Фронтальный очерк шара – окружность – называемая главным фронтальным меридианом, который лежит во фронтальной плоскости уровня, и его горизонтальная проекция – горизонтальная прямая, а профильная проекция – вертикальная прямая, проходящие через центр шара.

Горизонтальный очерк шара – это окружность экватора шара, лежащего в горизонтальной плоскости уровня, и его фронтальная и профильная проекция – горизонтальные прямые, проходящие через центр шара.

Профильный очерк шара – это окружность главного профильного меридиана, лежащего в профильной плоскости, и его фронтальная и горизонтальная проекции – вертикальные прямые, проходящие через центр шара – точку.

!!! Запомните характерные признаки шара на чертеже – три очерковые окружности одного диаметра.

Сечения шара плоскостями частного положения.

Всякая плоскость пересекает поверхность шара по окружностям. В зависимости от расположения секущих плоскостей относительно плоскостей проекций  $H$ ,  $V$  и  $W$  окружности сечений могут проецироваться или в окружности (в плоскостях уровня), или в эллипсы (в проецирующих плоскостях).

**Торовая поверхность (тор).**

Поверхность, получаемая при вращении образующей окружности (или ее дуги) вокруг оси, лежащей в плоскости этой окружности, но не проходящей через ее центр, называется т о р о в о й . Образующая окружность вращается вокруг оси тора по н а п р а в л я ю щ е й окружности.

Пространство, ограниченное торовой поверхностью, называют т о р о м .

Тор называют о т к р ы т ы м (круговое кольцо), если образующие окружности в осевом сечении не пересекаются и не касаются друг друга.

Тор называют з а м к н у т ы м , если образующие окружности касаются.

Тор называют с а м о п е р е с е к а ю щ и м с я , если образующие окружности пересекаются.

С е ч е н и я т о р а плоскостями частного положения.

Тор является поверхностью вращения 4-го порядка (образующая и направляющая окружности 2-го порядка – порядки умножаются) и кривые его сечений также являются кривыми 4-го порядка (кроме сечений, проходящих через ось вращения).

Тор имеет две системы круговых сечений:

– первая система парных круговых сечений получается во всех плоскостях, проходящих через ось тора на той его проекции, на которой ось проецируется в точку;

– вторая система круговых сечений получается в плоскостях, перпендикулярных оси тора, на той его проекции, где ось проецируется в прямую – смотри сечение в плоскости на горизонтальной проекции тора (сечение по параллелям тора).

Тор имеет систему сечений, параллельных оси его вращения.

В зависимости от расстояния секущей плоскости до оси тора (на той проекции, где ось тора проецируется в точку), на поверхности тора получается 4 вида кривых, объединенных общим названием – к р и в ы е П е р с е я (геометр Древней Греции).

С о д е р ж а н и е г р а ф и ч е с к о й р а б о т ы № 6.

**Задача 11.** По заданному графическому условию построить фронтальную, горизонтальную и профильную проекции шара со срезами плоскостями частного положения.

**Задача 12.** По заданному графическому условию построить фронтальную, горизонтальную и профильную проекции открытого тора со срезами плоскостями частного положения.

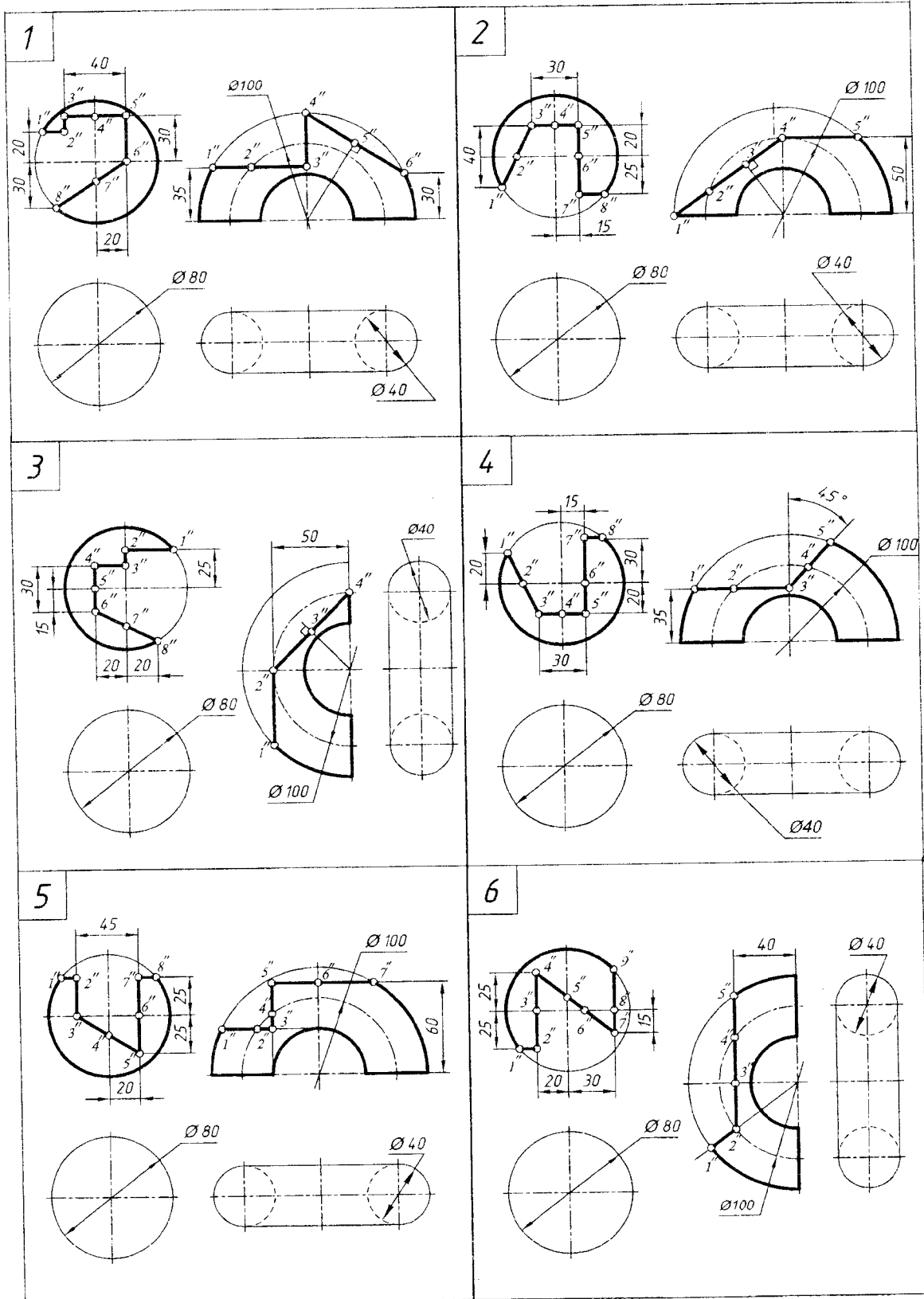
**Задачи 11 и 12** выполнять на одном листе формата А3 белой бумаги.

Г р а ф и ч е с к и е у с л о в и я своего варианта взять в табл. 4.7.

Графическая работа № 6

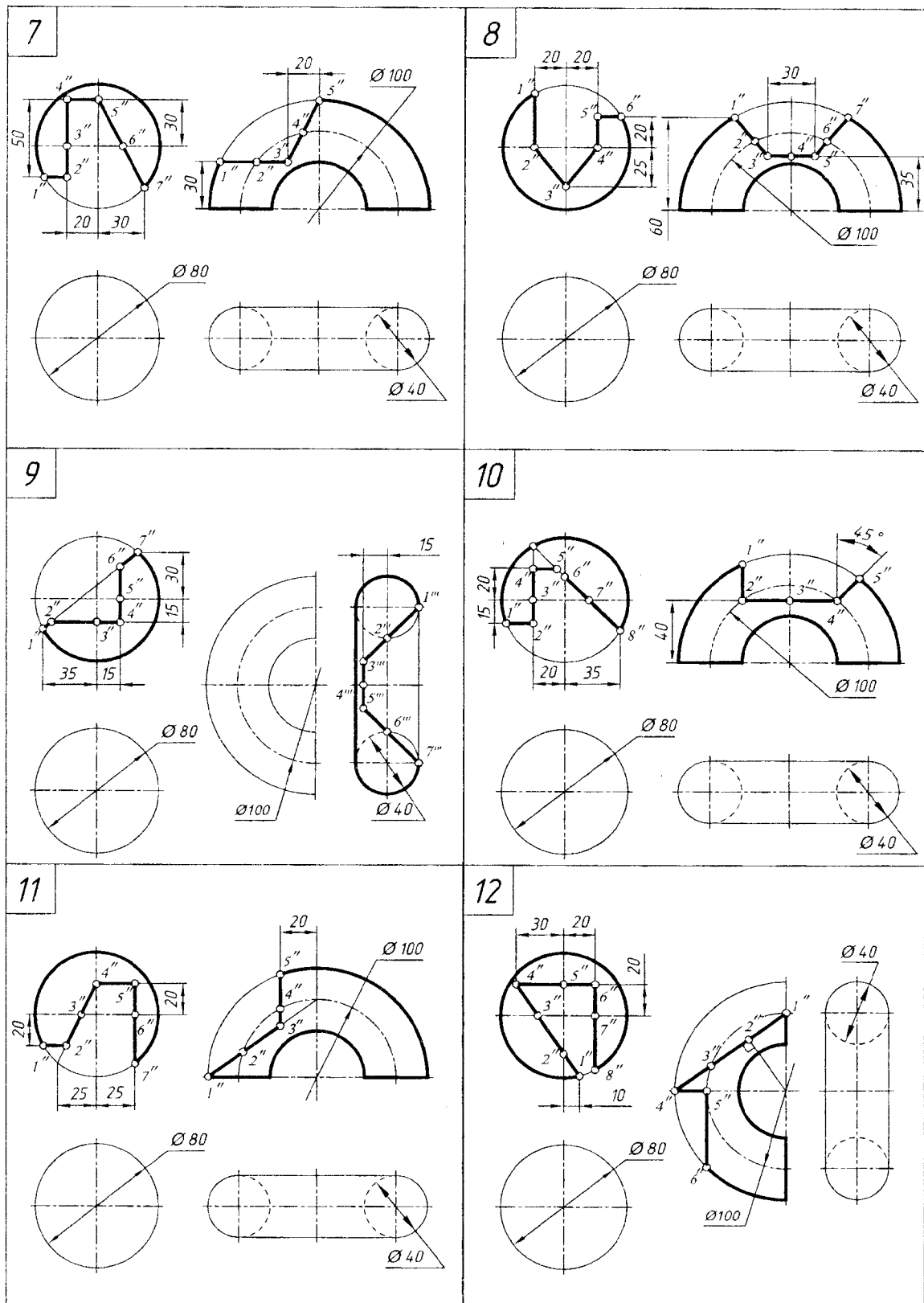
Лист 6. Задачи 11–12 (варианты 1–6)

Тема: поверхности; поверхности вращения – шар и тор



**Лист 6. Задачи 11–12 (варианты 7–12)**

Тема: поверхности; поверхности вращения – шар и тор

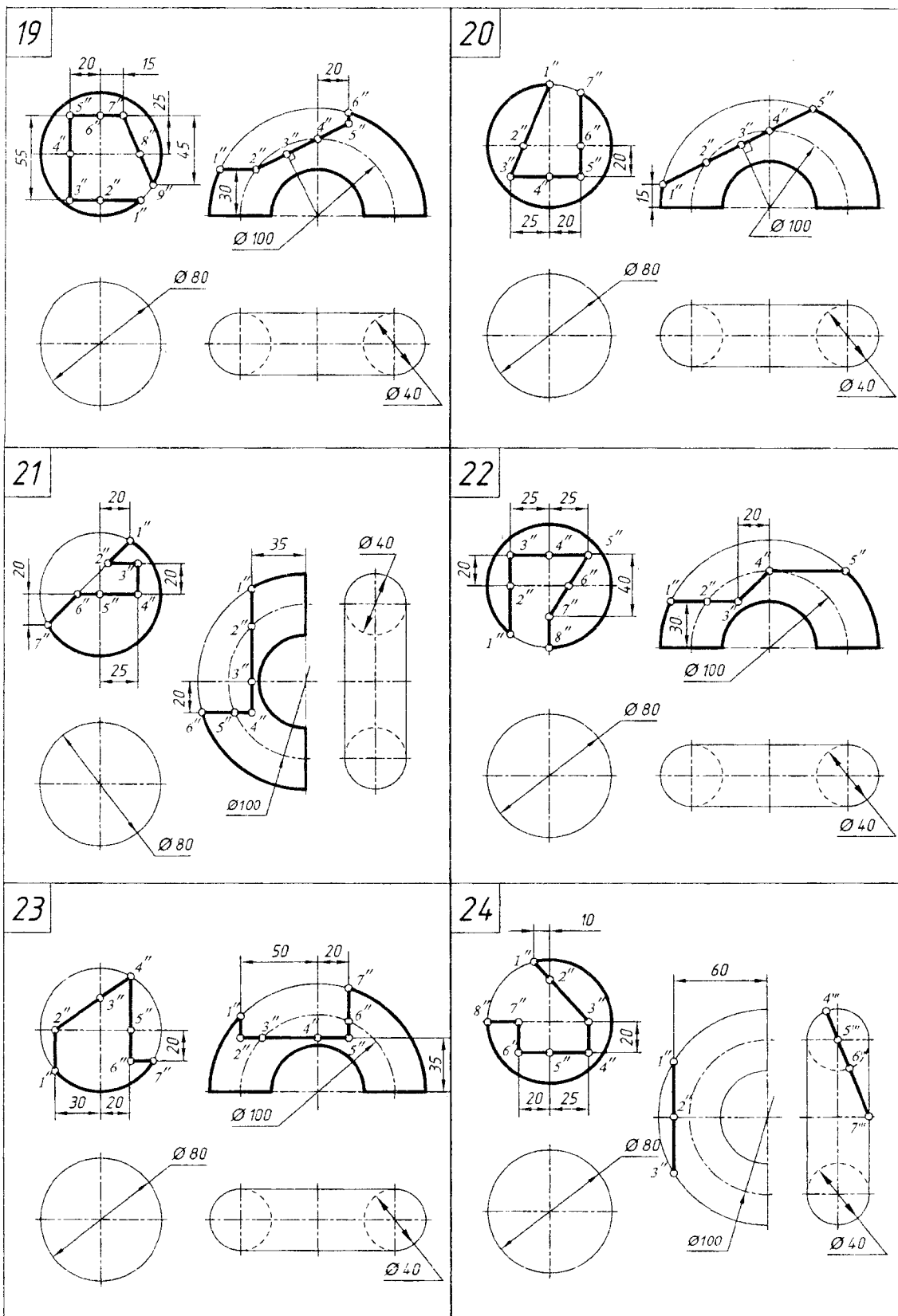






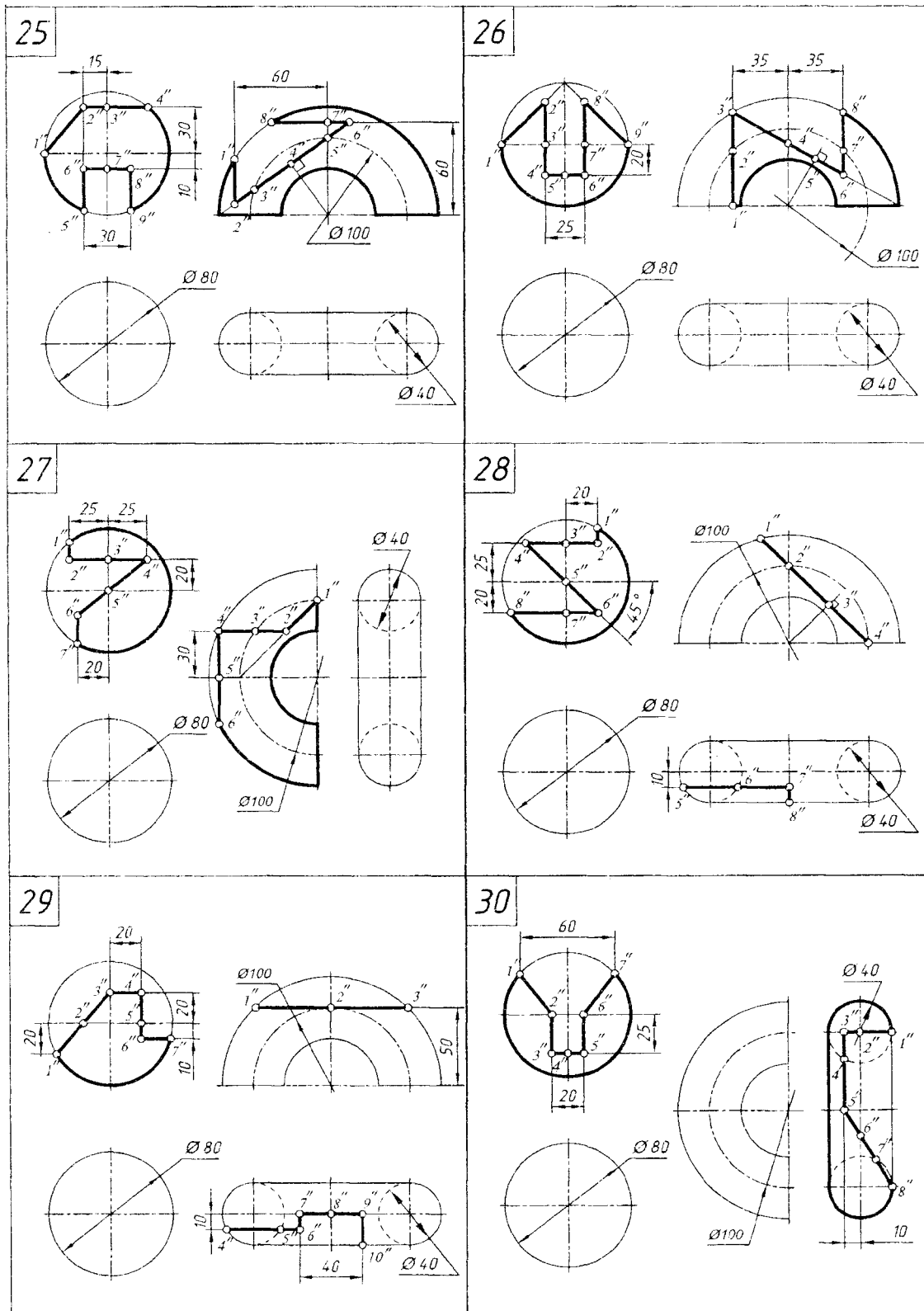
**Лист 6. Задачи 11–12 (варианты 19–24)**

Тема: поверхности; поверхности вращения – шар и тор



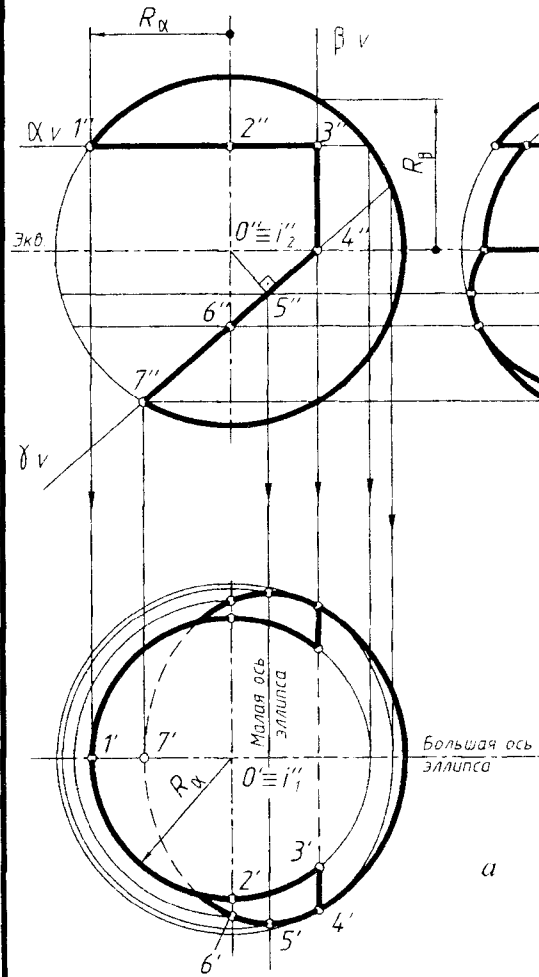
**Лист 6. Задачи 11–12 (варианты 25–30)**

Тема: поверхности; поверхности вращения – шар и тор

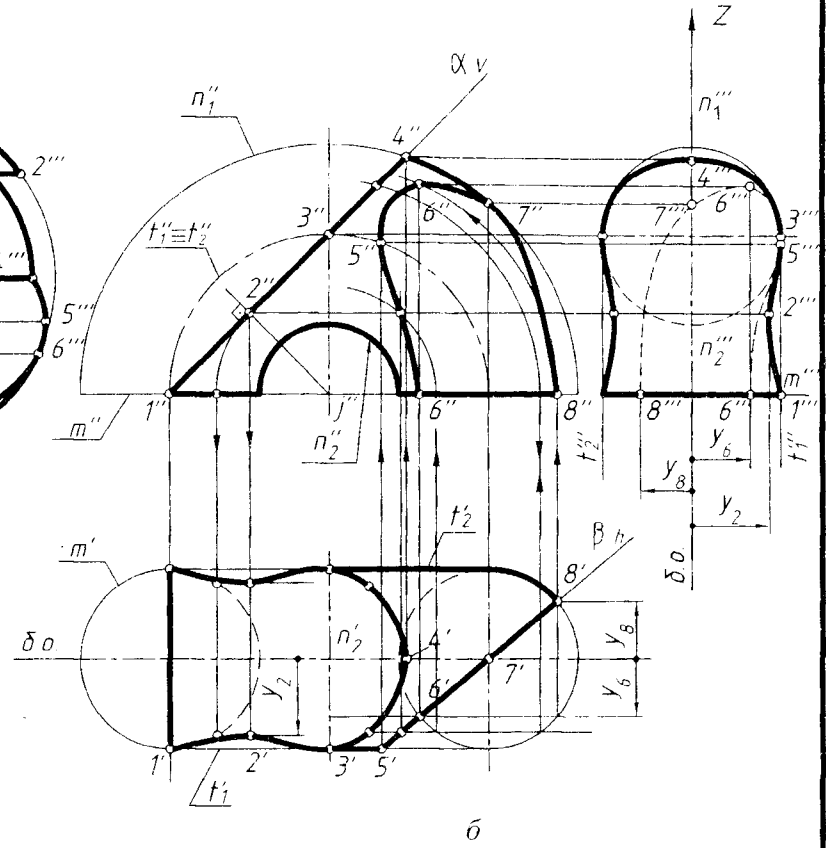


Образец выполнения листа 6 с построением проекций шара и тора со срезами плоскостями частного положения приведены на рис. 4.6, а и б.

Задача 11



Задача 12



|            |                        |  |            |
|------------|------------------------|--|------------|
| БНТУ       | Графическая работа № 6 |  |            |
| Разработал |                        |  | Лист 6 Вар |
| Рецензент  |                        |  | Гр         |

Рис. 4.6

### 4.6.3. План графических действий для решения задачи 11 и 12

#### Задача 11.

План графических действий для решения задачи 11 (рис. 4.6, а):

*1-е действие.* Построить на левой половине чертежа тонкими линиями по заданному диаметру фронтальную, горизонтальную и профильную проекции шара и выполнить на его фронтальной проекции вырез горизонтальной плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$ , профильной плоскостью  $\beta(\beta_V)$  и горизонтально-проецирующей плоскостью  $\gamma(\gamma_V)$ .

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной проекции характерные и промежуточные точки и выполнить графический анализ плоскостей срезов:

– горизонтальная плоскость  $\alpha$  – пересекает поверхность шара по окружности 1-2-3 радиусом  $R_\alpha$ , которая проецируется в окружность на горизонтальную проекцию шара и в горизонтально-проецирующую прямую – на профильную проекцию;

– профильная плоскость  $\beta$  – пересекает поверхность шара по окружности 3-4 радиусом  $R_\beta$ , которая проецируется в окружность на профильную проекцию и в вертикальную прямую на горизонтальную проекцию шара;

– фронтально-проецирующая плоскость  $\gamma$  пересекает поверхность шара по части окружности 4-5-6-7, которая проецируется в эллипсы на горизонтальную и профильную проекции шара;

– фронтально-проецирующие линии 3-3 и 4-4 пересечения плоскостей срезов  $\alpha$  и  $\beta$  (3-3) и плоскостей  $\beta$  и  $\gamma$  (4-4) проецируются в точки 3(3'') и 4(4'') на фронтальную проекцию и в прямые линии – на горизонтальную и профильную проекции шара.

*3-е действие.* Достроить горизонтальную проекцию шара по горизонтальным проекциям отмеченных точек и выполнить графический анализ проекции для определения видимости плоскостей срезов и ее очерка:

– видимая часть окружности в плоскости  $\alpha$  определяется по точкам 1(1'), 2(2') и 3(3') на окружности-параллели радиусом  $R_\alpha$ ;

– невидимая часть вырожденной в вертикальную прямую окружности в плоскости  $\beta$  определяется построенными точками 3(3') и по точкам 4(4'), лежащим на экваторе; отрезок 3'-4' над экватором на горизонтальной проекции будет виден;

– невидимая часть эллипса, в которую проецируется окружность в плоскости  $\gamma$ , определяется точками 4-5-6-7, которые построены по принадлежности соответствующим параллелям (точки 5' и 6') и главному фронтальному меридиану (точка 7'); точки 5(5') определяют малую ось эллипса; два участка эллипса, незакрытые окружностью в плоскости  $\alpha$ , видимы;

– горизонтальный очерк шара определяет часть экватора вправо от точек 4'-4'.

!!! Поскольку горизонтальная проекция шара имеет вертикальную симметрию, точки обозначены на одной половине проекции – нижней.

*4-е действие.* Достроить профильную проекцию шара по профильным проекциям отмеченных точек и выполнить графический анализ проекции для определения плоскостей срезов:

- видимая и вырожденная в горизонтальный отрезок окружность в плоскости  $\alpha$  определяется точками  $2(2''')$ , лежащими на профиле меридиане;
- видимая часть окружности в плоскости  $\beta$  построена по точкам  $3(3''')$  и  $4(4''')$ , лежащим на профильной параллели радиусом  $R_\beta$  (ось вращения  $i_3$  – профильно-проецирующая) и ограничена двумя видимыми линиями  $3'''-3'''$  и  $4'''-4'''$  пересечения плоскостей срезов;
- видимая часть эллипса  $4-5-6-7$ , в которую проецируется окружность, лежащая в плоскости  $\gamma$ , построена по принадлежности: точка  $5$  профильной параллели, точка  $6$  – профильному меридиану, а точка  $7$  – проекции главного фронтального меридиана.

*5-е действие.* Выполнить графический анализ профильной проекции для определения ее очерка. Профильный очерк шара определяют:

- участок главного фронтального меридиана вверх от точек  $2(2''')$ ;
- участок главного фронтального меридиана от точек  $6(6''')$  вниз.

*6-е действие.* Оформить чертеж шара, выполнив толстыми сплошными линиями видимые очерки проекций (оставить тонкими линиями полные очерки проекций и вспомогательные линии построений).

### **Задача 12.**

План графических действий для решения задачи 12 (рис. 4.6, б):

*1-е действие.* Построить на правой половине чертежа тонкими линиями по заданным размерам фронтальную, горизонтальную и профильную проекции половины открытого тора и выполнить на его фронтальной и горизонтальной заданные по условию срезы фронтально-проецирующей плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$  и горизонтально-проецирующей плоскостью  $\beta(\beta_H)$ .

*2-е действие.* Обозначить на фронтальной и горизонтальной проекции тора характерные и промежуточные точки и выполнить графический анализ плоскостей срезов:

- фронтально-проецирующая плоскость  $\alpha$  пересекает поверхность тора по волнообразной кривой;
- горизонтально-проецирующая плоскость  $\beta$  пересекает поверхность тора по кривой 4-го порядка (бобообразной формы).

*3-е действие.* Достроить на горизонтальной проекции тора часть видимой волнообразной кривой по проекциям обозначенных точек  $1(1')$ ,  $2(2')$ ,  $3(3')$  и  $4(4')$  по их принадлежности параллелям и основанию тора (кривая ограничена линией  $1'-1'$  пересечения плоскости  $\alpha$  с основанием).

Достроить на фронтальной проекции тора видимую кривую среза горизонтально-проецирующей плоскостью  $\beta(\beta_H)$  по проекциям обозначенных точек  $5(5'')$ ,  $6(6'')$ ,  $7(7'')$  и  $8(8'')$  по их принадлежности параллелям и основанию.

Выполнить графический анализ построенных проекций и определить их очерки:

- фронтальный очерк определяет срез плоскостью  $\alpha(\alpha_V)$ , часть наружной окружности  $n_1(n_1'')$  между точками  $4$  и  $7$ , внутренняя окружность  $n_2(n_2'')$  и проекции окружностей оснований  $m(m'')$  от точки  $1$  вправо (левое) и от точки  $8$  влево (правое основание):

– горизонтальный очерк определяет срез плоскостью  $\beta(\beta_H)$  и участок очерковой параллели  $t_2'$  от точки  $3'$  до точки  $8'$  (с частью окружности) и участок очерковой параллели  $t_1'$  между точками  $3'$  и  $5'$ .

*4-е действие.* Достроить профильную проекцию тора по проекциям обозначенных точек и выполнить графический анализ для определения видимости плоскостей срезов:

– видимая часть волнообразной кривой построена по принадлежности точек  $4(4''')$ ,  $3(3''')$  и  $1(1''')$  характерными линиями тора, а точка  $2(2''')$  – по координате  $Y_2$ ;

– невидимая часть кривой среза плоскостью  $\beta$  построена по проекциям точек  $5(5''')$ ,  $6(6''')$ ,  $7(7''')$  и  $8(8''')$ .

*5-е действие.* Выполнить графический анализ профильной проекции для определения ее очерка. Профильный очерк определяют:

- видимая часть волнообразной кривой;
- участки  $3''-5''$  очерковых линий  $t_1''$  и  $t_2''$ ;
- проекция основания тора  $m(m''')$ .

*6-е действие.* Оформить чертеж тора, выполнив толстыми сплошными линиями видимые очерки проекций (оставить на чертеже тонкими линиями полные очерки проекций и вспомогательные линии построений).

#### **4.7. Графическая работа № 7: (лист 7, задача 13)**

(геометрические тела: комбинированное геометрическое тело)

##### **4.7.1. Содержание графической работы № 5 и условия задачи 13**

Для успешного решения задачи 13 должен быть усвоен предыдущий материал начертательной геометрии по построению проекций геометрических тел со срезами плоскостями частного положения:

1. Проекция прямой правильной призмы и правильной пирамиды.
2. Проекция прямого кругового цилиндра и прямого кругового конуса.
3. Проекция шара и тора.
4. Построение проекций точек на поверхностях геометрических тел.
5. Сечения геометрических тел плоскостями частного положения.

Содержание графической работы

По заданным фронтальной и горизонтальной проекциям комбинированного тела с отверстиями и срезами плоскостями частного положения построить его профильную проекцию. Если требуется по условию задачи – достроить заданные проекции.

**Задачу 13** выполнить на формате А3 белой бумаги.

Графическое условие своего варианта взять из табл. 4.8.

Образец выполнения графической работы №7 показан на рис. 4.7.

Графическая работа № 7

Лист 7. Задачи 13 (варианты 1–9)

Тема: геометрические тела; комбинированное геометрическое тело

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>1</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>2</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>3</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> |
| <p>4</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>5</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>6</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p>               |
| <p>7</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>8</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p> | <p>9</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию.</p>               |



**Лист 7. Задачи 13** (варианты 10–18)

Тема: геометрические тела; комбинированное геометрическое тело

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>10</p>   | <p>11</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>12</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> |
| <p>13</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>14</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>15</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> |
| <p>16</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>17</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>18</p> <p>Достроить фронтальную проекцию.</p>                  |

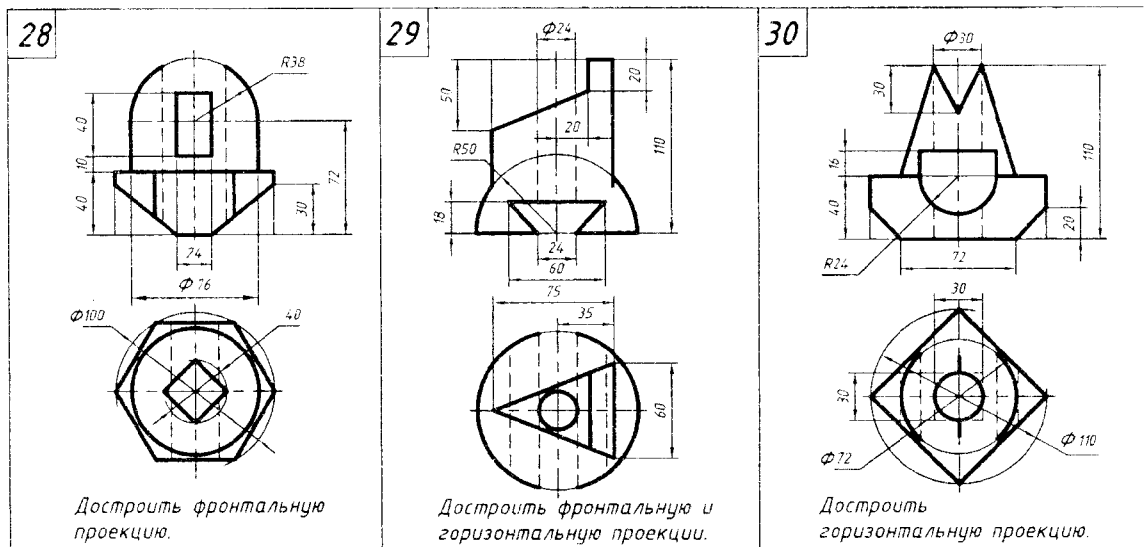
**Лист 7. Задачи 13** (варианты 19–27)

Тема: геометрические тела; комбинированное геометрическое тело

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>19</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции</p> | <p>20</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции</p>  | <p>21</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции</p>  |
| <p>22</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции</p> | <p>23</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию</p>                | <p>24</p> <p>Достроить горизонтальную проекцию</p>                |
| <p>25</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции</p> | <p>26</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> | <p>27</p> <p>Достроить фронтальную и горизонтальную проекции.</p> |

**Лист 7. Задачи 13** (варианты 28–30)

Тема: геометрические тела; комбинированное геометрическое тело



Решение задач со сложными геометрическими формами, наружную и внутреннюю поверхность которых образуют комбинации нескольких простых геометрических тел со срезами, вырезами и отверстиями, учит читать чертежи любых сложных пространственных форм и оперировать этими формами в воображении, развивает пространственное мышление и является основой для последующего изучения разделов инженерной графики – проекционного и машиностроительного черчения.

Для успешного решения задач с комбинированными телами следует научиться выполнять последовательный графический анализ заданного условия, основанный на знании простых геометрических тел, который позволит не только решить задачу, но и создать в воображении пространственный образ комбинированного тела.

**4.7.2. План графических действий для решения задачи 13**

Последовательный анализ заданных проекций и соответствующий порядок действий для решения подобных задач следует выполнять по предлагаемому графическому алгоритму.

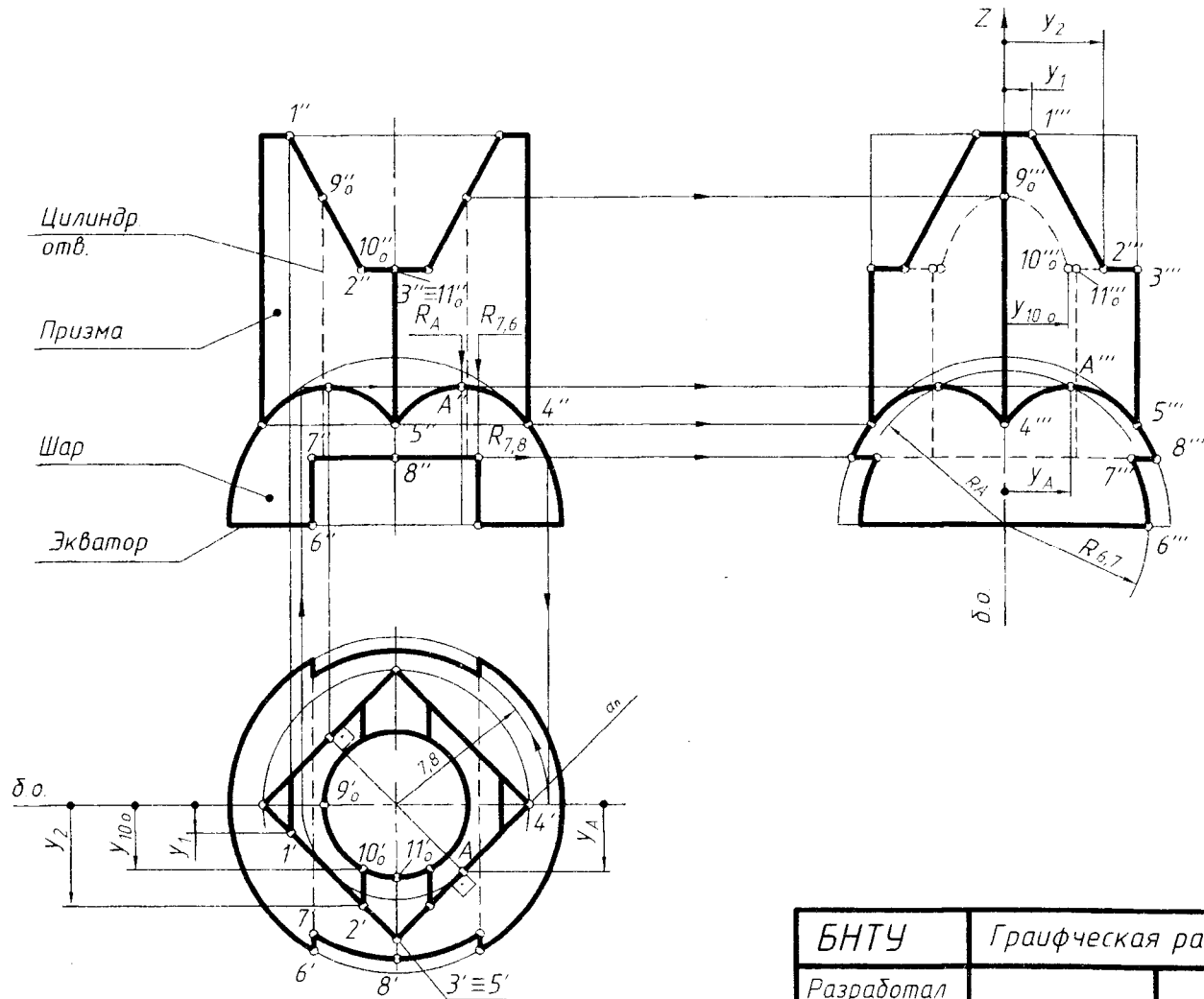
По заданным фронтальной и горизонтальной проекциям комбинированного тела построить его профильную проекцию, построив, если требуется по условию, заданные проекции.

План решения задач соответствует действиям предлагаемого алгоритма.

*1-е действие.* Построить на чертеже по заданным размерам фронтальную и горизонтальную проекции комбинированного тела и определить положение базовой оси (б.о.) на его горизонтальной проекции и базовой оси  $Z$  для построения профильной проекции.

*2-е действие.* Выполнить графический анализ заданных проекций комбинированного тела.

Задача 13



|            |                        |  |             |
|------------|------------------------|--|-------------|
| БНТУ       | Графическая работа № 7 |  |             |
| Разработал |                        |  | Лист 7 Вар. |
| Рецензент  |                        |  | Гр          |

Рис. 4.7

2.1. Определить по характерным признакам на чертеже геометрические тела, образующие форму комбинированного тела:

- полушар в основании определяется по полуокружности на фронтальной проекции и окружности на горизонтальной проекции;
- прямая правильная четырехугольная горизонтально-проецирующая призма определяется по прямоугольнику на фронтальной проекции и четырехугольнику, вписанному в окружность, на горизонтальной проекции;
- цилиндрическое сквозное горизонтально-проецирующее отверстие определяется по прямоугольнику на фронтальной проекции (изображено невидимыми штриховыми линиями) и окружности на горизонтальной проекции.

2.2. Определить на заданных проекциях линии пересечения плоскостей срезов и вырезов, пересекающих формообразующие геометрические тела, и обозначить характерные точки, принадлежащие этим линиям:

- поверхность призмы пересекает сквозной призматический паз, образованный двумя фронтально-проецирующими плоскостями и горизонтальной плоскостью по отрезкам прямых 1-2 и 2-3, а цилиндрическое отверстие – по участкам эллипса  $9_0-10_0$  и участкам окружности  $10_0-11_0$ ;
- поверхность шара пересекают две симметричные профильные плоскости по участкам окружностей 6-7 радиусом  $R_{6,7}$  и горизонтальная плоскость – по участкам окружности 7-8-7 радиусом  $R_{7,8}$ ; плоскости вырезают в основании шара сквозной прямоугольный паз;
- в призме и шаре выполнено соосное горизонтально-проецирующее цилиндрическое отверстие.

3. Определить горизонтальные проекции отмеченных точек 1(1'), 2(2'), 3(3') на проекциях четырехугольника, который является проекцией боковой поверхности призмы стороны и проекции точек  $9_0(9_0')$ ,  $10_0(10_0')$  и  $11_0(11_0')$  на окружности, которая является проекцией боковой поверхности цилиндрического отверстия.

!!! Поскольку все проекции комбинированного тела симметричны, точки обозначены на половине каждой проекции.

*3-е действие.* Достроить заданные проекции, поскольку в формообразовании комбинированного тела участвует шар, не имеющий боковой проецирующей поверхности, фронтальную и горизонтальную проекции нужно достроить и оформить очерки этих проекций.

Достроить на фронтальной проекции линии пересечения боковой поверхности призмы с поверхностью шара:

- грани призмы пересекают шар по окружностям 4-А-5 (см. плоскость  $\alpha$ ), горизонтальные проекции которых совпадают с четырехугольником боковой поверхности призмы, а на фронтальную и профильную проецируются в виде участков эллипсов;
- построить видимые фронтальные проекции участков эллипсов 4-А-5 (4"-А"-5") по горизонтальным проекциям отмеченных точек: точки 4" и 5" на главном фронтальном меридиане и ребрах призмы; точки А" на параллели, вписанной в четырехугольник;
- оформить фронтальный очерк: главный фронтальный меридиан шара не существует между точками 4 (4") и выполнен тонкими линиями.

Достроить на горизонтальной проекции линии пересечения 6-7-8 плоскостей паза с поверхностью шара:

- горизонтальная плоскость паза пересекает поверхность шара по окружности радиусом  $R_{7,8}$ , на которой определяются точки  $7(7')$  и  $8(8')$  видимых участков окружности;

- боковые профильные плоскости паза пересекают поверхность шара по видимым участкам окружностей радиусом  $R_{6,7}$ , которые проецируются в видимые участки  $6'-7'$  прямых (отрезки  $7'-7'$  – невидимые линии пересечения плоскостей паза);

- оформить горизонтальный очерк: экватор шара не существует между точками  $6(6')$  и выполнен тонкими линиями.

*4-е действие.* Построить тонкими линиями (без срезов и вырезов) профильные проекции формообразующих тел и внутренних элементов.

Наружную форму определяют:

- проекция шара – полуокружность радиусом шара;
- проекция призмы – прямоугольник, ограниченный боковыми ребрами и линией верхнего основания.

Внутренний контур определяют:

- очерковые невидимые линии цилиндрического отверстия;
- горизонтальные невидимые участки  $2'''-10_0'''$  и видимые участки  $3'''-2'''$  – профильная проекция горизонтальной плоскости выреза в призме;
- горизонтальная невидимая линия  $7'''-7'''$  и видимые участки  $7'''-8'''$  – профильная проекция горизонтальной плоскости паза в шаре.

*5-е действие.* Достроить профильную проекцию комбинированного тела, построив на его наружной поверхности видимые линии пересечения с плоскостями вырезов, и оформить его наружный очерк.

Достроить линии пересечения геометрических тел по профильным проекциям обозначенных точек:

- точки  $1(1''')$ ,  $2(2''')$  и  $3(3''')$  – на поверхности призмы (ломаная линия);
- точки  $6(6''')$ ,  $7(7''')$  и  $8(8''')$  – на поверхности шара (участки окружности и прямой).

Оформить наружный очерк проекции, выполнив графический анализ очерковых ребер призмы и главного профильного меридиана шара:

- слева и справа очерк ограничен участками  $3'''-5'''$  ребер и участками  $5'''-8'''$  профильного меридиана шара;
- сверху – отрезком  $1'''-1'''$  (участок верхнего основания призмы);
- внутри очерка – видимая линия ребра призмы, совпадающая с осью симметрии.

*6-е действие.* Достроить профильную проекцию, построив линии пересечения на внутренней поверхности, геометрического тела и оформить невидимый внутренний контур.

Достроить линии пересечения цилиндрического отверстия в призме с плоскостями выреза:

– участок эллипса  $9_0'''-10_0'''$  построен по принадлежности точек  $9_0$  и  $10_0$  характерным образующим цилиндрического отверстия.

Оформить внутренний невидимый контур проекции, выполнив графический анализ внутренней поверхности:

– слева и справа очерк цилиндрического отверстия ограничен участками  $10_0'''$  (вниз по горизонтальной линии  $8'''-8'''$ ) его очерковых образующих.

*7-е действие.* Оформить чертеж комбинированного тела, выполнив толстыми линиями видимые линии проекции и штриховыми линиями невидимые контуры проекций (оставить тонкими линиями полные очерки геометрических тел и линии построения).

#### **4.8. Графическая работа № 8 (лист 8, задача 14)**

(сечение поверхности плоскостью общего положения)

##### **4.8.1. Содержание графической работы № 8 и условия задачи 14**

Для успешного решения задачи 14 следует повторить следующие темы начертательной геометрии.

1. Плоскость:

– плоскости общего положения и частного положения (плоскости проецирующие и плоскости уровня);

– прямые особого положения в плоскости: фронталь и горизонталь плоскости.

2. Поверхности – геометрические тела:

– проекции геометрических тел (призмы, пирамиды, цилиндра, конуса, шара, тора и тороида);

– построение проекций точек на поверхности геометрических тел;

– сечение геометрических тел плоскостями частного положения.

3. Преобразование чертежа:

– способ замены плоскостей проекций (задачи 1, 2, 3 и 4).

Содержание графической работы

Построить натуральную величину сечения геометрического тела плоскостью общего положения  $\alpha(AB \cap BC)$ , заданной двумя пересекающимися (знак " $\cap$ ") прямыми  $AB$  и  $BC$ , способом замены плоскостей проекций; достроить на поверхности тела горизонтальную и фронтальную проекции линии пересечения с учетом ее видимости на заданных проекциях геометрического тела. Преобразование плоскости осуществлять относительно горизонтали  $h(h', h'')$  плоскости.

Задачу выполнить на формате А3 белой бумаги по образцу (рис. 4.8).

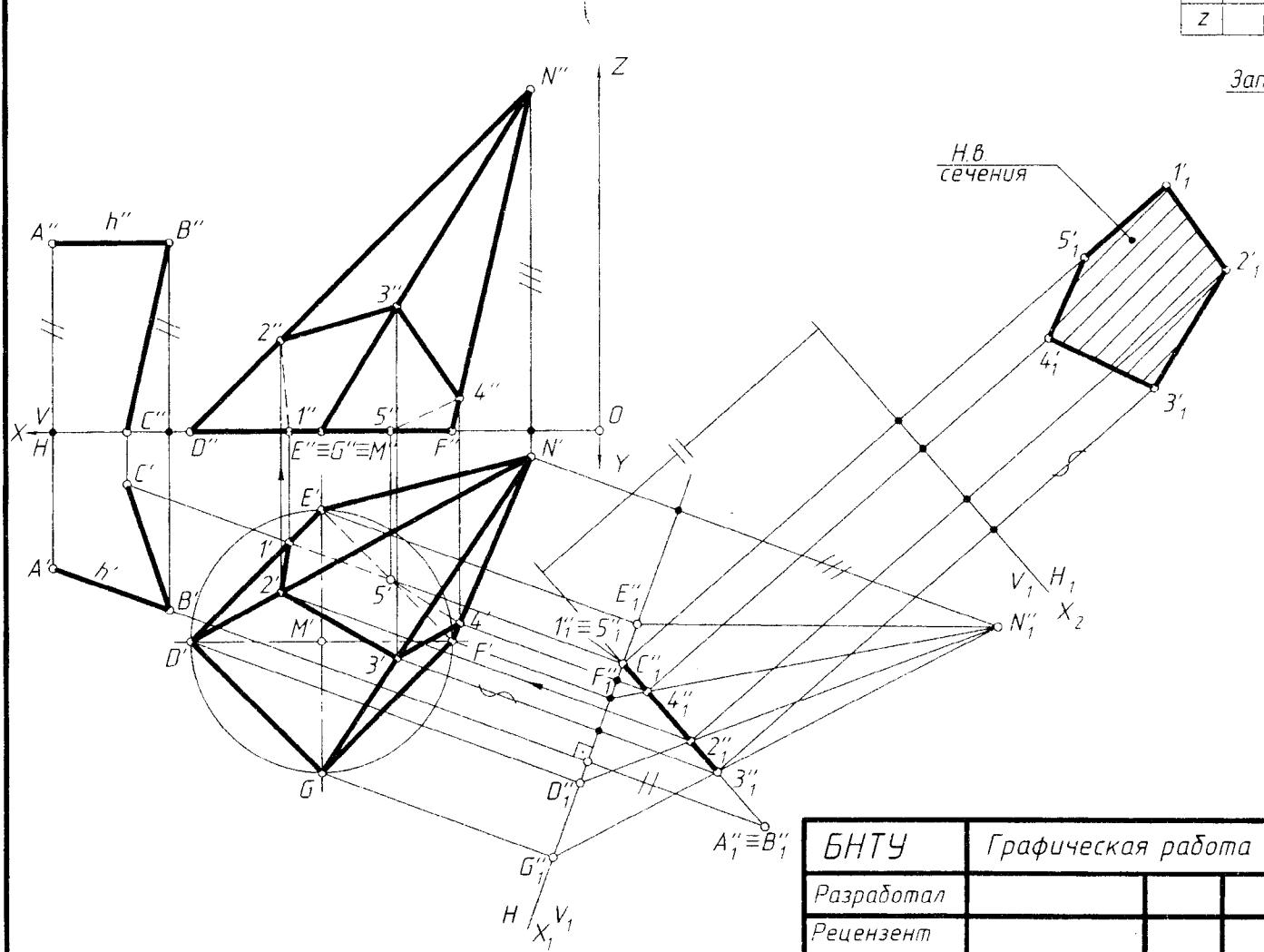
Графические данные своего варианта взять из табл. 4.9.

Образец выполнения и оформления листа 8 с задачей 14 показан на рис. 4.8.

Задача 14

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
|   | A | B | C | M | N |
| x |   |   |   |   |   |
| y |   |   |   |   |   |
| z |   |   |   |   |   |

Заполнить



|            |                        |  |        |     |
|------------|------------------------|--|--------|-----|
| БНТУ       | Графическая работа № 8 |  |        |     |
| Разработал |                        |  | Лист 8 | Вар |
| Рецензент  |                        |  | Гр     |     |

Рис. 4.8



Графическая работа № 8

Лист 8. Задача 14 (варианты 1–9)

Тема: сечение поверхности плоскостью общего положения

| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>110</td> <td>135</td> <td>123</td> <td>100</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>73</td> <td>65</td> <td>23</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>85</td> <td>85</td> <td>25</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |     | A   | B   | C   | M   | N | X  | 110 | 135 | 123 | 100 | 35 | Y  | 73 | 65 | 23 | 40 | 40 | Z  | 85 | 85  | 25 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>25</td> <td>115</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>54</td> <td>60</td> <td>79</td> <td>72</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>70</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |   | A | B | C  | M | N  | X  | 15 | 0 | 25 | 115 | 60 | Y  | 54 | 60 | 79 | 72 | 40 | Z | 15 | 15   | 70 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>45</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>95</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>72</td> <td>78</td> <td>44</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |   | A | B | C  | M  | N | X   | 45 | 10 | 30 | 95 | 95  | Y  | 72 | 78 | 44 | 50 | 50 | Z | 50 | 50 | 15 | 0 | 90 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|---|----|--|---|---|---|----|---|----|----|----|---|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|--|----|---|----|--|---|---|---|----|----|---|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|---|----|
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 110 | 135 | 123 | 100 | 35  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 73  | 65  | 23  | 40  | 40  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 85  | 85  | 25  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 15  | 0   | 25  | 115 | 60  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 54  | 60  | 79  | 72  | 40  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 15  | 15  | 70  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 45  | 10  | 30  | 95  | 95  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 72  | 78  | 44  | 50  | 50  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 50  | 50  | 15  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  |     |     |     |     |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>50</td> <td>10</td> <td>40</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>68</td> <td>80</td> <td>38</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>75</td> <td>75</td> <td>32</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table>  |     | A   | B   | C   | M   | X | 50 | 10  | 40  | 100 | Y   | 68 | 80 | 38 | 50 | Z  | 75 | 75 | 32 | 50 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>30</td> <td>5</td> <td>25</td> <td>50</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>90</td> <td>98</td> <td>50</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>75</td> <td>75</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |    | A | B  | C  | M | N | X | 30 | 5 | 25 | 50 | 95 | Y | 90 | 98  | 50 | 40 | 40 | Z  | 75 | 75 | 30 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>30</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>120</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>24</td> <td>20</td> <td>45</td> <td>15</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>65</td> <td>65</td> <td>82</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |    | A | B  | C  | M | N | X | 30 | 15 | 5 | 120 | 60 | Y  | 24 | 20 | 45  | 15 | 50 | Z  | 65 | 65 | 82 | 0 | 90 |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 50  | 10  | 40  | 100 |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 68  | 80  | 38  | 50  |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 75  | 75  | 32  | 50  |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 30  | 5   | 25  | 50  | 95  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 90  | 98  | 50  | 40  | 40  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 75  | 75  | 30  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 30  | 15  | 5   | 120 | 60  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 24  | 20  | 45  | 15  | 50  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 65  | 65  | 82  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  |     |     |     |     |     |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>120</td> <td>140</td> <td>125</td> <td>120</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>23</td> <td>23</td> <td>74</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>77</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |     | A   | B   | C   | M   | N | X  | 120 | 140 | 125 | 120 | 50 | Y  | 23 | 23 | 74 | 50 | 50 | Z  | 30 | 30  | 77 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>25</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>95</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>80</td> <td>86</td> <td>65</td> <td>75</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>40</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>   |   | A | B | C  | M | N  | X  | 25 | 0 | 5  | 95  | 40 | Y  | 80 | 86 | 65 | 75 | 35 | Z | 80 | 80   | 40 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>35</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>60</td> <td>105</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>18</td> <td>10</td> <td>41</td> <td>40</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>10</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |   | A | B | C  | M  | N | X   | 35 | 5  | 15 | 60 | 105 | Y  | 18 | 10 | 41 | 40 | 83 | Z | 40 | 40 | 10 | 0 | 90 |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 120 | 140 | 125 | 120 | 50  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 23  | 23  | 74  | 50  | 50  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 30  | 30  | 77  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 25  | 0   | 5   | 95  | 40  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 80  | 86  | 65  | 75  | 35  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 80  | 80  | 40  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 35  | 5   | 15  | 60  | 105 |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 18  | 10  | 41  | 40  | 83  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 40  | 40  | 10  | 0   | 90  |   |    |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |    |   |    |  |   |   |   |    |   |    |    |    |   |    |     |    |    |    |    |    |    |    |   |    |  |    |   |    |  |   |   |   |    |    |   |     |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |

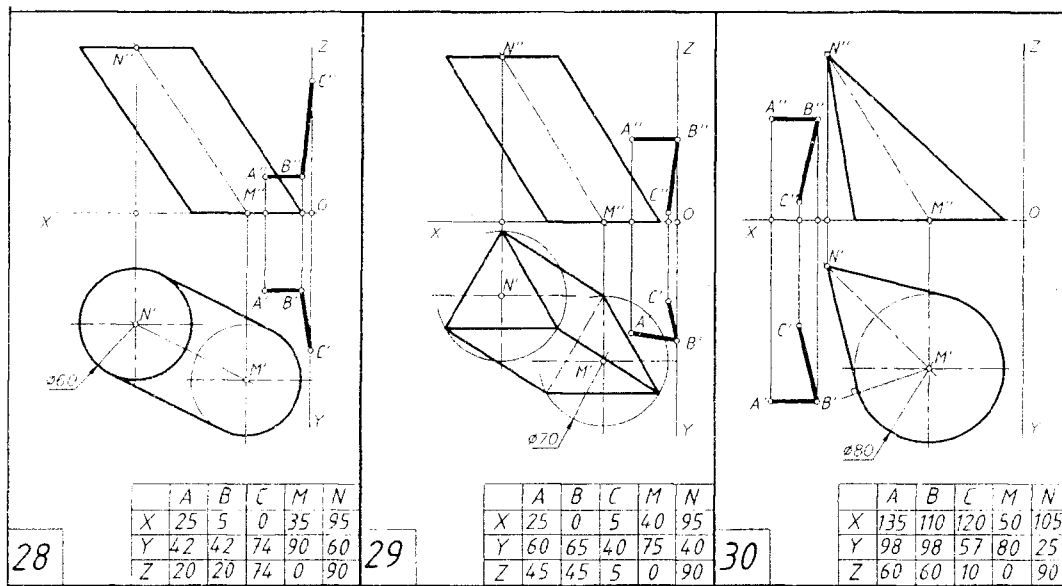
Лист 8. Задача 14 (варианты 19–27)

Тема: сечение поверхности плоскостью общего положения

| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>50</td> <td>10</td> <td>35</td> <td>95</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>100</td> <td>112</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>12</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |     | A   | B   | C   | M   | N | X | 50 | 10 | 35 | 95 | 95 | Y | 100 | 112 | 50 | 50 | 50 | Z | 55 | 55 | 12 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>45</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>105</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>70</td> <td>78</td> <td>40</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>20</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>  |  | A | B | C | M | N | X | 45 | 10 | 30 | 105 | 65  | Y | 70  | 78  | 40  | 40 | 40 | Z | 55 | 55 | 20 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>40</td> <td>20</td> <td>70</td> <td>105</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>83</td> <td>88</td> <td>61</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>70</td> <td>70</td> <td>31</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>   |  | A | B | C | M | N | X | 40  | 20  | 70  | 105 | 55  | Y | 83 | 88 | 61 | 40 | 40 | Z | 70 | 70 | 31 | 0 | 90 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|---|---|----|----|----|----|----|---|-----|-----|----|----|----|---|----|----|----|---|----|--|--|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|-----|---|-----|-----|-----|----|----|---|----|----|----|---|----|---|--|---|---|---|---|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|---|----|
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 50  | 10  | 35  | 95  | 95  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 100 | 112 | 50  | 50  | 50  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 55  | 55  | 12  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 45  | 10  | 30  | 105 | 65  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 70  | 78  | 40  | 40  | 40  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 55  | 55  | 20  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 40  | 20  | 70  | 105 | 55  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 83  | 88  | 61  | 40  | 40  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 70  | 70  | 31  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>30</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>95</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>74</td> <td>74</td> <td>46</td> <td>70</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>47</td> <td>47</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>     |     | A   | B   | C   | M   | N | X | 30 | 5  | 0  | 95 | 35 | Y | 74  | 74  | 46 | 70 | 35 | Z | 47 | 47 | 15 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>35</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>40</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>107</td> <td>103</td> <td>50</td> <td>30</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |  | A | B | C | M | N | X | 35 | 15 | 0  | 40  | 100 | Y | 107 | 103 | 50  | 30 | 75 | Z | 60 | 60 | 40 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>120</td> <td>95</td> <td>85</td> <td>65</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>90</td> <td>72</td> <td>90</td> <td>20</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>   |  | A | B | C | M | N | X | 120 | 95  | 85  | 65  | 50  | Y | 90 | 72 | 90 | 20 | 70 | Z | 80 | 80 | 30 | 0 | 90 |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 30  | 5   | 0   | 95  | 35  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 74  | 74  | 46  | 70  | 35  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 47  | 47  | 15  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 35  | 15  | 0   | 40  | 100 |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 107 | 103 | 50  | 30  | 75  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 60  | 60  | 40  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 120 | 95  | 85  | 65  | 50  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 90  | 72  | 90  | 20  | 70  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 80  | 80  | 30  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>95</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>87</td> <td>100</td> <td>62</td> <td>50</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>45</td> <td>45</td> <td>15</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>   |     | A   | B   | C   | M   | N | X | 30 | 0  | 10 | 95 | 25 | Y | 87  | 100 | 62 | 50 | 50 | Z | 45 | 45 | 15 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>30</td> <td>15</td> <td>5</td> <td>110</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>70</td> <td>77</td> <td>102</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>70</td> <td>33</td> <td>68</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table>  |  | A | B | C | M | N | X | 30 | 15 | 5  | 110 | 40  | Y | 70  | 77  | 102 | 40 | 40 | Z | 70 | 33 | 68 | 0 | 90 | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>M</th> <th>N</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>110</td> <td>135</td> <td>110</td> <td>45</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>17</td> <td>5</td> <td>52</td> <td>45</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>35</td> <td>35</td> <td>75</td> <td>0</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> |  | A | B | C | M | N | X | 110 | 135 | 110 | 45  | 100 | Y | 17 | 5  | 52 | 45 | 45 | Z | 35 | 35 | 75 | 0 | 90 |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 30  | 0   | 10  | 95  | 25  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 87  | 100 | 62  | 50  | 50  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 45  | 45  | 15  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 30  | 15  | 5   | 110 | 40  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 70  | 77  | 102 | 40  | 40  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 70  | 33  | 68  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
|  | A   | B   | C   | M   | N   |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| X  | 110 | 135 | 110 | 45  | 100 |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Y  | 17  | 5   | 52  | 45  | 45  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |
| Z  | 35  | 35  | 75  | 0   | 90  |   |   |    |    |    |    |    |   |     |     |    |    |    |   |    |    |    |   |    |  |  |   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |     |   |     |     |     |    |    |   |    |    |    |   |    |   |  |   |   |   |   |   |   |     |     |     |     |     |   |    |    |    |    |    |   |    |    |    |   |    |

## Лист 8. Задача 14 (варианты 28–30)

Тема: сечение поверхности плоскостью общего положения



## 4.8.2. План графических действий для решения задачи 14

1-е действие. Построить на чертеже по заданным размерам фронтальную и горизонтальную проекции геометрического тела и плоскости сечения  $\alpha(AB \cap BC)$  и отметить на чертеже исходную систему плоскостей проекций  $x-V/H$  с осью проекций  $x$ , проходящей на фронтальной проекции пирамиды по ее основанию.

1. Первая замена плоскостей проекций – преобразовать плоскость общего положения  $\alpha(AB \cap BC)$  во фронтально-проецирующую плоскость.

2-е действие. Провести в плоскости горизонталь  $h(h'', h')$  – использовать прямую  $AB(A''B'', A'B')$ .

3-е действие. Ввести первую дополнительную систему плоскостей проекций  $x_1-H/V_1$  с осью  $x_1$ , перпендикулярной горизонтальной  $h'$  проекции горизонтали  $(A'B')$ .

4-е действие. Построить в дополнительной плоскости  $V_1$  фронтальные проекции плоскости  $\alpha$  и наклонной пирамиды по координатам  $Z$  (отмечены черточками для точек  $A(A'')$  и  $N(N'')$ ), взятыми в исходной системе  $x-V/H$ . В результате первого преобразования секущая плоскость  $\alpha$  спроецировалась в прямую и заняла положение фронтально-проецирующей, а пирамида спроецировалась в треугольник.

5-е действие. Обозначить характерные точки  $2_1(2_1'')$ ,  $3_1(3_1'')$  и  $4_1(4_1'')$  на ребрах пирамиды и точки  $1_1(1_1'')$  и  $5_1(5_1'')$ , по которым плоскость сечения пересекает ребра и основание пирамиды.

6-е действие. Построить горизонтальную проекцию  $1'-2'-3'-4'-5'$  ломаной линии пересечения на заданной горизонтальной проекции пирамиды по принадлежности отмеченных точек ребрам и основанию пирамиды; видимость ломаной – участок  $1'-2'-3'-4'$  – видимый, участок  $4'-5'-1'$  – невидимый.

7-е действие. Построить фронтальную проекцию ломаной линии  $1''-2''-3''-4''-5''$  пересечения на заданной фронтальной проекции пирамиды по принадлежности отмеченных точек ребрам и основанию пирамиды; видимость ломаной – участок  $2''-3''-4''$  – видимый, а участки  $4''-5''$  и  $1''-2''$  – невидимые (участок  $1''-5''$  лежит на основании пирамиды).

*8-е действие.* Ввести вторую дополнительную систему плоскостей проекций  $\chi_2-V_1/H_1$  с осью проекций  $\chi_2$ , параллельной плоскости сечения, полученной в результате первого преобразования.

II. Вторая замена плоскостей проекций – преобразовать плоскость сечения пирамиды в плоскость уровня.

*9-е действие.* Построить в дополнительной плоскости проекций  $H_1$  горизонтальную проекцию сечения  $1_1'-2_1'-3_1'-4_1'-5_1'$  по координатам  $y$  (см.  $y_3$  для точки  $3'$  – отмечена знаком « $\sim$ »), взятым из предыдущей дополнительной системы  $\chi_1-H/V_1$  до оси проекций  $\chi_1$ ; полученная в результате второго преобразования проекция плоскости сечения параллельна дополнительной плоскости проекций  $H_1$ , т.е. является плоскостью уровня и определяет натуральную величину сечения.

*10-е действие.* Оформить чертеж задачи по образцу.

#### **4.9. Графическая работа № 9 (лист 9, задачи 15 и 16)** (пересечение поверхностей)

##### **4.9.1. Содержание графической работы № 9 и условия задач 15 и 16**

Для успешного решения задач 15 и 16 следует проработать и усвоить следующий материал начертательной геометрии.

Тема: «Пересечение поверхностей и способы построения линий пересечения поверхностей».

1. Частные случаи пересечения поверхностей.

2. Общие случаи пересечения поверхностей – для построения линий пересечения поверхностей применяют способы построения с помощью посредников:

а) способ вспомогательных секущих плоскостей уровня;

б) способ вспомогательных концентрических сфер;

в) способ вспомогательных эксцентрических сфер.

Линия пересечения принадлежит обоим пересекающимся поверхностям и образуется множеством их общих точек. Следовательно, построение линии пересечения поверхностей сводится к построению этих общих точек.

Определение способа построения линии пересечения зависит от взаимного расположения пересекающихся поверхностей, а также от их расположения относительно плоскостей проекций.

##### **Задача 15.**

Построить проекции линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей на двух заданных по условию проекциях пересекающихся геометрических тел и оформить очерки проекций.

Графические условия взять по своему варианту из табл. 4.10.

##### **Задача 16.**

Построить проекции линии пересечения способом вспомогательных концентрических или эксцентрических сфер на двух заданных проекциях пересекающихся геометрических тел и оформить очерки проекций.

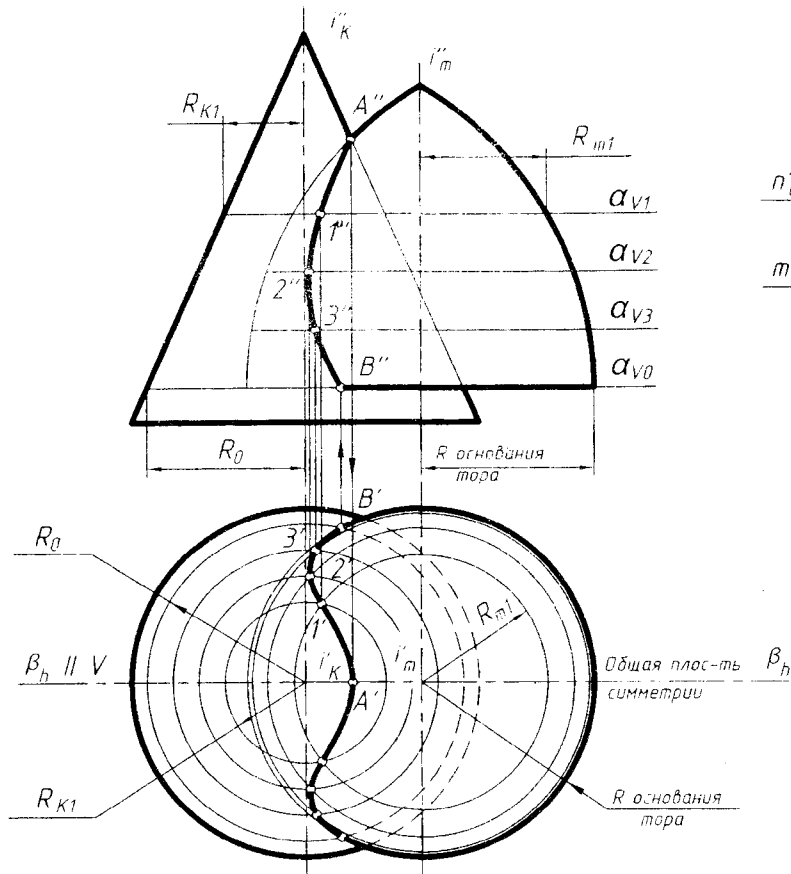
Графические условия взять по своему варианту из табл. 4.11.

Обе задачи выполнять в двух заданных проекциях на формате А3 белой бумаги. Образец выполнения показан на рис. 4.9.

Образец выполнения листа 9 с задачами 15 и 16 показан на рис. 4.9.

В задачах 15 и 16 нужно построить на заданных проекциях пересекающихся геометрических тел проекции линий пересечения рациональными способами и оформить очерки проекций.

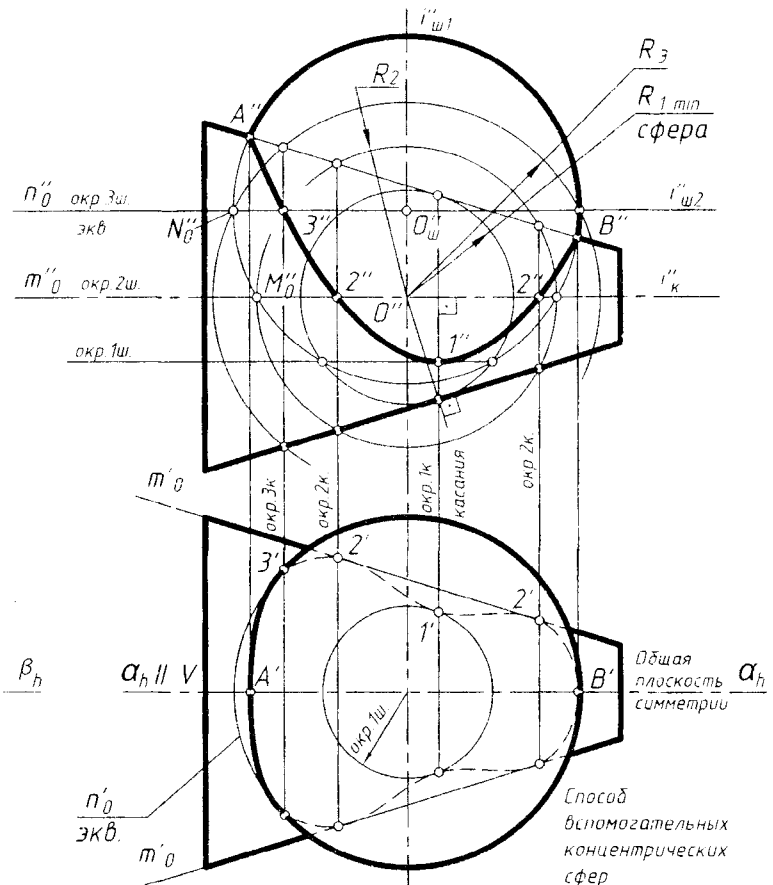
Задача 15



Способ вспомогательных  
секущих плоскостей

а

Задача 16



б

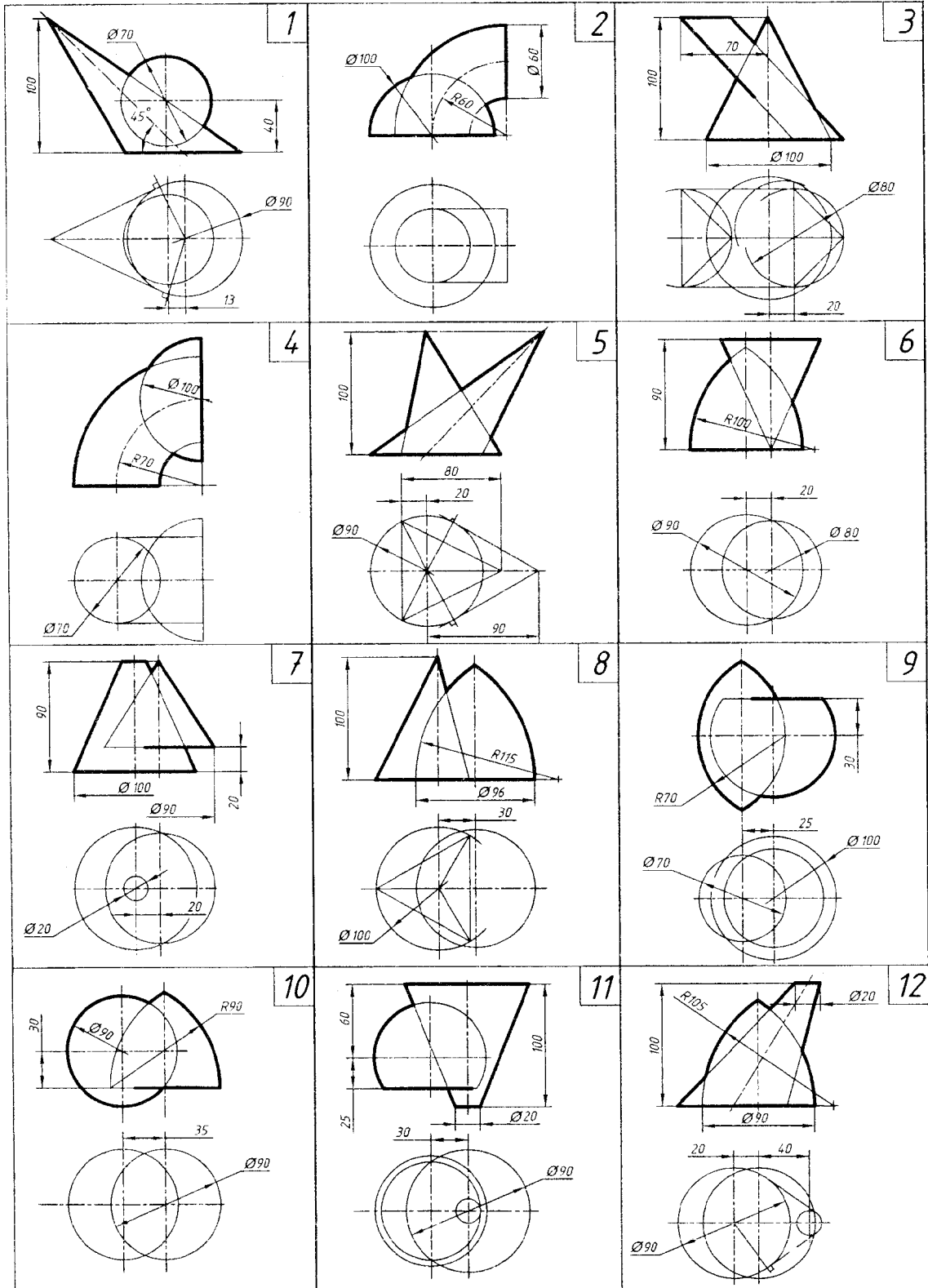
|            |                        |  |        |     |
|------------|------------------------|--|--------|-----|
| БНТУ       | Графическая работа № 9 |  |        |     |
| Разработал |                        |  | Лист 9 | Вар |
| Рецензент  |                        |  | Гр     |     |

Рис. 4.9

Графическая работа № 9

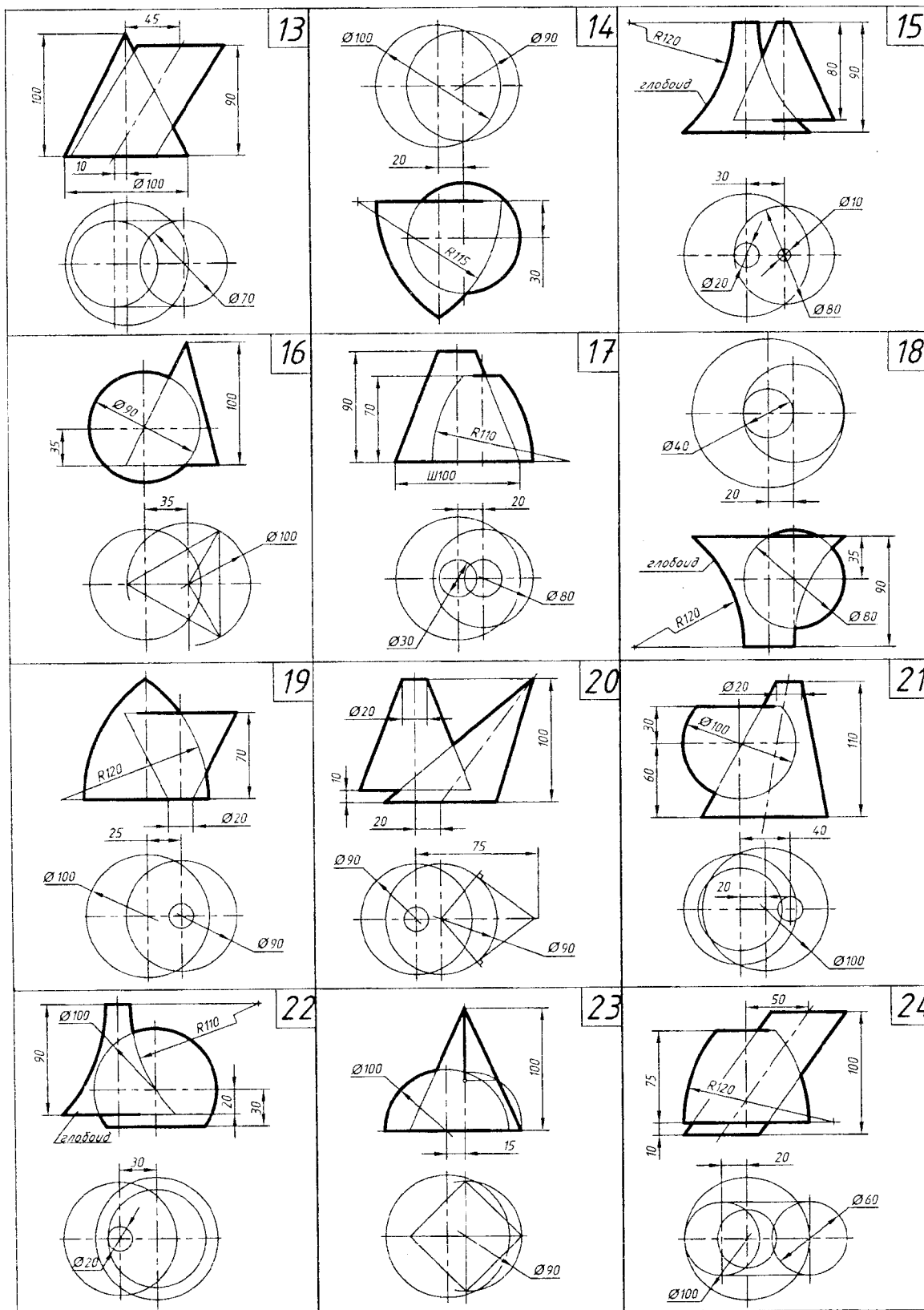
Лист 9. Задача 15 (варианты 1–12)

Тема: пересечение поверхностей (способ вспомогательных секущих плоскостей)



**Лист 9. Задача 15** (варианты 13–24)

Тема: пересечение поверхностей (способ вспомогательных секущих плоскостей)



**Лист 9. Задача 15** (варианты 25–30)

Тема: пересечение поверхностей (способ вспомогательных секущих плоскостей)

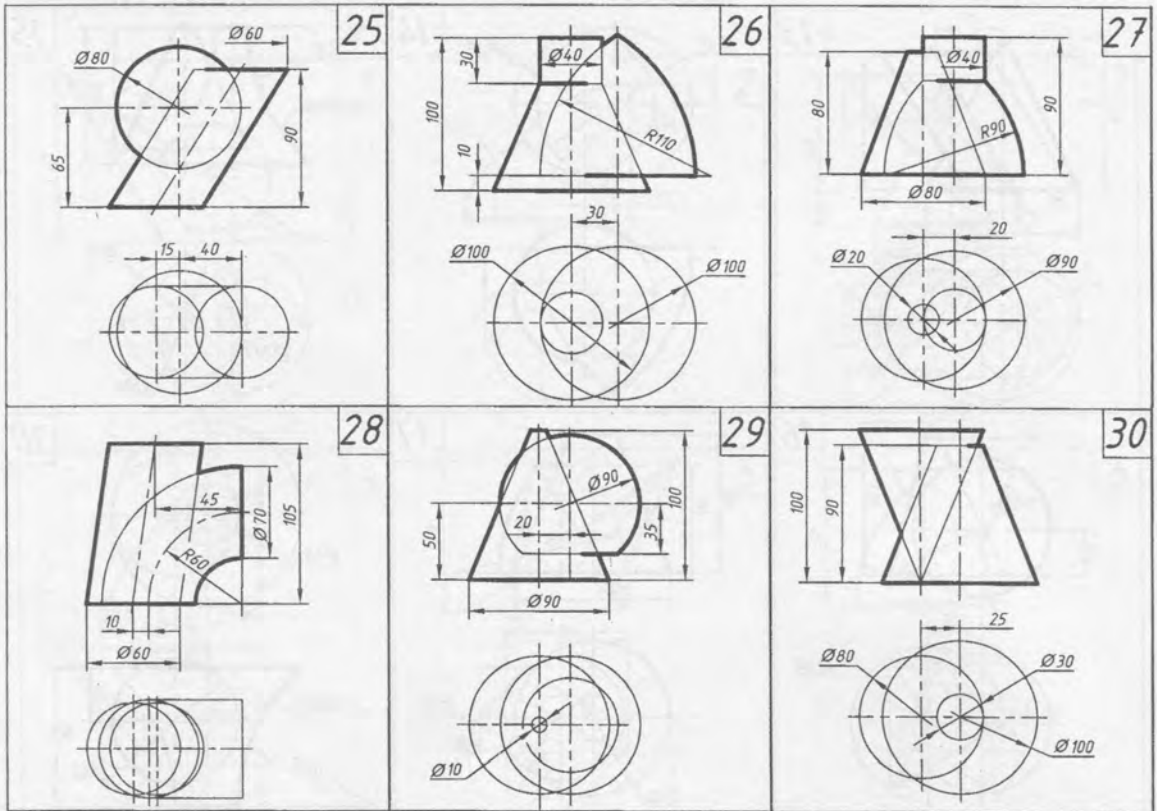
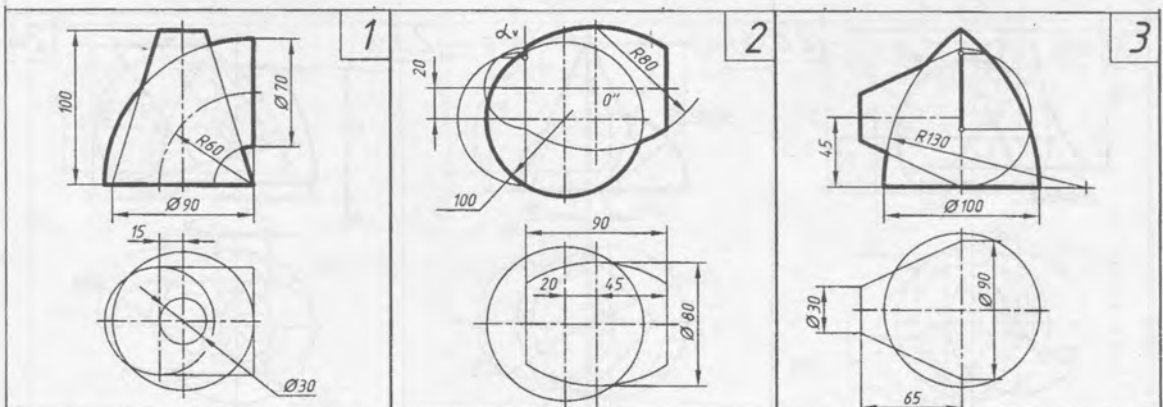


Таблица 4.11

**Графическая работа № 9****Лист 9. Задача 16** (варианты 1–3)

Тема: пересечение поверхностей (метод сфер)

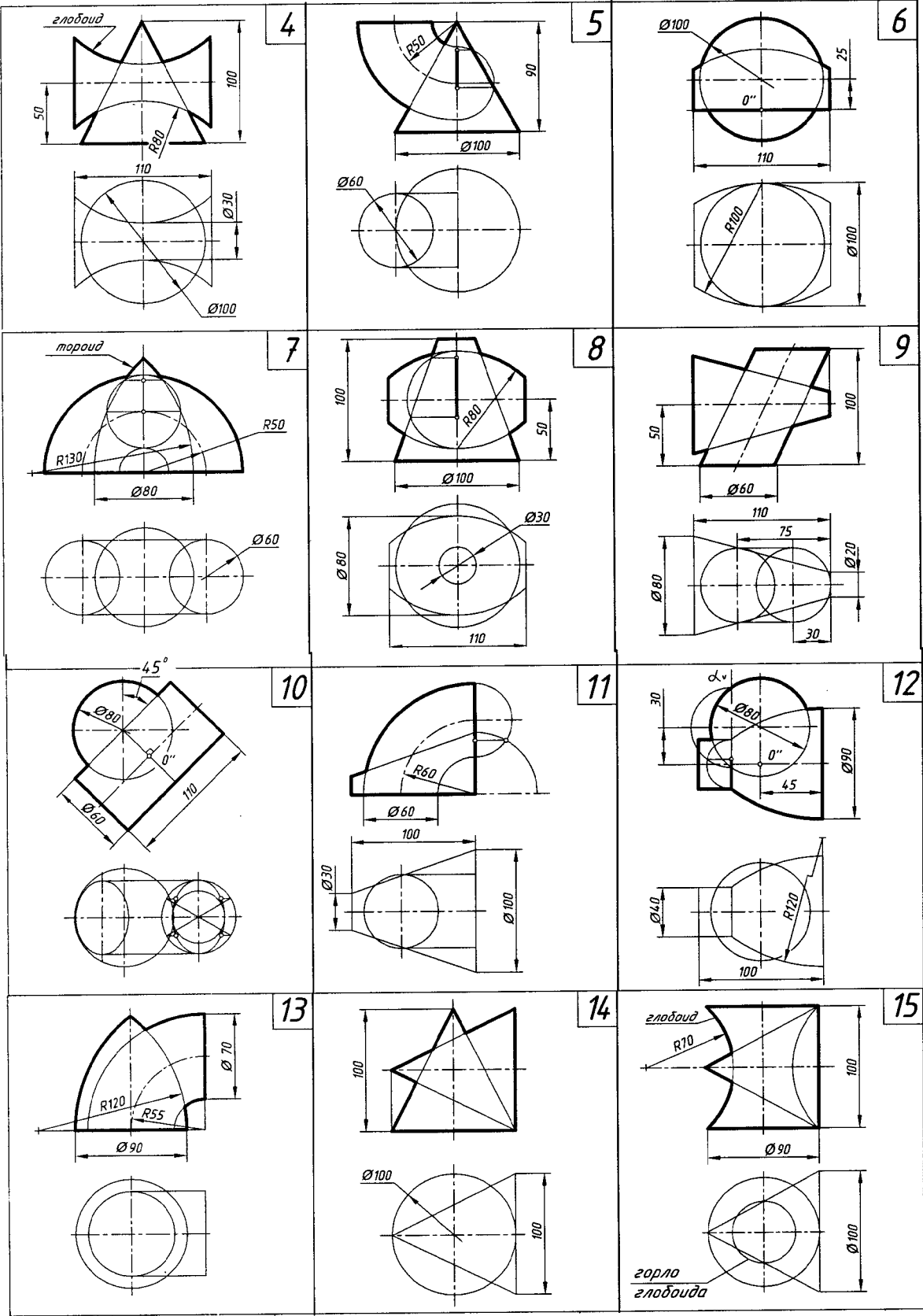




Лист 9. Задача 16 (варианты 4–15)

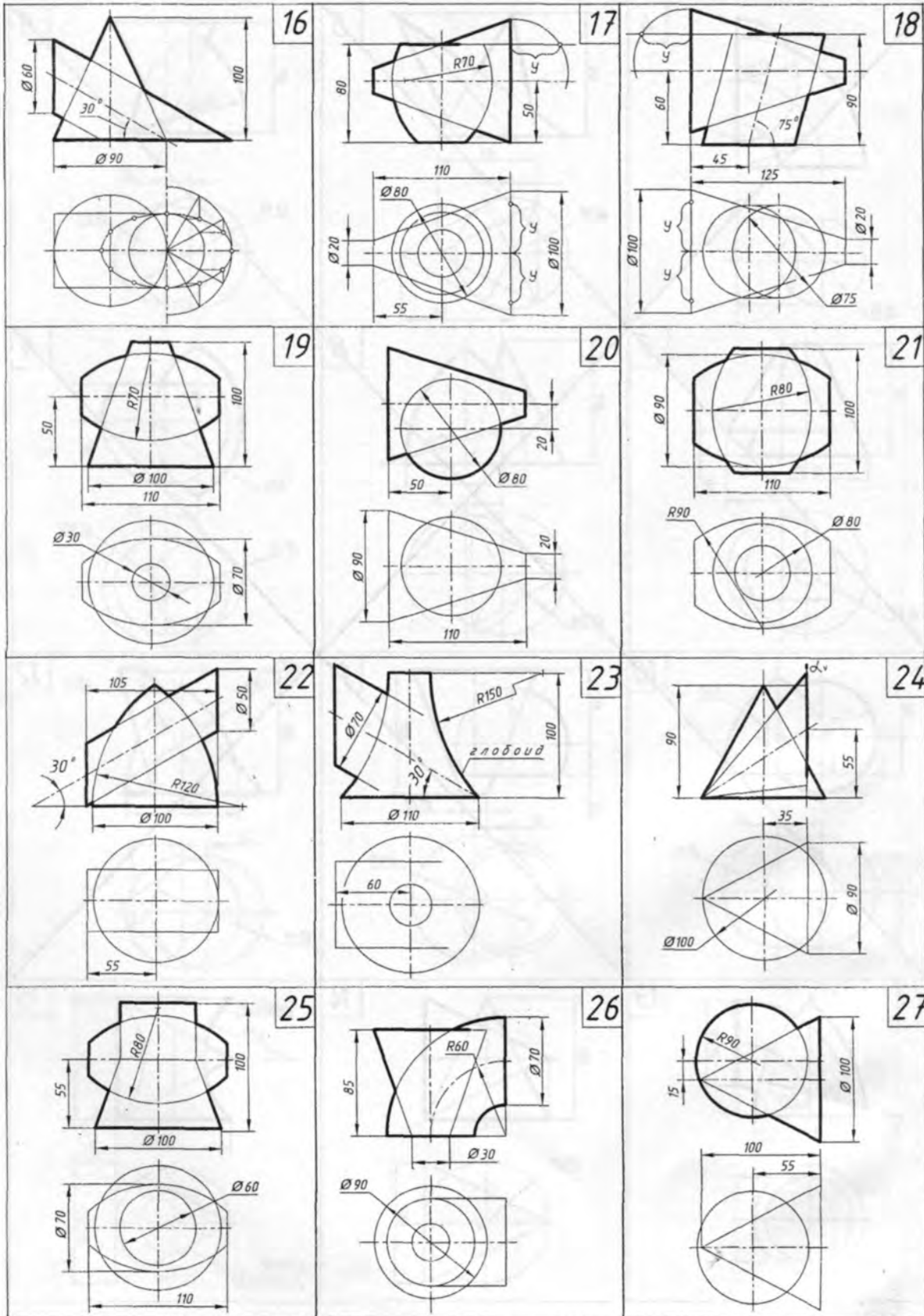
Тема: пересечение поверхностей (метод

сфер)



Лист 9. Задача 16 (варианты 16–27)

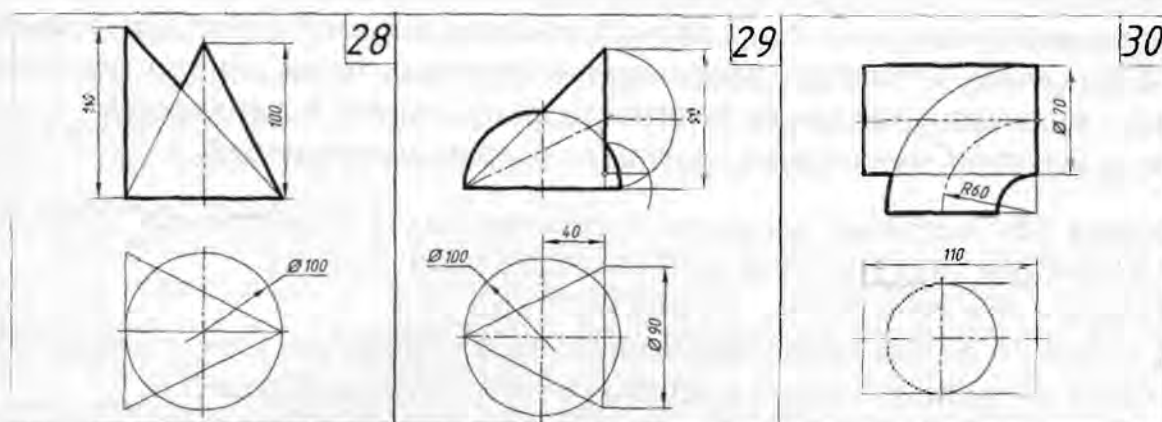
Тема: пересечение поверхностей (метод сфер)



**Лист 9. Задача 16** (варианты 25–30)

Тема: пересечение поверхностей (метод

сфер)

**4.9.2. План графических действий для решения задач 15 и 16**

**Задача 15.** Заданные проекции пересекающихся геометрических тел выполнить тонкими линиями на левой половине поля чертежа.

Графический анализ условия задачи.

В задаче 15 форма комбинированного тела образована пересечением прямого кругового конуса вращения с тороидом. Проведя графический анализ условия задачи, определяем, что рациональным способом для построения проекций линии пересечения является способ вспомогательных секущих плоскостей и все условия применения этого способа соблюдены:

- общая плоскость симметрии  $\beta(\beta_H)$  является фронтальной плоскостью уровня, следовательно, точка  $A(A'')$  пересечения очерков на фронтальной проекции принадлежит искомой линии пересечения и определяет верхнюю границу введения плоскостей-посредников (нижней точки пересечения очерков в условии нет); нижняя точка искомой линии пересечения  $B(B'')$  определяется на пересечении окружностей, лежащих в плоскости  $\alpha(\alpha_{V0})$ , проведенной через основания тороида; решение задачи следует начинать на фронтальной проекции предмета;

- в качестве плоскостей-посредников выбираем горизонтальные плоскости уровня, так как эти плоскости пересекают обе поверхности по окружностям (параллелям).

Для решения задачи следует выполнять следующие основные графические действия (алгоритм):

*1-е действие.* Провести на фронтальной проекции предмета первую горизонтальную плоскость-посредник  $\alpha_{V1}$  (произвольно и ниже точки  $A''$ ).

*2-е действие.* Построить на горизонтальной проекции вспомогательные окружности радиусами  $R_{K1}$  и  $R_{M1}$  пересечения плоскости-посредника с каждой заданной поверхностью.

*3-е действие.* Определить на пересечении вспомогательных окружностей-параллелей две горизонтальные проекции точек  $1(1')$  (отмечены на одной половине

проекция), принадлежащие искомой линии пересечения. Фронтальные проекции точек  $1(1'')$  построить по линии связи на фронтальной проекции плоскости-посредника  $\alpha_{V1}$ .

Дополнительные графические действия.

*4-е действие.* Повторить основные действия алгоритма и построить проекции дополнительных точек  $2$  и  $3$ , принадлежащих искомой линии пересечения.

*5-е действие.* Соединить проекции построенных точек линии пересечения плавными кривыми с учетом их видимости на проекциях поверхностей.

*6-е действие.* Оформить на проекциях очерки поверхностей.

**Задача 16.** Заданные проекции пересекающихся геометрических тел выполнить тонкими линиями на правой половине поля чертежа.

Графический анализ условия задачи.

В задаче 16 форма комбинированного тела образована пересечением шара и кругового усеченного конуса вращения с горизонтальной осью  $i(i_k'')$ .

Проведя графический анализ условия задачи, определяем, что рациональным способом для построения проекций линии пересечения является способ вспомогательных концентрических сфер (так как не дана профильная проекция) и все условия его применения этого способа соблюдены:

- пересекаются поверхности вращения – шар и конус;
- общая плоскость симметрии – фронтальная плоскость уровня  $\alpha(\alpha_H)$ , поэтому точки пересечения очерков  $A(A'')$  и  $B(B'')$  принадлежат искомой линии пересечения; решение задачи следует выполнять на фронтальной проекции предмета;
- оси поверхностей  $i''_k$  и  $i''_{ш1}$  (берем вертикальную ось шара) пересекаются и определяют центр вспомогательных сфер – точку  $O(O'')$ .

Для решения задачи следует выполнять следующие основные графические действия (алгоритм):

*1-е действие:* Ввести первую вспомогательную минимальную сферу радиусом  $R_{1min}$ , с центром в точке  $O''$ , вписанную в коническую поверхность.

*2-е действие:* Построить проекции окружностей (прямые), по которым эта сфера пересекается с конусом и шаром:

- пара соосных поверхностей – конус и вписанная сфера  $R_{1min}$  – пересекается по окружности касания – вертикальная прямая *окр. 1<sub>к</sub>* касания;
- пара соосных поверхностей – заданная сфера и вспомогательная вписанная  $R_{1min}$  – пересекается по окружности – горизонтальной прямой *окр. 1<sub>ш</sub>*.

*3-е действие.* Определить на пересечении построенных вспомогательных проекций окружностей точки  $1(1'')$ , принадлежащие искомой линии пересечения (точка отмечена на верхней симметричной половине).

Дополнительные графические действия алгоритма.

*4-е действие.* Повторить основные действия алгоритма, введя следующие вспомогательные концентрические сферы радиусами  $R_2$  и  $R_3$  с тем же центром  $O(O'')$ , и построить точки  $2(2'')$  и  $3(3'')$ , принадлежащие линии пересечения.

При выборе радиусов ВТОРОЙ и ТРЕТЬЕЙ вспомогательных концентрических сфер нужно учесть графическое условие данной задачи:

- радиус  $R_2$  второй вспомогательной сферы выбрать так, чтобы были построены точки  $2(2'', 2')$  искомой линии пересечения, лежащие на характерных

для горизонтальной проекции образующих конуса  $m_o(m'_o)$ , фронтальные проекции  $m_o''$  которых совпадают с осью конуса  $i''_k$ , то есть радиус второй сферы  $R_2$  должен быть равен расстоянию от точки  $O''$  до точки  $M_o''$ , которая лежит на пересечении конуса и очерка заданного шара (главного фронтального меридиана);

– радиус  $R_3$  третьей вспомогательной сферы выбрать так, чтобы были построены точки  $3(3'', 3')$  искомой линии пересечения, лежащие на экваторе шара  $n_o(n''_o, n'_o)$ , фронтальная проекция которого совпадает с горизонтальной осью шара  $i''_{ш2}$ , то есть радиус третьей сферы  $R_3$  должен быть равен расстоянию от точки  $O''$  до точки  $N_o''$ , которая лежит на пересечении экватора шара  $n_o(n''_o)$  с фронтальным очерком шара.

Горизонтальные  $2(2')$  и  $3(3')$  проекции точек определяются соответственно на очерковых образующих  $m'_o$  конуса и окружности  $n'_o$  экватора шара, а горизонтальные проекции точки  $1(1')$  определяются по принадлежности параллели (окр.  $1_{ш}$ ), на которой эта точка лежит. Характерные точки  $2(2')$  и  $3(3')$  определяют на горизонтальной проекции существование очерковых линий конуса и экватора шара.

*5-е действие.* Соединить фронтальные и горизонтальные проекции построенных точек плавными кривыми линиями с учетом их видимости на проекциях поверхностях (невидимыми будут только участки  $2' - 1' - 2'$  сложной кривой на горизонтальной проекции).

*6-е действие.* Оформить очерки поверхностей на заданных проекциях с учетом их относительной видимости.

#### 4.10. Графическая работа № 10 (лист 10, задача 17)

(развертки поверхностей)

##### 4.10.1. Содержание графической работы №10 и условия задач 17

Для успешного решения задачи 17 следует проработать и усвоить следующий материал начертательной геометрии – развертки поверхностей:

Тема: «Развертки поверхностей».

1. Развертка боковой поверхности призмы:

а) способом нормального сечения;

б) способом раскатки.

2. Развертка боковой поверхности пирамиды по натуральным величинам ее ребер.

3. Развертка боковой поверхности цилиндра:

а) способом нормального сечения;

б) способом раскатки.

4. Развертка боковой поверхности конуса (аппроксимация конической поверхности пирамидальной).

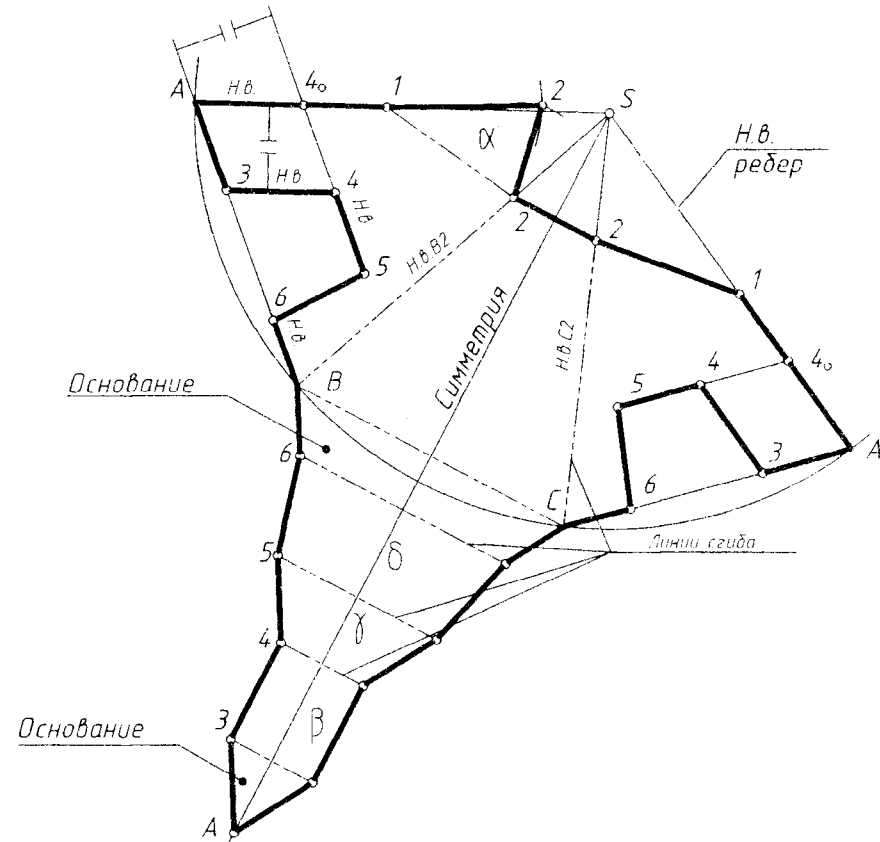
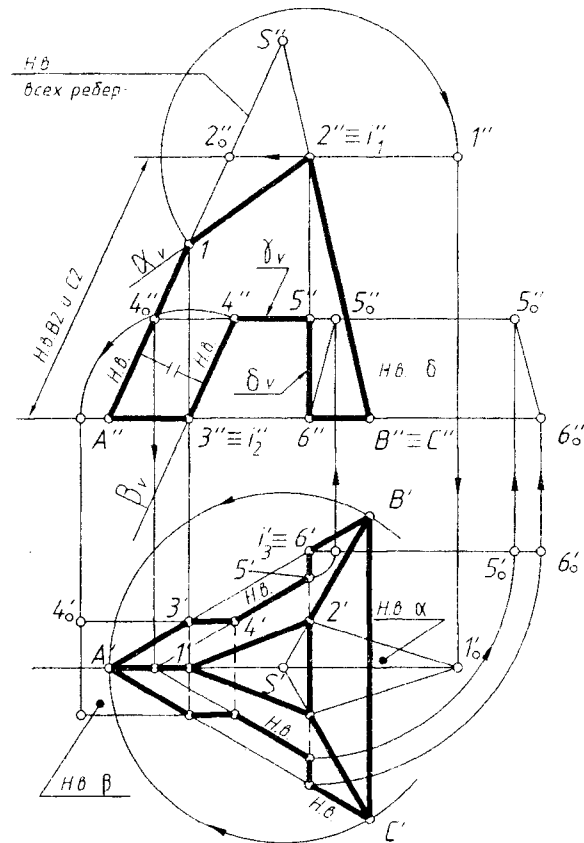
**Задача 17.** Построить полную развертку поверхности пирамиды (включая основание и плоскости сечений).

Графическое условие для развертки пирамиды – пирамида задачи 8 (см. табл. 4.5, лист 4).

Задачу выполнять на формате А3 белой бумаги по образцу (рис. 4.10).

Задача 17

Развертка



|            |                         |  |              |
|------------|-------------------------|--|--------------|
| БНТУ       | Графическая работа № 10 |  |              |
| Разработал |                         |  | Лист 10 Вар. |
| Рецензент  |                         |  | Гр.          |

Рис. 4.10

#### **4.10.2. Развертки поверхностей. Общие сведения.**

Разверткой называется плоская фигура, в которую преобразуется поверхность предмета при ее совмещении с плоскостью. При этом подразумевается, что поверхность – это гибкая, но нерастяжимая и несжимаемая, пленка и при ее развертке не происходит разрывов и образования складок.

Поверхности, которые допускают такое преобразование, называются *развертываемыми*.

К развертываемым поверхностям относятся многогранники и некоторые линейчатые поверхности – цилиндрические, конические и поверхности с ребром возврата (торсы – развертка торсов не рассматривается).

Развертки можно построить точные и приближенные.

Точные развертки можно строить для гранных поверхностей призмы и пирамиды (не считая графических погрешностей построения), для круговых цилиндров (развертка – прямоугольник с размерами " $\pi \cdot d$ "  $\times$  " $H$ ") и круговых конусов (круговой сектор с углом  $\varphi = \pi d/R$  и радиусом, равным  $L$  – длине образующей).

Развертки, которые можно построить графически, заменяя (аппроксимируя) заданные поверхности участками развертываемых призматических, пирамидальных или цилиндрических поверхностей, называются *приближенными*. К поверхностям, развертку которых можно построить приближенно, относятся круговые наклонные конуса, эллиптические цилиндры с круговыми сечениями, сферические, торовые, а также комбинированные поверхности, участки которых состоят из развертываемых поверхностей.

Каждой точке на поверхности соответствует единственная точка на развертке, т.е. между поверхностью и ее разверткой существует взаимно однозначное соответствие, которое обладает следующими свойствами:

- а) длины двух соответствующих линий на поверхности и на развертке равны;
- б) линии, параллельные на поверхности, сохраняют параллельность на развертке;
- в) углы между соответствующими пересекающимися линиями на поверхности и на развертке равны;
- г) площади соответствующих фигур на поверхности и на развертке, ограниченные замкнутыми линиями, равны.

*Развертки многогранников.*

Построение развертки многогранников сводится к определению натуральных величин боковых граней или ребер этих поверхностей. Натуральные величины граней (плоскостей) или ребер (прямых) могут быть определены любым из рассмотренных выше способов (см. тему "Преобразование чертежа").

*Развертка поверхности призмы.*

Построение развертки поверхности призмы можно выполнить несколькими способами:

1. Способ нормального сечения.
2. Способ раскатки.
3. Способ треугольников (триангуляции) – здесь не рассматривается.

Рассмотрим на примерах построение развертки поверхности призмы первым способом.

Способ нормального сечения (нормальное сечение перпендикулярно ребрам призмы).

Этот способ развертки боковой поверхности призмы можно применить, если на чертеже:

- ребра призмы являются прямыми уровня, то есть имеют на одной из заданных проекций натуральную величину;
- на проекциях нет натуральных величин оснований призмы.

!!! Если на чертеже ребра призмы являются прямыми общего положения, то следует изменить положение призмы относительно плоскостей проекций, преобразовав ребра в прямые уровня. Например, способом замены плоскостей проекций.

Построение развертки боковой поверхности призмы способом нормального сечения выполняется по следующему графическому алгоритму:

*1-е действие.* Провести на проекции, которой параллельны ребра призмы, плоскость НОРМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ, перпендикулярную ее ребрам (в произвольном месте по длине ребер).

*2-е действие.* Построить натуральную величину многоугольника нормального сечения (например, способом замены плоскостей проекций).

*3-е действие.* Развернуть на свободном поле чертежа натуральный многоугольник сечения в прямую и через точки его вершин провести перпендикулярные прямые – направления ребер.

*4-е действие.* Отложить на направлениях ребер в обе стороны от линии нормального сечения натуральные отрезки соответствующих ребер.

*5-е действие.* Соединить построенные конечные точки ребер отрезками прямых и достроить плоскую фигуру развертки боковой поверхности призмы.

*6-е действие.* Оформить чертеж развертки, проведя линии сгиба в местах расположения ребер тонкими штрихпунктирными линиями с двумя короткими штрихами.

Развертка поверхности пирамиды.

Построение развертки боковой поверхности пирамиды следует выполнять по следующему графическому алгоритму.

*1-е действие.* Построить на заданных проекциях пирамиды натуральные величины всех ее боковых ребер (например, способом вращения вокруг проецирующей прямой) и натуральную величину многоугольника основания пирамиды (если основание лежит в плоскости уровня, то натуральная величина дана на одной из проекций) и натуральные величины плоскостей срезов.

*2-е действие.* Построить на свободном поле чертежа последовательно грани пирамиды по натуральным величинам ребер и натуральным величинам сторон основания (с помощью дуг-засечек) так, чтобы они имели общую вершину *S* и примыкали друг к другу.

*3-е действие.* Пристроить к развертке боковой поверхности натуральные величины основания и плоскостей срезов, получив, по возможности, цельную развертку пирамиды.

*4-е действие.* Оформить чертеж развертки, проведя тонкими штрихпунктирными линиями внутренние линии сгиба.



Развертка цилиндрической и конической поверхностей.

Развертки цилиндрических и конических поверхностей выполняются аналогично разверткам призматических и пирамидальных поверхностей. При этом цилиндрическую поверхность можно заменить (аппроксимируется) вписанной многоугольной призматической поверхностью (обычно двенадцатиугольной), а коническую поверхность заменить вписанной многоугольной пирамидальной поверхностью, т.е. построить приближенные развертки.

Образец выполнения листа 10 с задачей 17 показан на рис. 4.10.

На поле чертежа слева выполнить фронтальную и горизонтальную проекции правильной пирамиды (без профильной проекции), построенной на листе 4 (задача 8, таблица 4.5) по заданному графическому условию со срезом и сквозным пазом.

#### 4.10.3. План графических действий для решения задачи 17

План решения задачи соответствует графическим действиям предложенного алгоритма:

*1-е действие.* Построить на проекциях пирамиды натуральные величины ребер и основания и плоскостей среза и паза:

1. Натуральные величины всех ребер определяет фронтальная проекция ребра  $SA(S''A'')$ ;

2. Натуральные величины основания и плоскости паза  $\gamma(\gamma_H)$  его сторон определяют их горизонтальные проекции  $(ABC(A'B'C'))$  и  $4-5-5-4(4'-5'-5'-4')$ , так как эти плоскости параллельны плоскости проекций  $H$ .

3. Построить на проекциях натуральные величины плоскостей среза и сквозного паза способом вращения вокруг проецирующих осей:

– плоскость среза  $\alpha(\alpha_V)$  повернуть вокруг фронтально-проецирующей оси  $i''_1$ , проходящей через точку  $2(2'')$ ;

– плоскость паза  $\beta(\beta_V)$  повернуть вокруг фронтально-проецирующей оси  $i''_2$ , проходящей через точку  $3(3'')$ ;

– плоскость паза  $\delta(\delta_V)$  повернуть вокруг горизонтально-проецирующей оси  $i'_3$ , проходящей через точку  $6(6')$ .

На поле чертежа справа построить полную развертку поверхности пирамиды.

*2-е действие.* Построить развертку пирамиды:

1. Из точки "S", выбранной на поле чертежа справа, провести дугу радиусом, равным натуральной величине ребер пирамиды;

2. Построить тонкими линиями треугольники боковых граней пирамиды, отметив на дуге засечками величины сторон основания, и соединить вершины основания  $A, B, C$  и  $A$  с вершиной  $S$  (поверхность пирамиды разрезана по ребру  $SA$  и грани развернута по часовой стрелке).

3. Достроить на развертке линии среза и паза, полученные на гранях пирамиды:

– линии  $3-4, 4-5$  и  $5-6$ , по которым плоскости паза пересекают две грани  $SAB$  и  $SAC$ , используя натуральные величины отрезков и параллельности отрезков;

– линии 1-2, 2-2 и 2-1, по которым плоскость среза  $\alpha$  пересекает все три грани, по натуральным величинам отрезков ребер  $A1(A''1'')$ ,  $B2(A''2_0'')$  и  $C2(A''2_0'')$ .

4. Достроить к развертке боковой поверхности пирамиды:

– к стороне основания  $BC$  натуральные величины двух частей основания и плоскостей паза по порядку их развертки – участок основания  $B - C - 6 - 6$ , плоскость  $\delta$ , плоскость  $\gamma$ , плоскость  $\beta$  и участок основания  $3-3-A$ ;

– к линии 1-2 среза грани (например, грани  $SAB$ ) натуральную величину плоскости  $\alpha$  – треугольник 1-2-2.

*3-е действие.* Оформить чертеж полной развертки поверхности пирамиды, проведя внутри очерка развертки линии сгиба тонкими штрихпунктирными линиями с двумя пунктирами.

#### **4.11. Графическая работа № 11 (листы 11 и 12, задачи 18 и 19)** (аксонометрические проекции)

##### **4.11.1. Содержание графической работы № 11 и условия задач 18 и 19**

Для успешного выполнения задач 18 и 19 следует проработать и усвоить следующий материал начертательной геометрии.

Тема «Аксонометрические проекции».

1. Общие сведения:

- определение и свойства аксонометрических проекций;
- изометрические, диметрические и триметрические проекции;
- прямоугольные и косоугольные проекции;
- основная теорема аксонометрии – теорема К. Польке–Г. Шварца.

2. Стандартные аксонометрии. ГОСТ 2.317-69 «Аксонометрические проекции».

**Задача 18** (лист 11). Построить аксонометрическую проекцию пирамиды в прямоугольной или косоугольной диметрии.

Графическое условие пирамиды – пирамида задачи 8 (см. табл. 4.5, лист 4).

**Задача 19** (лист 12). Построить аксонометрическую проекцию цилиндра в прямоугольной изометрии.

Графическое условие цилиндра – цилиндр задачи 9 (см. табл. 4.6, лист 5).

Аксонометрические проекции пирамиды и цилиндра выполнять на формате А3 белой бумаги.

##### **4.11.2. Общие сведения и определения**

Прямоугольные проекции предмета на взаимно перпендикулярные плоскости проекций по методу Г. Монжа позволяют точно передать на чертеже форму предмета и его размеры, просты в построении, но не обладают наглядностью.

Создание в уме по комплексному чертежу пространственного образа изображенного предмета требует навыков аналитического мышления и наличия пространственного воображения, т.е. достаточно развитого пространственного мышления.

Для наглядного изображения предмета существуют проекции, которые называют аксонометрическими проекциями, или аксонометриями (в переводе с древнегреческого – осеизмерение).

**Аксонометрическая проекция** – это параллельная проекция предмета вместе с системой прямоугольных координат, к которым этот предмет отнесен в пространстве (на чертеже), на некоторую плоскость проекций, называемую плоскостью аксонометрических проекций.

Чтобы обеспечить наглядность предмета по одному изображению на одной аксонометрической плоскости, направление проецирования (направление проецирующих лучей) не должно совпадать с направлениями координатных осей  $x$ ,  $y$  и  $z$ , к которым предмет отнесен на чертеже и, соответственно, не должно быть параллельным координатным плоскостям проекций  $xOy$ ,  $xOz$  и  $zOy$ .

Систему прямоугольных координат  $O_{xyz}$ , к которой предмет относят в пространстве для построения его аксонометрии, выбирают обычно так, чтобы оси  $x$ ,  $y$  и  $z$  этой системы совпадали с координатными осями комплексного чертежа.

Аксонометрические проекции как проекции параллельные имеют некоторые свойства параллельных проекций:

- аксонометрическая проекция отрезка прямой также является прямой;
- если отрезки прямых параллельны на предмете, они также параллельны на его аксонометрической проекции.

Аксонометрической проекцией окружности на аксонометрии в общем случае является эллипс.

В зависимости от соотношения коэффициентов искажения аксонометрические проекции разделяются на:

а) **изометрические**, у которых все коэффициенты искажения равны, т.е.  $K_x = K_y = K_z$  ( $i_{zos}$  – равный);

б) **диметрические**, у которых два коэффициента равны, т.е.  $K_x = K_z$ , а  $K_y$  им не равен ( $d_i$  – двойной);

в) **триметрические**, у которых все коэффициенты разные, т.е.  $K_x \neq K_y \neq K_z$  ( $treis$  – три).

В зависимости от угла наклона проецирующих лучей к плоскости аксонометрических проекций (угла проецирования) аксонометрические проекции разделяются на:

а) **прямоугольные**, когда проецирующие лучи перпендикулярны аксонометрической плоскости проекций (угол проецирования равен  $90^\circ$ );

б) **косоугольные**, когда проецирующие лучи не перпендикулярны аксонометрической плоскости проекций (угол проецирования не равен  $90^\circ$ ).

Аксонометрических проекций можно получить бесконечное множество, как может быть бесконечно количество аксонометрических плоскостей проекций и направлений проецирования к ним.

Основная теорема аксонометрических проекций была сформулирована немецким геометром К. Польке: «Любые три отрезка на плоскости, выходящие из

одной точки, могут быть приняты за параллельные проекции (то есть за аксонометрические оси) трех равных и взаимно перпендикулярных отрезков в пространстве».

Г. Шварц, немецкий математик, обобщил теорему К. Польке, доказав, что «любой полный четырехугольник на плоскости всегда является параллельной проекцией некоторого масштабного тетраэдра (пирамиды), имеющего равные и взаимно перпендикулярные ребра» (диагонали четырехугольника можно рассматривать как аксонометрические оси). Эту обобщенную теорему и называют теоремой К. Польке–Г. Шварца.

**Стандартные аксонометрии.** ГОСТ 2.317-69 «Аксонометрические проекции».

Математические (тригонометрические) расчеты величин коэффициентов искажения, углов между аксонометрическими осями, расположение и размеры больших и малых осей эллипсов здесь не рассматриваются [5–7].

В стандарте даны пять видов аксонометрических проекций:

1. Прямоугольная изометрия.
2. Прямоугольная диметрия.
3. Косоугольная фронтальная диметрия.
4. Косоугольная фронтальная изометрия.
5. Косоугольная горизонтальная изометрия.

В курсе начертательной геометрии рассматриваются первые три вида аксонометрических проекций.

Окружности на проекциях предметов (т.е. проекции цилиндрических поверхностей) проецируются на аксонометрическое изображение предмета в виде эллипсов. Графические способы построения четырехцентровых овалов, которыми заменяют эллипсы, окружности которых лежат в плоскостях, параллельных плоскостям проекций  $V$ ,  $H$  и  $W$ , рассматриваются в учебниках по черчению и инженерной графике. Эллипсы, окружности которых лежат в плоскостях  $HE$  параллельных плоскостям проекций, строятся на аксонометриях в основном по точкам, принадлежащих этим окружностям.

Образцы выполнения листов 11 и 12 с задачами 18 и 19 даны на рис. 4.11 и 4.12 соответственно.

### ***4.11.3. План графических действий для решения задачи 18 и 19***

#### **Задача 18.**

Образец выполнения аксонометрической проекции пирамиды со срезом и сквозным пазом показан на рис. 4.11 (лист 11).

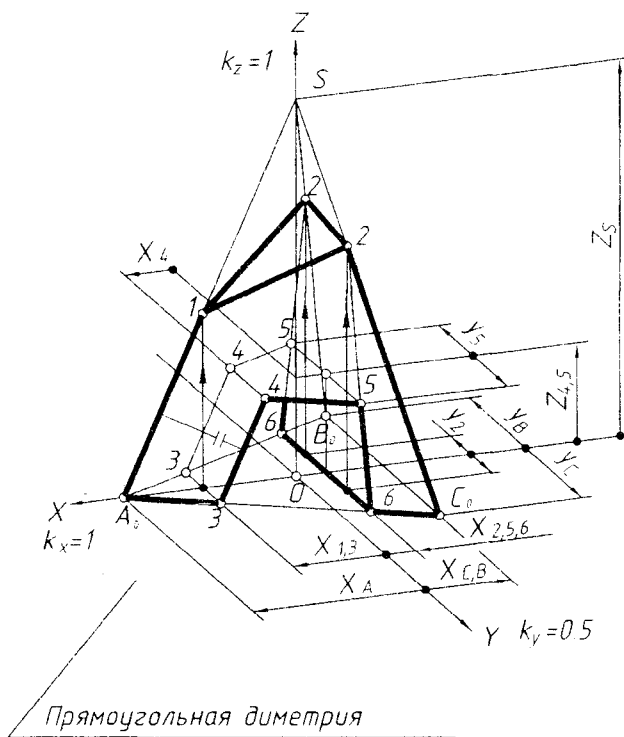
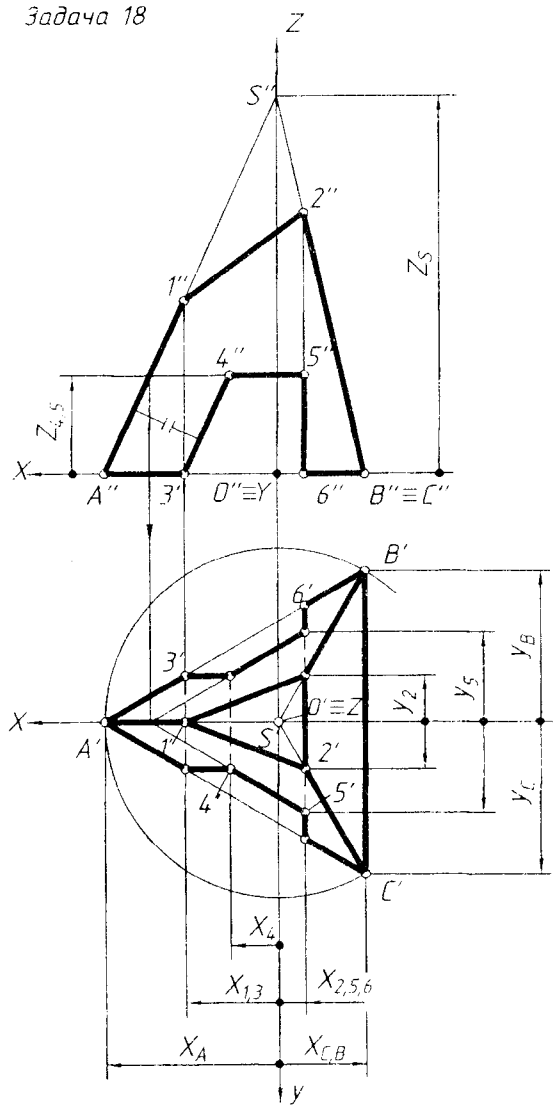
На поле чертежа слева выполнить *две* проекции заданной пирамиды, а справа – ее аксонометрическое изображение в прямоугольной диметрии.

Для построения аксонометрии выполнить следующие геометрические действия.

*1-е действие.* Отнести пирамиду к системе прямоугольных координат  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

*2-е действие.* Определить на проекциях пирамиды координаты " $x$ ", " $y$ " и " $z$ " отмеченных точек 1, 2, 4 и 5, лежащих на боковой поверхности пирамиды, и точек  $A, B, C$ , 3 и 6, лежащих на основании пирамиды.

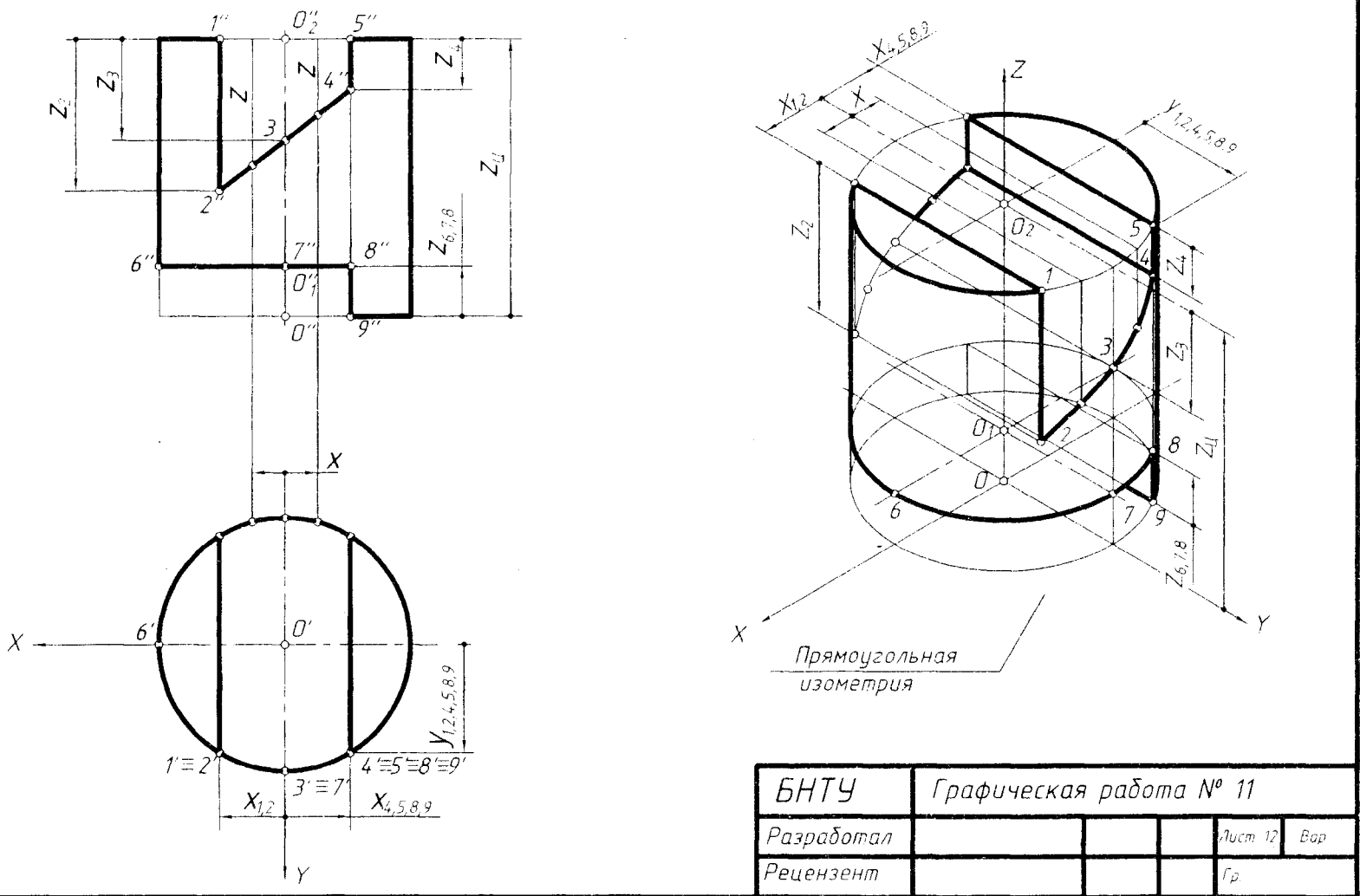
Задача 18



|            |                         |  |             |
|------------|-------------------------|--|-------------|
| БНТУ       | Графическая работа № 11 |  |             |
| Разработал |                         |  | Лист 11 Вар |
| Рецензент  |                         |  | Гр          |

Рис. 4.11

Задача 19



|            |                         |  |             |
|------------|-------------------------|--|-------------|
| БНТУ       | Графическая работа № 11 |  |             |
| Разработал |                         |  | Лист 12 ВОР |
| Рецензент  |                         |  | Гр.         |

Рис. 4.12

*3-е действие.* На свободном поле чертежа справа отметить точку  $O$  начала аксонометрических координат и провести оси прямоугольной диметрии.

*4-е действие.* Построить полную аксонометрию пирамиды без среза и паза:

1. Построить вторичную проекцию основания пирамиды  $A_0 B_0 C_0$  по координатам  $x$  и  $y$  точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  и проекции точек 3 и 6, лежащих на основании пирамиды, по координатам  $x_3$  и  $x_6$ .

2. Построить вершину пирамиды точку " $S$ " по координате  $Z_s$  и соединить вершину с вершинами основания.

*5-е действие.* Достроить срез и паз на аксонометрии пирамиды, построив по соответствующим координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  аксонометрические проекции отмеченных точек 1, 2, 4 и 5.

*6-е действие.* Оформить чертеж аксонометрии пирамиды, выполнив толстыми линиями ее видимый контур (тонкими линиями оставить полную проекцию, невидимый контур и линии построения).

### **Задача 19.**

Образец выполнения аксонометрической проекции цилиндра с пазом и срезом показан на рис. 4.12(лист 12).

На поле чертежа слева выполнить две проекции цилиндра со сквозным пазом и срезом. Профильные плоскости паза и среза пересекают поверхность цилиндра по образующим, фронтально-проецирующая плоскость паза – по участкам эллипса, горизонтальная плоскость среза – по окружности.

Для построения аксонометрии цилиндра выполнить следующие графические действия.

*1-е действие.* Отнести цилиндр к системе прямоугольных координат  $x$ ,  $y$  и  $z$ .

*2-е действие.* Определить на проекциях координаты  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек 1–9.

*3-е действие.* На свободном поле чертежа справа отметить точку  $O$  начала аксонометрических координат и провести аксонометрические оси прямоугольной изометрии.

*4-е действие.* Построить полную аксонометрию цилиндра без паза и среза:

1. В точке  $O$  нижнего основания и в точке  $O_1$  верхнего основания, лежащих на оси  $Z$  на высоте цилиндра  $Z_c$ , построить два эллипса, большие оси которых перпендикулярны оси  $Z$  (построение четырехцентрового овала смотри учебник [4]).

2. Провести две образующие цилиндра через конечные точки больших осей эллипсов.

*5-е действие.* Достроить паз и срез на аксонометрии, построив по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  аксонометрические проекции отмеченных точек:

– паз: по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  точек 1, 2, 3, 4 и 5;

– срез: достроить с центром в точке  $O_1$  эллипс (овал) в горизонтальной плоскости среза и построить по координатам точек 6, 7 и 8, лежащие на этом эллипсе; достроить по образующей 5 – 9 точки 9, лежащие на эллипсе нижнего основания цилиндра.

*6-е действие.* Оформить чертеж аксонометрии цилиндра, выполнив толстыми линиями ее видимый контур (оставить тонкими линиями полную проекцию, невидимый контур и линии построения).

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Учебники

1. Бубенников, А.В., Громов, М.Я. Начертательная геометрия. – М., 1985.
2. Винницкий, И.Г. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа 1975. – 208 с.: ил.
3. Виноградов, В.Н. Начертательная геометрия: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Амалфея, 2001. – 368 с.
4. Галиченко, К.Я., Ляшевич, К.К. Начертательная геометрия: учебник для втузов. – Минск, 1976. – 306 с.: ил.
5. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии: учебное пособие для втузов / Под ред. В.О. Гордона. – 26-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.: ил.
6. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1999. – 288 с.
7. Гордон, В.О., Семенцов-Огиевский, М.А. Курс начертательной геометрии: учебное пособие / Под ред. Ю.Б. Иванова. – 23-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 272 с.
8. Короев, Ю.И. Начертательная геометрия: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Архитектура-С, 2007. – 424 с.: ил.
9. Начертательная геометрия / Н.Н. Крылов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 231 с.: ил.
10. Локтев, О.В. Краткий курс начертательной геометрии. – 3-е изд., исправл. – М.: Высшая школа, 1999. – 136 с.: ил.
11. Нартова, Л.Г. Современный курс начертательной геометрии. – М., 1996.
12. Начертательная геометрия / Под ред. Н.Н. Крылова. – М.: Высшая школа, 2000. – 224 с.
13. Начертательная геометрия / Н.Ф. Четверухин [и др.]. – М., 1963.
14. Павлова, А.А. Начертательная геометрия. – М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 1999. – 301 с.: ил.
15. Тарасов, Б.Ф., Дудкин, Л.А., Немолотов, С.О. Начертательная геометрия. – СПб.: Изд-во «Лань», 2001. – 256 с.: ил. – (Учебники для вузов. Спец. литература).
16. Фролов, С.А. Курс начертательной геометрии. – М.: 1983.
17. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: учебник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 286 с.: ил.
18. Чекмарев, А.А. Начертательная геометрия и черчение. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 1999. – 471 с.: ил.

### Сборники задач

19. Бубенников, А.В., Громов, М.Я. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1963.
20. Георгиевский, О.В. Начертательная геометрия: сборник задач с решением типовых примеров. – М.: АСТ, Астрель, 2006. – 101 с.: ил.



21. Гордон, В.О., Иванов, Ю.Б., Солнцева, Т.Е. Сборник задач по курсу начертательной геометрии. – М.: Машиностроение, 1998.
22. Засов, В.Д., Иконникова, Г.С., Крылов, Н.Н. Задачник по начертательной геометрии. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1984.
23. Локтев, О.В., Числов, П.А. Задачник по начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1997. – 103 с.: ил.
24. Пеклич, В.А. Задачи по начертательной геометрии. – М.: Высшая школа, 1997.
25. Посвянский, А.Д., Рыжов, Н.Н. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1963.
26. Фролов, С.А. Сборник задач по начертательной геометрии. – М., 1980.

### **Дополнительная литература**

27. Александрович, З.И., Зенюк, И.А., Якубенко, В.С. Черчение: учебное пособие для подготовительных отделений вузов. – Минск: Высшая школа, 1983. – 228 с.: ил.

*Примечание:* можно пользоваться указанными учебниками и сборниками задач и других лет издания, а также учебниками и сборниками по начертательной геометрии других авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Введение .....  | 3  |
| 1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 4  |
| 1.1. Учебные задачи начертательной геометрии .....  | 4  |
| 1.2. Тематический план курса начертательной геометрии.....  | 4  |
| 1.3. Общие методические рекомендации к изучению<br>курса начертательной геометрии .....   | 7  |
| 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ<br>НА РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ .....  | 8  |
| 2.1. Перечень графических работ для самостоятельного<br>изучения курса .....  | 8  |
| 2.2. Оформление и представление графических работ .....   | 10 |
| 2.3. Порядок рецензирования.....  | 13 |
| 3. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ<br>В СООТВЕТСВИИ СО СТАНДАРТАМИ ЕСКД .....   | 14 |
| 3.1. Форматы – ГОСТ 2.301-68 .....  | 14 |
| 3.2. Масштабы – ГОСТ 2.302-68 .....   | 14 |
| 3.3. Линии – ГОСТ 2.303-68 .....  | 15 |
| 3.4. Шрифты чертежные – ГОСТ 2.3304-81 .....  | 16 |
| 3.5. Нанесение размеров – ГОСТ 2.307-68 .....   | 20 |
| 3.6. Чертежные материалы, принадлежности и инструменты .....  | 22 |
| 4. ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ: СОДЕРЖАНИЕ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕМ,<br>ТАБЛИЧНЫЕ И ГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПО ВАРИАНТАМ,<br>МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ, ОБРАЗЦЫ ВЫПОЛНЕНИЯ<br>ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ .....   | 23 |
| 4.1. Графическая работа № 1 (лист 1, задачи 1 и 2): образование<br>проекций; проекции точки и прямой; взаимное положение прямых<br>и их изображение на чертеже; проекции плоских углов .....                                | 23 |
| 4.2. Графическая работа № 2 (лист 2, задачи 3 и 4):<br>перпендикулярность прямой и плоскости .....  | 30 |
| 4.3. Графическая работа № 3 (лист 3, задачи 5 и 6): преобразование<br>чертежа: способ перемены (замены) плоскостей проекций,<br>способы вращения вокруг проецирующей оси и линии уровня,<br>плоскопараллельный перенос..... | 35 |
| 4.4. Графическая работа № 4 (лист 4, задачи 7 и 8): поверхности;<br>многогранники – призма, пирамида .....  | 39 |
| 4.5. Графическая работа № 5 (лист 5, задачи 9 и 10): поверхности;<br>поверхности вращения – цилиндр и конус .....   | 50 |
| 4.6. Графическая работа № 6 (лист 6, задачи 11 и 12): поверхности;<br>поверхности вращения – сферическая и торовая.....   | 62 |