

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной графики и САПР

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Практикум
для студентов групп специальностей
по направлению «Агроинженерия»
(форма обучения – дневная)*

Студент _____

Факультет _____

Группа _____

Преподаватель
_____ (_____)

“ _____ ” _____ 200 г.

Минск
БГАТУ
2009

УДК 744:62]:514.18(07)
ББК 22.151.3я7
И 62

Рекомендовано научно-методическим советом факультета «Технический сервис в АПК» БГАТУ

Протокол № 4 от 21 апреля 2009 г.

Составители:

канд. пед. наук, доц. О.В.Ярошевич;
канд. техн. наук Н.П.Амельченко

Рецензенты:

канд. техн. наук, доц. БГТУ *Н.И. Жарков*;
д-р техн. наук, проф. БГАТУ *В.М. Капцевич*

Инженерная графика : практикум / сост. О.В.Ярошевич,
И 62 Н.П.Амельченко. – Минск : БГАТУ, 2009. – 160 с.
ISBN 985-985-519-115-6.

Издание содержит необходимый теоретический материал, задания для самостоятельной работы и для работы в аудитории, вопросы для самопроверки, примеры расчетно-графических работ. В практикуме предусмотрено место для построений чертежей, выполняемых студентами в аудитории и дома.

Предназначено для студентов дневного отделения групп специальностей по направлению «Агроинженерия».

УДК 744:62]:514.18(07)
ББК 22.151.3я7

ISBN 978-985-519-115-6

© БГАТУ, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум составлен в соответствии с учебной программой дисциплины «Инженерная графика», раздел «Начертательная геометрия» для студентов высших технических учебных заведений сельскохозяйственного профиля.

Практикум построен на модульной основе. Содержит описание форм учебного процесса по дисциплине, методические рекомендации по изучению курса и решению задач, указания по оформлению расчетно-графических работ, принятые обозначения, задания для самостоятельной работы и практических занятий.

Задания сгруппированы в 7 занятий по основным темам дисциплины. Каждое занятие содержит цель, требования к уровню усвоения темы занятия, основные теоретические положения; задания, которые решаются в аудитории на практическом занятии под руководством преподавателя и выполняются самостоятельно в процессе подготовки к занятию и для последующего закрепления изученного материала, вопросы для самоконтроля. Большинство задач аналогичного типа включены в экзаменационные билеты.

На занятиях задачи решаются в большинстве случаев студентами самостоятельно; преподаватель дает руководящие указания к выбору пути решения и составлению плана. Задачи решаются непосредственно в практикуме с применением чертежных инструментов.

При подготовке к занятиям необходимо:

- а) изучить теоретический материал темы по конспекту лекций и соответствующим разделам учебника, внимательно проработать основные теоретические положения, имеющиеся в данном практикуме;
- б) ответить на вопросы для самоконтроля по теме;
- в) решить задачи для самостоятельной работы.

В памяти должны быть зафиксированы теоремы, определения, правила, выводы, особое внимание следует обратить на правильную терминологию.

Задания, предназначенные для самостоятельной работы, сдаются преподавателю, ведущему практические занятия. Сдача заданий состоит из собеседования на тему сдаваемого занятия. При этом студент должен теоретически обосновать решения задач; пояснить расположение геометрических элементов в пространстве; объяснить план решения задачи; решить самостоятельно задачи, предложенные преподавателем на тему занятия. Соответствующие листы проверяются и подписываются преподавателем, ведущим практические занятия.

В практикуме даны также иллюстративный материал и задачи, которые могут быть использованы в качестве заготовок лектором во время чтения лекции, поэтому студент обязан иметь данный практикум на лекционных занятиях.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование, изготовление и эксплуатация машин, механизмов, приборов связаны с изображением изделия на эскизах, технических рисунках, чертежах, схемах. Дисциплина «Инженерная графика» готовит студентов к выполнению и чтению чертежей так же, как знание азбуки и грамматики позволяет человеку читать и писать.

Дисциплина состоит из трех структурно и методически согласованных разделов: «Начертательная геометрия», «Основы технического черчения» и «Компьютерная графика».

Начертательная геометрия является теоретической основой построения технических чертежей. Задача изучения данного раздела сводится к развитию пространственного представления и воображения, изучению способов конструирования различных пространственных объектов (в основном поверхностей), способов получения их чертежей. Инженерное творчество немислимо без знания законов, связывающих пространственную форму и плоское изображение.

Техническое черчение дает студенту умение и необходимые навыки выполнять и читать технические чертежи, чтобы понять конструкцию и способ применения изображаемого изделия, а также выполнять эскизы деталей и конструкторскую документацию.

Компьютерная графика позволяет освободить студента от трудоемких, однотипных чертежных работ, которые на компьютере выполняются качественнее, точнее и быстрее. Автоматизация инженерно-графических работ не только ускоряет процесс проектирования и разработки конструкторской документации, но и ставит его на более высокий профессиональный уровень. Целью раздела является освоение методов и средств компьютерной графики; приобретение знаний и умений по работе с пакетами прикладных программ; автоматизации процесса выполнения рабочих чертежей деталей, сборочного чертежа, оформления конструкторской документации.

При изучении начертательной геометрии согласно с требованиями государственного образовательного стандарта необходимо освоить следующие темы.

- Предмет и метод начертательной геометрии. Методы проецирования (центральное, параллельное, прямоугольное проецирование и их свойства).
- Аксонометрические проекции (образование, виды, показатели искажения, прямоугольные изометрическая и диметрическая проекции, изображение окружности).
- Задание и изображение на комплексном чертеже Монжа точки, прямой, плоскости и многогранников.
- Способы преобразования чертежа.
- Кривые линии и кривые поверхности (поверхности вращения; линейчатые поверхности; винтовые поверхности; циклические поверхности).
- Позиционные задачи, алгоритмы их решения.

- Метрические задачи (определение расстояний от точки до прямой и плоскости, определение углов, построение разверток многогранников, цилиндрических, конических поверхностей вращения).

В начертательной геометрии можно выделить три типа задач: построение проекций геометрических объектов, позиционные и метрические задачи.

Позиционными называются задачи установления взаимного положения и принадлежности геометрических элементов.

Метрические – это задачи определения по чертежу натуральных величин отрезков (расстояний), истинных углов и других размеров.

Логика решения задач в начертательной геометрии выражается в виде алгоритмов, отражающих определенную последовательность выполнения графических операций. Эти алгоритмы могут иметь форму словесного описания последовательности графических действий или быть в виде формализованной записи с использованием символов.

Требования к уровню знаний и умений студентов, приступающих к изучению дисциплины «Инженерная графика»

Студент должен:

знать:

- основные понятия стереометрии (множество, точка, прямая, плоскость, расстояния);
- свойства параллельной проекции;
- ортогональное (прямоугольное) проецирование;
- взаимное расположение прямых и плоскостей (параллельность и перпендикулярность);
- многогранники, их развертки;
- фигуры вращения;

уметь:

- мысленно выделять из предметов, представляющих собой сочетание различных геометрических фигур, составные элементы;
- воссоединять элементы в целостный предмет;
- выявлять отношения сходства и различия между соотносимыми фигурами.

Формы учебного процесса по начертательной геометрии

Учебный процесс по начертательной геометрии включает лекции, самостоятельную работу, подготовку к практическим занятиям, практические занятия, программированный и модульный контроль знаний по темам курса, выполнение расчетно-графических работ, консультации, экзамен.

Практические занятия. В начале практических занятий проводится контроль знаний по теме занятия, далее студент предьявляет преподавателю

выполненные в практикуме задания, уточняет, дополняет их и выполняет под руководством преподавателя комплекс графических заданий.

Лекции. На лекциях студенты знакомятся с теоретическими основами курса, методами решения типовых задач начертательной геометрии, с новой для них терминологией и ведут конспект.

Самостоятельная работа. Самостоятельная работа студентов представляет собой изучение лекционного материала; решение задач в соответствии со способами и алгоритмами, рассмотренными на лекциях и практических занятиях; изучение государственных стандартов, правил выполнения и оформления чертежей по требованиям технической и конструкторской документации, соответствующим ЕСКД; выполнение карандашом расчетно-графических работ.

Расчетно-графические работы (РГР) выполняются студентам по индивидуальным вариантам в процессе изучения материала и в соответствии с графиком учебного процесса и учебной программой дисциплины. Содержание РГР, примеры их оформления приведены на стендах, методических указаниях и в данном практикуме.

Консультации проводятся преподавателем еженедельно по кафедральному расписанию. На них проверяются и принимаются РГР, проводится повторный контроль знаний, даются пояснения по различным вопросам дисциплины.

Перед экзаменами лектор дает консультации для всех групп потока.

Экзамен принимается лектором в конце I семестра I курса.

На экзамен студент предоставляет:

- а) практикум, подписанный преподавателем, ведущим практические занятия;
- б) альбом расчетно-графических работ, подписанный преподавателем.

Методические рекомендации к решению задач по начертательной геометрии

Умение решать задачи является одним из показателей знаний начертательной геометрии, глубины понимания учебного материала.

Для усвоения данного умения необходимо **решать** задачи, при чем решать самостоятельно, вдумчиво, начиная с простых задач и постепенно переходя к более сложным. Главное в том, чтобы разобраться, что они собой представляют, как устроены, из каких составных частей состоят; анализировать содержание каждой задачи, не подбирать способ решения, а сознательно выбирать его. А для этого надо четко представлять, в чем состоит требование задачи, каковы ее условия, необходимо увидеть задачу в пространстве. Затем составить план ее решения и определить теоретические предпосылки предполагаемых графических построений.

Приступая к решению задач графическим способом, следует иметь в виду, что, несмотря на разнообразие условий и широкий круг вопросов, ответы на которые должны быть получены в результате решений, графический способ обладает широкой унификацией процесса решения.

Графическое решение любой задачи сводится к выполнению простейших геометрических построений. Так как эти построения осуществляются с помощью только линейки и циркуля, то и графические операции, которые необходимо выполнить при решении задач, заключаются в проведении прямых линий и дуг окружностей. При этом проведение линий является промежуточным этапом на пути к решению многих задач. Линии проводят лишь для того, чтобы найти точку их пересечения как между собой, так и с линиями, входящими в исходные данные задачи или проведенными в процессе ее решения.

В процессе графического решения задач используется ограниченное число геометрических построений, в основном они сводятся к проведению проекций взаимно параллельных и взаимно перпендикулярных прямых, а также решению задач по нахождению положения точки пересечения прямой с плоскостью, определению расстояния между двумя точками и действительной величины угла между двумя прямыми.

Отмеченные геометрические построения и задачи являются основными, часто встречающимися фрагментами, из которых складывается решение большинства задач, осуществляемое графическим способом. Естественно, умение свободно выполнять перечисленные фрагменты задач является необходимым условием для их успешного решения.

Следует иметь в виду, что все геометрические построения осуществляются на основании свойств параллельного проецирования, теоремы о частном случае проецирования прямого угла, сведений из школьного курса геометрии и черчения.

Указания по оформлению чертежей

1. Все построения должны выполняться при помощи чертежных инструментов и принадлежностей.
2. Все элементы (точки, прямые, плоскости и т. п.) при решении задач должны сопровождаться буквенными или цифровыми обозначениями.
3. Буквы и цифры следует наносить так, чтобы они не пересекались какими-либо линиями.
4. Полученные результаты решения обводить красным цветом.
5. Линии связи проводить тонкими линиями с нанесением на них стрелок, поясняющих ход решения задачи.

Оформление расчетно-графических работ

Оформление чертежей РГР должно соответствовать правилам ЕСКД, которые изложены в учебниках и справочниках по дисциплине, а также в кратком изложении приведены в занятии 1 настоящего практикума.

При традиционной ручной графике выполнение заданий с помощью чертежного инструмента чертежи РГР по начертательной геометрии выпол-

няются на листах чертежной бумаги формата А3 (297 x 420 мм), за исключением некоторых листов, которые выполняются на формате А4 (210 x 297 мм).

На расстоянии 5 мм от линии обреза листа проводится рамка поля чертежа (рисунок 1.1). С левой стороны линия рамки проводится от линии обреза листа на расстоянии 20 мм.

Задания к РГР берутся в соответствии с вариантом, определяемым порядковым номером студента в журнале группы. Чертежи заданий вычерчиваются в масштабе 1 : 1 и располагаются на листе с учетом наиболее равномерного размещения всех задач в пределах формата листа.

Чертежи выполняются с помощью чертежных инструментов вначале карандашом в тонких линиях с последующей обводкой всех построений. Для этой цели используют карандаши твердости «Т», «Н». В циркуле должен быть грифель карандаша твердости «ТМ», «НВ». Обводку же чертежей целесообразно проводить карандашом твердости «ТМ», «НВ» или «М», «В», «F» (в циркуле – «М», «В», «F» или «2М», «2В», «2F»).

На тщательность построений должно быть обращено серьезное внимание. Небрежно выполненные построения не только снижают качество чертежа, но и приводят к неправильным результатам.

При обводке чертежа необходимо выбрать толщину и тип линий в соответствии с ГОСТ 2.303–68. На отдельном листе бумаги надо провести образцы этих линий и выдерживать их на всем чертеже. Четкость и рельефность чертежа значительно зависят от толщины линий. Все видимые основные линии – сплошные толщиной $S = 0,8-1,0$ мм. Линии центров и осевые – штрихпунктирной линией толщиной от $S/2$ до $S/3$ мм. Линии построений и линии связи должны быть сплошными и наиболее тонкими. Линии невидимых контуров показывают штриховыми линиями.

Желательно при обводке пользоваться цветной пастой. При этом все линии исходных данных обводятся синим или зеленым цветом, искомые линии красным, линии построения – черным цветом. Все основные вспомогательные построения должны быть сохранены. Точки на чертеже желательно вычерчивать в виде окружности диаметром 1,5–2 мм с помощью циркуля – «балеринки».

Чертеж обводят в следующей последовательности:

- осевые и центровые линии;
- выносные и размерные линии;
- нанести стрелки, ограничивающие размерные линии;
- тонкие линии вспомогательных построений (уклона, конусности, линии пересечения и т. п.);
- кривые линии невидимого и видимого контуров;
- горизонтальные, затем вертикальные и наклонные линии невидимого контура;
- то же самое для линий видимого контура;
- цифры и другие надписи.

Линии штриховки проводят сразу требуемой толщины и четкости. При указанной последовательности обводки уменьшается загрязнение чертежа. Кроме того, при обводке сначала кривых, а затем остальных линий легче исправить ошибку (смещение линии). Чтобы не загрязнять лист чертежа рекомендуется закрывать его чистой бумагой, оставляя открытой только ту часть, на которой в данный момент выполняется чертеж.

Все надписи, как и отдельные обозначения в виде букв и цифр на чертежах, должны быть выполнены стандартным шрифтом размером 3,5 и 5 в соответствии с ГОСТ 2.304–81.

Принятые обозначения

1. Точки пространства обозначены прописными буквами латинского алфавита: A, B, C или цифрами 1, 2, 3...

2. Прямые и кривые линии пространства – строчными буквами латинского алфавита: a, b, c...

3. Поверхности и плоскости – строчными буквами греческого алфавита: α , β , γ , δ ...

4. Плоскости проекций – π_1 , π_2 , π_3 ...

5. Углы – строчными греческими буквами α , γ ...

6. Проекции точек, линий, плоскостей – теми же буквами, что и оригиналы, только с соответствующими индексами.

Действия с геометрическими элементами обозначаются:

\subset, \in – принадлежность одного множества другому (например: $a \in \Sigma$);

\supset – включение ($b \supset c$);

\cap – пересечение ($a \cap b$);

\cup – соединение ($c \cup d = cd$);

// – параллельность ($m//n$);

\perp – перпендикулярность;

\equiv – совпадение, результат действия;

\cdot – скрещивающиеся прямые.

МОДУЛЬ 1

КОМПЛЕКСНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ТОЧЕК, ПРЯМЫХ И ПЛОСКОСТЕЙ. МНОГОГРАННИКИ

Занятие 1. Общие правила оформления чертежей. Геометрические построения

Цель:

1. Изучение и практическое применение стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД):

- ГОСТ 2.104–2006 «Основные надписи»;
- ГОСТ 2.301–68 «Форматы»;
- ГОСТ 2.302–68 «Масштабы»;
- ГОСТ 2.303–68 «Линии»;
- ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертежные»;
- ГОСТ 2.306–68 «Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах»;
- ГОСТ 2.307–68 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

2. Усвоение правил выполнения основных геометрических построений.

В результате изучения темы студент **должен**:

иметь представление:

о роли и месте знаний по учебной дисциплине в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы по специальности;

знать:

- размеры основных форматов (ГОСТ 2.301–68);
- масштабы (ГОСТ 2.302–68);
- типы и размеры линий чертежа (ГОСТ 2.303–68);
- размеры и конструкцию прописных и строчных букв русского алфавита, цифр и знаков;
- форму, содержание и размеры граф основной надписи;
- общие требования к размерам в соответствии с ГОСТ 2.307–68;
- правила нанесения размеров на чертежах по ГОСТ 2.307–68;
- правила деления отрезка прямой, деления углов;
- приемы вычерчивания контуров деталей с применением различных геометрических построений;
- правила деления окружности на равные части;

уметь:

- выполнять различные типы линий и надписи на чертежах;
- заполнять графы основной надписи;
- наносить размеры в соответствии с ГОСТ 2.307–68;
- строить перпендикулярные и параллельные линии, уклон и конусность;
- строить сопряжения прямых, прямой и окружности, двух окружностей.

1.1 Основные теоретические положения

1.1.1 Основные требования к выполнению и оформлению чертежей.

1.1.2 Геометрическое черчение.

Литература: [4, 5].

1.1.1 Основные требования к выполнению и оформлению чертежей

1. Чертежи выполняют на листах определенных размеров, установленных ГОСТ 2.301–68. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполняемой тонкой линией. Форматы подразделяются на **основные** (таблица 1.1) и **дополнительные**.

Таблица 1.1 – Основные форматы чертежей

Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

В соответствии с ГОСТ 2.104–2006 чертеж имеет внутреннюю рамку на расстоянии от левой границы формата 20 мм, от трех других сторон на расстоянии 5 мм (рисунок 1.1). Рамка выполняется сплошной основной линией. Левое поле чертежа используется для брошюровки в альбом.

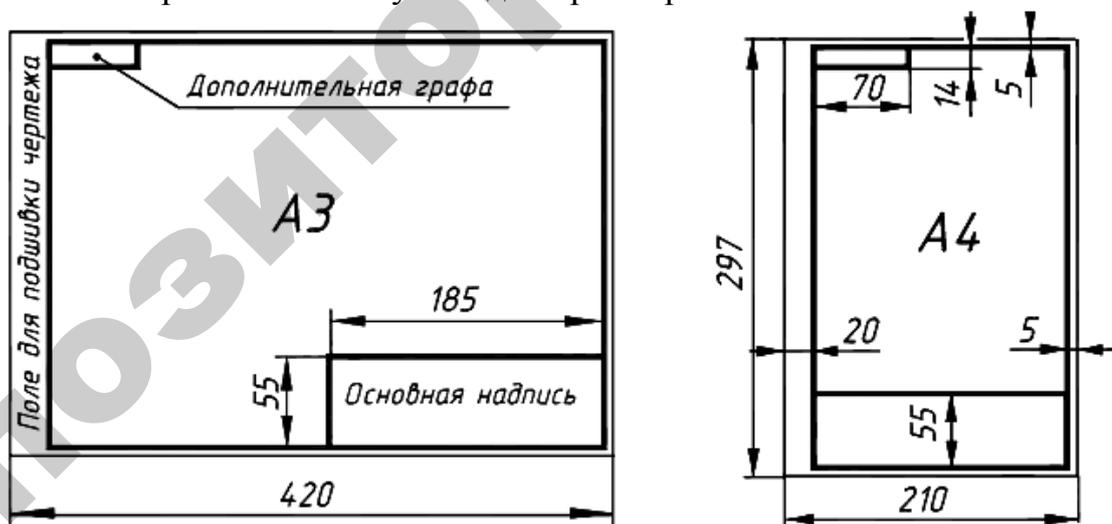


Рисунок 1.1 – Оформление чертежа

2. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться согласно ГОСТ 2.302–68 (таблица 1.2). Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться 1:1; 2:1; 1:10 и т. п. Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, помещают рядом с обозначением изображения. Например: А (5 : 1); Б-Б (1 : 4) и т. п.

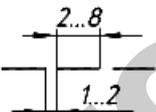
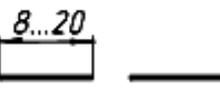
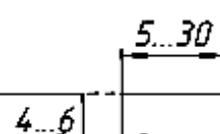
Таблица 1.2 – Масштабы изображений

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

3. Основными элементами чертежа являются линии. Их наименование, начертание и основное назначение для всех отраслей промышленности и строительства устанавливает ГОСТ 2.303–68 (таблица 1. 3).

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Таблица 1.3 – Линии чертежа

Наименование	Начертание	Толщина линии	Назначение
Сплошная толстая основная		s (0,5–1,4мм)	Линии видимого контура, линии перехода видимые
Сплошная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии выносные и размерные, линии штриховки, линии-выноски и др.
Сплошная волнистая		$s/3 \dots s/2$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая		$s/3 \dots s/2$	Линии невидимого контура, линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии осевые и центровые и др.
Штрихпунктирная утолщенная		$s/2 \dots 2/3 s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие обработке или покрытию и др.
Разомкнутая		$s \dots 1 \frac{1}{2} s$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		$s/3 \dots s/2$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками		$s/3 \dots s/2$	Линии сгиба на развертках, линии для изображений изделий в крайних положениях и др.

Типовые примеры начертания и основного назначения некоторых линий приведены на рисунке 1.2.

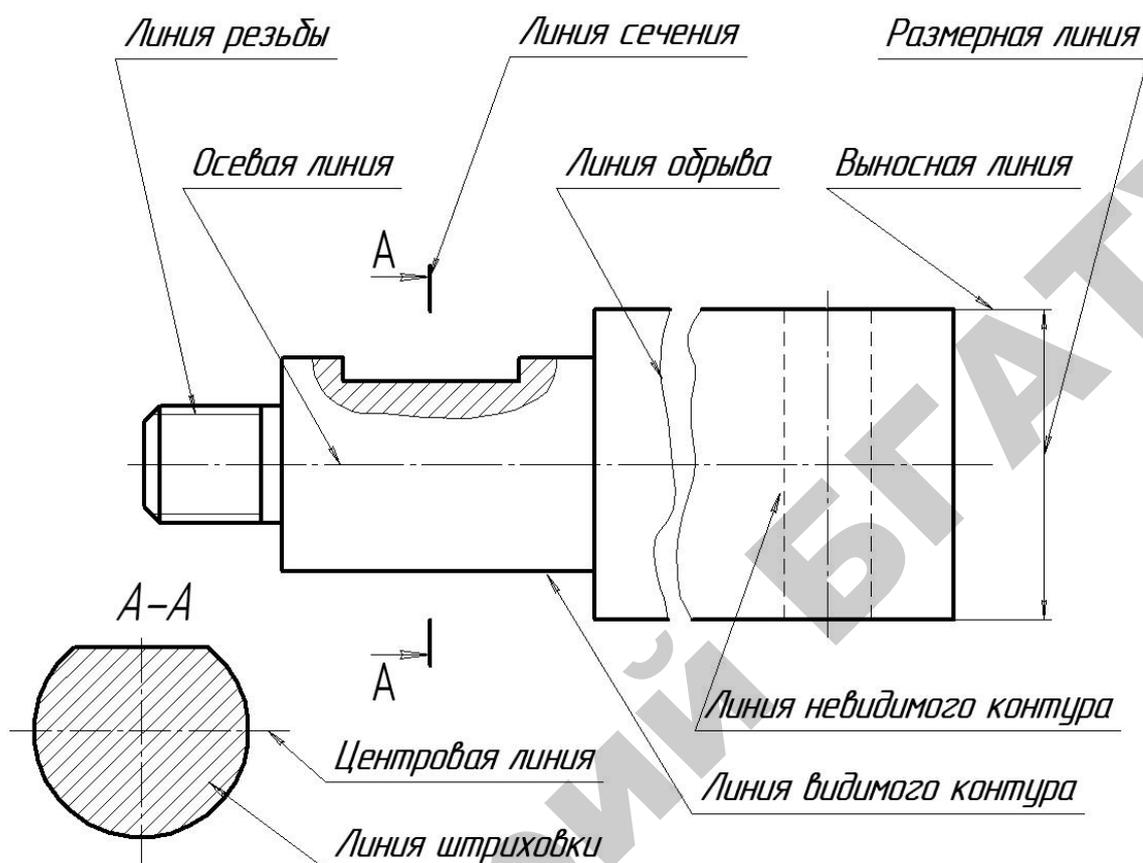


Рисунок 1.2 – Пример начертания и назначения линий чертежа

4. Чертежи содержат необходимые надписи: название изделий, размеры, данные о материале, обработке и другие надписи. Надписи на чертеже должны быть четкими и ясными. ГОСТ 2.304–81 устанавливает чертежные шрифты для надписей, наносимых на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

Размер шрифта h – величина, определяемая высотой прописных букв в миллиметрах. Она измеряется перпендикулярно к основанию строки (рисунок 1.3). Высота строчных букв c определяется из соотношения их высоты (без отступков) к размеру шрифта h , например $c = 7/10 h$.



Рисунок 1.3 – Соотношение размеров шрифта

Ширина буквы g – наибольшая ширина буквы определяется по отношению к размеру шрифта h , например $g = 6/10 h$, или по отношению к толщине линии шрифта $g = 6d$. **Толщина линии шрифта d** – толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта. Устанавливаются следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Примеры написания букв и цифр чертежным шрифтом приведены на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Шрифт типа Б (русский алфавит, арабские цифры и знаки)

5. Для удобства пользования чертежом в сечениях и разрезах наносят установленные ГОСТ 2.306–68 графические обозначения материалов.

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов должно соответствовать рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Общее графическое обозначение материала

Параллельные линии штриховки проводятся под углом 45° к линиям рамки чертежа (рисунок 1.6, а) или к оси вынесенного или наложенного сечения. Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа под углом 45° , совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° (рисунок 1.6, б).

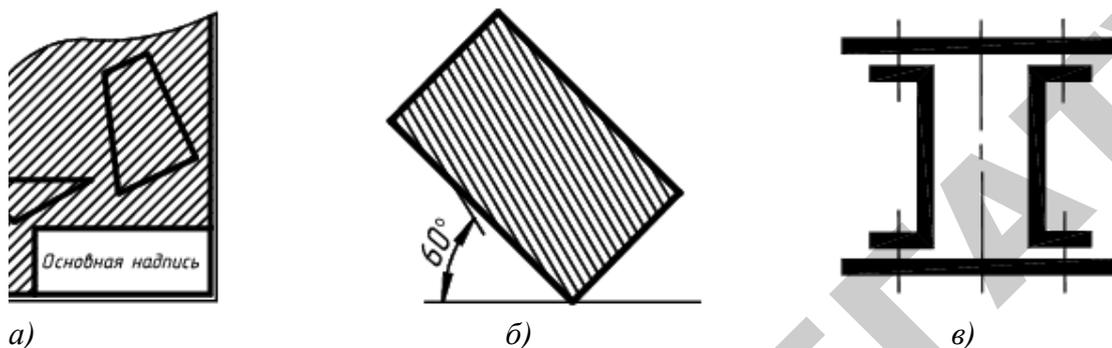


Рисунок 1.6 – Нанесение штриховки

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но как правило, в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых эти сечения расположены. Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки должно быть одинаковым. Указанное расстояние должно быть от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

Графические обозначения материалов в зависимости от вида материалов должны соответствовать приведенным в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Графические обозначения материалов

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
Дерево (обозначение следует применять, когда нет необходимости указывать направление волокон)	
Керамика и силикатные материалы для кладки, а также электротехнический фарфор	
Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Жидкости	

6. Правила нанесения размеров установлены ГОСТ 2.307–68. Общее число размеров должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля.

На начальном этапе изучения дисциплины необходимо усвоить следующие основные правила.

1. Размеры на чертежах указывают размерными числами, размерными и выносными линиями (сплошные тонкие) со стрелками с одного или обоих концов (рисунок 1.7).

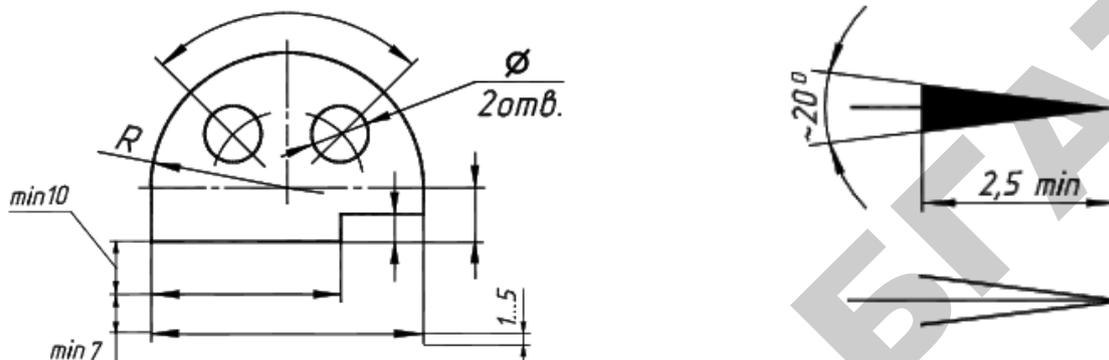


Рисунок 1.7 – Примеры нанесения размерных линий и стрелок

Линейные размеры и предельные отклонения их указывают на чертеже в мм, без указания единицы измерения, а угловые размеры – в градусах, минутах и секундах, например, 4° ; $0^\circ 45'$; $15^\circ 30' 25''$; $30^\circ \pm 10''$.

2. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям, или четко наносимыми точками (рисунок 1.8). При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (рисунок 1.8, в).

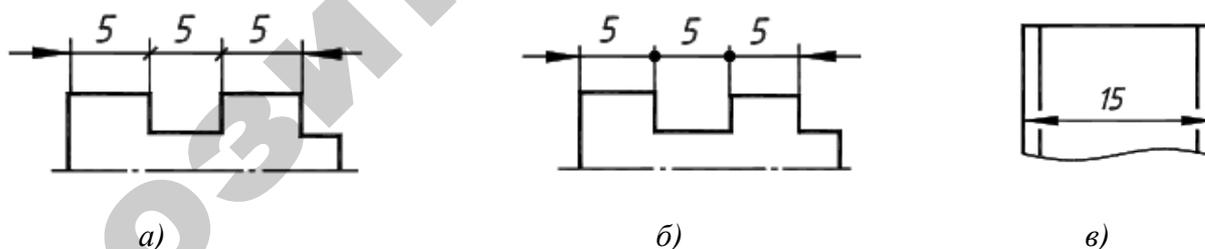


Рисунок 1.8

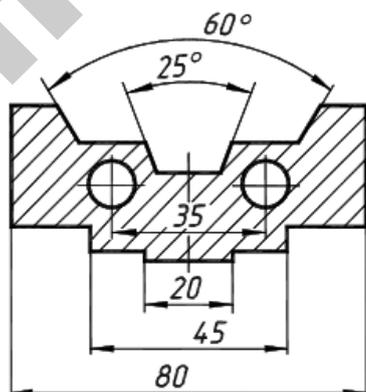


Рисунок 1.9

Размерные числа наносят над размерными линиями возможно ближе к их середине (рисунок 1.9). В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (рисунок 1.9). Минимальное расстояние между контуром и первой размерной линией, параллельной контуру, 10 мм, а между параллельными размерными линиями – 7 мм.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм. Между размерным числом и размерной линией должен быть промежуток в 0,8...1 мм, размер шрифта для цифр размерных чисел брать 3,5 или 5 мм.

При указании размера диаметра применяется знак \varnothing , который наносится перед размерным числом (рисунок 1.10).

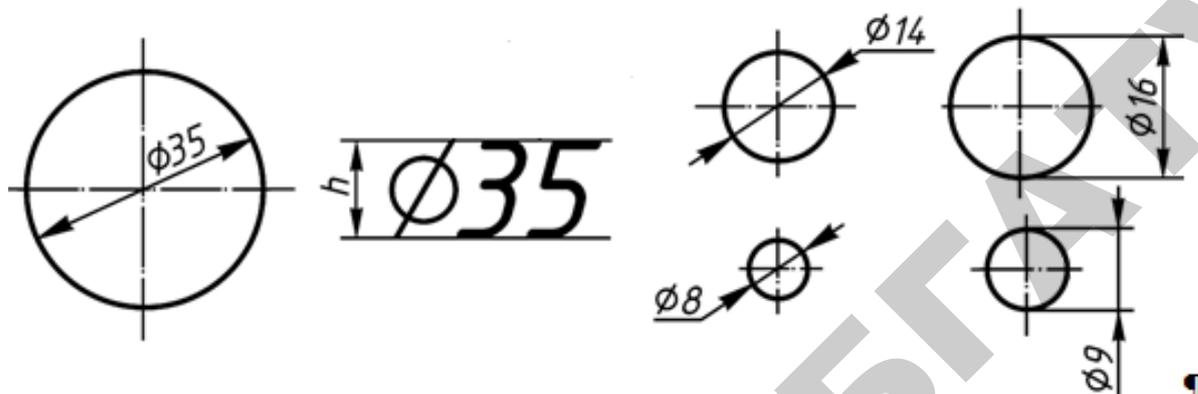


Рисунок 1.10

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещается прописная латинская буква R (рисунок 1.11, а). Размер квадрата наносится, как показано на рисунке 1.11, б.

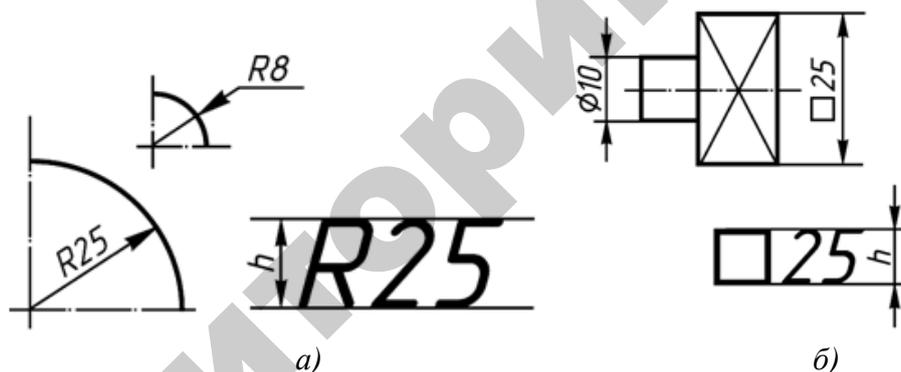


Рисунок 1.11

Сфера задается знаками \varnothing или R (рисунок 1.12). Если сферу трудно отличить от других поверхностей, то перед размерным числом наносится слово «Сфера» или знак \ominus (рисунок 1.13).

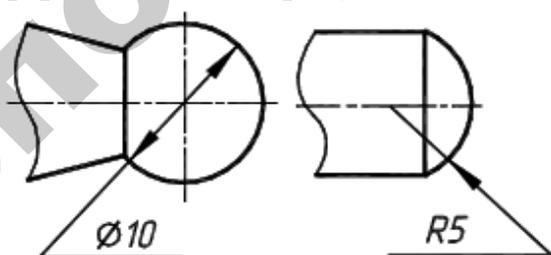


Рисунок 1.12

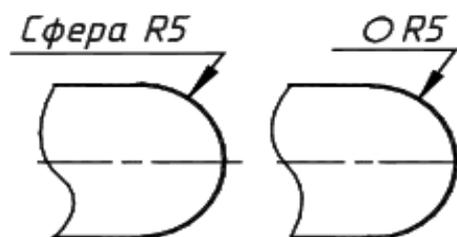


Рисунок 1.13

При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят concentрично дуге, а выносные линии – параллельно биссектрисе угла, а над размерным числом наносят знак \frown .

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак \triangleleft , острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски (таблица 1.5).

Уклон поверхности указывают у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения или в %. Перед размерным числом наносят знак \angle , острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (таблица 1.5).

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

7. Чертеж сопровождается основной надписью, которую располагают в правом нижнем углу (рисунок 1.14). **На листе формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны.**

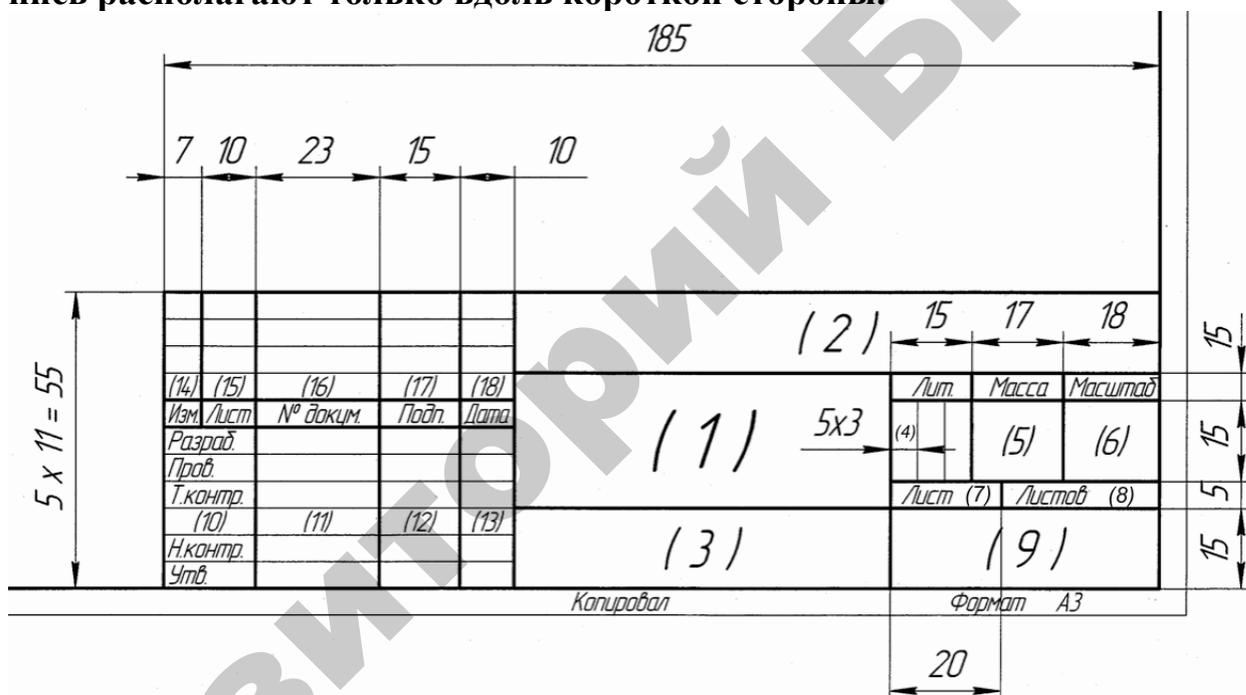


Рисунок 1.14 – Форма основной надписи для чертежей и схем

В графах основной надписи и дополнительных графах (номера граф на рисунке 1.14 указаны в скобках) приводятся следующие данные:

- в графе 1 – наименование изделия в именительном падеже в единственном числе в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109–73, а также наименование документа, если этому документу присвоен код;
- в графе 2 – обозначение документа;

Для учебных чертежей рекомендуется следующая структура обозначения документов (рисунок 1.15):

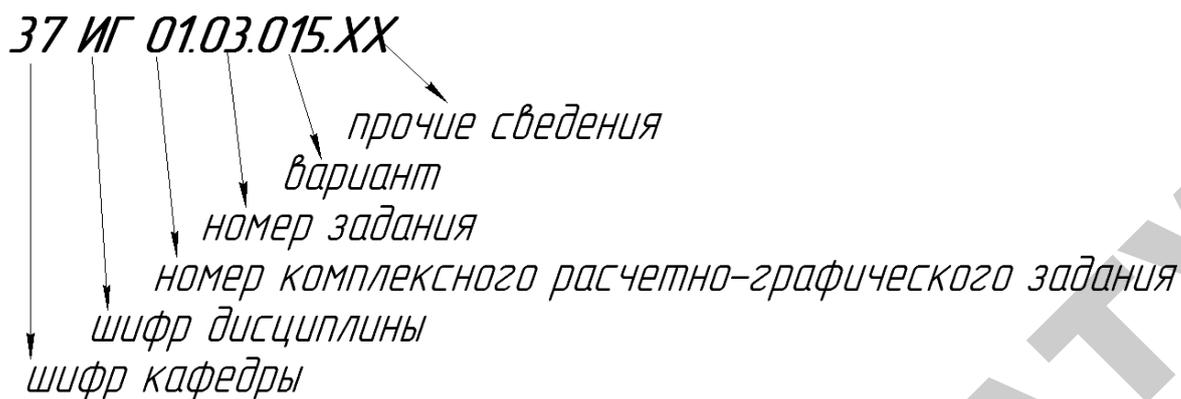


Рисунок 1.15 – Условное обозначение учебных чертежей

- в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
- в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103–68. Здесь могут стоять буквы: “П” – техническое предложение, “Э” – эскизный проект, “Т” – технический проект, “О” – опытный образец, “А” – установочная серия, “В” – серийное или массовое производство, “И” – индивидуальное производство;
- в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109–73;
- в графе 6 – масштаб;
- в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, эту графу не заполняют);
- в графе 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (графу не заполняют, если различительный индекс содержится в обозначении документа);
- в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2;
- в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ;
- в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;
- в графе 13 – дату подписания документа;
- в графах 14–18 – графы таблицы изменений, которые заполняют в соответствии с ГОСТ 2.503–74.

1.1.2 Геометрическое черчение

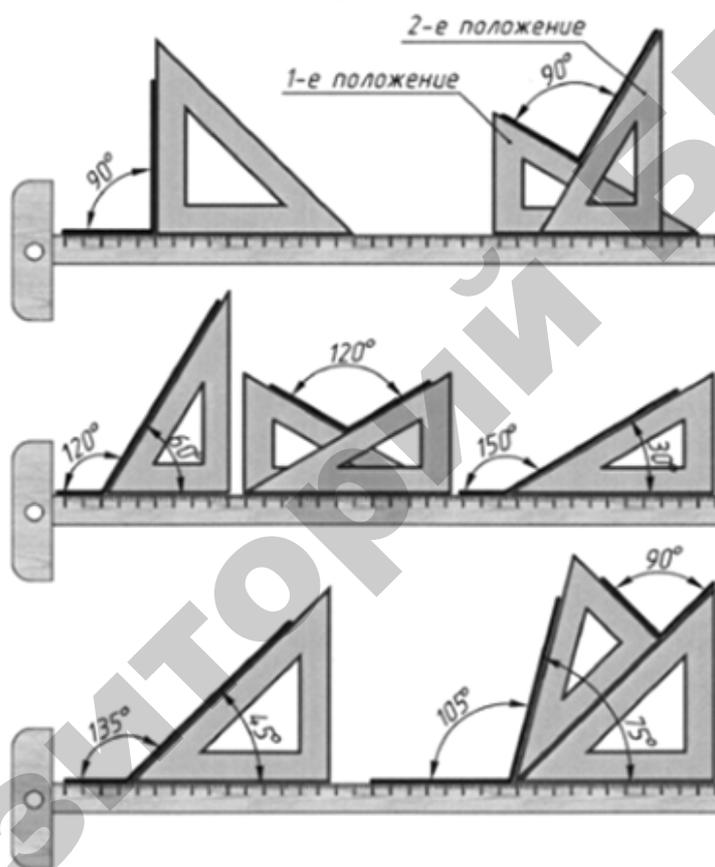
На практике довольно часто приходится выполнять некоторые простейшие геометрические построения. Поэтому необходимо знать основные приемы их построений.

Таблица 1.5 – Основные геометрические построения

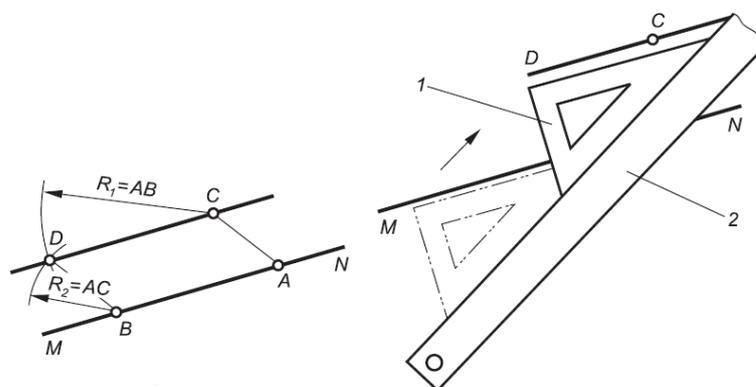
Построение вертикальных, наклонных и горизонтальных линий



Построение углов

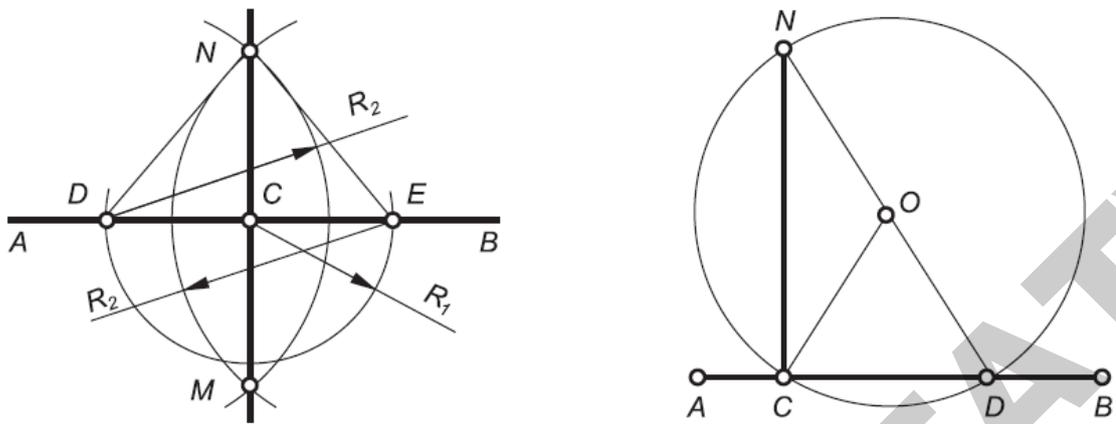


Построение параллельных прямых

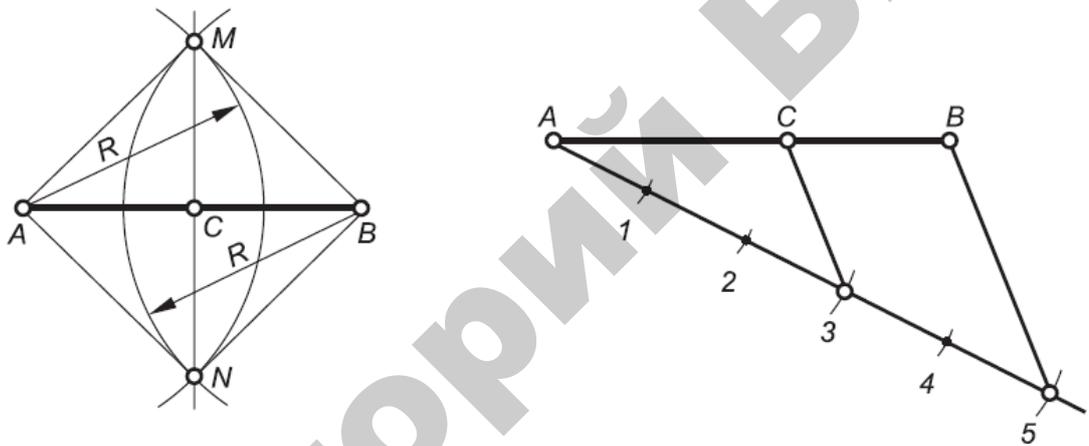


1 – треугольник, 2 – линейка

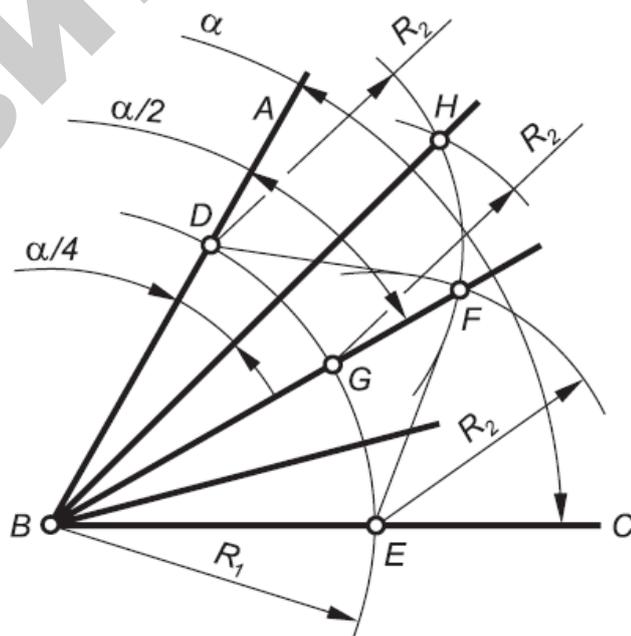
Построение взаимно перпендикулярных прямых



Деление отрезка прямой в заданном отношении

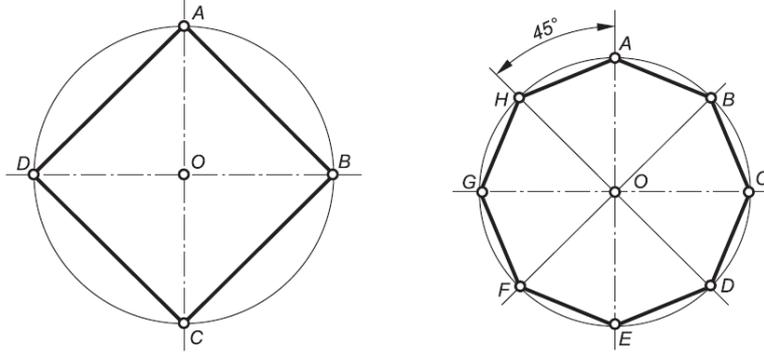


Деление углов

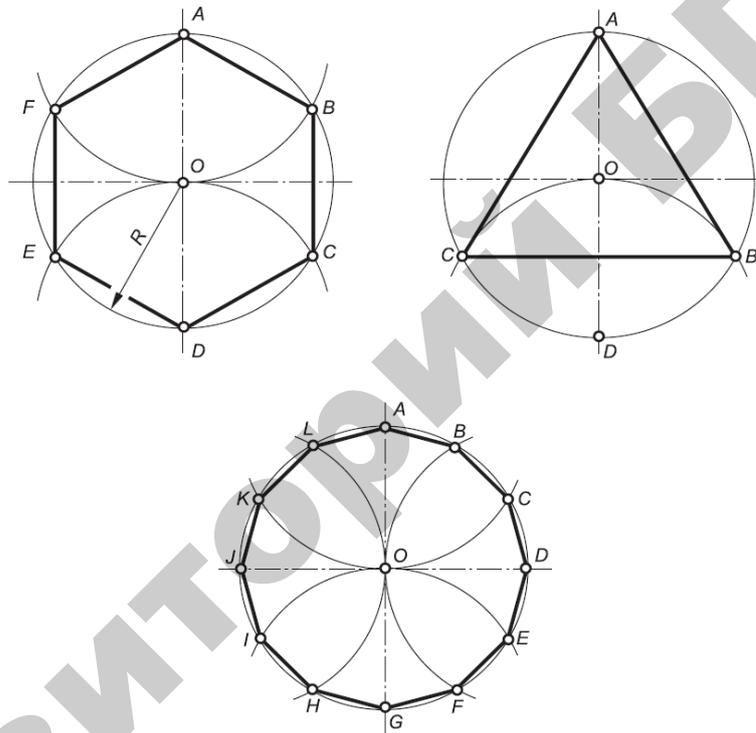


Деление окружности

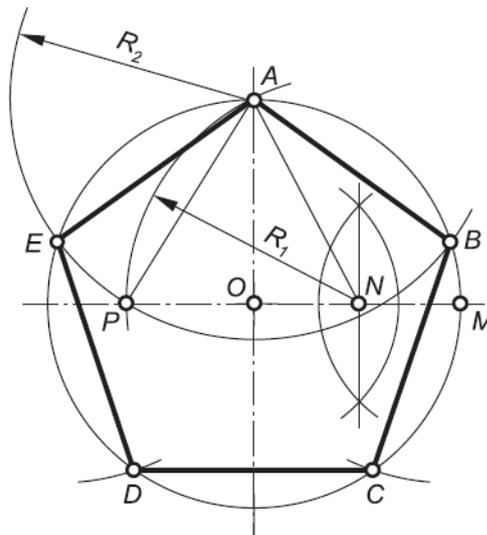
На четыре и восемь частей



На три, шесть и двенадцать частей

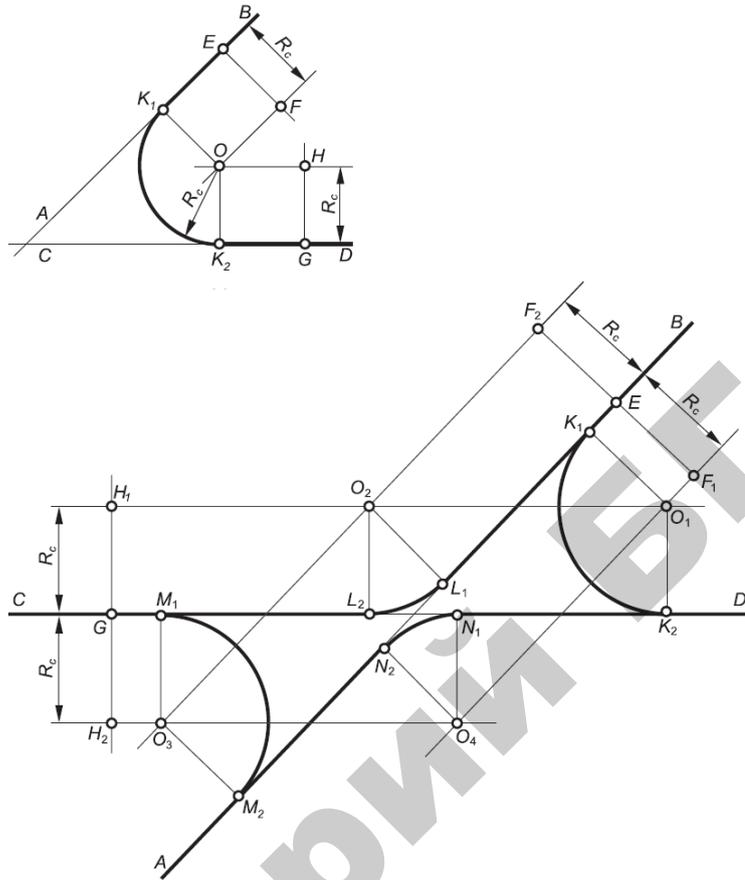


На пять и десять частей

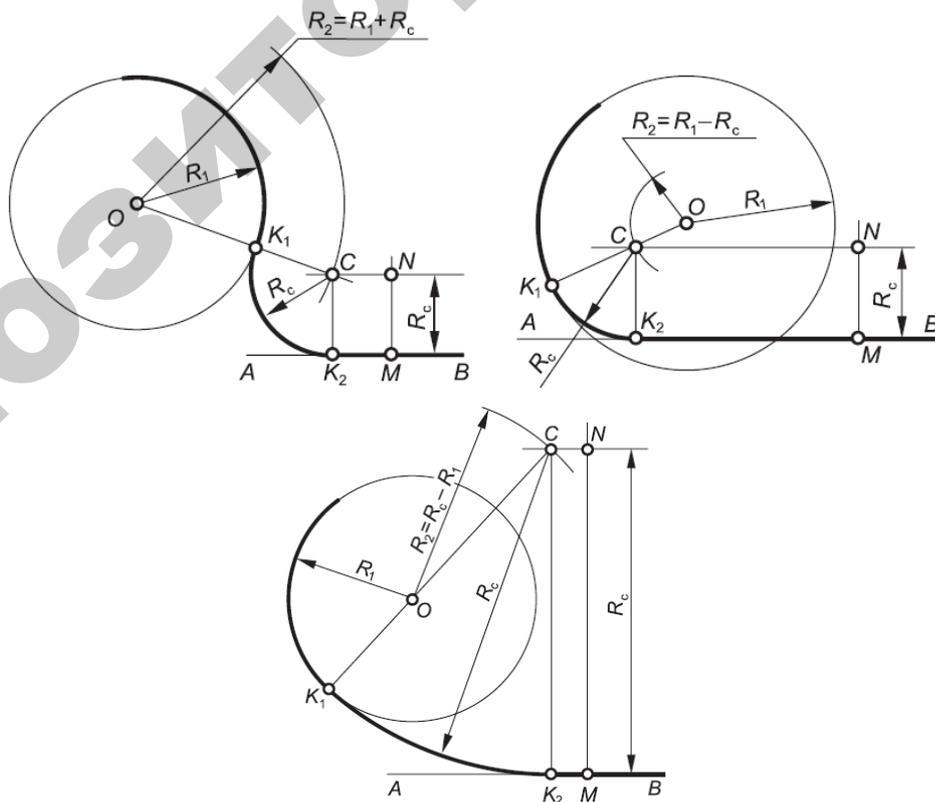


Сопряжения

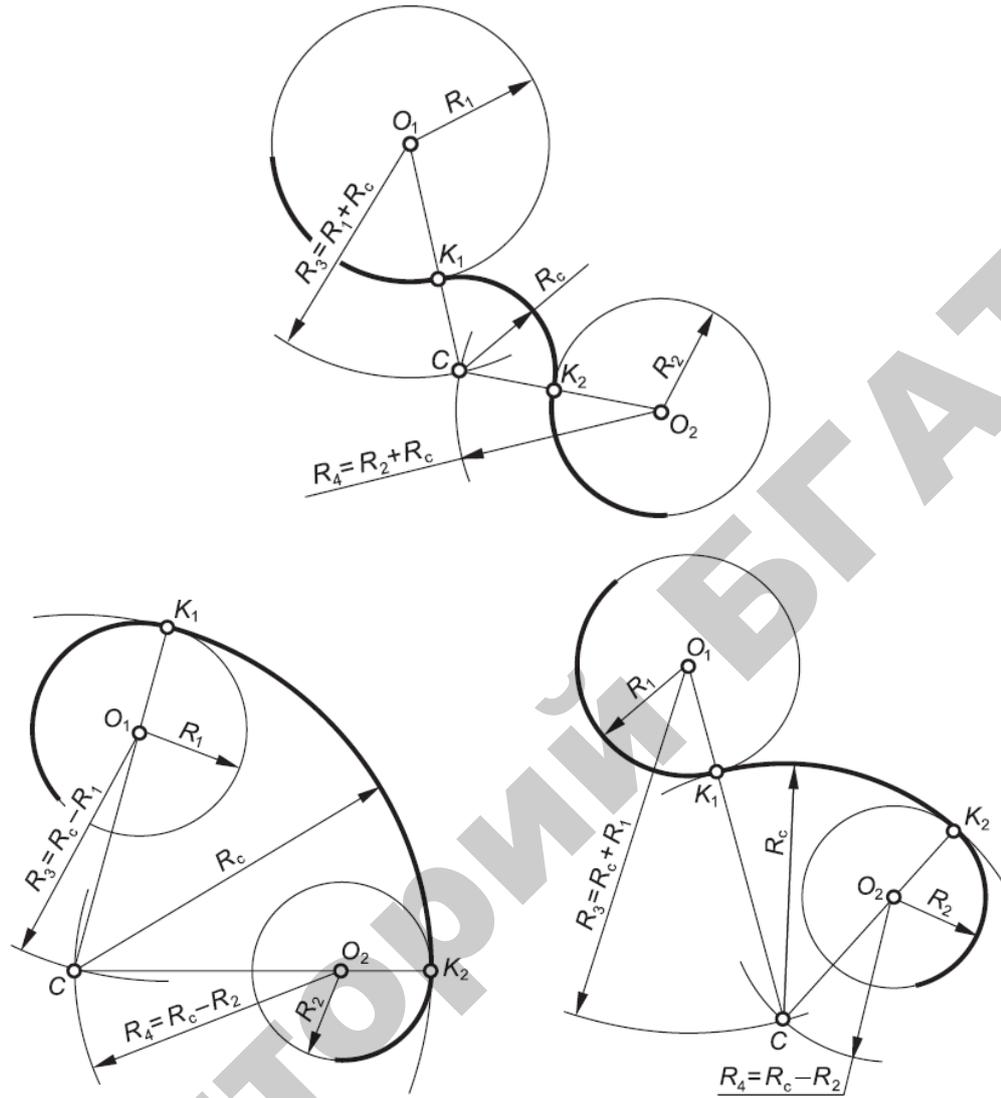
Сопряжение двух пересекающихся прямых линий



Сопряжение прямой линии с окружностью

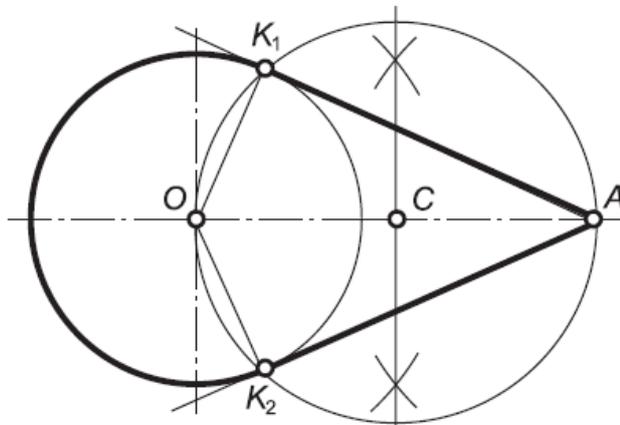


Сопряжение двух заданных окружностей



Построение касательных к окружностям

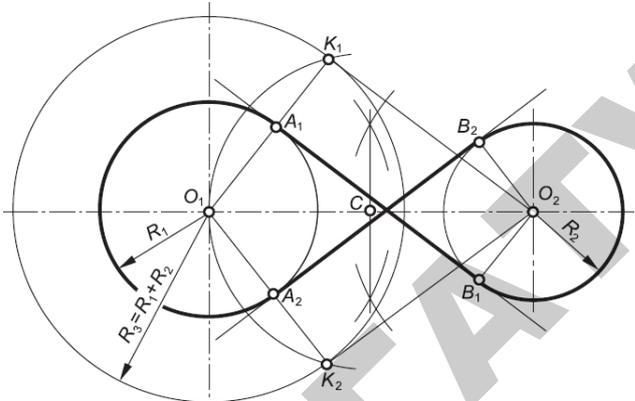
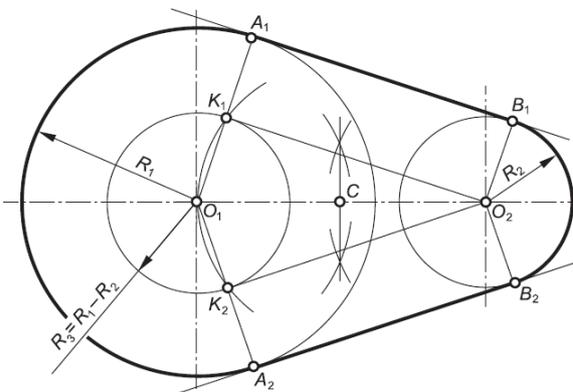
Построение касательной к одной окружности из заданной точки



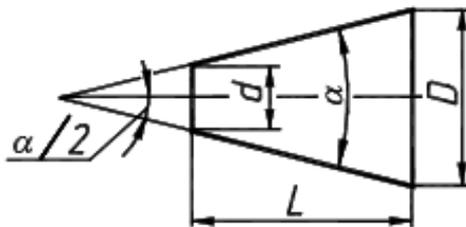
Построение касательных к двум окружностям

а) внешнее касание

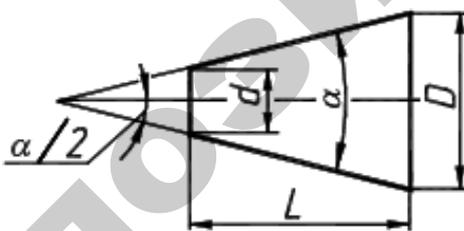
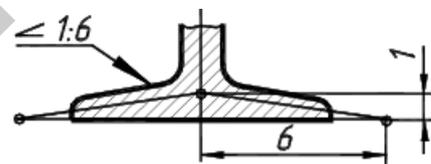
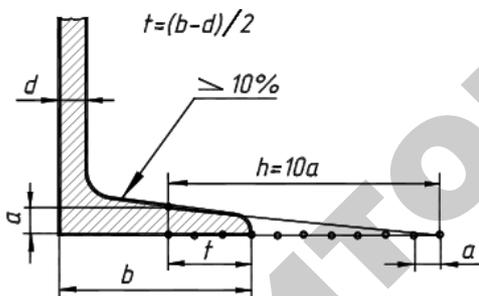
б) внутреннее касание



Построение уклона и конусности



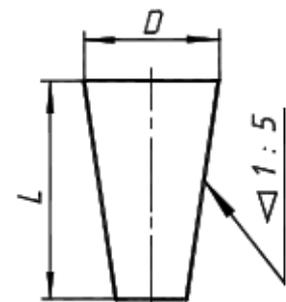
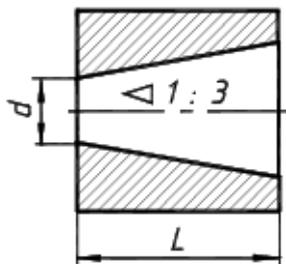
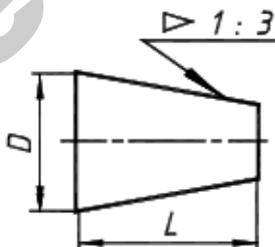
Уклон – это величина, характеризующая наклон одной линии (плоскости) по отношению к другой, $i = \text{tg } \alpha = \text{BC}/\text{AB}$.
Примеры построения уклона



Конусность – это отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними,

$$C = (D - d) / L = 2 \text{ tg } \alpha / 2.$$

Примеры обозначения конусностей:

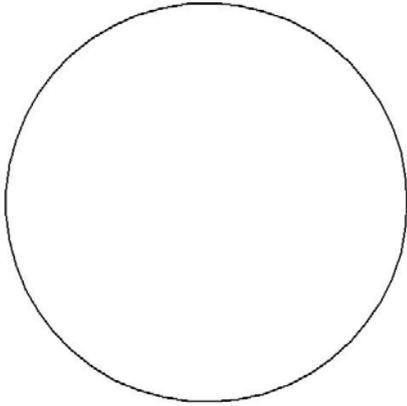


1.2 Вопросы для самоконтроля

1. Какое изображение называется чертежом?
2. Какие требования предъявляются к чертежам?
3. Какие основные форматы чертежей установлены по ГОСТ 2.301–68?
4. Как обозначаются и образуются дополнительные форматы чертежей?
5. Где на листе формата принято размещать основную надпись?
6. Что называется масштабом и как его записывают на чертежах?
7. Какие Вы знаете установленные ГОСТ 2.302-68 масштабы?
8. В каких случаях на чертежах не указывается масштаб?
9. Какие размеры шрифта установлены ГОСТ 2.304-68? Чем определяется размер шрифта?
10. Каким должен быть угол наклона букв и цифр?
11. Типы линий, применяемых при выполнении чертежей.
12. В каких пределах должна быть толщина сплошной основной линии? Каково соотношение толщин других линий?
13. Как проводятся центровые линии в окружностях диаметром меньше 12 мм?
14. Каковы условные обозначения штриховки для различных материалов?
15. Как штрихуют смежные плоскости?
16. Какие основные правила нанесения выносных и размерных линий?
17. Каково соотношение элементов размерной стрелки?
18. В каких единицах выражают размеры на машиностроительных чертежах?
19. Какое количество размеров должно быть на чертеже?
20. В каких случаях размерные стрелки можно заменять точками?
21. Как рекомендуется располагать размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу?
22. В каких случаях допускается проводить размерные линии с отрывом?
23. Как должна быть проведена размерная линия при обозначении дуги, угла?
24. Как наносятся размерные числа по отношению к размерным линиям?
25. Как следует писать размерные числа, если размерная линия горизонтальная, вертикальная, наклонная?
26. Можно ли размерное число наносить на заштрихованную поверхность?
27. В каких случаях на чертежах выполняется надпись «сфера»?
28. Как проставляют размеры радиусов, диаметров?
29. Как обозначают размеры одинаковых элементов?
30. Как проводится размерная линия при наличии разрыва в изображении?
31. В каких случаях допускается проведение выносных линий под углом к размерной линии?
32. На каком расстоянии друг от друга наносятся параллельные между собой размерные линии и расположение размерных чисел на них?
33. Что называется конусностью и как ее обозначают?
34. Что такое сопряжение? Каков порядок решения примеров на сопряжение?

1.3 Задания для самостоятельной работы

1.3.1 Построить: а) правильный шестиугольник, б) правильный пятиугольник, вписанные в окружность заданного радиуса (определить центр окружности).

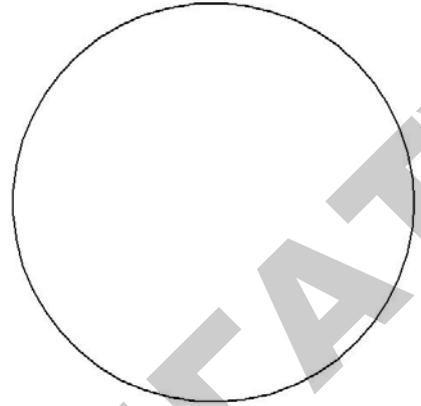
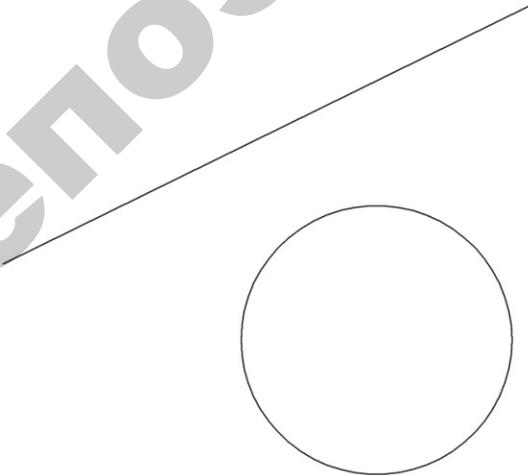


а)

1.3.2 Построить уклон 20 %.

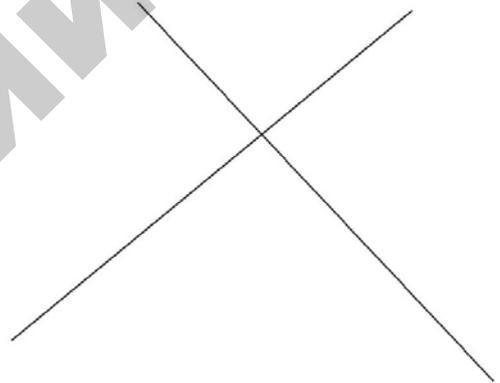


1.3.4 Выполнить одно из внешних сопряжений окружности и прямой дугой окружности радиуса 20 мм.

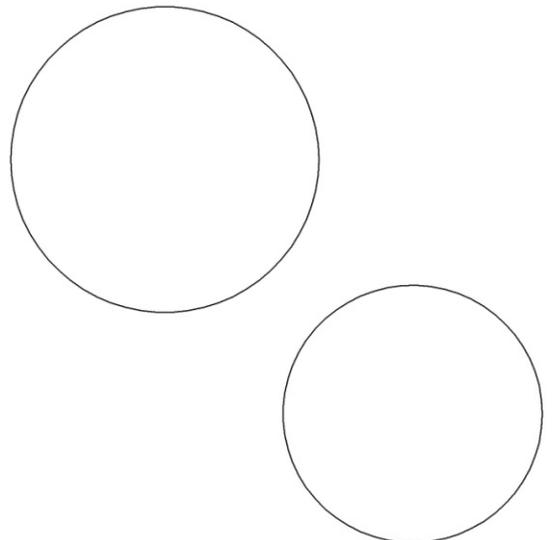


б)

1.3.3 Выполнить сопряжение пересекающихся прямых АВ и CD дугой окружности радиуса 25 мм.



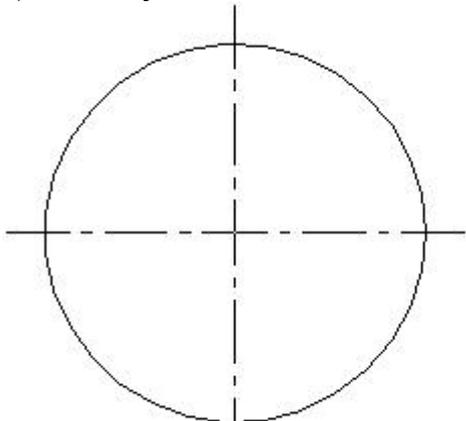
1.3.5 Построить внешние и внутренние касательные к заданным окружностям.



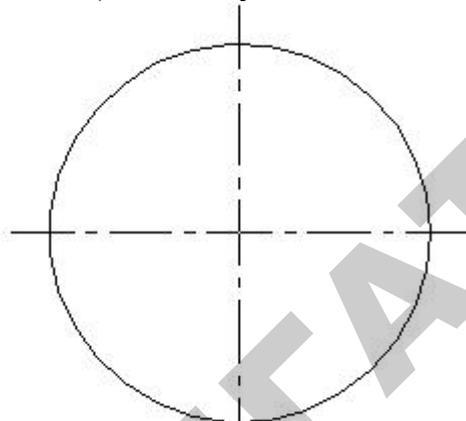
1.4 Задания для аудиторных занятий

1.4.1 Разделить окружности на указанное количество равных частей, вписать правильный многоугольники.

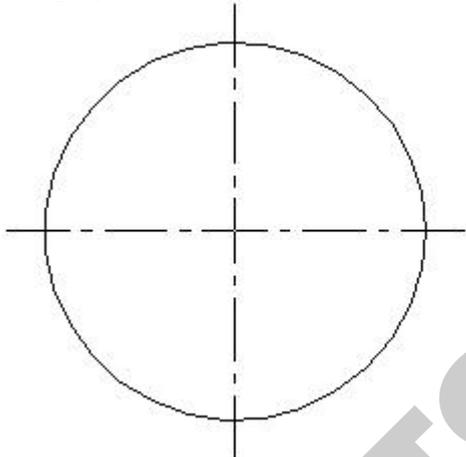
а) шестиугольник



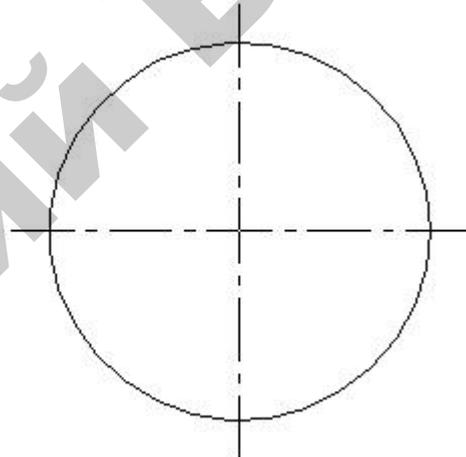
б) восьмиугольник



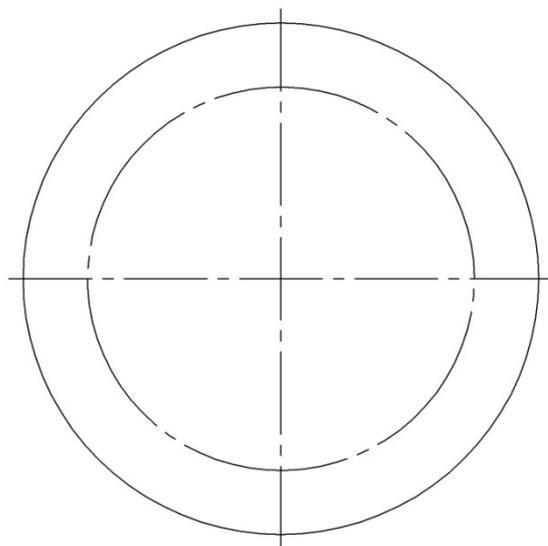
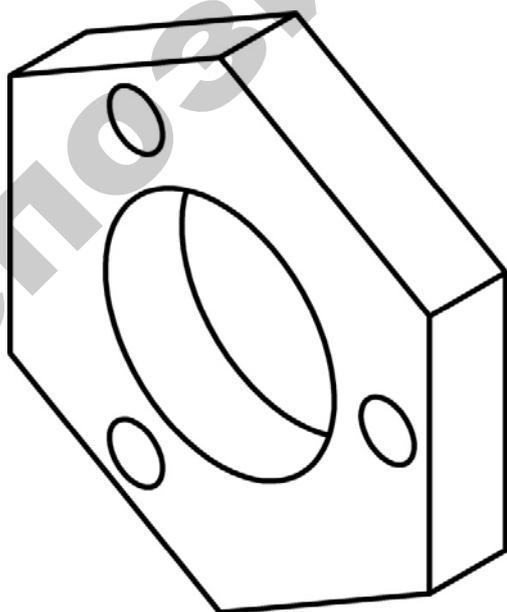
в) треугольник



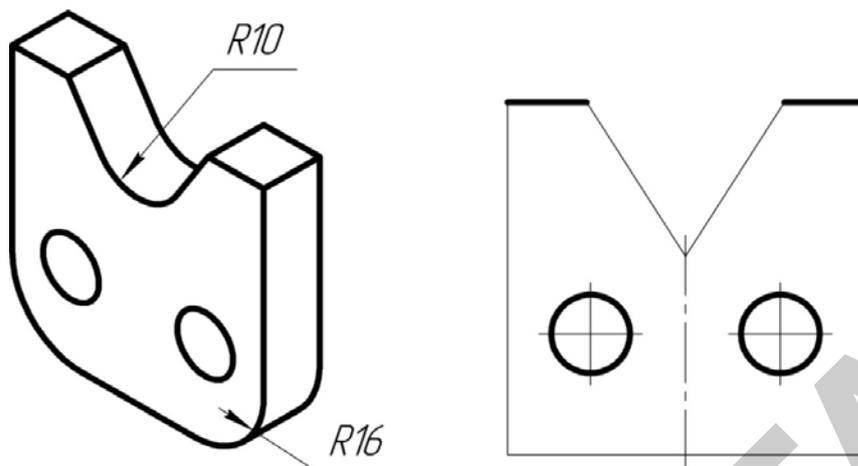
г) пятиугольник



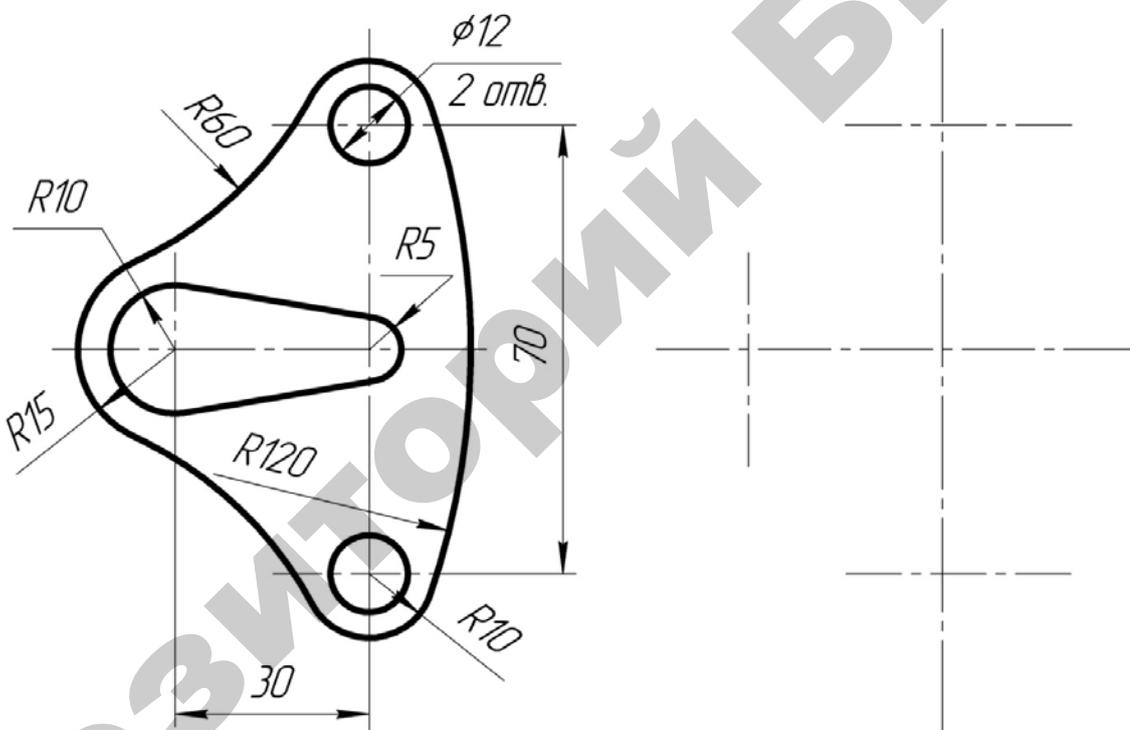
1.4.2 Выполнить чертеж детали по ее наглядному изображению, недостающие размеры задать конструктивно.



1.4.3 Достроить чертеж детали по ее наглядному изображению.



1.4.4 Выполнить чертеж заданной плоской детали.



1.5 Расчетно-графические работы

РГР 1.1 Линии. Сопряжения.

Содержание задания.

1. Вычертить основные линии, применяемые при выполнении чертежей.
2. Выполнить стандартным чертежным шрифтом все надписи.
3. Выполнить чертеж, содержащий примеры на построение сопряжений, деления окружности на равные части и типы линий.

Указания по выполнению. Условие задания выдает преподаватель. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А3. Пример выполнения задания приведен на рисунке 1.16.

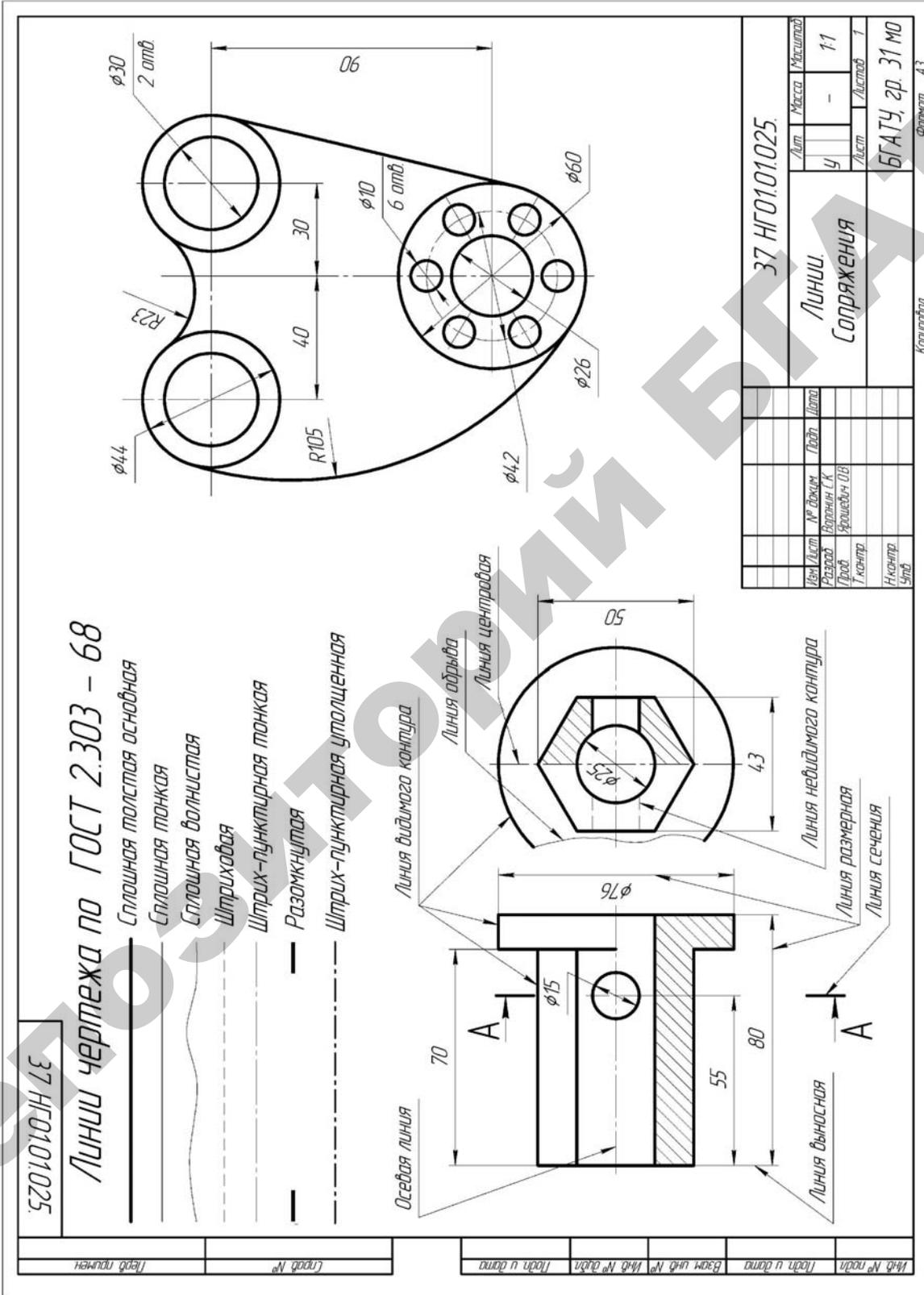


Рисунок 1.16 – Пример выполнения расчетно-графической работы 1.1

Занятие 2. Методы проецирования. Комплексные чертежи точек, прямых, плоскостей, многогранников. Аксонометрические проекции

Цель – Изучение и практическое освоение:

- методов построения комплексного чертежа точек, прямых, плоскостей, многогранников;
- принципов и методов построения стандартных аксонометрических проекций геометрических фигур.

В результате изучения темы студент **должен:**

знать:

- предмет и метод начертательной геометрии;
- основные методы проецирования: центральное, параллельное (прямоугольное), сущность и основные элементы;
- сущность метода Монжа;
- свойства прямоугольного проецирования;
- определение комплексного чертежа и его образование;
- способы задания точки, прямой линии и плоскости на чертеже;
- приемы построения комплексного чертежа точки;
- понятия и определения многогранников;
- способы образования и задания многогранников на комплексном чертеже;
- назначение аксонометрических проекций;
- виды аксонометрических проекций (изометрическая, прямоугольная и косоугольная диметрическая), расположение осей и коэффициенты искажения.

уметь:

- строить проекции точек, прямых, плоскостей по заданным условиям;
- читать комплексные чертежи проекций точек, прямых, плоскостей;
- определять положение точек, прямых, плоскостей относительно плоскостей проекций;
- строить третью проекцию по двум заданным;
- уметь определять вид многогранника по его ортогональной проекции;
- осуществлять анализ и исследование многогранных поверхностей
- изображать плоские фигуры, окружности и геометрические тела в аксонометрических проекциях.

2.1 Основные теоретические положения

2.1.1 Предмет и метод начертательной геометрии.

2.1.2 Методы проецирования.

2.1.3 Образование комплексного чертежа. Точка в системе двух и трех плоскостей проекций.

2.1.4 Прямая линия. Способы задания. Положение относительно плоскостей проекций.

2.1.5 Следы прямой.

2.1.6 Плоскость. Способы задания. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.

2.1.7 Многогранники. Основные понятия и определения. Классификация. Образование и задание многогранников на чертеже.

2.1.8 Способ аксонометрического проецирования. Сущность и основные понятия. Расположение осей. Коэффициенты искажения.

Литература: [1, §§1–12, 16–21, 71–75]; [2, §§1–7, 12–13, 48–52].

2.1.1 Предмет и метод начертательной геометрии

Предметом начертательной геометрии является *изложение и обоснование способов построения изображений пространственных фигур на плоскости и способов решения и исследования геометрических задач по заданным изображениям*.

Прямой задачей начертательной геометрии является задача *построения чертежа*, т. е. изображения предмета на плоскости и изучение способов этого построения. *Обратной* задачей является *воссоздание по проекционному чертежу формы*, размеров оригинала, взаимного расположения его элементов и других геометрических параметров.

Правила построения изображений на плоскости (или другой поверхности) основаны на **методе проецирования**.

Проецирование – это *процесс изображения геометрического образа на плоскости путем проведения через все его точки воображаемых лучей до пересечения с плоскостью проекций*.

Совокупность точек, полученных при пересечении лучей с плоскостью проекций, дает изображение пространственной фигуры – **проекцию** (рисунок 2.1).

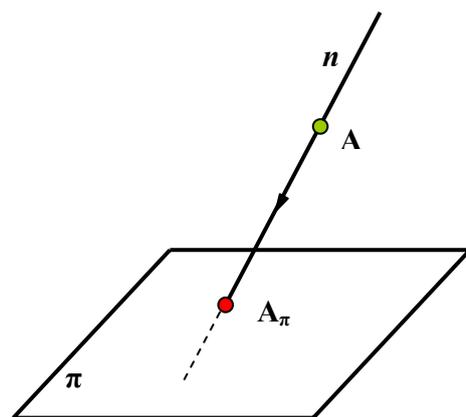


Рисунок 2.1 – Построение проекции точки

2.1.2 Методы проецирования

1) Центральное проецирование

Центральным называется проецирование, при котором все проецирующие лучи выходят из одной точки S , называемой центром проецирования (рисунок 2.2).

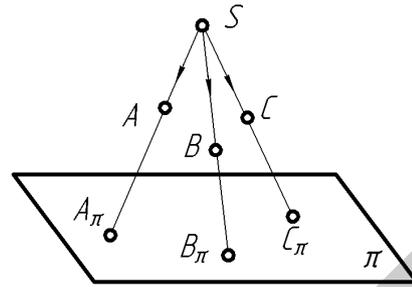


Рисунок 2.2 – Центральное проецирование

2) Параллельное проецирование

Частный случай центрального проецирования, когда центр проецирования S удален в бесконечность от плоскости проекций (рисунок 2.3).

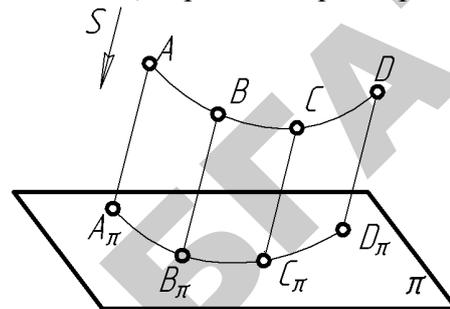


Рисунок 2.3 – Параллельное проецирование

Косоугольное проецирование – проецирующие лучи составляют с плоскостью проекций угол, не равный 90° (рисунок 2.4).

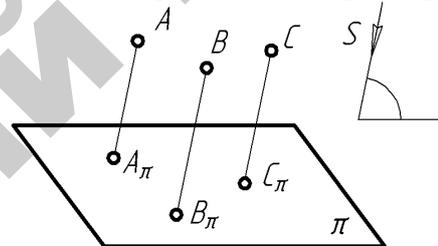


Рисунок 2.4 – Косоугольное проецирование

Прямоугольное (ортогональное) проецирование – проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций (рисунок 2.5).

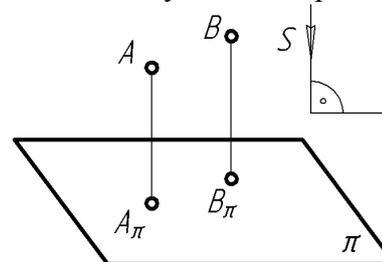


Рисунок 2.5 – Прямоугольное проецирование

Основные свойства параллельного проецирования

1. Свойство **однозначности**. Проекцией точки на плоскость есть точка.
2. Свойство **прямолинейности**. Проекцией прямой линии на плоскость есть прямая.
3. Свойство **принадлежности**. Если точка принадлежит линии, то проекция точки принадлежит проекции этой линии.
4. Свойство сохранения **параллельности**. Проекциями параллельных прямых являются параллельные прямые.
5. Свойство **деления отрезка в отношении**. Если отрезок прямой линии делится точкой в каком-либо отношении, то и проекция отрезка делится проекцией точки в том же отношении.
6. Свойство **параллельного переноса**. Проекция фигуры не меняется при параллельном переносе плоскости проекций.

2.1.3 Образование комплексного чертежа. Точка в системе двух и трех плоскостей проекций

Чертеж, составленный из двух и более связанных между собой ортогональных проекций изображаемого оригинала, называется **комплексным чертежом**.

Принцип образования чертежа состоит в том, что данный оригинал проецируется ортогонально на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, которые затем совмещают с плоскостью чертежа. Этот метод был изложен французским геометром Гаспаром Монжем (1746–1818) и назван методом Монжа.

1) Система плоскостей проекций π_1, π_2 (рисунок 2.6)

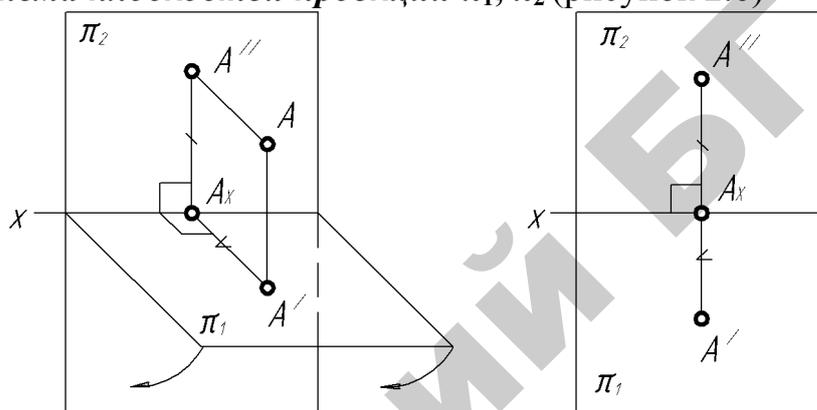


Рисунок 2.6 – Образование комплексного чертежа в системе плоскостей проекций π_1, π_2

2) Система плоскостей проекций π_1, π_2, π_3 (рисунок 2.7)

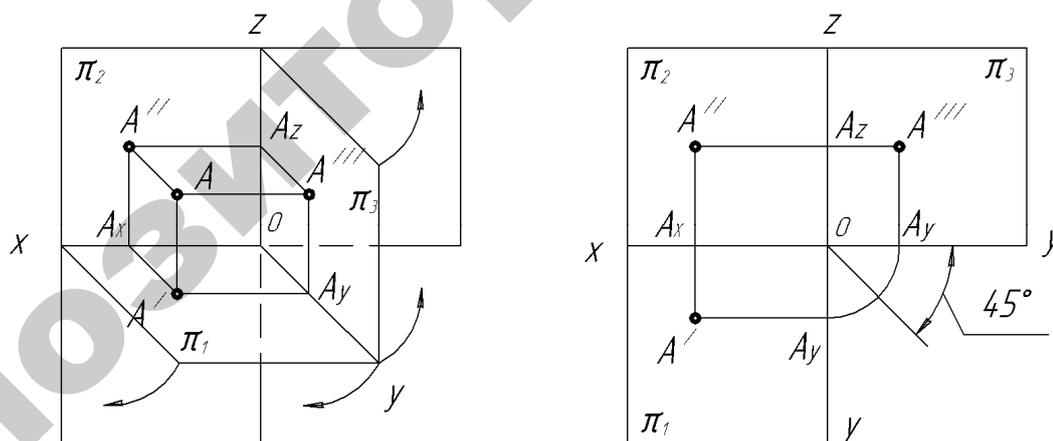


Рисунок 2.7 – Образование комплексного чертежа в системе плоскостей проекций π_1, π_2, π_3

- π_1 – горизонтальная плоскость проекций,
- π_2 – фронтальная плоскость проекций,
- π_3 – профильная плоскость проекций,
- OX, OY, OZ – оси проекций (линии пересечения плоскостей проекций),
- A' – горизонтальная проекция точки A,
- A'' – фронтальная проекция точки A,
- A''' – профильная проекция точки A.

3) Система прямоугольных координат

Координаты точки – числа, выражающие собой расстояния от точки до плоскостей проекций. Например, координаты точки $A(x; y; z)$, где
 X – расстояние точки до плоскости π_3 (ширина точки A);
 Y – расстояние точки до плоскости π_2 (глубина точки A);
 Z – расстояние точки до плоскости π_1 (высота точки A).

4) Четверти пространства

Две плоскости делят пространство на четыре части – четверти (рисунок 2.8). **Точки в различных четвертях пространства** (рисунок 2.9)

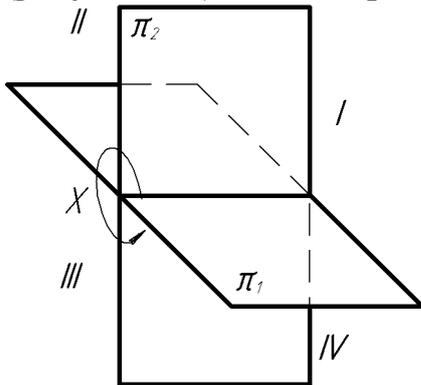


Рисунок 2.8 – Четверти пространства

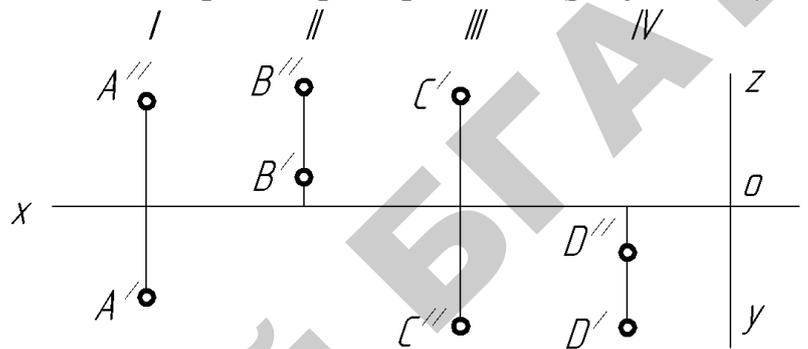


Рисунок 2.9 – Точки в различных четвертях пространства

5) Различные положения точки в пространстве

а) Общего положения (ни одна из координат не равна нулю) (рисунок 2.10);

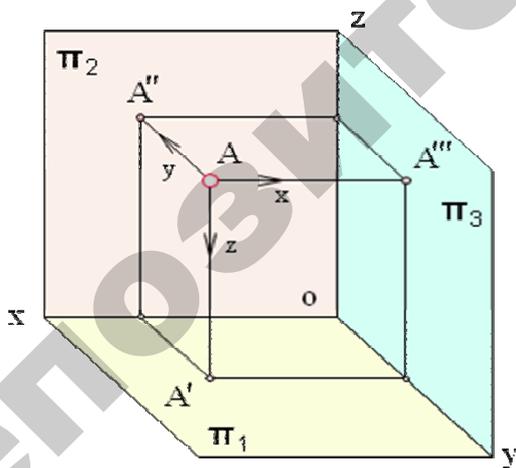
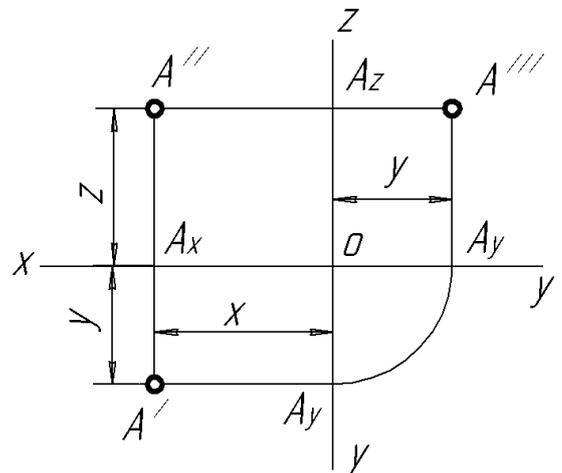


Рисунок 2.10 – Точка общего положения



б) Частного положения:

- **Точки принадлежат одной из плоскостей проекции** (одна из координат равна нулю, одна проекция совпадает с самой точкой). Точка A принадлежит плоскости π_2 , точка B – π_1 , точка C – π_3 (рисунок 2.11).

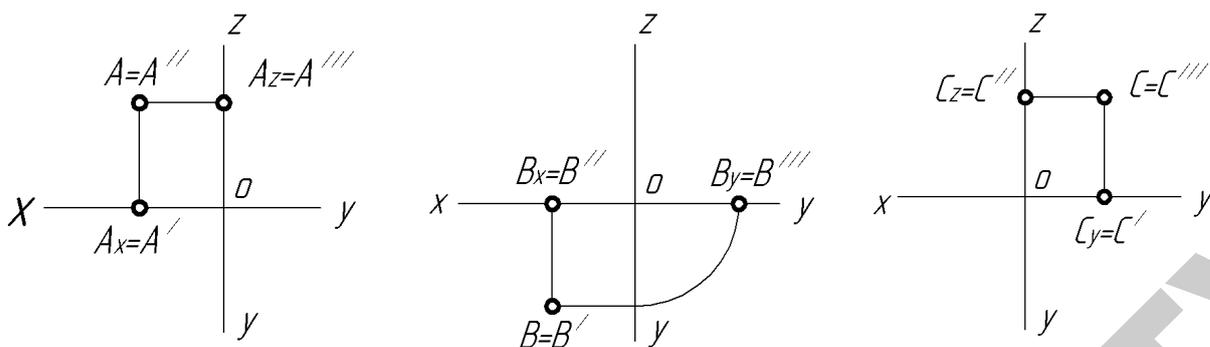


Рисунок 2.11 – Точки в плоскостях проекций

- **Точки лежат на одной из осей** (две координаты точки равны нулю, две проекции точки совпадают с самой точкой), а третья проекция находится в начале координат. Точка А принадлежит оси ОХ, В – оси ОУ, точка С – оси ОZ (рисунок 2.12).

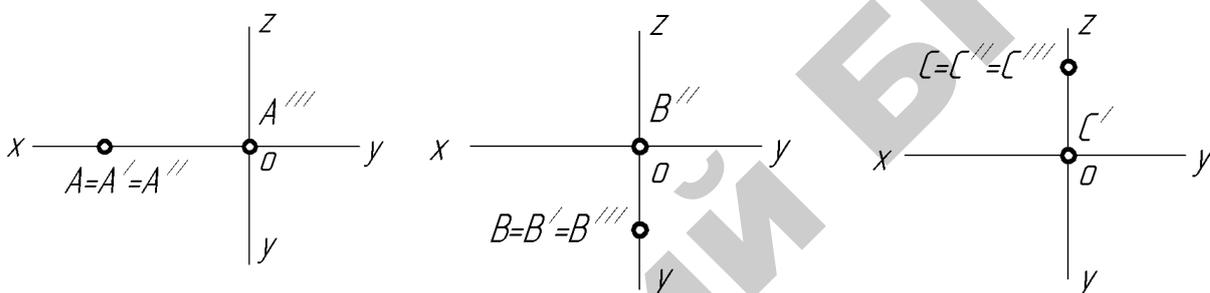


Рисунок 2.12 – Точки на осях координат

2.1.4 Прямая линия. Способы задания. Положение относительно плоскостей проекций

Прямая может быть задана либо проекциями двух точек, либо проекциями одной точки и направлением. Прямая в пространстве безгранична. Ограниченную часть прямой называют отрезком.

1) Прямая общего положения

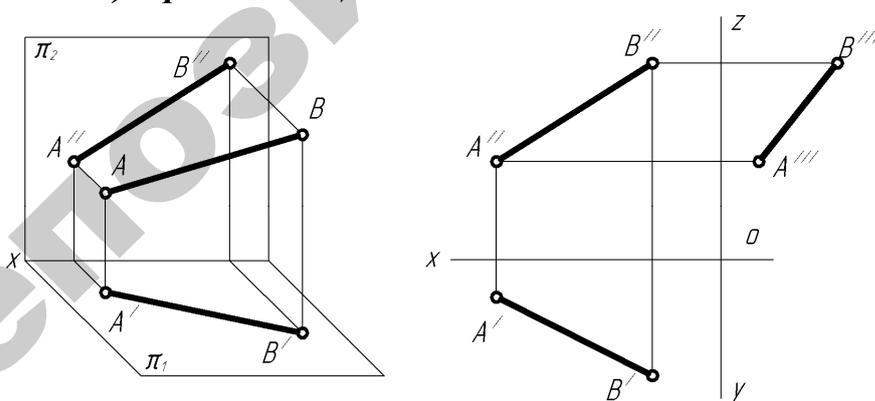


Рисунок 2.13 – Прямая общего положения

Прямой общего положения называется прямая, не параллельная ни одной из плоскостей проекций π_1 , π_2 , π_3 (рисунок 2.13).

2) Прямые частного положения

Прямые частного положения – это прямые, которые либо параллельны (прямые уровня, таблица 2.1), либо перпендикулярны – (проецирующие прямые, таблица 2.2) одной из плоскостей проекций.

Таблица 2.1 – Прямые уровня

Горизонтальная прямая ($\parallel \pi_1$)	Фронтальная прямая ($\parallel \pi_2$)	Профильная прямая ($\parallel \pi_3$)
<p>$A'B'$ – натуральная величина отрезка, β – угол наклона к π_2</p>	<p>$A''B''$ – натуральная величина отрезка, α – угол наклона к π_1</p>	<p>$A'''B'''$ – натуральная величина отрезка, α – угол наклона к π_1; β – угол наклона к π_2</p>

Таблица 2.2 – Проецирующие прямые

Горизонтально-проецирующая ($\perp \pi_1$)	Фронтально-проецирующей ($\perp \pi_2$)	Профильно-проецирующей ($\perp \pi_3$)

2.1.5 Следы прямой

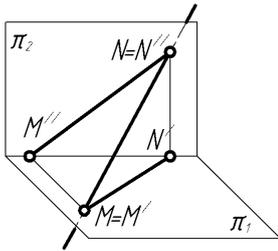


Рисунок 2.14 – Следы прямой

Точки пересечения прямой с плоскостями проекций называются следами прямой (рисунок 2.14):

М – горизонтальный след прямой;

Н – фронтальный след прямой.

Если прямая параллельна плоскости проекций, то на данной плоскости проекций у нее нет следа.

2.1.6 Плоскость. Способы задания. Положение плоскости относительно плоскостей проекций

1) Задание плоскости

Плоскость на чертеже может быть задана следующими способами (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Способы задания плоскостей

Способ задания	Наглядное изображение	Комплексный чертеж
а) тремя точками, не лежащими на одной прямой		
б) прямой и точкой вне данной прямой		
в) двумя параллельными прямыми		
г) плоской фигурой		
д) двумя пересекающимися прямыми		
е) следами		

2) Положение плоскостей в пространстве

а) Плоскость общего положения

Плоскость, не перпендикулярную ни к одной из плоскостей проекций, называют **плоскостью общего положения** (рисунок 2.15).

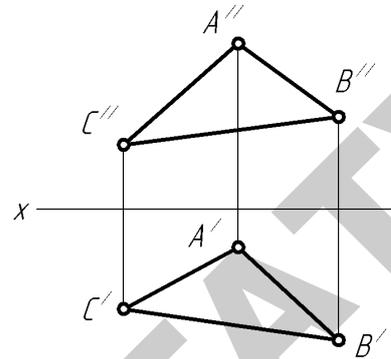
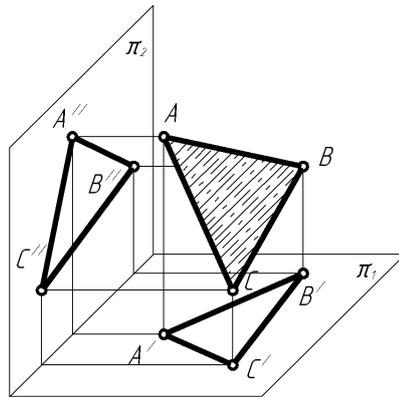


Рисунок 2.15 – Плоскость общего положения

б) Плоскости частного положения

Плоскости частного положения – это плоскости, которые либо перпендикулярны (проецирующие плоскости, таблица 2.4), либо параллельны одной из плоскостей проекций (плоскости уровня, таблица 2.5).

Таблица 2.4 – Проецирующие плоскости

Горизонтально-проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярную к горизонтальной плоскости проекций π_1 .	Фронтально-проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярную к плоскости проекций π_2 .	Профильно-проецирующей – плоскость перпендикулярную к плоскости проекций π_3 .

Таблица 2.5 – Плоскости уровня

<p>Фронтальная плоскость – это плоскость, параллельная плоскости π_2</p>	<p>Горизонтальная плоскость – это плоскость, параллельная плоскости проекции π_1</p>	<p>Профильная плоскость – это плоскость, параллельная плоскости π_3.</p>

2.1.7 Многогранники. Основные понятия и определения. Классификация. Образование и задание многогранников на чертеже

Деталь любой формы – совокупность геометрических тел. **Геометрическое тело** – замкнутая часть пространства, ограниченная плоскими (гранями) или кривыми поверхностями. **Многогранная поверхность** – поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей по ломаной линии (рисунок 2.16).

1) пирамидальная поверхность 2) призматическая поверхность

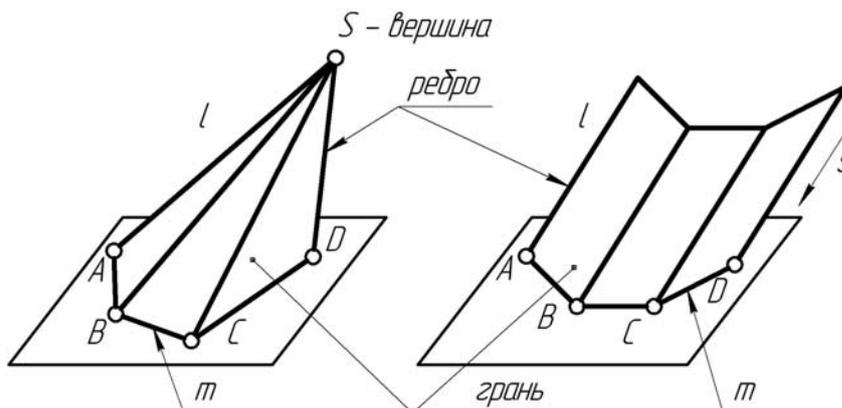


Рисунок 2.16. – Образование многогранных поверхностей

Многогранник – геометрическое тело, ограниченное плоскими многоугольниками, называемыми *гранями*. Элементами гранных поверхностей, кроме граней, являются: *ребра* – линии пересечения смежных граней, *вершины* – точки пересечения ребер. Если вершины и ребра многогранника находятся по одну сторону плоскости любой из его граней, то многогранник называют *выпуклым*, все его грани – выпуклые.

Призма – многогранник, верхними и нижними основаниями которого являются многоугольники, а все боковые ребра параллельны между собой. Призма называется *прямой*, если ее боковые ребра перпендикулярны к основанию, и *наклонной*, если не перпендикулярны. Прямая призма называется *правильной*, если ее основания – правильные многоугольники.

Пирамида – многогранник, основанием которого является многоугольник, а все боковые грани – треугольники. Пирамида называется *правильной*, если ее основание – правильный многоугольник, а высота проходит через центр этого многоугольника. Если пирамиду отсечь плоскостью параллельной основанию, то получим *усеченную пирамиду*.

Построение проекций многогранников сводится к построению проекций их элементов: вершин (точек), ребер (отрезков прямых) и граней (плоских многоугольников).

2.1.8 Способ аксонометрического проецирования. Сущность и основные понятия. Расположение осей. Коэффициенты искажения

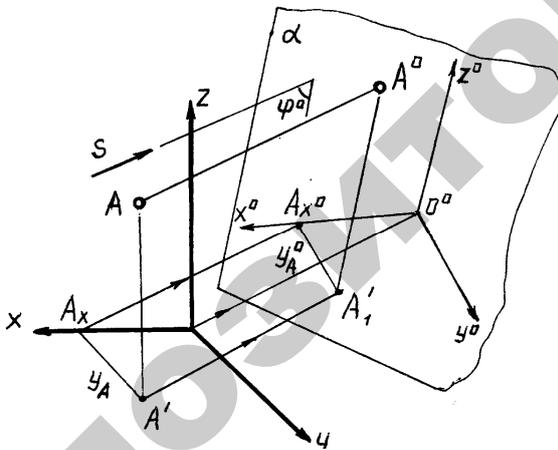


Рисунок 2.17 – Схема получения аксонометрических проекций

Сущность аксонометрического проецирования состоит в том, что предмет вместе с осями координат параллельными лучами проецируется на некоторую плоскость, называемую **плоскостью аксонометрических проекций** (или картинной плоскостью) (рисунок 2.17). Проекции осей координат на аксонометрическую плоскость называются **аксонометрическими осями**.

Коэффициенты искажения – числа, показывающие в каком отношении изменяются длины отрезков, параллельных осям координат в ортогональных проекциях, при проецировании их на аксонометрическую плоскость. В зависимости от соотношения коэффициентов искажения аксонометрические проекции делятся на изометрические (коэффициенты по всем трем осям одинаковые), диметрические (коэффициенты по двум осям одинаковые) и триметрические (коэффициенты по всем осям не равны).

2.1.9 Стандартные аксонометрические проекции

Стандартом (ГОСТ 2.317–69) предусмотрены пять аксонометрических проекций: 1) прямоугольная изометрическая; 2) прямоугольная диметрическая; 3) косоугольная фронтальная изометрическая; 4) косоугольная фронтальная диметрическая; 5) косоугольная горизонтальная изометрическая.

Расположение осей наиболее распространенных аксонометрических проекций приведено в таблице 2.6. Примеры построения овалов даны в таблице 2.7. Примеры построения аксонометрических проекций различных геометрических фигур даны в таблице 2.8. Пример построения аксонометрических проекций детали дан на рисунке 2.18.

Таблица 2.6 – Виды аксонометрических проекций

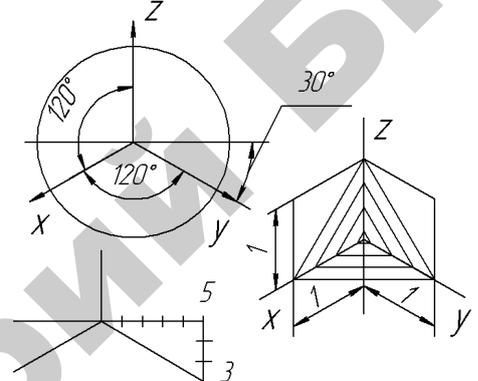
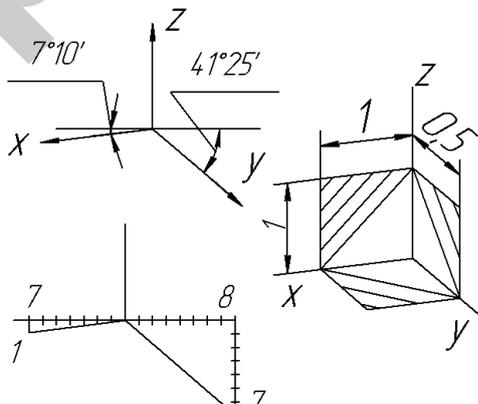
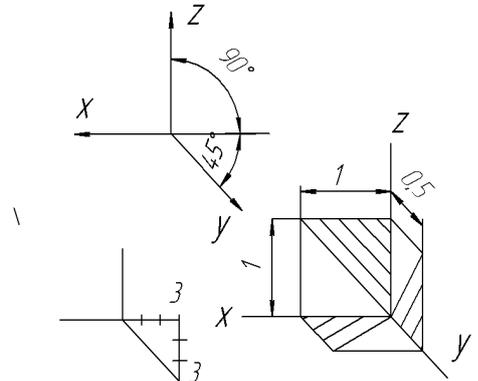
Вид аксонометрической проекции	Расположение координатных осей, нанесение штриховки
Прямоугольная изометрическая	
Прямоугольная диметрическая	
Косоугольная фронтальная диметрическая	

Таблица 2.7 – Построение овалов в аксонометрических проекциях

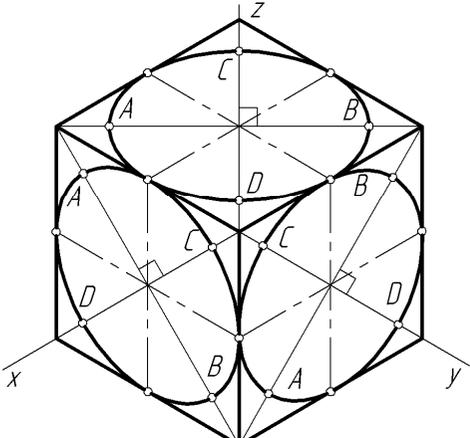
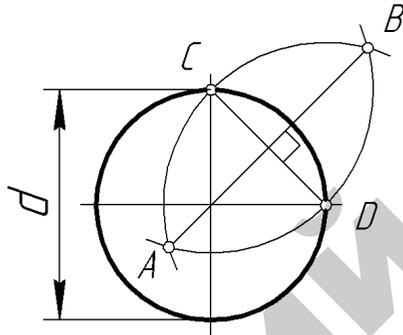
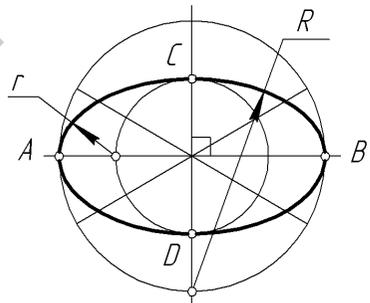
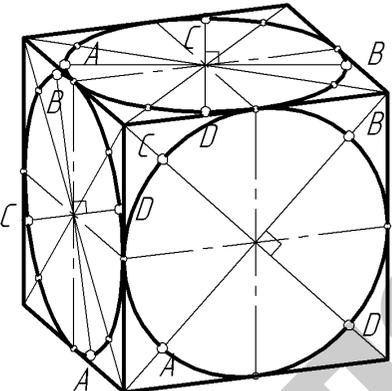
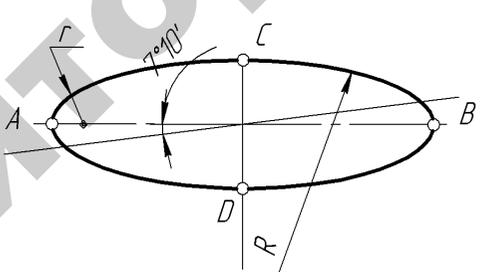
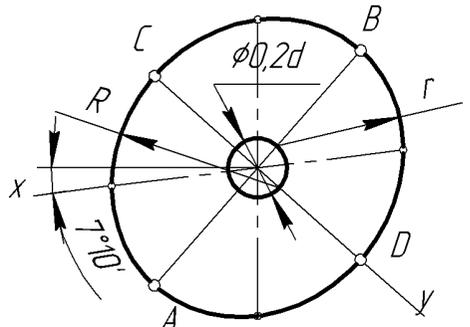
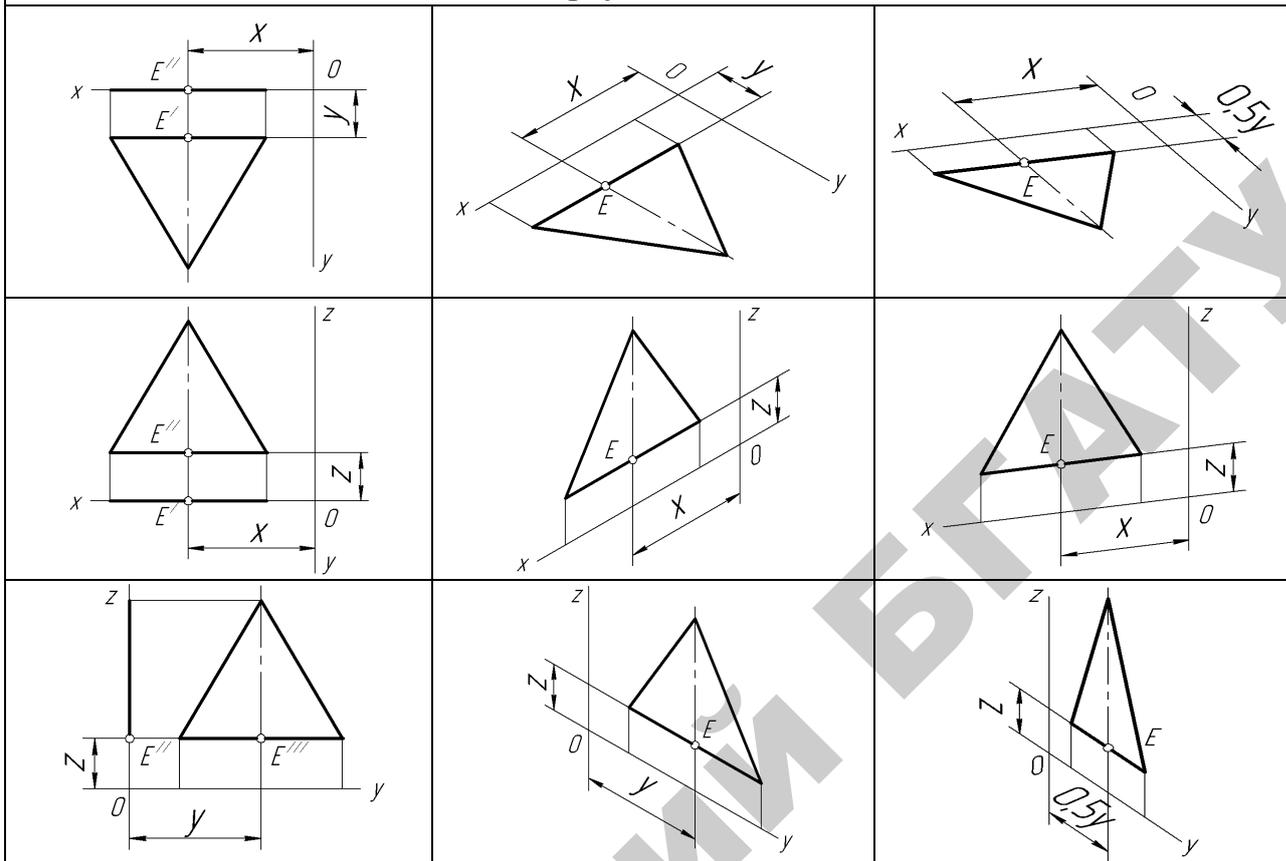
	Построение большой и малой осей овалов	Построение овалов
<p><i>AB – большая ось CD – малая ось</i></p> 	 <p>$AB=1,22d$ $CD=0,71d$</p>	 <p>$R=(AB+CD)/2$ $r=(AB-CD)/2$</p>
<p><i>AB – большая ось CD – малая ось</i></p> 	 <p>$AB=1,06d$ $CD=0,35d$</p> <p>$R=AB+CD/2$ $r=CD/4$</p>	 <p>$AB=1,06d$ $CD=0,95d$</p>

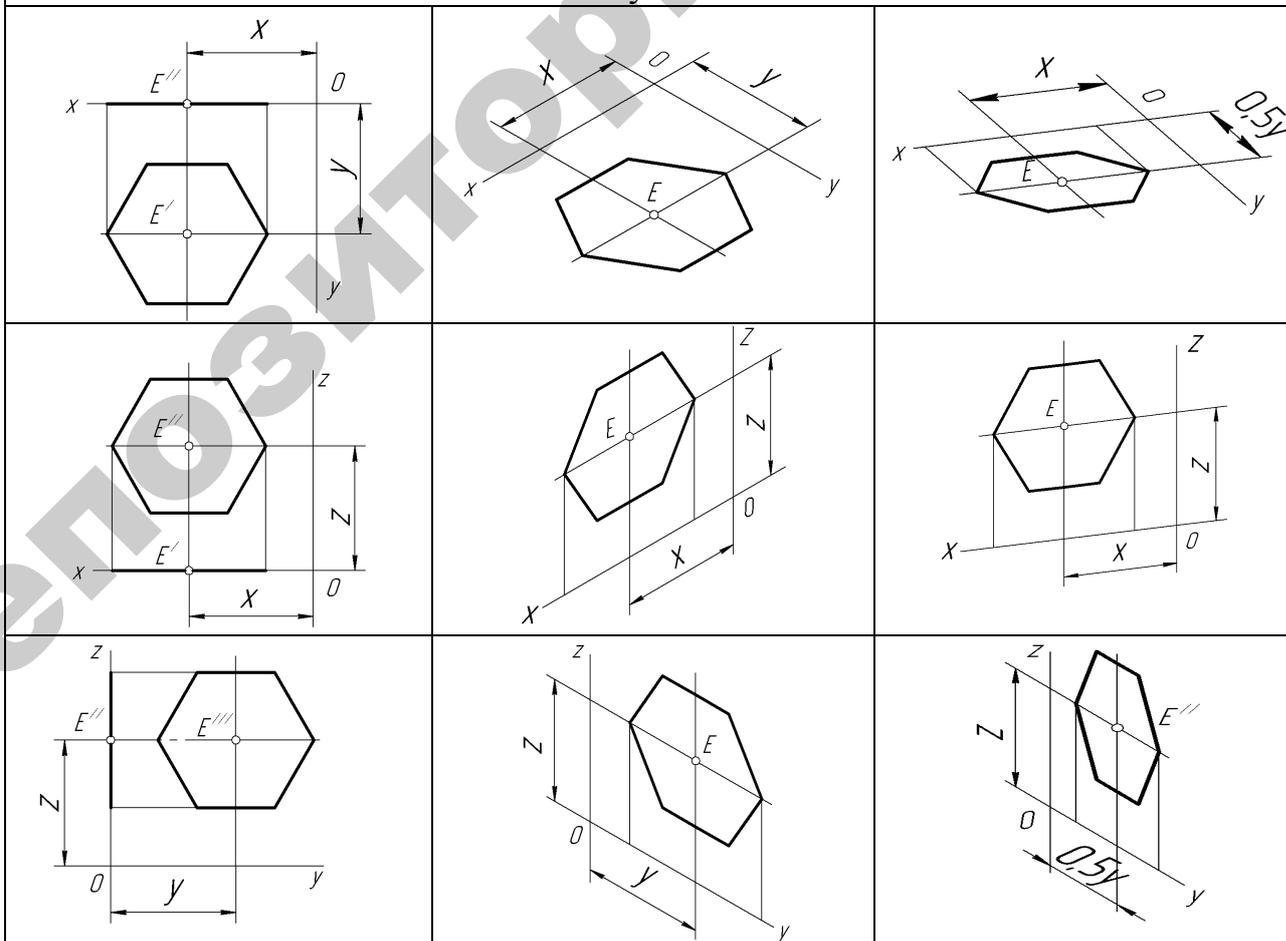
Таблица 2.8 – Примеры построения аксонометрических проекций геометрических фигур

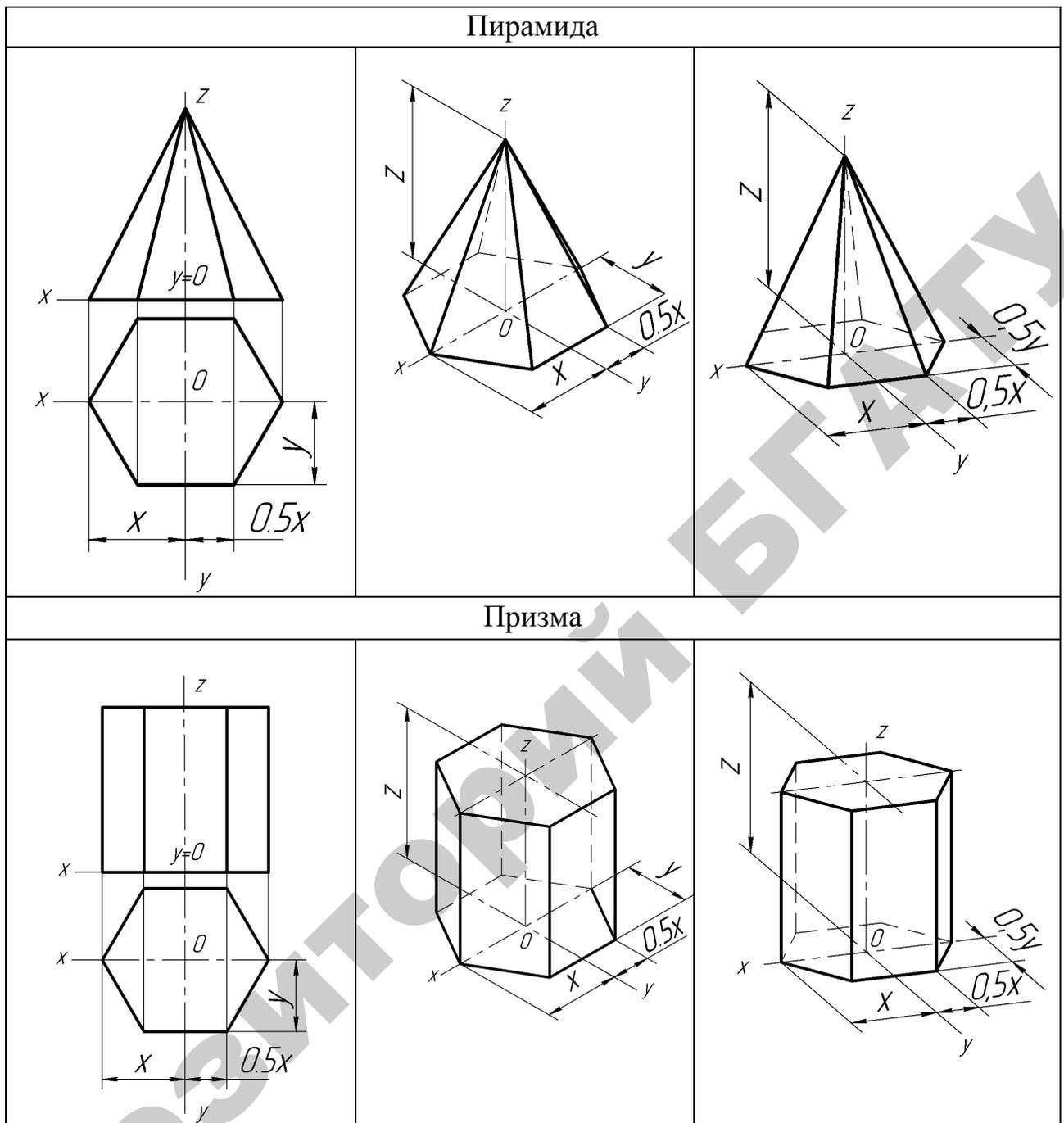
Комплексный чертеж	Изометрическая проекция	Диметрическая проекция
Точка		
Кривая		
Квадрат		

Треугольник



Шестиугольник





2.2 Вопросы для самоконтроля

1. Методы проецирования. Их сущность. Элементы аппарата проецирования.
2. Основные свойства параллельного проецирования.
3. Метод Монжа. Его сущность.
4. Что называется эпюром (чертежом) и как он образуется?
5. На сколько частей делят пространство две взаимно перпендикулярные плоскости? Их название.
6. Система знаков.
7. Как образуются прямоугольные проекции точки?
8. Что такое комплексный чертеж точки?

9. Сколько проекций точки достаточно для полного задания ее геометрического положения?
10. Что является мерой расстояния (удаленности) точки от плоскостей проекций?
11. Каковы свойства проекций точки, равноудаленной от одной из плоскостей проекций?
12. Значением каких координат определяется фронтальная проекция точки? горизонтальная проекция точки? профильная проекция точки?
13. Правило построения третьей проекции точки по двум заданным.
14. Какое положение может занимать точка относительно плоскостей проекций?
15. Сколько проекций точки определяют ее положение в пространстве?
16. Какие точки называются конкурирующими?
17. В каком случае проекция точки совпадает с самой точкой?
18. Какими элементами определяется прямая в пространстве и на эюре?
19. Какими геометрическими объектами могут быть проекции прямой?
20. Какие бывают частные положения прямых?
21. Какие прямые называются прямыми общего положения? В чем отличительные особенности эюра, на котором изображена прямая общего положения от эюра прямых частного положения?
22. Как расположены проекции прямой, принадлежащей одной из плоскостей проекций?
23. Какими геометрическими элементами может быть задана на чертеже плоскость?
24. Какое положение может занимать плоскость относительно плоскостей проекций?
25. Какие бывают частные положения плоскостей?
26. Каким свойством обладают плоскости частного положения?
27. Назовите свойства объектов, лежащих в проецирующих плоскостях.
28. Что такое следы плоскости?
29. Какие проекции называются аксонометрическими и как они образуются?
30. Что называется показателем искажения, вторичной проекцией?
31. Как образуется треугольник следов и какие его свойства для прямоугольных аксонометрических проекций?
32. По каким признакам классифицируются аксонометрические проекции и как они называются?
33. Назовите виды стандартных аксонометрических проекций.
34. Какой аналитической зависимостью связаны действительные коэффициенты искажения?
35. Чему равны действительные и приведенные коэффициенты искажения и как расположены аксонометрические оси для:
 - а) прямоугольной изометрической проекции;
 - б) прямоугольной диметрической проекции;
 - в) косоугольной фронтальной диметрической проекции?

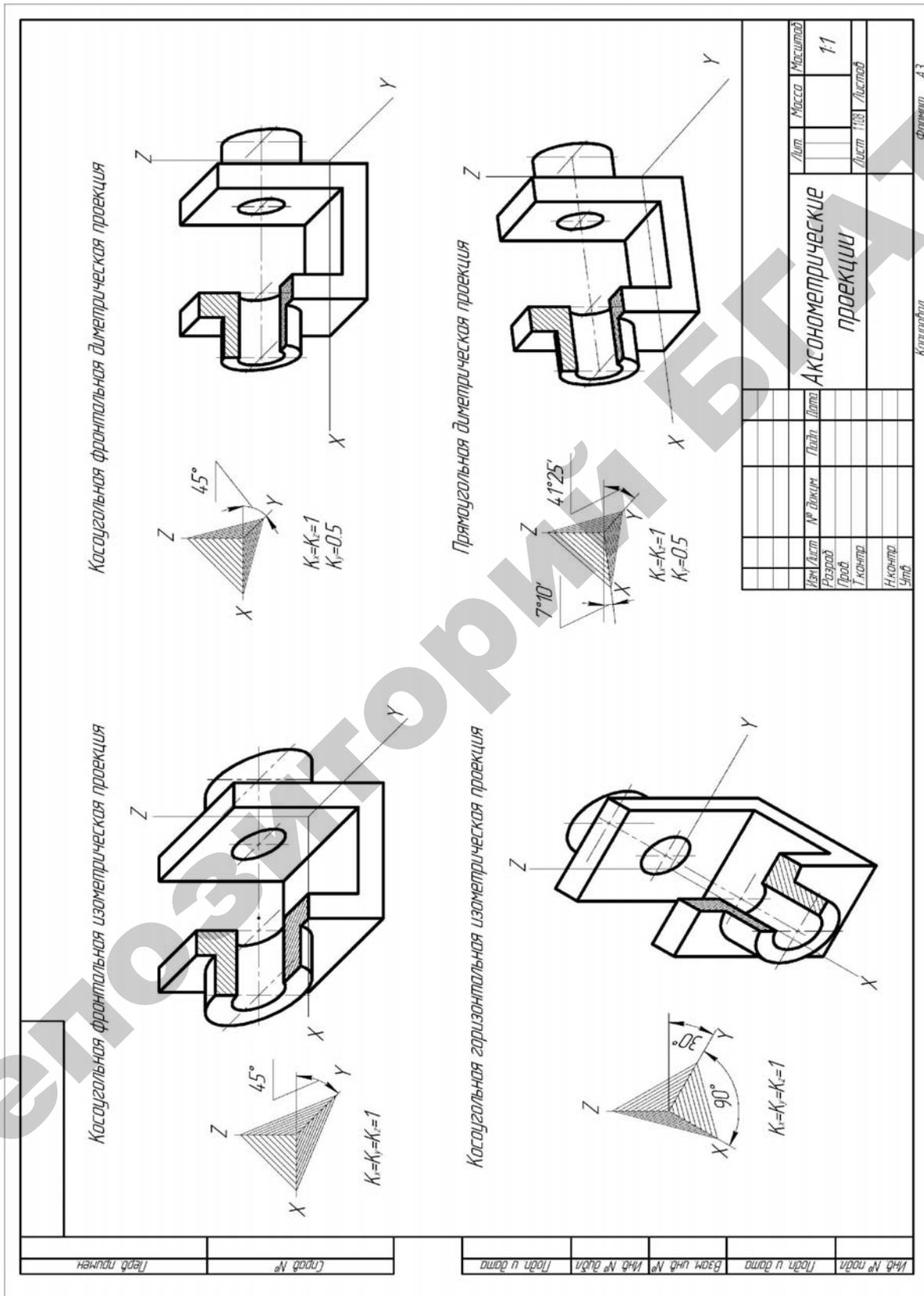
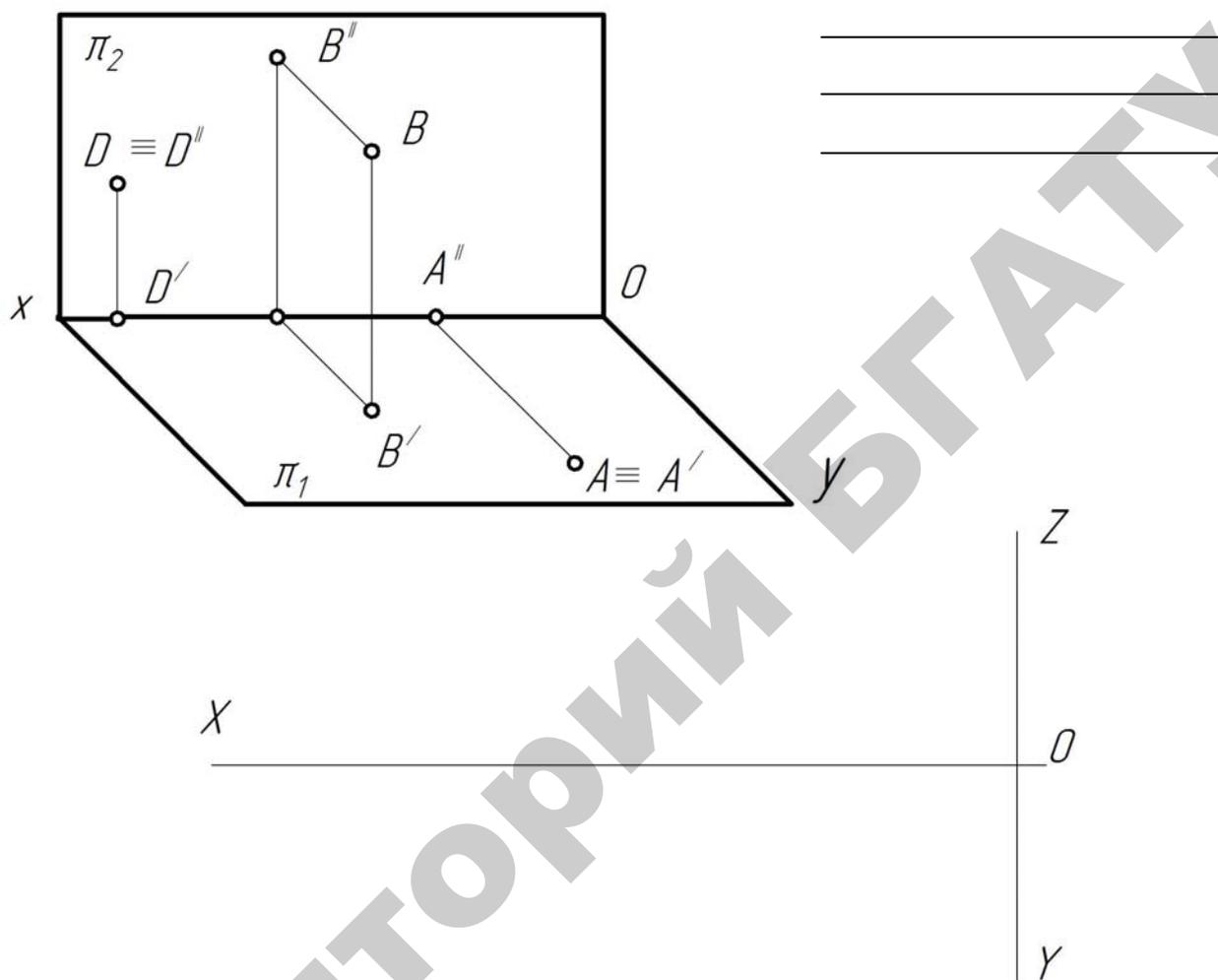


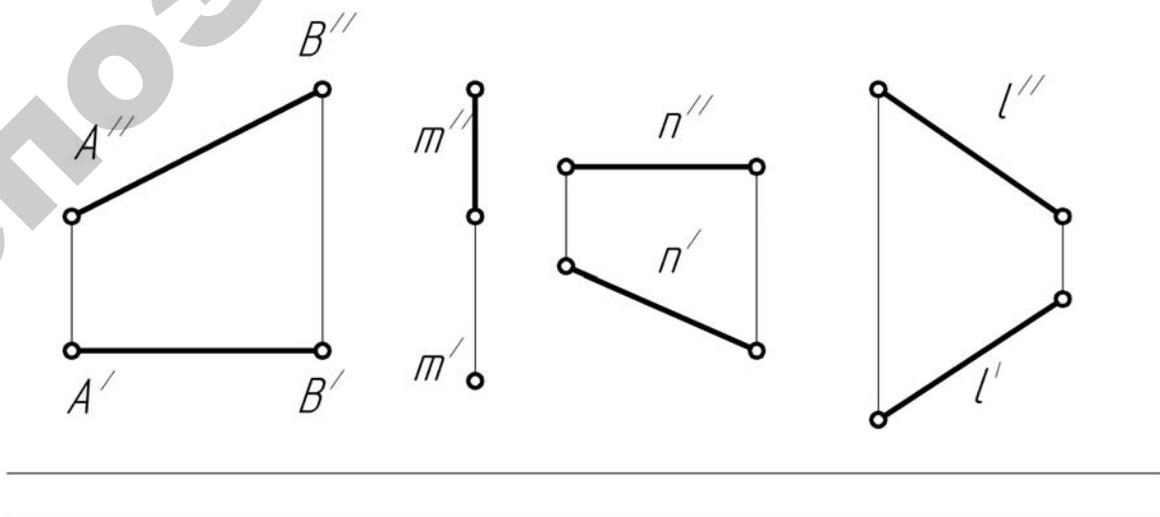
Рисунок 2.18 – Пример построения аксонометрической проекции детали

2.3 Задания для самостоятельной работы

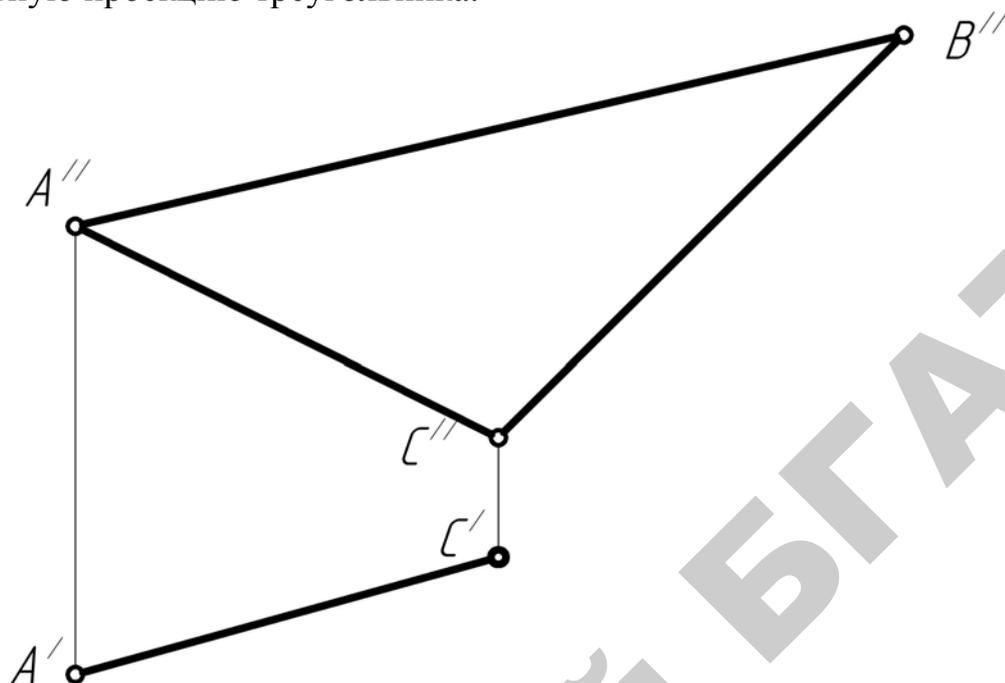
2.3.1 По наглядному изображению точек построить их эпюры, записать координаты и определить положение в пространстве.



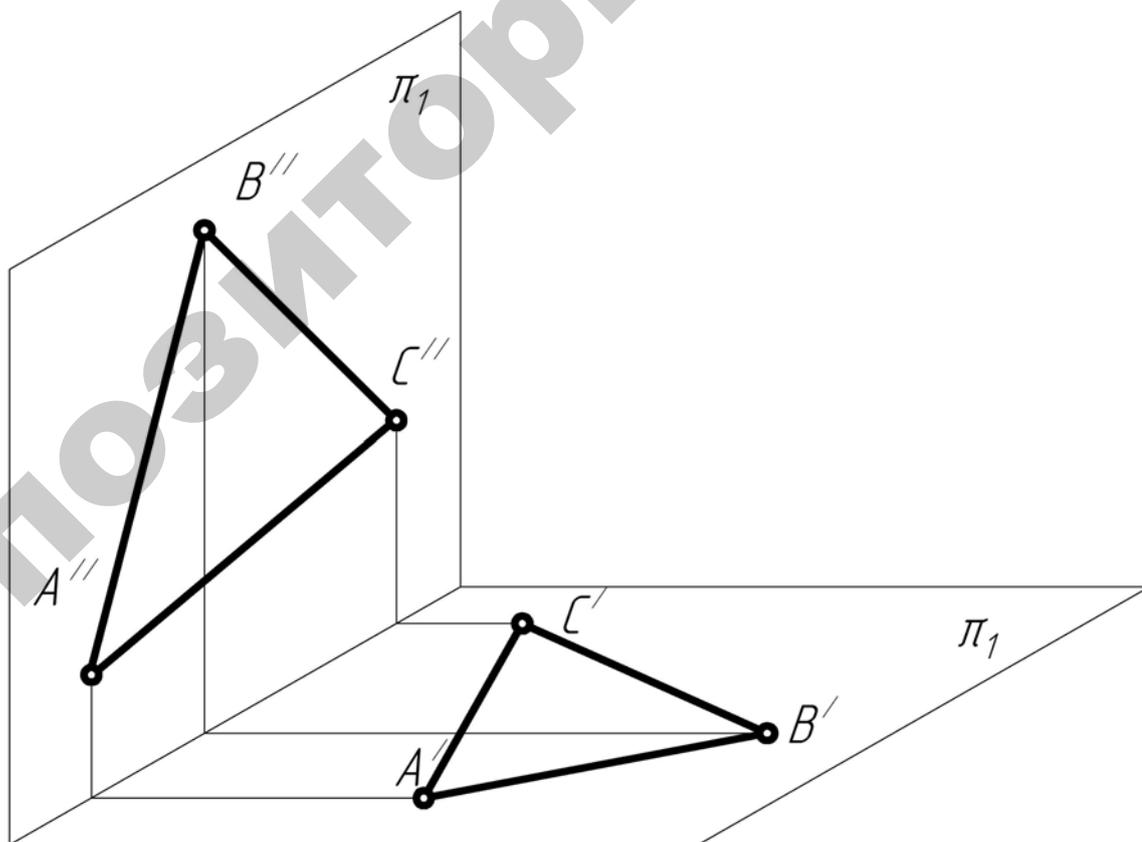
2.3.2 Определить положение прямых относительно плоскостей проекций. Записать их название и свойства.



2.3.3 Плоскость α (ΔABC) – горизонтально-проецирующая. Достроить горизонтальную проекцию треугольника.

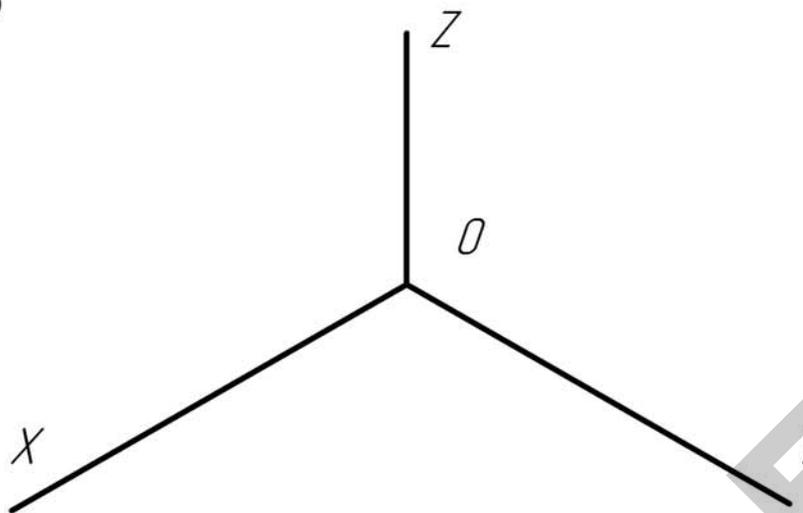


2.3.4 По двум ортогональным проекциям геометрического объекта восстановить его положение в пространстве.

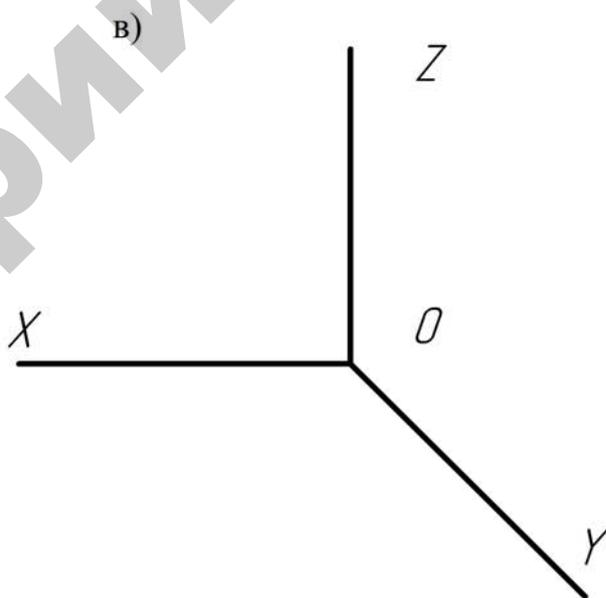


2.3.5 Построить аксонометрические проекции точки А (60, 40, 35): а) прямоугольную изометрическую; б) прямоугольную диметрическую; в) косоугольную фронтальную диметрическую.

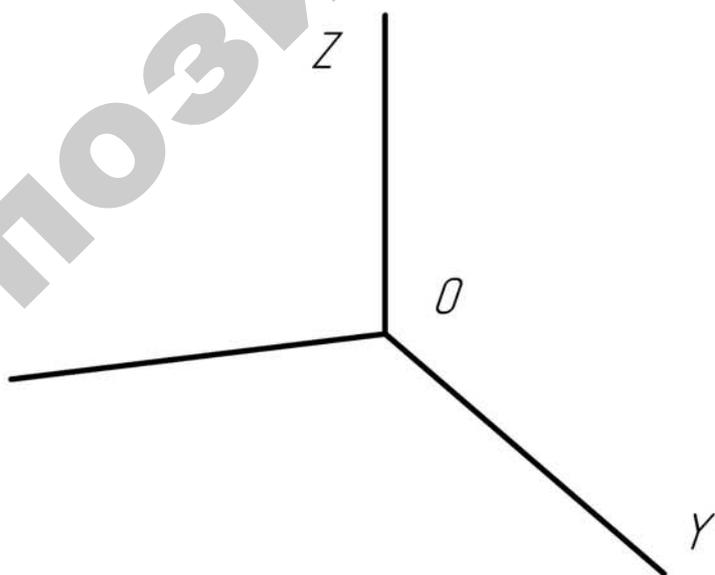
а)



б)



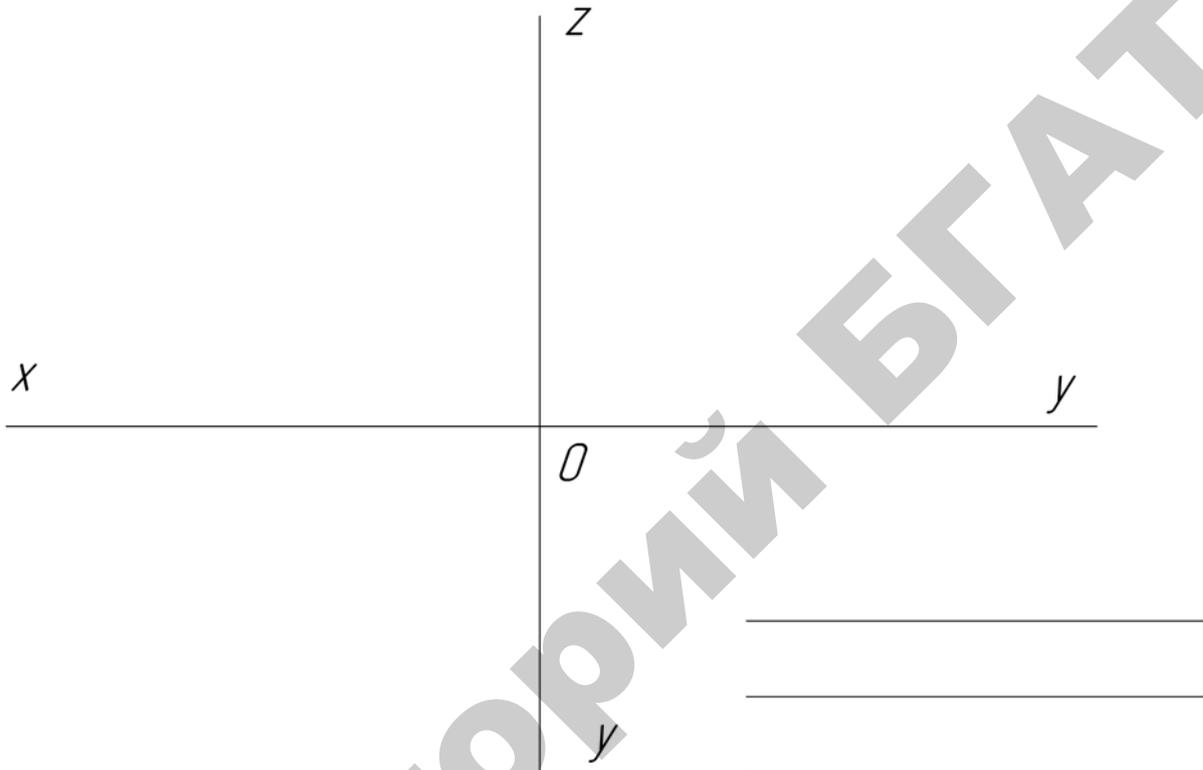
в)



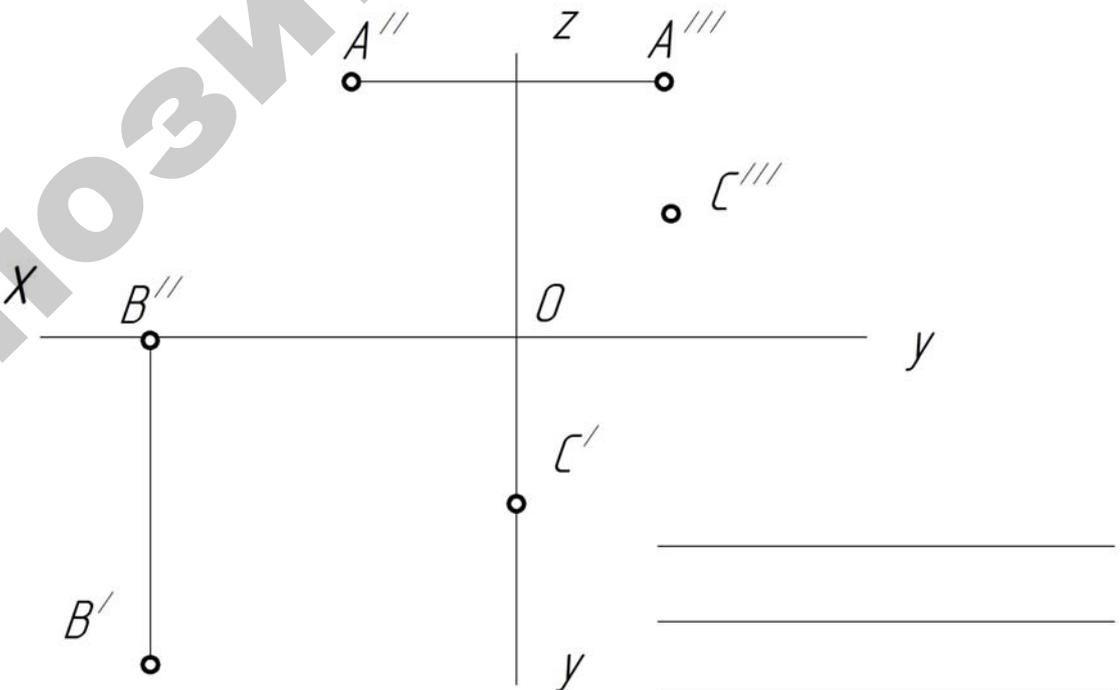
2.4 Задания для аудиторных занятий

Построение комплексного чертежа точки

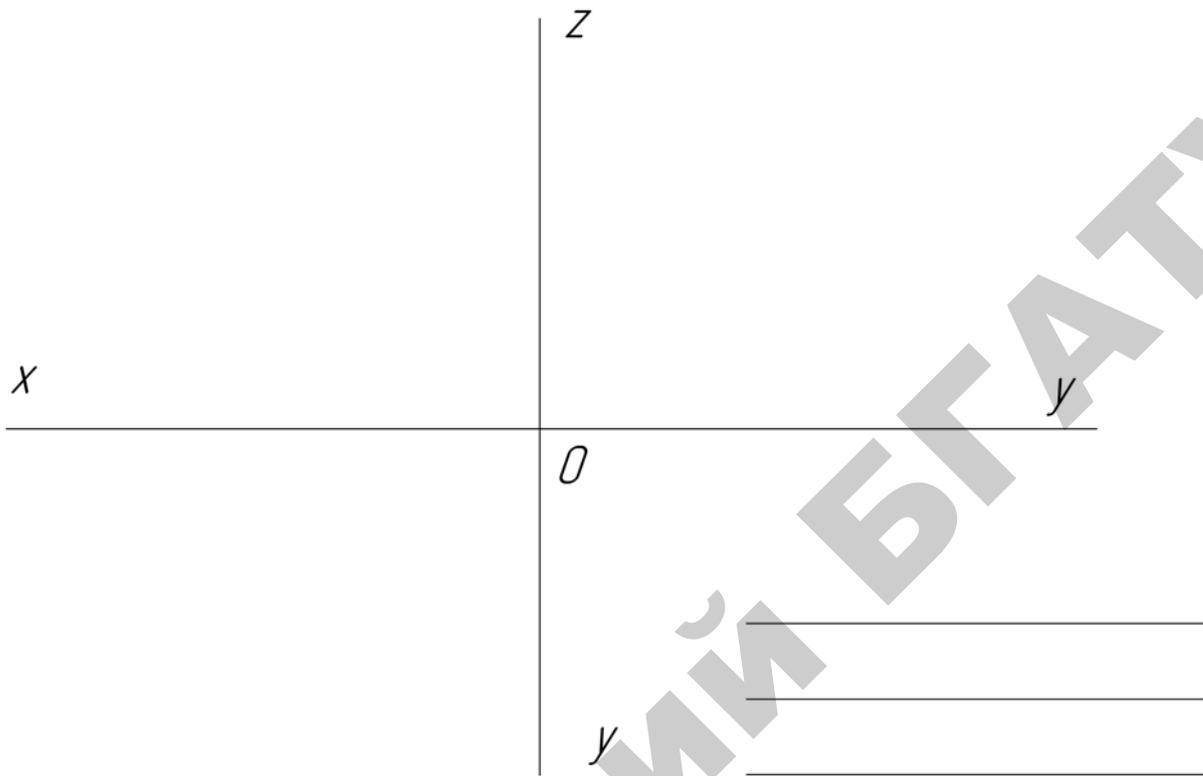
2.4.1 Построить комплексный чертеж точек: $A(50, 25, 15)$, $B(15, 20, 0)$, $C(0, 10, 40)$, $D(30, 0, 45)$. Определить их положение относительно плоскостей проекций.



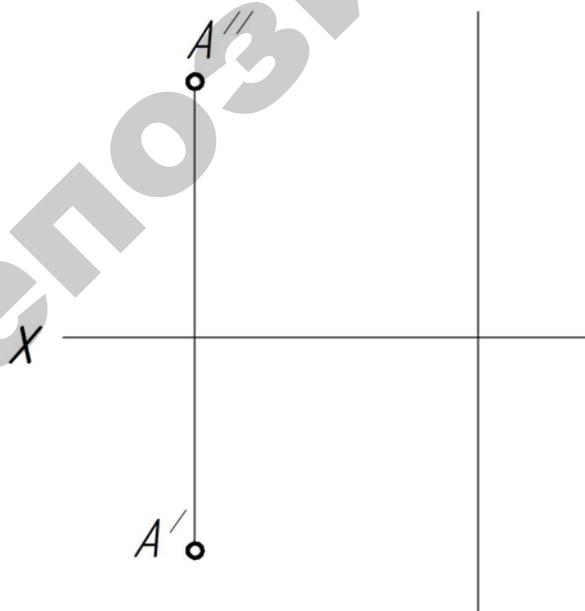
2.4.2 Построить недостающие проекции точек. Определить и записать их координаты.



2.4.3 Построить проекции точки А, отстоящей от фронтальной плоскости на расстоянии 20 мм, горизонтальной – 40 мм и лежащей в профильной плоскости проекций. Записать координаты.



2.4.4 Построить проекции точки В, расположенной на 20 мм ниже от плоскости π_1 и на 10 мм ближе к плоскости π_2 , чем данная точка А.

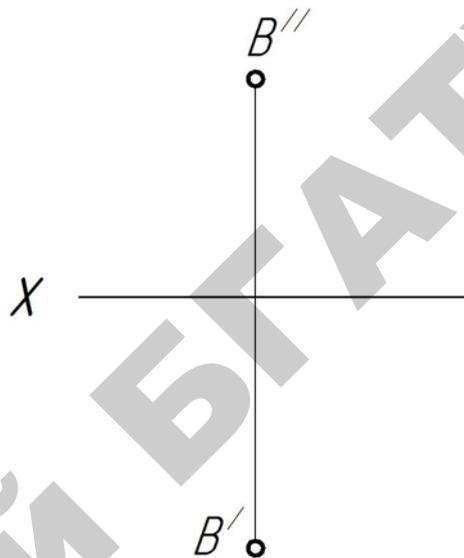
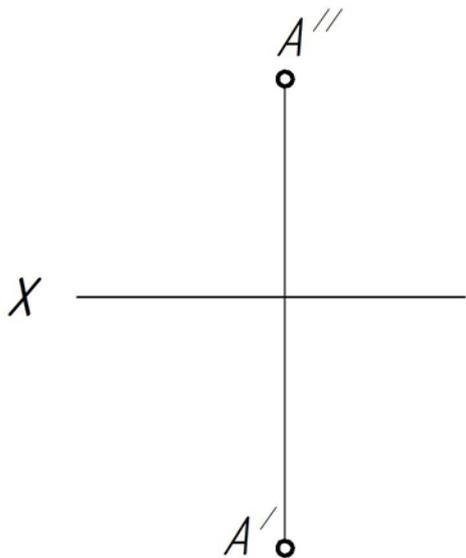


2.4.5 К какой плоскости проекций (π_1 , π_2 , π_3) точка А (20,10,15) расположена ближе? От какой плоскости проекций точка В (5,10,15) расположена дальше? По отношению к каким плоскостям проекций точка С (10,10,0) расположена на одинаковом расстоянии?

Построение комплексного чертежа прямой

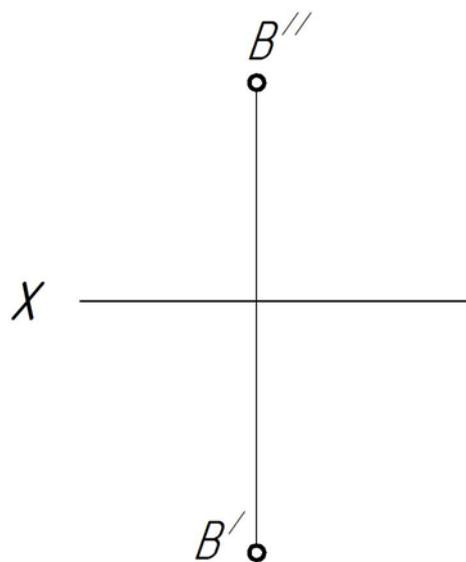
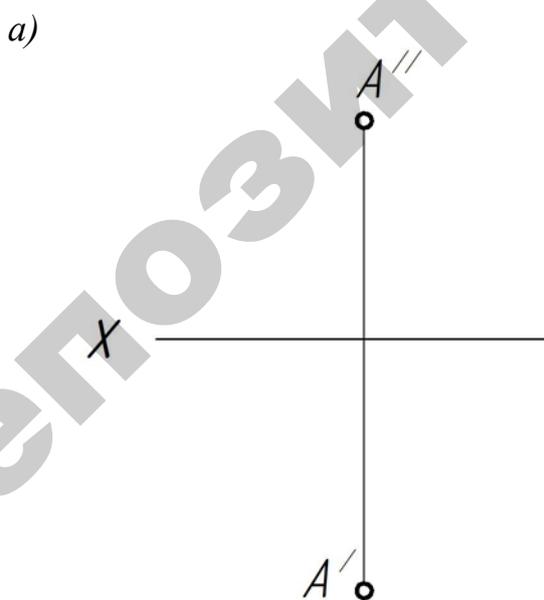
2.4.6 Через заданные точки провести проецирующие прямые и отложить на них отрезок длиной 20 мм:

- a) \perp фронтальной плоскости проекций:
- б) \perp горизонтальной плоскости проекций.

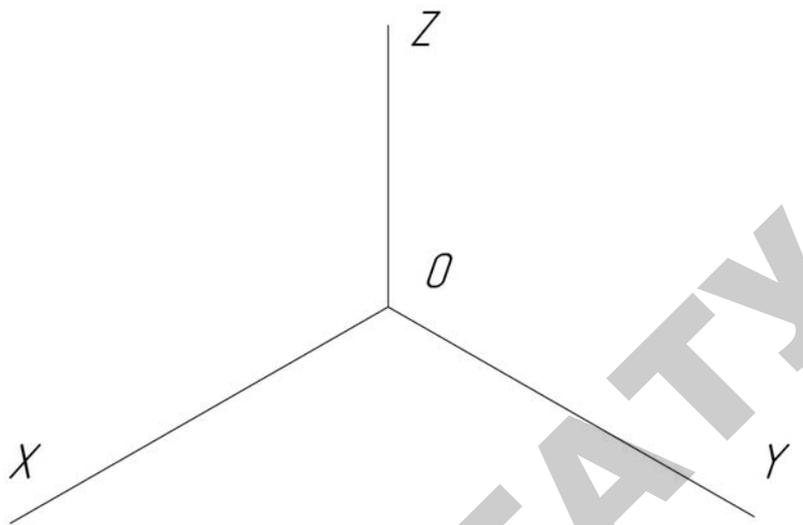


2.4.7 Через заданные точки провести прямые уровня и отложить на них отрезок 30 мм:

- a) горизонтальную h под углом 30° к плоскости π_2 :
- б) фронтальную f под углом 45° к плоскости π_1 .



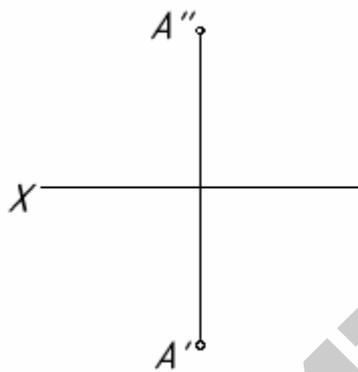
2.4.8 Построить прямоугольную изометрическую проекцию отрезка АВ по координатам точек А (40,15,0); В (10,50,45).



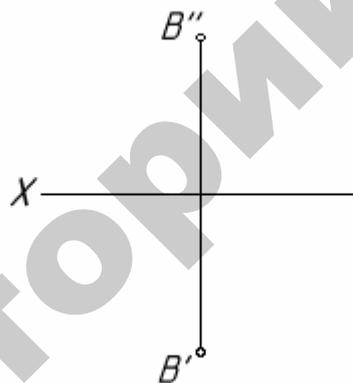
Построение комплексных чертежей плоскостей

2.4.9 Через точки А, В, С провести следующие плоскости:

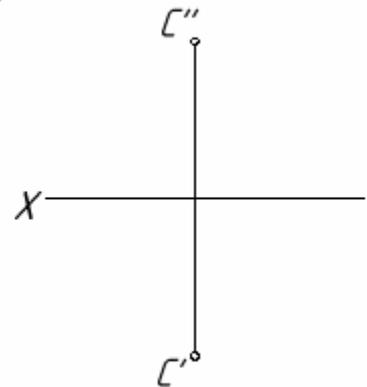
горизонтально-проецирующую



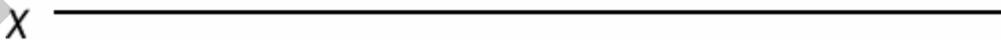
фронтально-проецирующую



общего положения

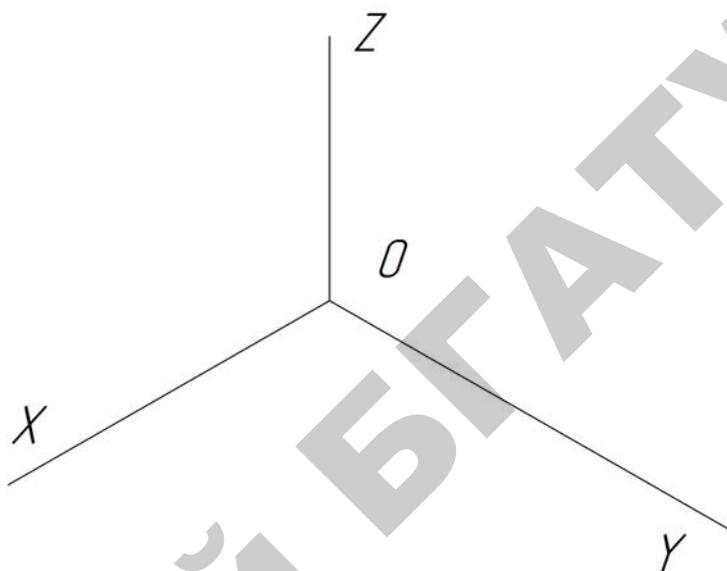
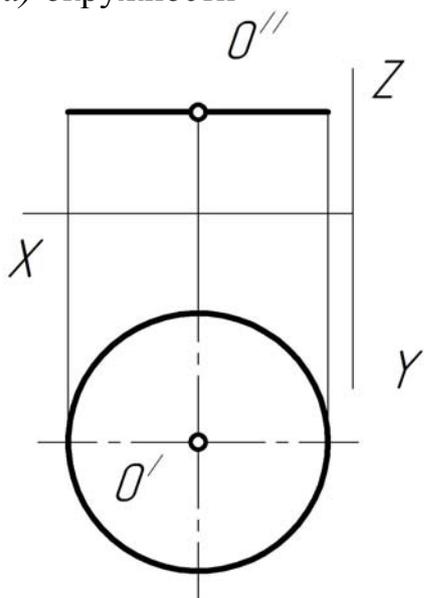


2.4.10 Построить проекции равностороннего треугольника со стороной 30 мм, лежащего в горизонтальной плоскости уровня.

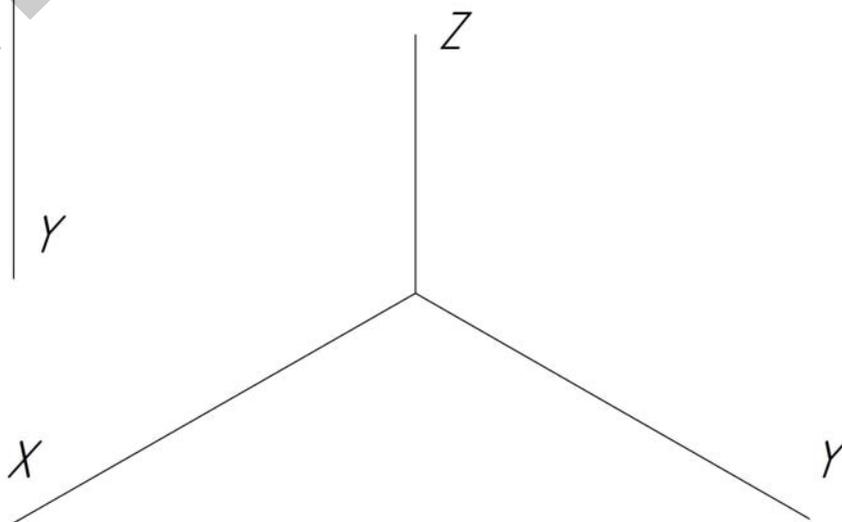
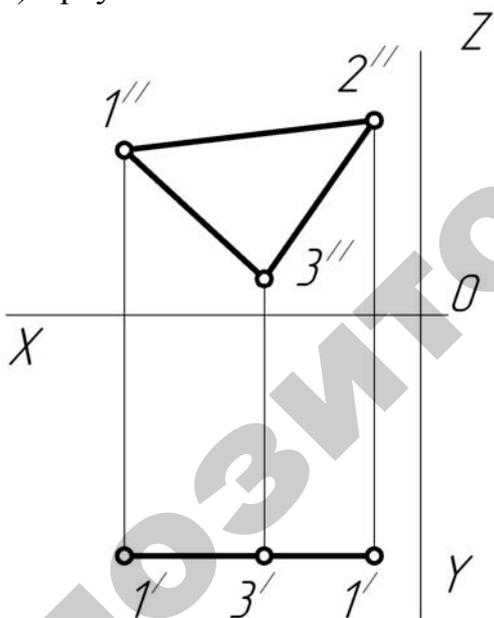


2.4.11 Построить аксонометрические проекции заданных плоских фигур.

а) окружности

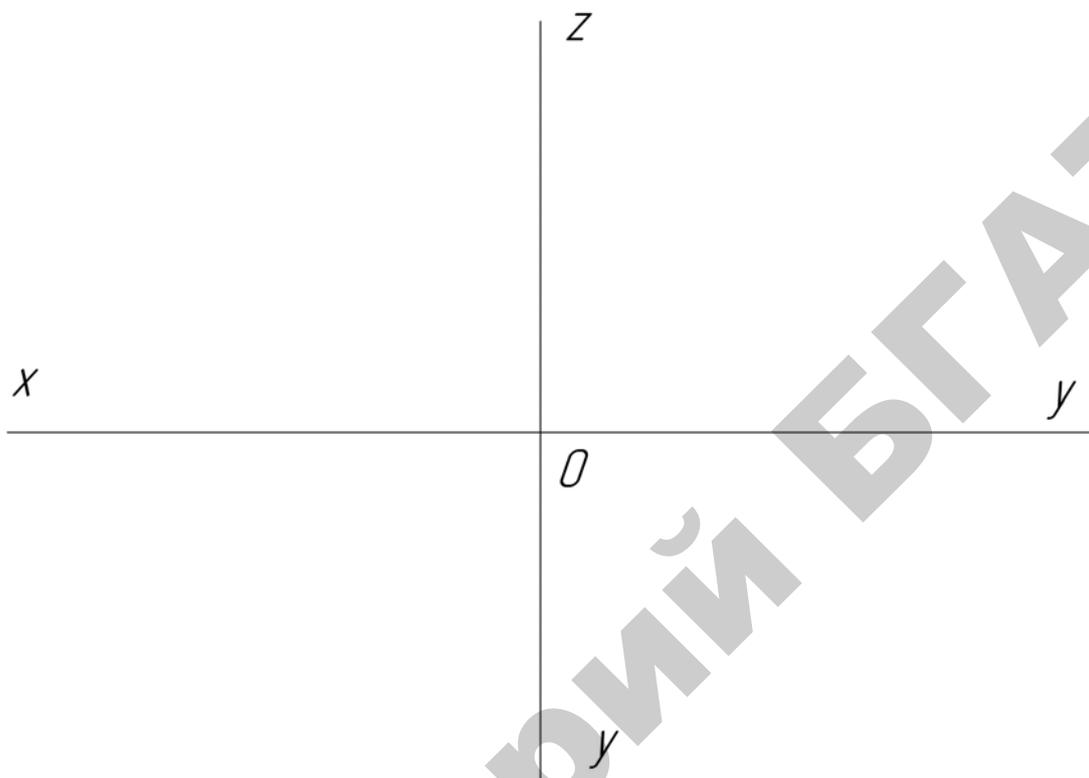


б) треугольника



Многогранники

2.4.12 Построить проекции пирамиды по заданным координатам: А (80,0,15); В (50, 60, 15); С (10, 15, 15); S (0, 60, 55). Определить видимость. Дать характеристику ее вершинам, граням и ребрам.



2.5 Расчетно-графические задания

РГР 1.2 Точка, прямая, плоскость

Содержание задания. Построить фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды по заданному условию. Определить видимость ребер.

Указания по выполнению. Условие задания, методические рекомендации по его выполнению даны в методических указаниях [9]. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А4. Пример выполнения расчетно-графической работы приведен на рисунке 2.17.

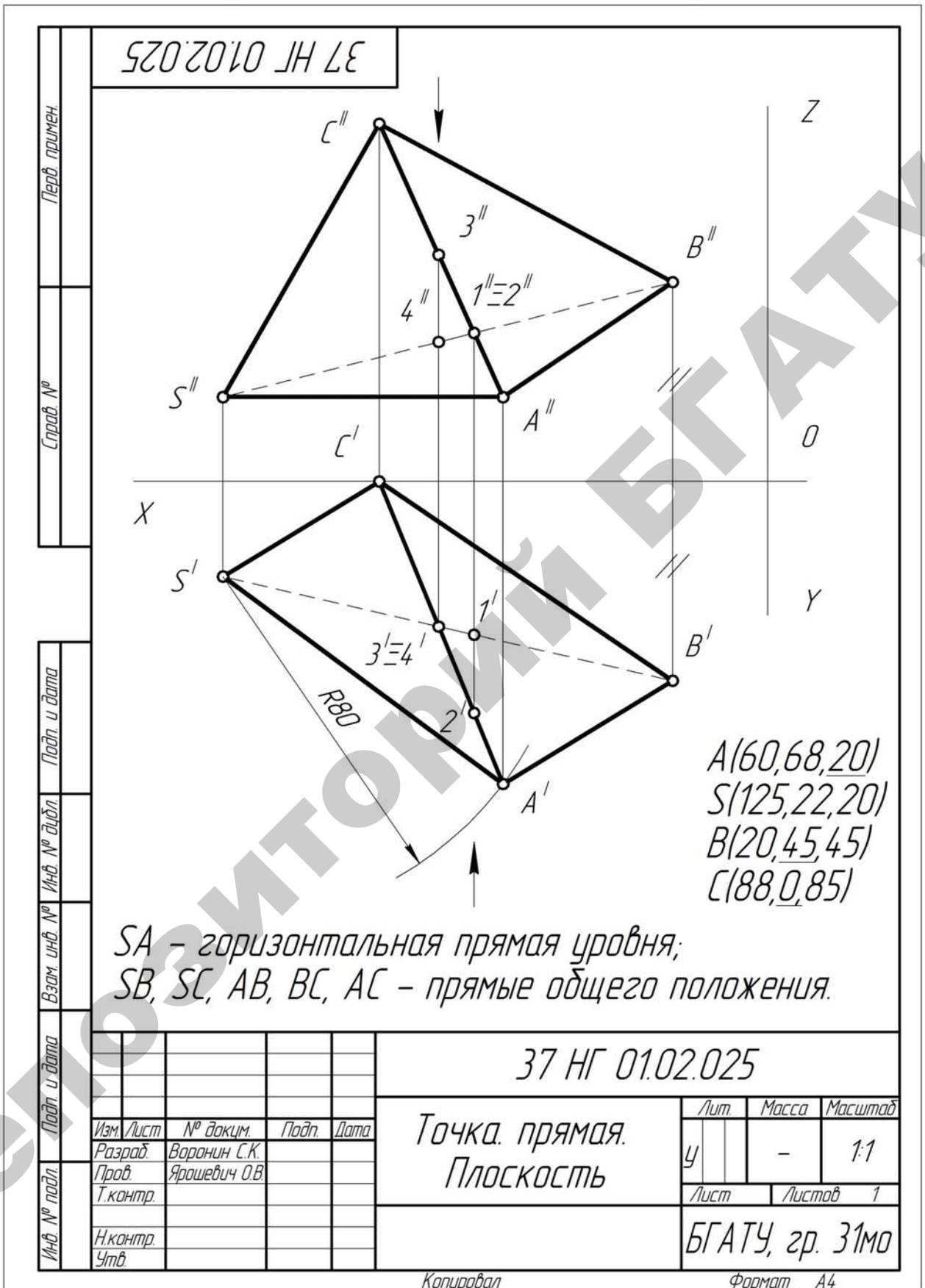


Рисунок 2.19 – Пример выполнения расчетно-графической работы 1.2

Занятие 3. Взаимное положение точек, прямых и плоскостей: принадлежность, параллельность, пересечение

Цель: изучение и практическое освоение принципов и методов построения и анализа комплексных чертежей точек, прямых, плоскостей, их взаимного расположения.

В результате изучения темы студент **должен:**

знать:

- признаки взаимного расположения точки и прямой, точки и плоскости, прямой и плоскости (принадлежность, параллельность, пересечение);
- условие принадлежности точки и прямой геометрической фигуре;
- особые (главные) линии плоскости;
- признак параллельности двух плоскостей, прямой и плоскости;
- алгоритм построения точки пересечения прямой и плоскости;
- принцип построения точки пересечения проецирующей прямой с плоскостью общего положения, прямой общего положения с плоскостью частного положения;
- принцип построения линии пересечения двух плоскостей, из которых хотя бы одна плоскость частного положения;
- алгоритм решения задач на построение линии пересечения двух плоскостей общего положения;

уметь:

- строить проекции точек и линий, принадлежащих плоскости;
- определять взаимное положение точки и прямой, точки и плоскости, прямой и плоскости;
- строить параллельные прямые и плоскости;
- находить точки пересечения прямой и плоскости в общем случае, точки пересечения проецирующей прямой с плоскостью общего положения, прямой общего положения с плоскостью частного положения;
- строить линии пересечения двух плоскостей, из которых хотя бы одна плоскость частного положения, линии пересечения двух плоскостей общего положения.

3.1 Основные теоретические положения

3.1.1 Позиционные задачи.

3.1.2 Задачи на принадлежность: точки и прямой, точки и плоскости, прямой и плоскости.

3.1.3 Особые (главные) линии плоскости.

3.1.4 Взаимное положение прямых. Конкурирующие точки.

3.1.5 Параллельность прямой и плоскости, параллельность плоскостей.

3.1.6 Пересечение плоскостей.

3.1.7 Пересечение прямой с плоскостью.

Литература: [1, §§8–9, 14–17]; [2, §§22–28].

3.1.1 Позиционные задачи

Позиционными задачами называются задачи на построение элементов, общих для взаимодействующих объектов, и задачи на взаимное положение геометрических объектов. Относительно элементарных геометрических фигур (точка, прямая, плоскость) – это задачи на принадлежность, пересечение, параллельность.

3.1.2 Задачи на принадлежность: принадлежность точки и прямой, точки и плоскости, прямой и плоскости

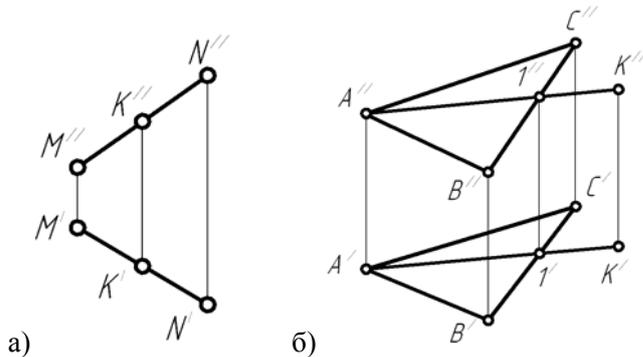


Рисунок 3.1 – Принадлежность а) точки прямой; б) точки плоскости

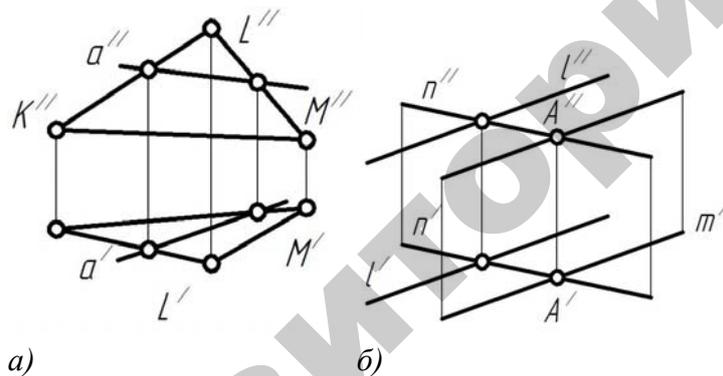


Рисунок 3.2 – Принадлежность прямой плоскости

3.1.3 Особые (главные) линии плоскости

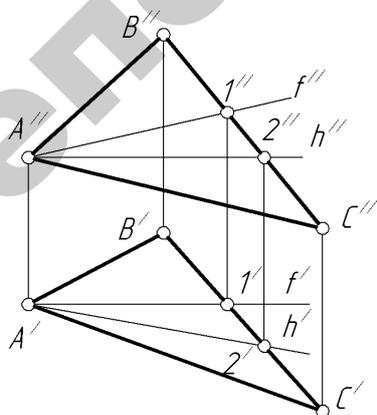


Рисунок 3.3 – Линии уровня

1) **Линии уровня** – горизонталь, фронталь, профильная прямая.

Горизонталь плоскости f – прямая в плоскости параллельная горизонтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция горизонтали всегда параллельна оси X (в случае плоскости общего положения).

Фронталь плоскости h – прямая в плоскости параллельная фронтальной плоскости проекций. Горизонтальная проекция фронтали всегда параллельна оси X (рисунок 3.3).

Если **точка принадлежит прямой**, то проекции этой точки принадлежат одноименным проекциям прямой (рисунок 3.1, а). **Точка принадлежит плоскости**, если она принадлежит прямой, принадлежащей плоскости (рисунок 3.1, б).

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через: 1) две точки, принадлежащие данной плоскости (рисунок 3.2, а); 2) точку, принадлежащую данной плоскости, и параллельна прямой, находящейся в этой плоскости (рисунок 3.2, б).

2. **Линии наибольшего наклона** (ската) плоскости, линии, перпендикулярные к соответствующим линиям уровня.

3.1.4 Взаимное положение прямых. Конкурирующие точки

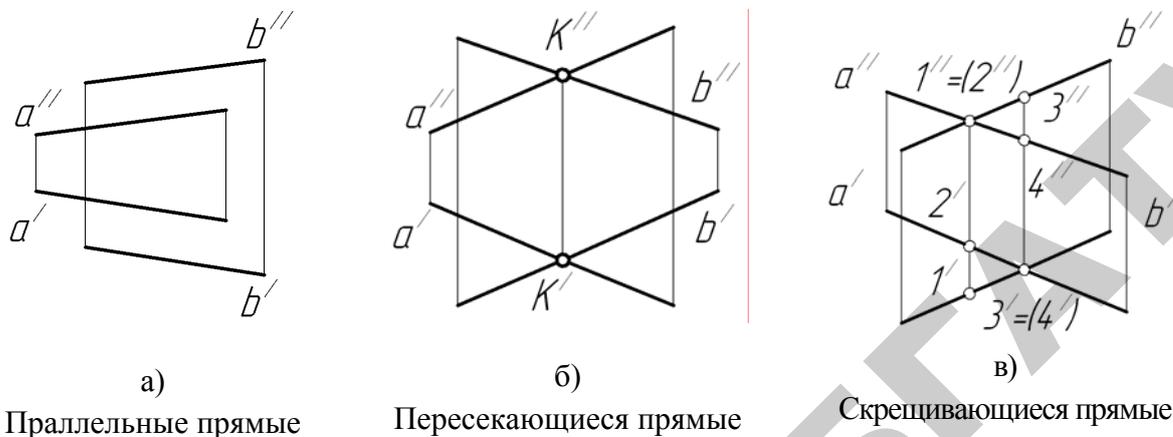


Рисунок 3.4 – Взаимное положение прямых

Точки, лежащие на одном проецирующем луче называются **конкурирующими** (рисунок 3.4, в).

3.1.5 Параллельность прямой и плоскости, параллельность плоскостей

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой, находящейся в этой плоскости (рисунок 3.5).

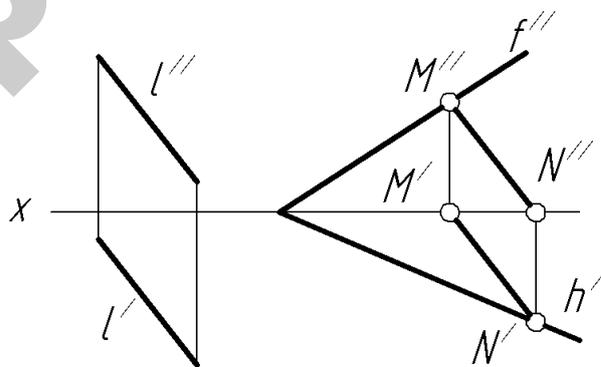


Рисунок 3.5 – Параллельность прямой и плоскости

Две плоскости **параллельны**, если две пересекающиеся прямые одной плоскости, соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости (рисунок 3.6).

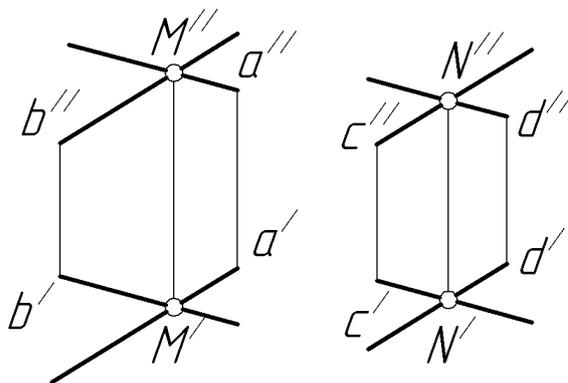


Рисунок 3.6 – Параллельность плоскостей

3.1.6 Пересечение плоскостей

При построении линии пересечения двух плоскостей возможны три случая:

1. Обе плоскости частного положения (рисунок 3.7).

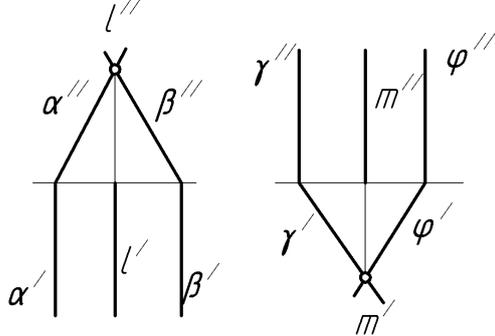


Рисунок 3.7 – Пересечение плоскостей частного положения

2. Одна плоскость частного положения, а другая – общего (рисунок 3.8).

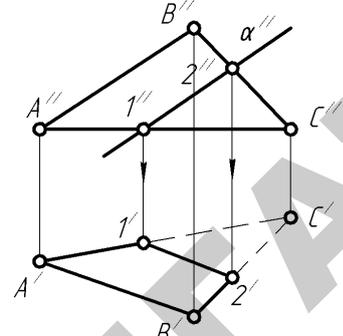


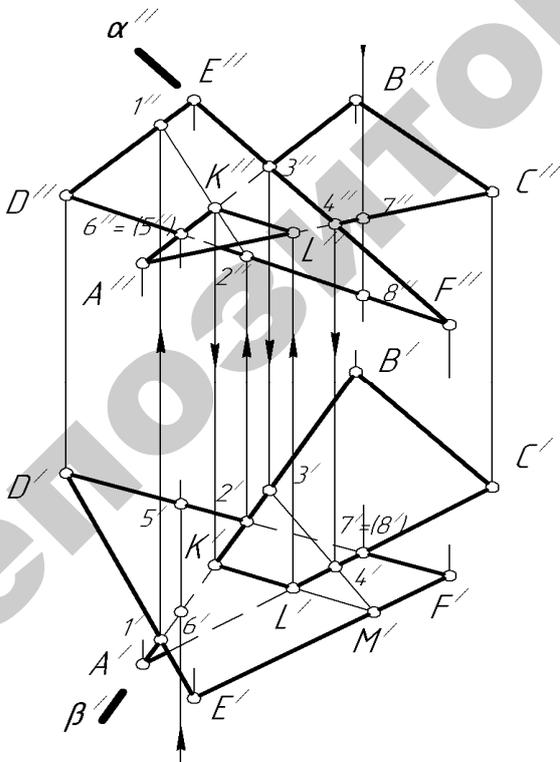
Рисунок 3.8 – Пересечение плоскости частного положения с плоскостью общего положения

3. Обе плоскости общего положения.

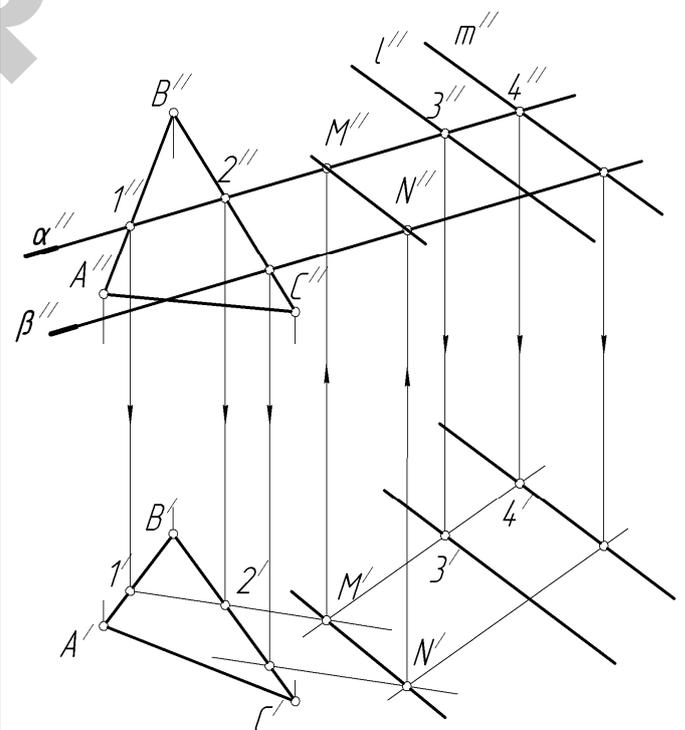
Линия пересечения двух плоскостей общего положения может быть построена двумя способами:

1) по точкам пересечения прямых линий одной плоскости с другой плоскостью (рисунок 3.9, а);

2) используя метод плоскостей-посредников (рисунок 3.9, б).



а)



б)

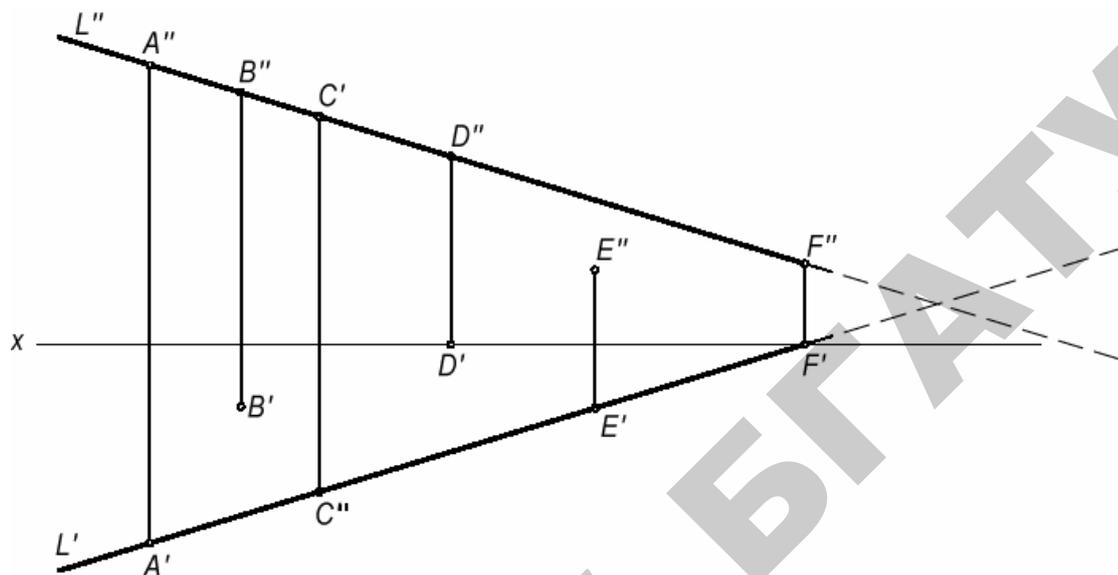
Рисунок 3.9 – Пересечение плоскостей общего положения

3.2 Вопросы для самоконтроля

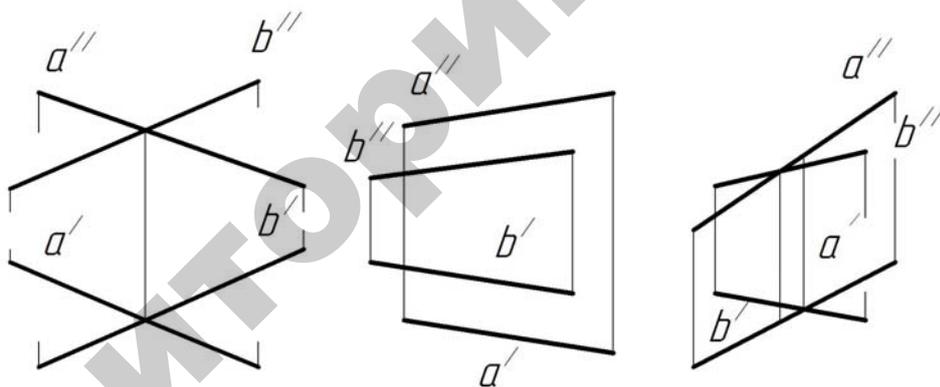
1. Какие задачи называются позиционными?
2. К каким основным задачам сводятся все позиционные?
3. Сформулируйте условие принадлежности точки прямой.
4. Какие взаимные положения прямых возможны? Сформулируйте признаки, по которым можно судить о взаимном положении двух прямых, изображенных на комплексном чертеже.
5. Какие линии в плоскости называют главными? Каковы характерные признаки расположения их проекций на чертеже?
6. Что называется горизонталью плоскости? Расположение ее проекций на эюре.
7. Что называется фронталью плоскости? Расположение ее проекций на эюре.
8. При каком положении плоскости ее фронталь является и профильной прямой?
9. Какое положение занимает в пространстве плоскость, у которой горизонтали и фронтали совпадают?
10. Какое взаимное положение в пространстве могут занимать прямая и плоскость?
11. Сформулируйте признак параллельности прямой и плоскости.
12. Как найти точку пересечения прямой с плоскостями проецирующими и уровня?
13. Изложите принцип нахождения точки пересечения прямой и плоскости.
14. Как определяется видимость прямой относительно заданной плоскости?
15. Как могут быть расположены в пространстве две плоскости?
16. В чем заключается признак параллельности двух плоскостей?
17. Какой геометрический элемент является пересечением двух плоскостей? трех плоскостей?
18. Алгоритм решения задач на построения линии пересечения двух плоскостей общего положения.
19. Какая линия получится в результате пересечения плоскости общего положения и фронтальной плоскости уровня? плоскости общего положения и горизонтальной плоскости уровня?
20. Как построить линию пересечения плоскостей, из которых хотя бы одна плоскость частного положения?

3.3 Задания для самостоятельной работы

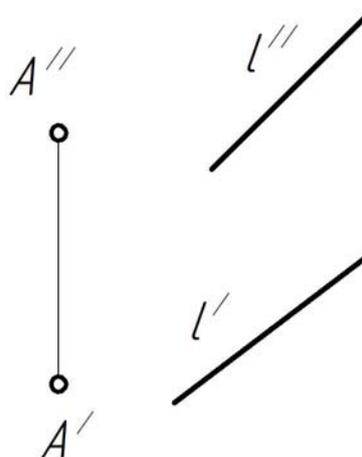
3.3.1 Определить по эпюру, принадлежат ли точки A, B, C, D, E, F прямой линии l .



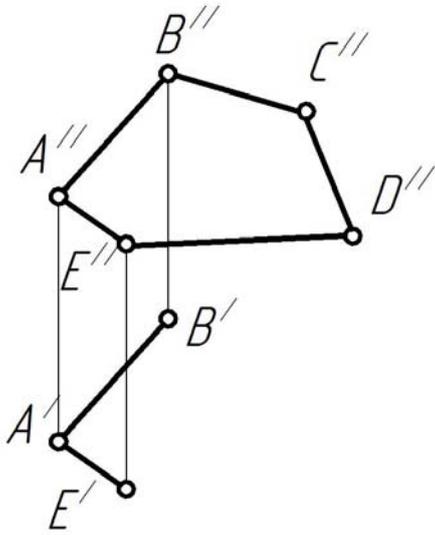
3.3.2 Определить взаимное положение двух прямых.



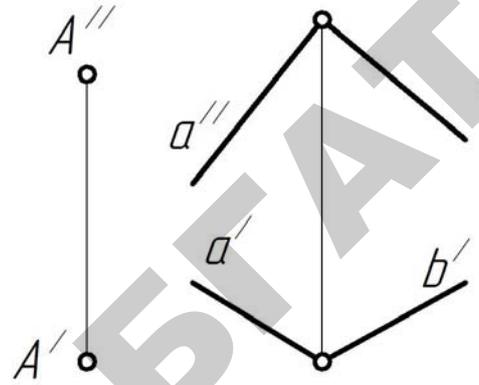
3.3.3 Через точку A провести прямую параллельную прямой l .



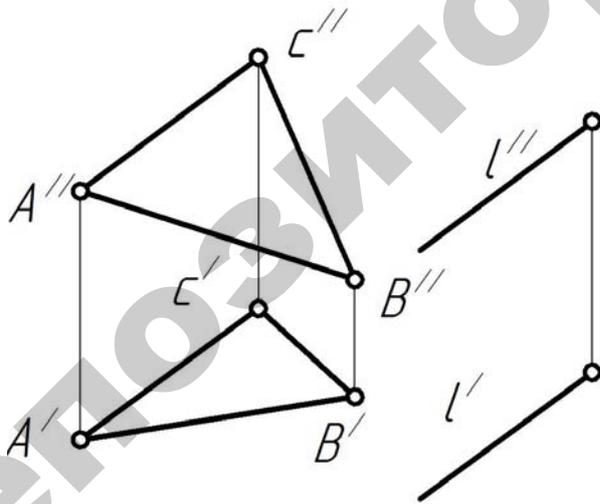
3.3.4 Достроить плоский пятиугольник, провести в нем произвольные фронталь f и горизонталь h .



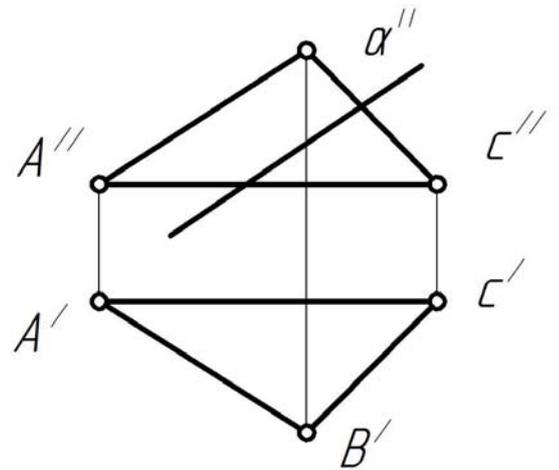
3.3.5 Через точку M провести плоскость параллельную плоскости α ($\triangle ABC$).



3.3.6 Определить относительное положение прямой и плоскости.



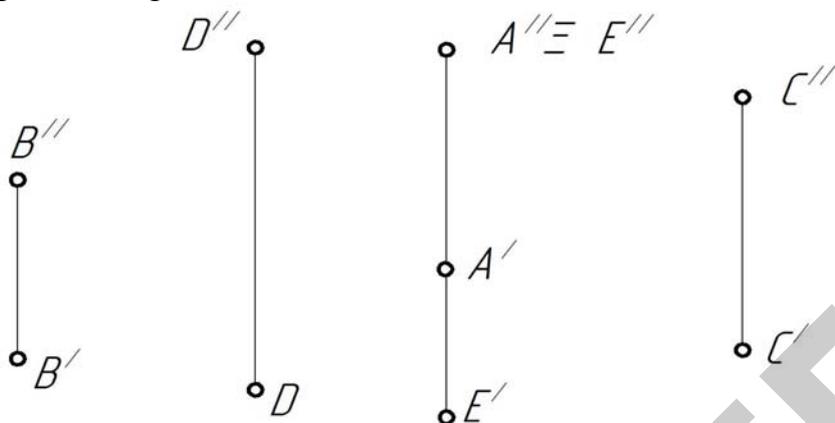
3.3.7 Построить линию пересечения плоскостей.



3.4 Задания для аудиторных занятий

Взаимное расположение точек

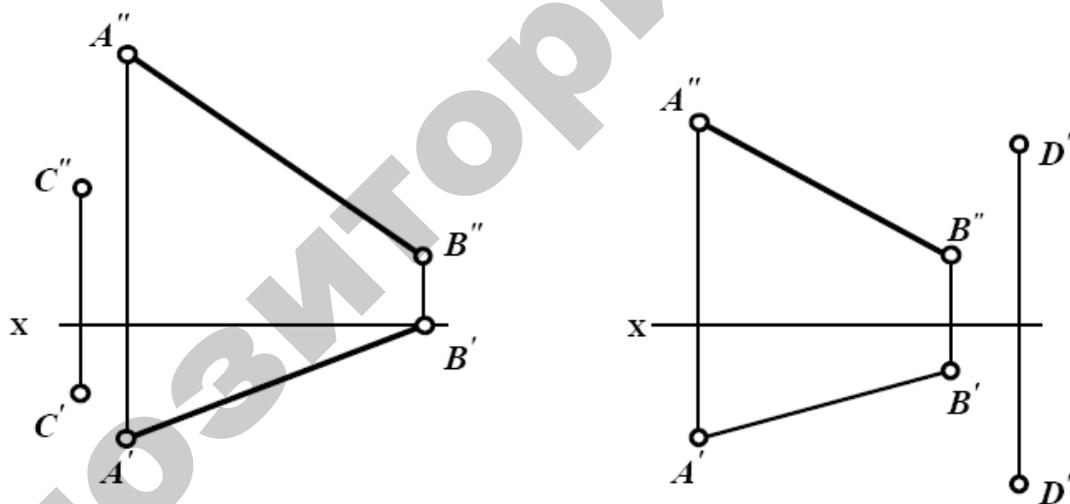
3.4.1 Определить расположение точек В, С, D, E относительно точки А.



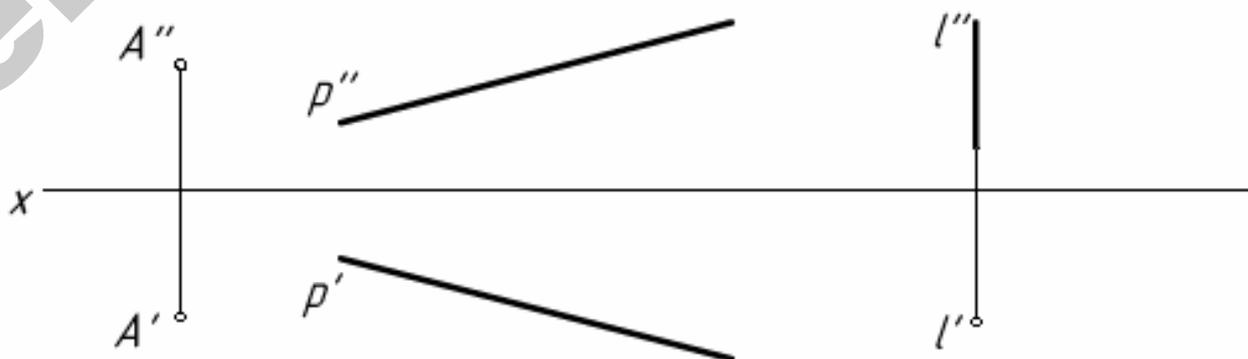
Взаимное расположение прямых

3.4.2 Дана прямая АВ и точки С и D. Требуется:

- 1) через точку С провести прямую, параллельную АВ;
- 2) через точку D провести прямую, пересекающую АВ и параллельную плоскости π_1 .

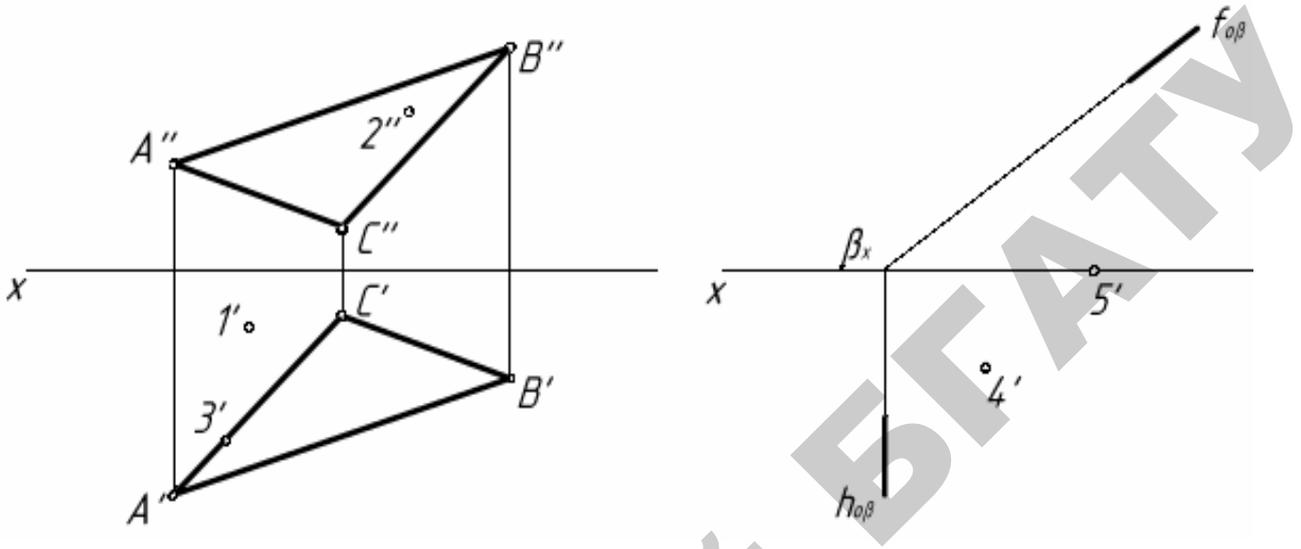


3.4.3 Через точку А провести прямую, пересекающую прямые L и P.



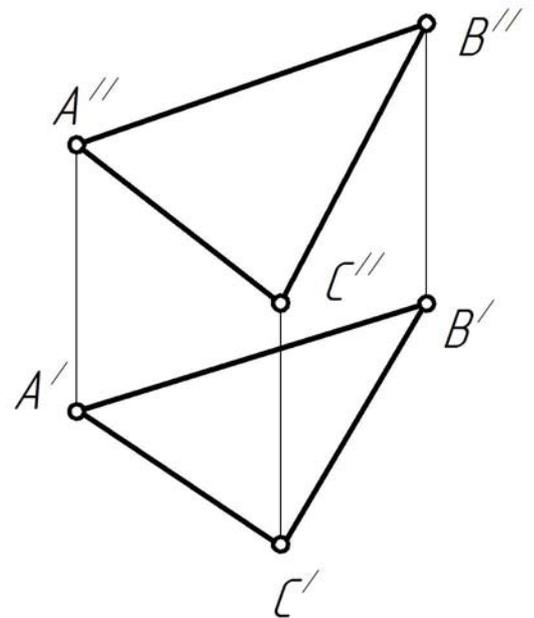
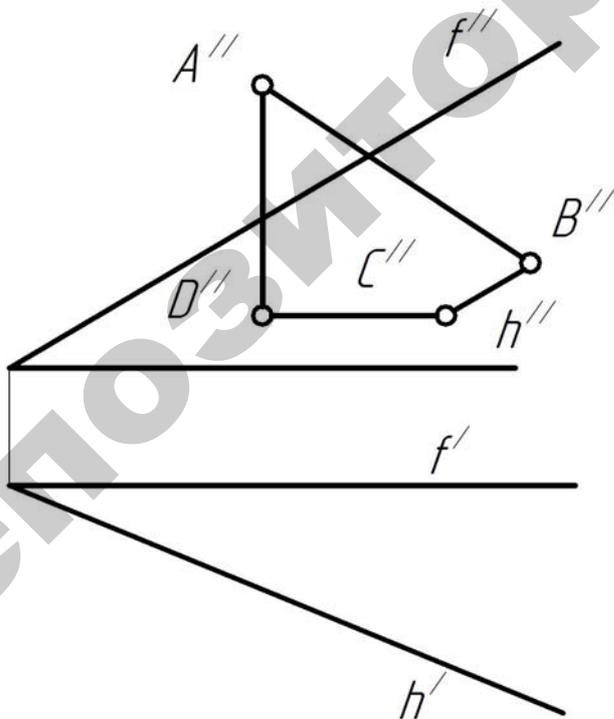
Взаимное расположение точки, прямой, плоскости

3.4.4 Определить положение заданных плоскостей относительно плоскостей проекций. Построить недостающие проекции точек 1, 2, 3, 4, 5, лежащих в плоскостях.

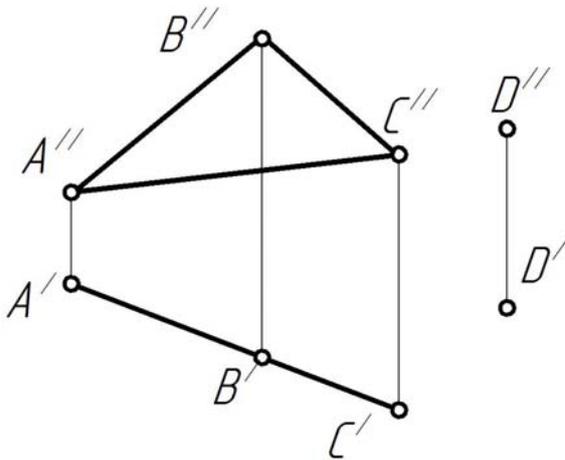


3.4.5 Достроить вид сверху четырехугольника ABCD принадлежащего плоскости α ($h \cap f$).

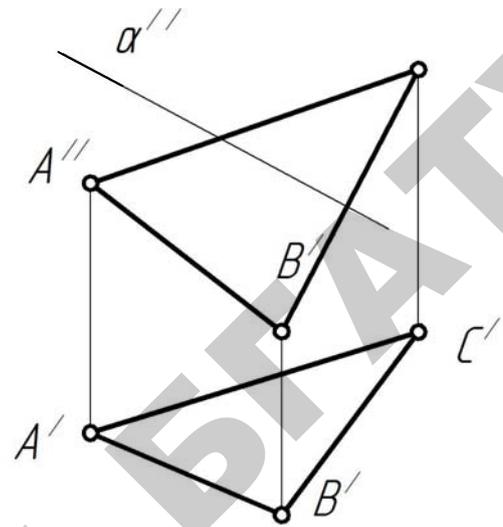
3.4.6 Построить произвольные горизонталь и фронталь в плоскости α (ΔABC).



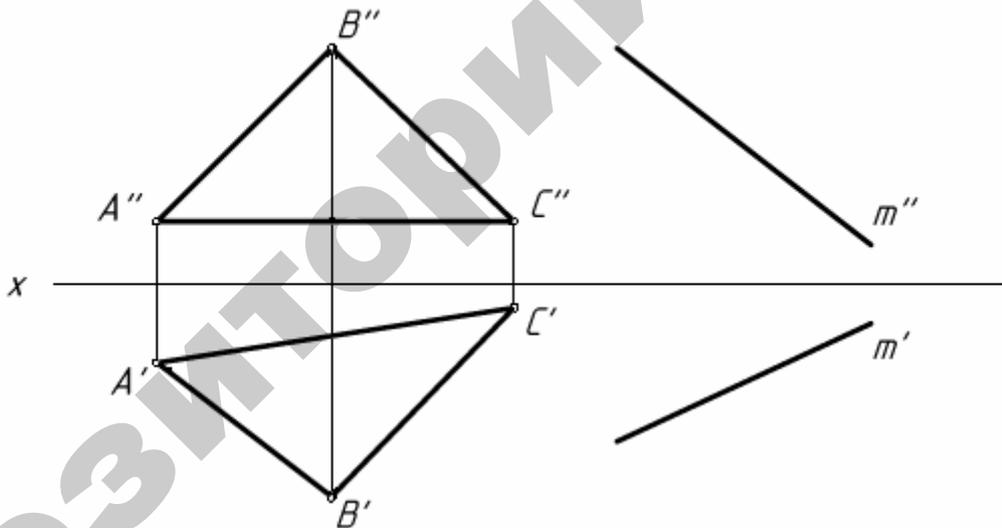
3.4.7 Через точку D провести прямую параллельную плоскости α ($\triangle ABC$) и горизонтальной плоскости проекций.



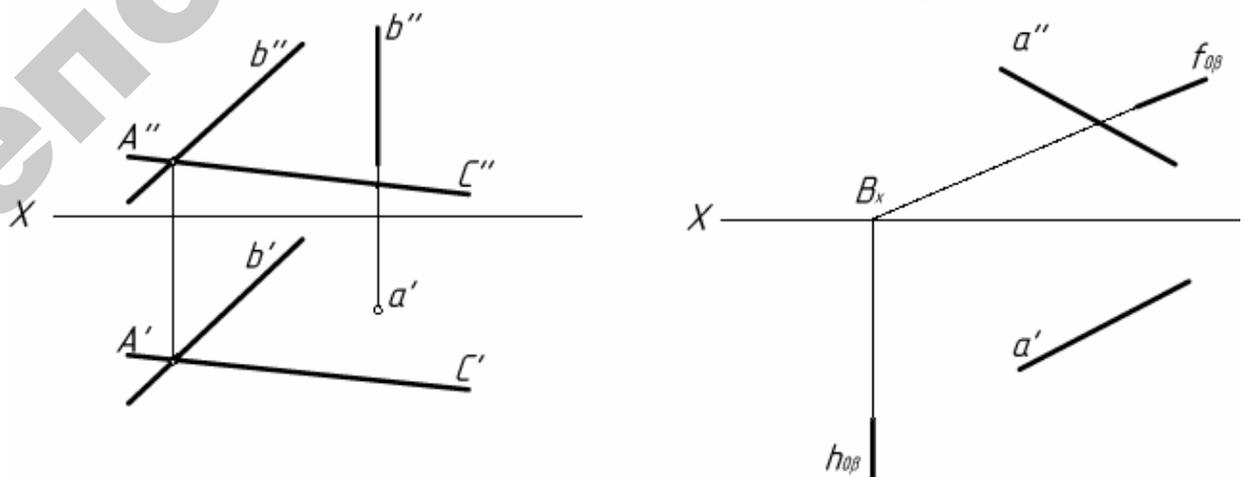
3.4.8 Построить линию пересечения плоскостей.

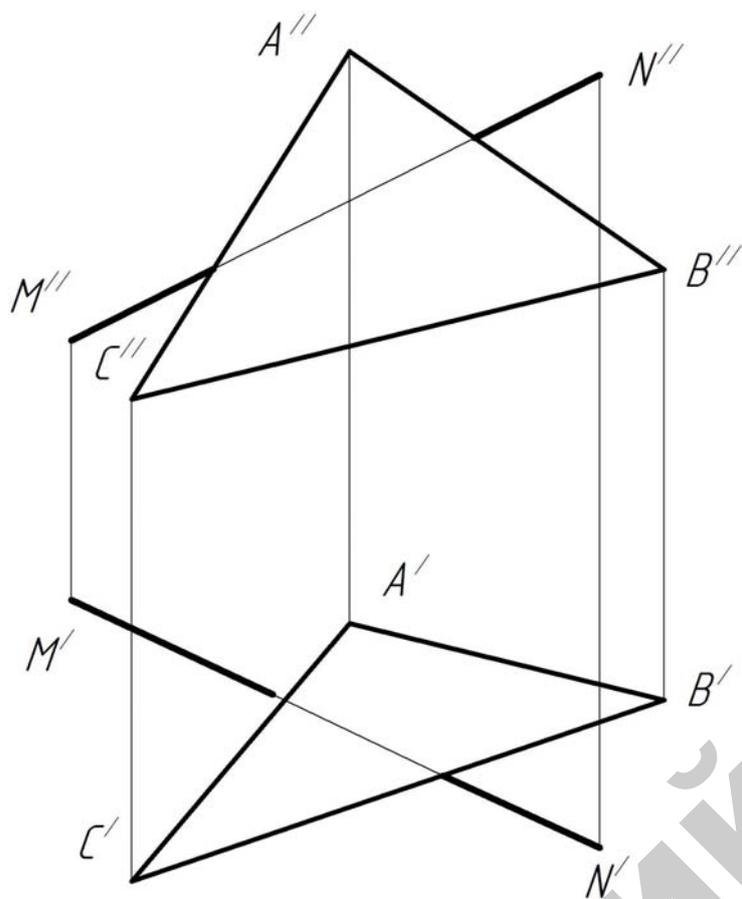


3.4.9 Дана плоскость λ ($\triangle ABC$) и прямая M. Параллельны ли они между собой?



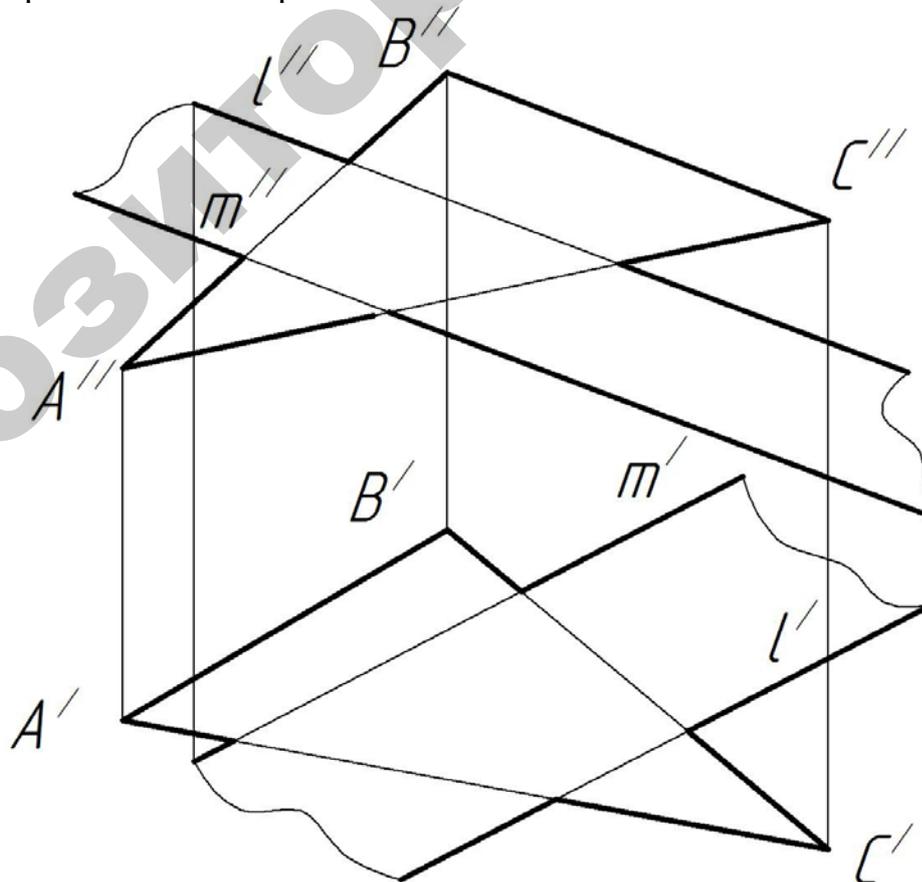
3.4.10 Найти точку встречи прямой с плоскостью. Определить видимость.



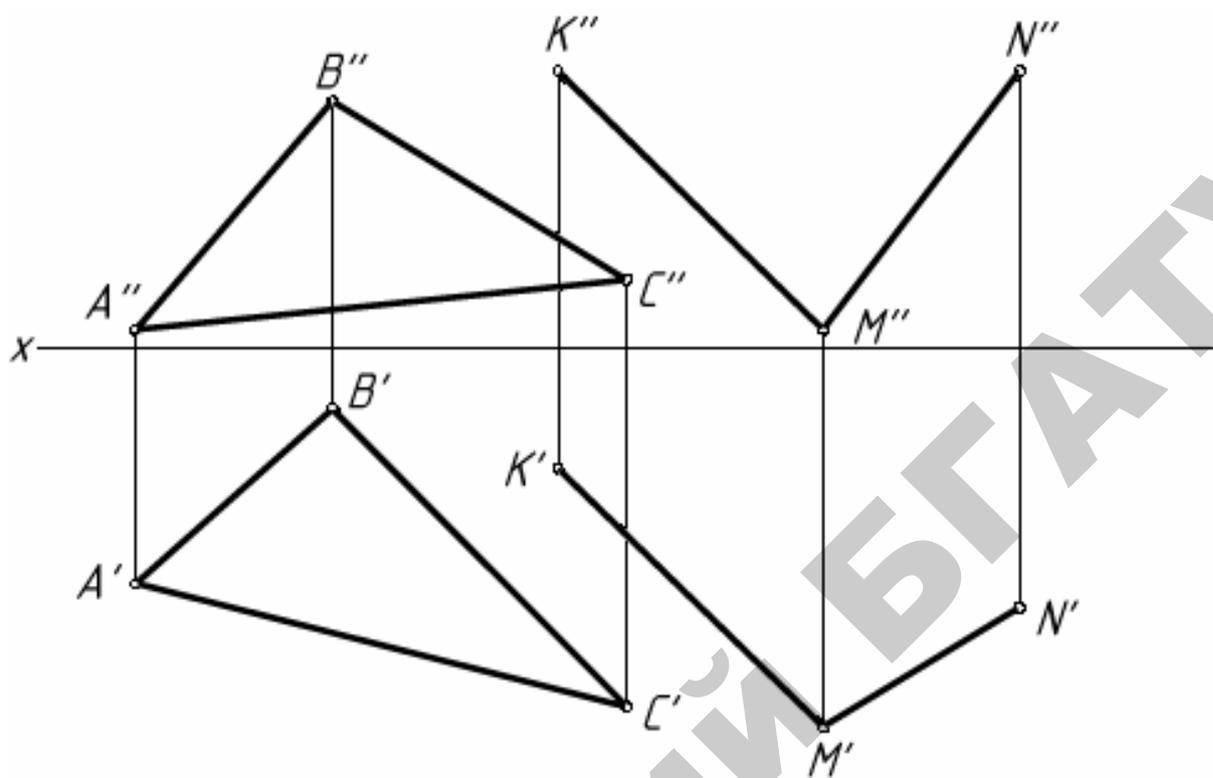


3.4.11 Построить точку пересечения прямой MN с плоскостью и определить видимость. Записать алгоритм решения задачи.

3.4.12 Построить линию пересечения плоскостей.



3.4.13 Построить линию пересечения плоскостей.



3.5 Расчетно-графические задания

РГР 1.3 Взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей

Содержание задания:

1. Построить проекции линии пересечения двух плоскостей. Определить видимость.
2. Определить и записать координаты точек, принадлежащих линии пересечения.

Указания по выполнению. Условие задания, методические рекомендации по выполнению даны в методических указаниях [9]. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А4. Пример выполнения задания приведен на рисунке 3.10.

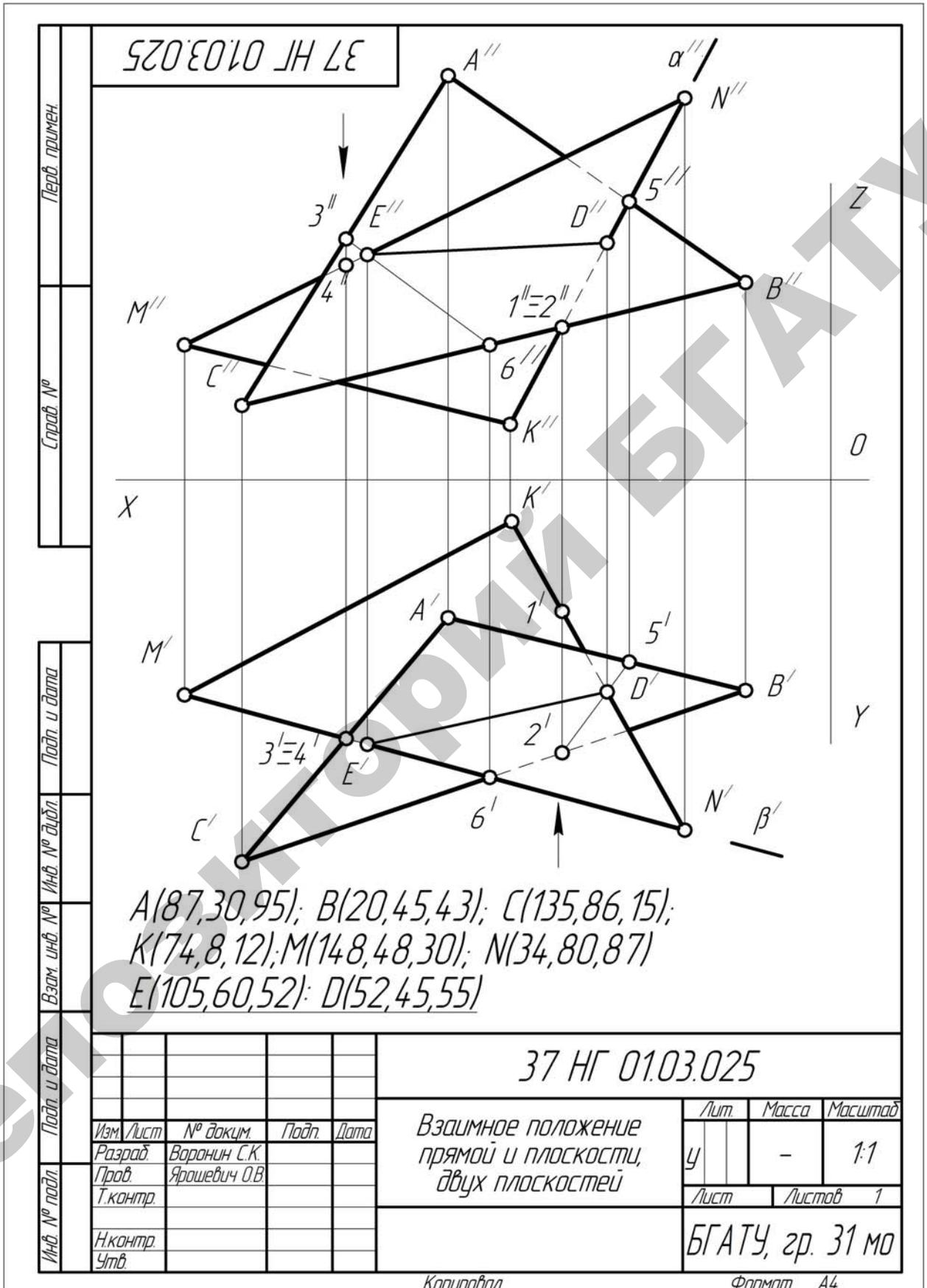


Рисунок 3.10 – Пример выполнения расчетно-графической работы 1.3

Занятие 4. Многогранники. Способы преобразования чертежа

Цель:

- 1) усвоение приемов решения задач на построение точек и линий на многогранных поверхностях;
- 2) овладение приемами построения линий пересечения многогранников с плоскостью и прямой линией, взаимного пересечения многогранных поверхностей;
- 3) изучение и практическое применение способов преобразования чертежа.

В результате изучения темы студент **должен:**

знать:

- сущность преобразования чертежа;
- способы замены плоскостей проекций, вращения вокруг проецирующей прямой;
- принцип определения точек на гранях многогранника;
- способы построения линии пересечения многогранников плоскостью, определения точек пересечения прямой с поверхностью многогранника;
- способы определения натуральной величины сечения многогранника плоскостью;
- способы построения линии взаимного пересечения многогранных поверхностей;

уметь:

- строить натуральную величину отрезка прямой линии и плоской фигуры;
- выполнять построение проекций точек и линий на поверхности многогранника;
- строить линии сечения многогранника плоскостью;
- определять натуральные величины сечения многогранников плоскостью;
- определять точки пересечения многогранника с прямой линией;
- строить линии пересечения многогранников.

4.1 Основные теоретические положения

4.1.1 Сущность преобразования чертежа.

4.1.2 Способ замены плоскостей проекций.

4.1.3 Способ вращения вокруг проецирующей прямой.

4.1.4 Определение положения точек и линий на поверхности многогранника.

4.1.5 Пересечение многогранников плоскостью.

4.1.6 Определение натуральной величины сечения многогранника плоскостью.

4.1.7 Пересечение прямой с поверхностью многогранника.

4.1.8 Взаимное пересечение многогранников.

Литература: [1, §§19–20, 26, 34–38]; [2, §§32–35, 39–43].

4.1.1 Сущность преобразования чертежа

Способы преобразования чертежа делятся на два вида:

- 1) геометрический объект при преобразовании остается неподвижным, а плоскости проекций меняют свое положение так, чтобы объект находился относительно них в частном положении (способ замены плоскостей проекций);
- 2) плоскости проекций при преобразовании остаются неподвижными, а объект меняет свое положение так, чтобы относительно плоскостей проекций он занял частное положение (способ вращения вокруг проецирующей оси, способ совмещения, способ вращения вокруг линий уровня, способ плоскопараллельного перемещения).

Существует четыре исходные задачи преобразования чертежа:

- 1) прямую общего положения сделать прямой уровня;
- 2) прямую уровня сделать проецирующей;
- 3) плоскость общего положения сделать проецирующей плоскостью;
- 4) проецирующую плоскость сделать плоскостью уровня.

4.1.2 Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей состоит в том, что пространственное положение объектов остается неизменным, а меняется система плоскостей проекций путем ввода дополнительных плоскостей проекций, при этом сохраняется взаимная перпендикулярность двух плоскостей проекций (рисунок 4.1).

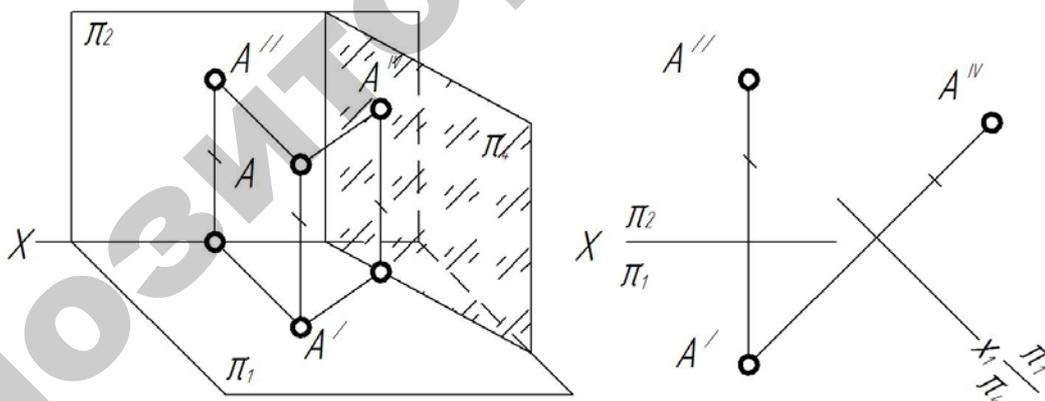


Рисунок 4.1 – Сущность способа замены плоскостей проекций

При решении четырех исходных задач выполняют следующее:

- для первой – дополнительную плоскость выбирают параллельно заданной прямой общего положения; для второй – дополнительную плоскость выбирают перпендикулярно заданной прямой уровня (рисунок 4.2);
- для третьей – в заданной плоскости общего положения построить линию уровня и дополнительную плоскость выбирают перпендикулярно ей; для четвертой – дополнительную плоскость выбирают параллельно проецирующей плоскости (рисунок 4.3).

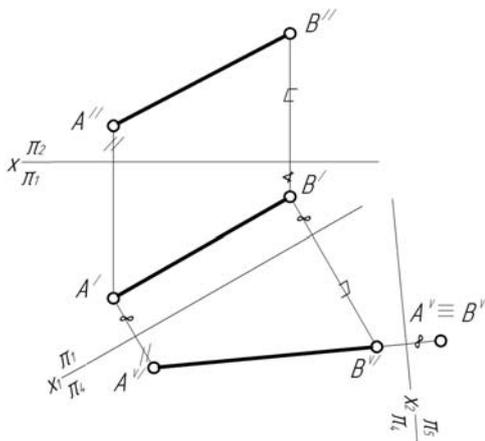


Рисунок 4.2 – Преобразование прямой общего положения в прямую частного положения

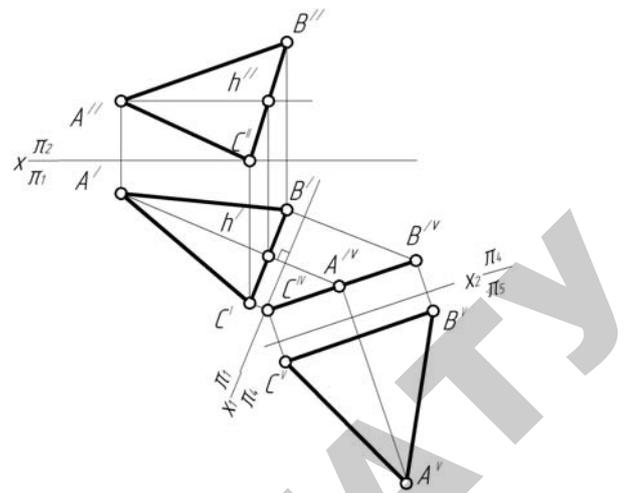


Рисунок 4.3 – Преобразование плоскости общего положения в плоскость частного положения

4.1.3 Способ вращения вокруг проецирующей прямой

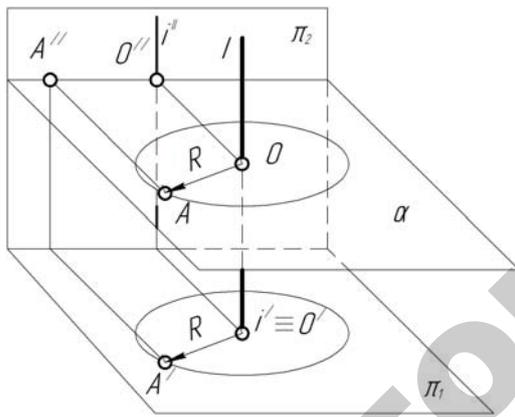


Рисунок 4.4. – Способ вращения вокруг проецирующей прямой

Способ заключается в том, что геометрический объект (прямую или плоскость) вращают вокруг проецирующей оси до положения параллельного какой-либо плоскости проекций.

При вращении точки вокруг проецирующей прямой на плоскости перпендикулярной оси вращения, проекция точки перемещается по дуге окружности, а на плоскости, параллельной оси вращения – по прямой линии, параллельной оси OX (рисунки 4.4 и 4.5).

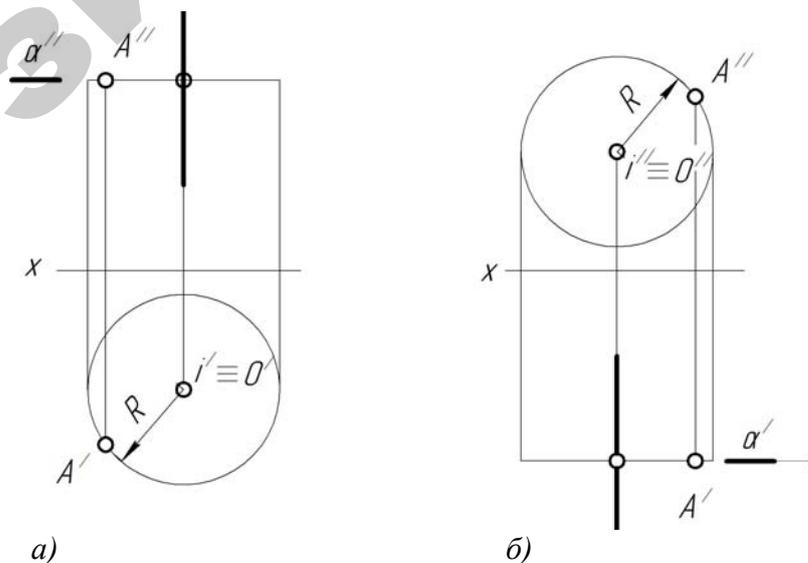


Рисунок 4.5 – Вращение точки вокруг а) горизонтально-проецирующей оси; б) фронтально-проецирующей оси

4.1.4 Определение положения точек и линий на поверхности многогранника

Построение проекций точек и линий на поверхности многогранника осуществляется аналогично построению точек, принадлежащих прямым (ребра многогранника) или плоскостям (грани многогранника). Примеры построения проекций точек показаны на рисунках 4.7 и 4.8.

4.1.5 Пересечения многогранников плоскостью. Определение натуральной величины сечения

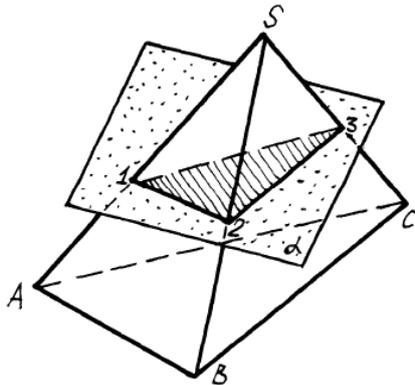


Рисунок 7.3 – Сечение многогранников плоскостью

Рисунок 4.6 – Сечение многогранника плоскостью

Фигура сечения многогранника – многоугольник, число сторон которого равно числу граней, пересекаемых плоскостью (рисунок 4.6). Вершинами этого многоугольника являются точки пересечения ребер секущей плоскостью, а сторонами – линии пересечения граней с секущей плоскостью. Поэтому задачу по определению сечения многогранника можно свести к многократному решению задачи по определению точки встречи прямой с секущей плоскостью (метод ребер) или к задаче по построению линий пересечения плоскостей (метод граней).

Пример построения сечения призмы фронтально-проецирующей плоскостью приведен на рисунке 4.7, пирамиды – горизонтально-проецирующей плоскостью на рисунке 4.8.

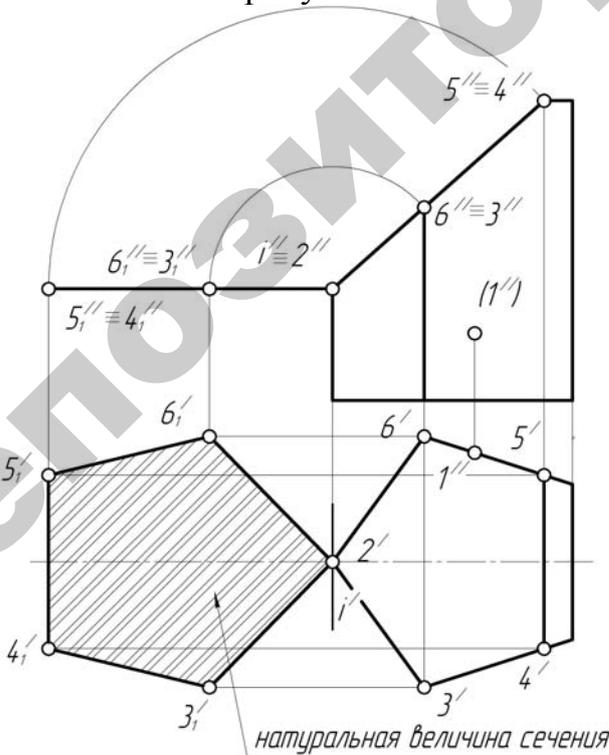


Рисунок 4.7 – Построение сечения призмы плоскостью, определение натуральной величины сечения

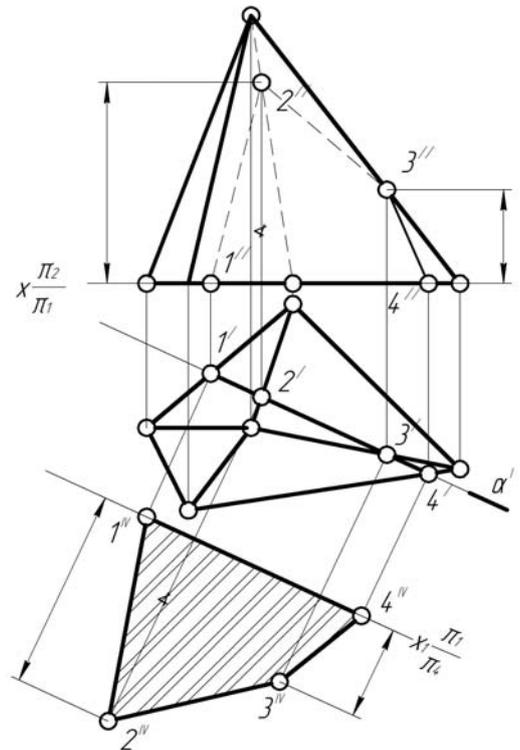


Рисунок 4.8 – Построение сечения пирамиды плоскостью, определение натуральной величины сечения

4.1.6 Пересечение прямой с поверхностью многогранника

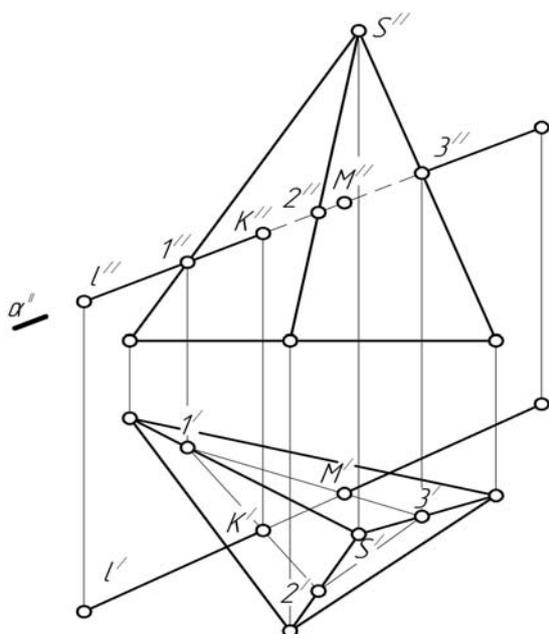


Рисунок 4.9 – Построение точек пересечения прямой с поверхностью пирамиды

Построение точек пересечения прямой с поверхностью многогранника производится аналогично построению точки пересечения прямой с плоскостью: через прямую проводят вспомогательную плоскость частного положения, строят сечение многогранника вспомогательной плоскостью и находят общие точки прямой и построенного сечения. Полученные точки являются точками встречи прямой с поверхностью многогранника (точки входа и выхода).

В частных случаях: при построении точек пересечения прямой с поверхностью многогранника, когда прямая или грани многогранника являются проецирующими, следует использовать «вырождение» их проекций в точку или прямые.

4.1.7 Взаимное пересечение многогранников

Линия пересечения многогранников может быть построена несколькими способами, например, определив точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого и наоборот. Если точки не определяются непосредственно, для их построения выбирают вспомогательные секущие плоскости - посредники: проецирующие плоскости либо плоскости уровня. Искомые точки определяются как общие точки линии пересечения секущих плоскостей с заданными многогранниками.

Объединение найденных точек в линию пересечения производится путем обхода по граням одного из многогранников.

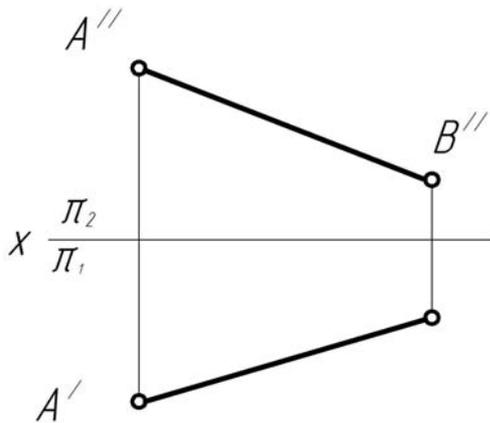
4.2 Вопросы для самоконтроля

1. Каковы траектории перемещения проекций точки при вращении ее вокруг оси, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций? фронтальной плоскости проекций?
2. В чем заключается сущность способа замены плоскостей проекций?
3. Сформулируйте правило построения проекций точек на новую плоскость проекций.
4. Сколько и в какой последовательности следует ввести дополнительных плоскостей, чтобы заданная прямая общего положения стала прямой уровня? проецирующей?
5. Сколько и в какой последовательности следует ввести дополнительных плоскостей, чтобы заданная плоскость общего положения стала проецирующей? плоскостью уровня?
6. Как образуются пирамида и призма?
7. Как называются составные части пирамиды и призмы?
8. Чем являются грани многогранников?
9. Изложите принцип нахождения недостающих проекций точек, принадлежащих многогранникам.
10. Как построить линию, принадлежащую многограннику?
11. Какое геометрическое тело называется многогранником?
12. В чем отличие между многогранником и многогранной поверхностью?
13. Какие бывают призмы и как они могут быть заданы?
14. Какие бывают пирамиды и как они могут быть заданы?
15. Какое правило используется при построении проекций точек, принадлежащих многогранной поверхности?
16. Какая фигура получится в пересечении многогранника плоскостью?
17. На чем основано построение линии пересечения многогранника плоскостью частного положения?
18. Как определить проекции линии пересечения многогранника плоскостью общего положения?
19. Какая фигура получится при пересечении призмы плоскостью, параллельной ее ребрам?
20. Как определяются точки пересечения прямой линии с поверхностью многогранника?
21. Какие линии получаются при пересечении двух многогранников?
22. В каком случае следует применять способы преобразования чертежа к решению позиционных задач?
23. Можно ли применять способы преобразования чертежа к решению задач на построения линии пересечения двух многогранников? Если да, то на чем основаны такие построения?

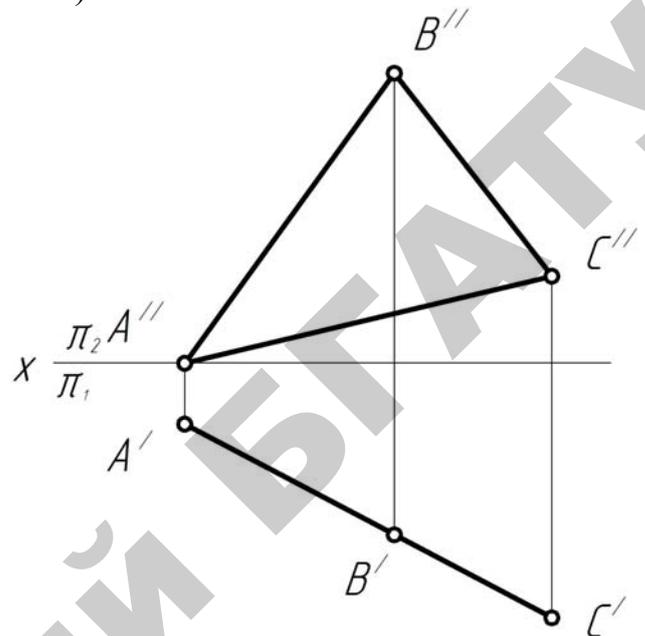
4.3 Задания для самостоятельной работы

4.3.1 Преобразовать: а) прямую АВ из общего положения в проецирующую; б) проецирующую плоскость α (ΔABC) в плоскость уровня.

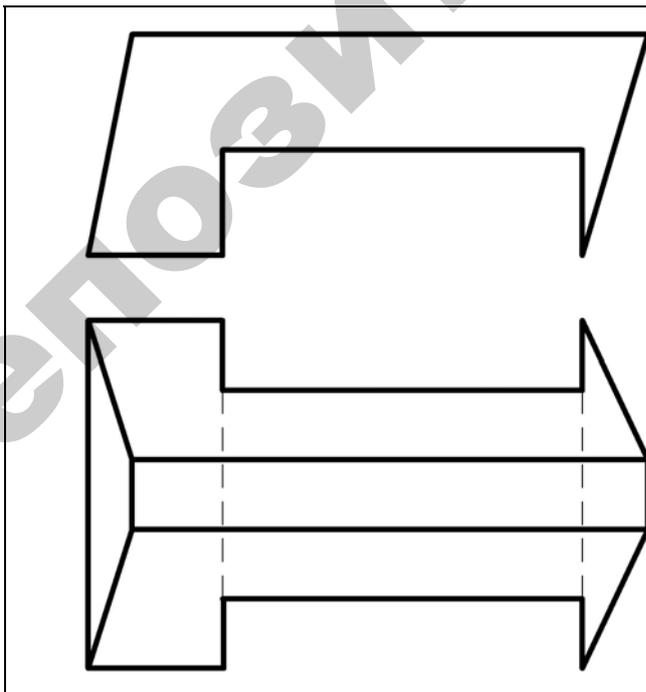
а)



б)

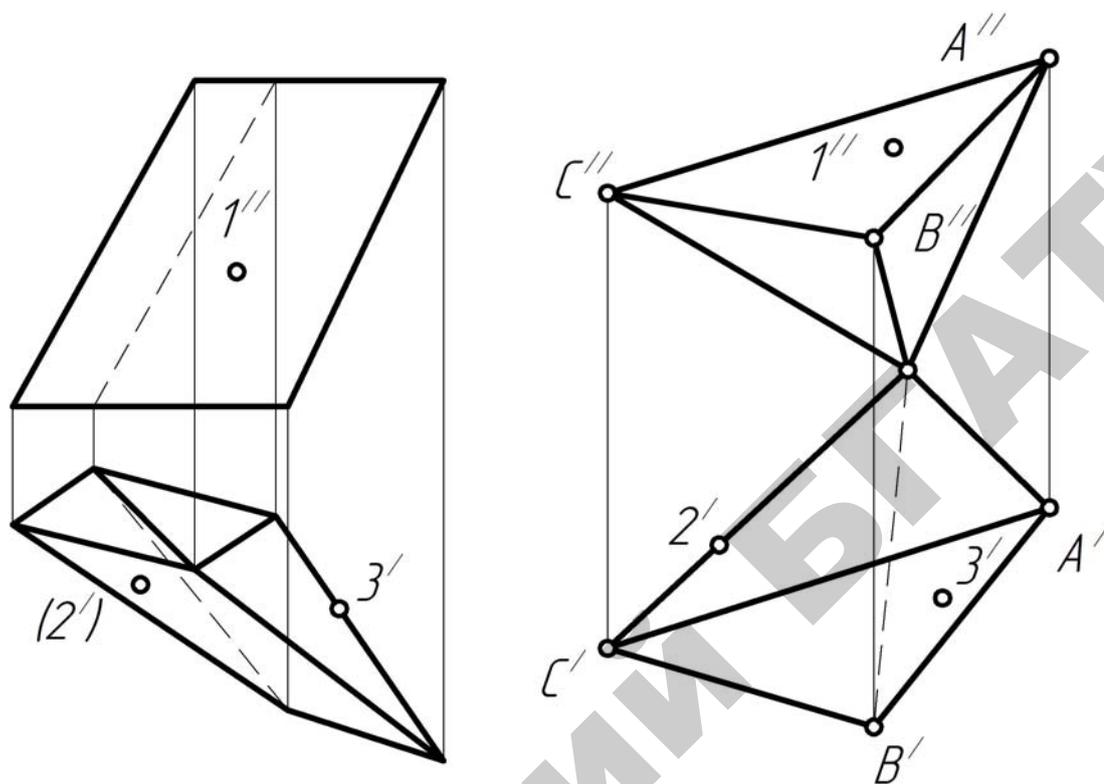


4.3.2 Для изображенного тела указать количество разных граней (плоскостей), которые образуют данную поверхность.

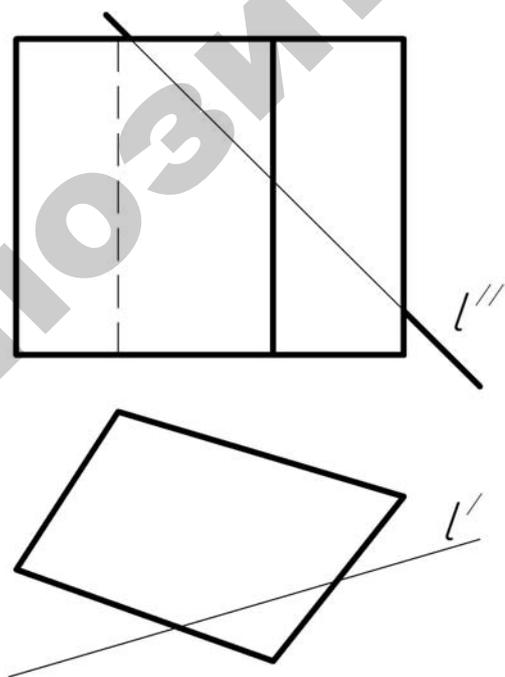


Плоскость	Количество
Горизонтальная плоскость уровня	
Фронтальная плоскость уровня	
Профильная плоскость уровня	
Горизонтально-проецирующая плоскость	
Фронтально-проецирующая плоскость	
Профильно-проецирующая плоскость	

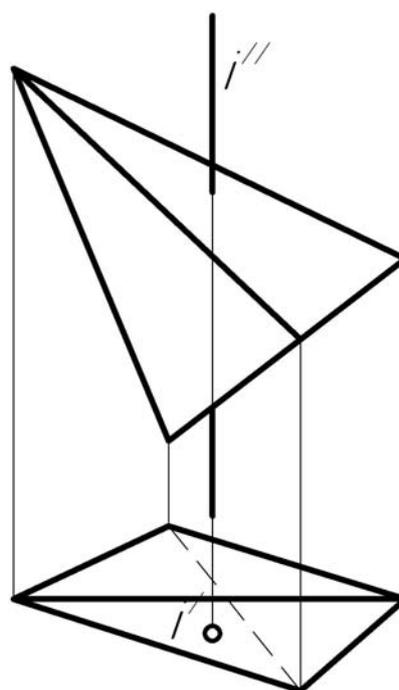
4.3.3 Построить недостающие проекции точек, принадлежащих граням многогранников.



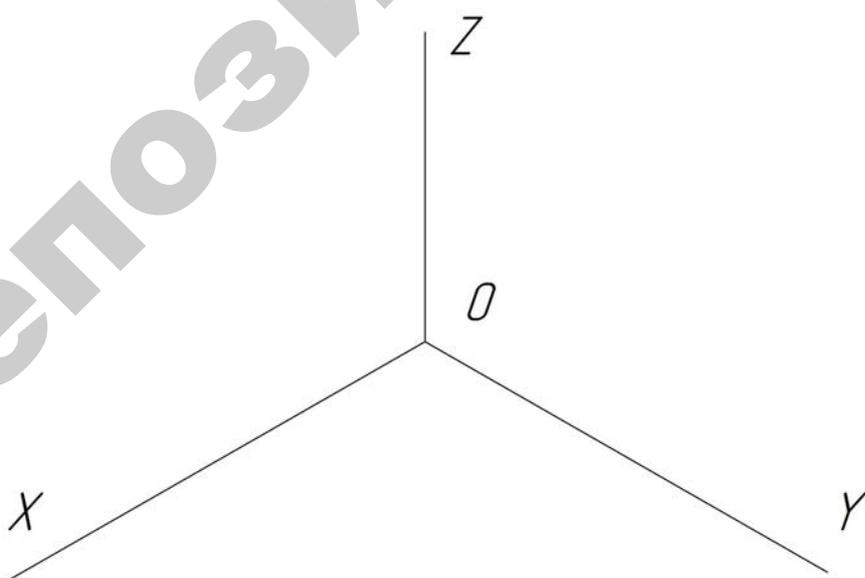
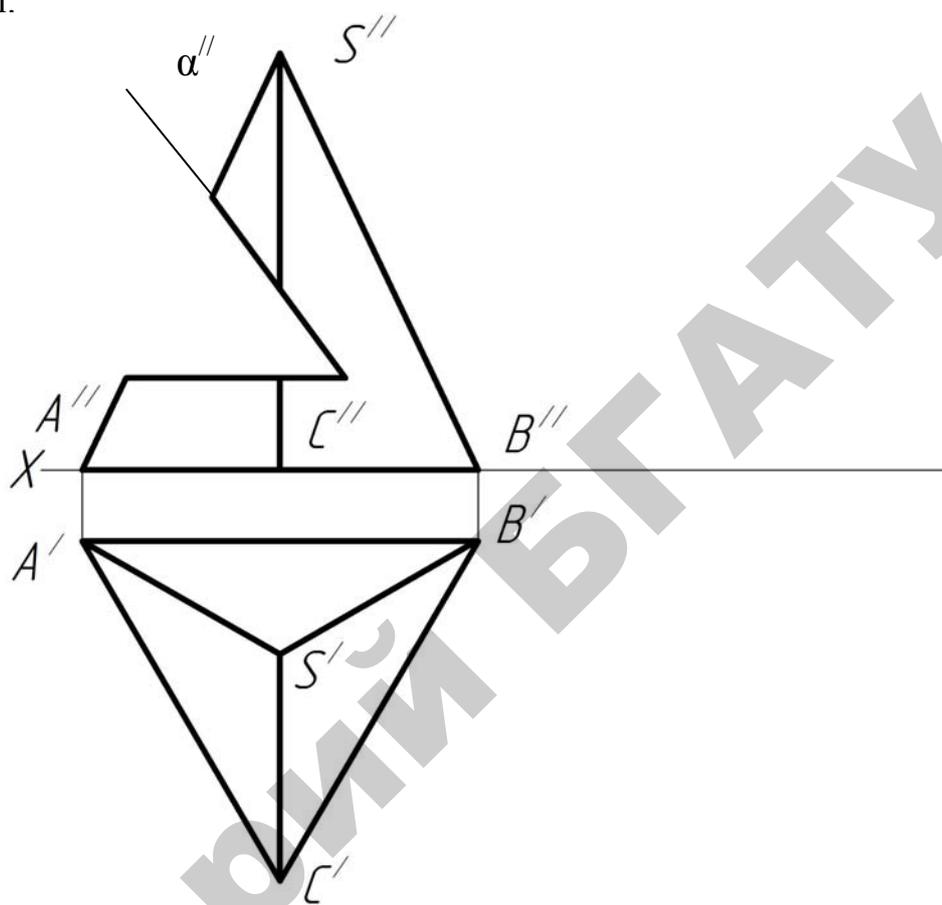
4.3.4 Построить точки пересечения прямой l общего положения с четырехгранной призмой.



4.3.5 Построить точки пересечения горизонтально-проецирующей прямой i с трехгранной пирамидой.

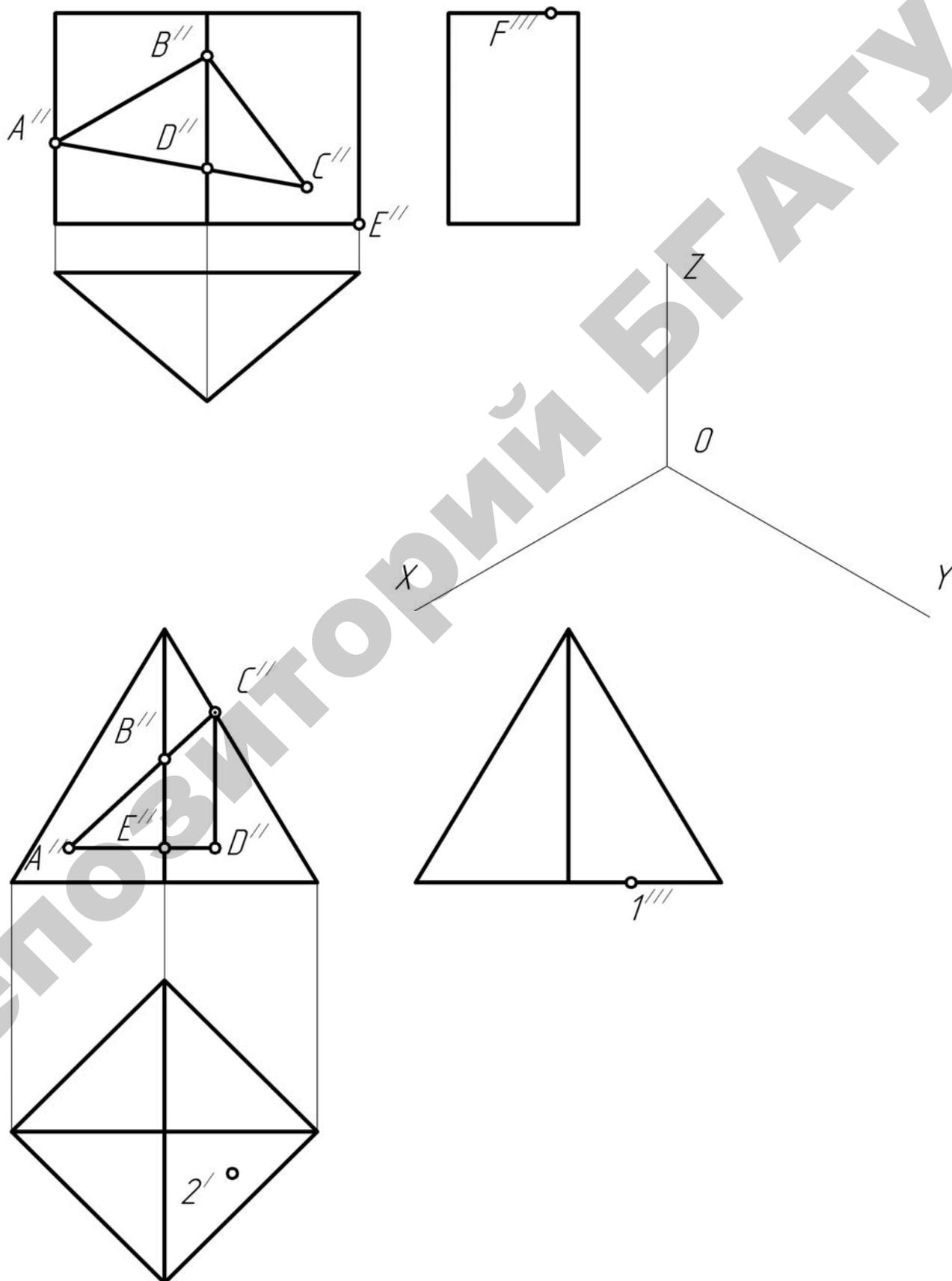


4.3.6 Построить недостающую проекцию пирамиды, усеченной плоскостью. Определить натуральную величину сечения. Построить аксонометрическую проекцию пирамиды.

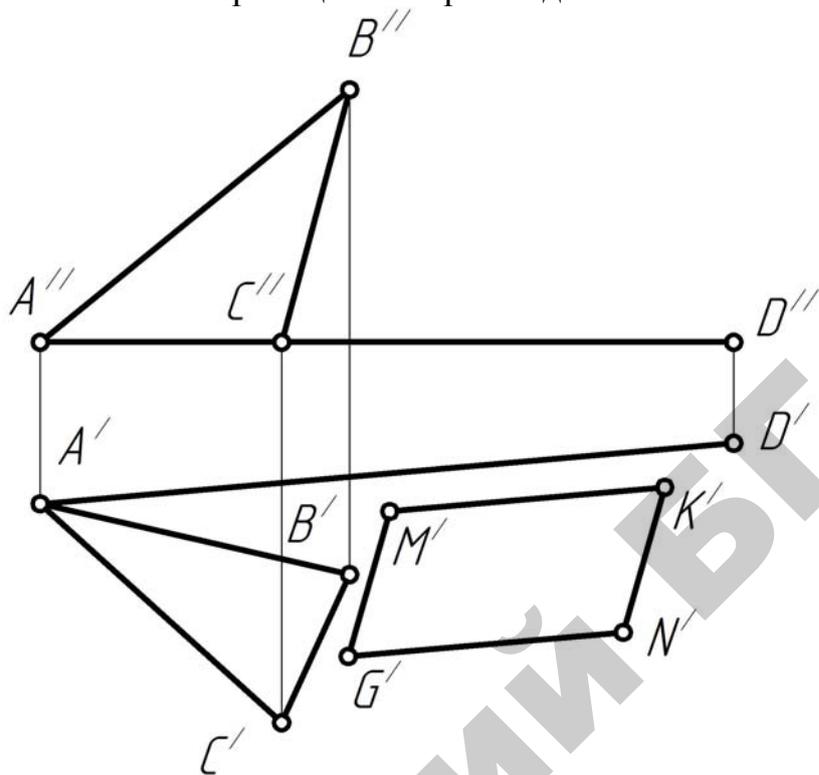


4.4 Задания для аудиторных занятий

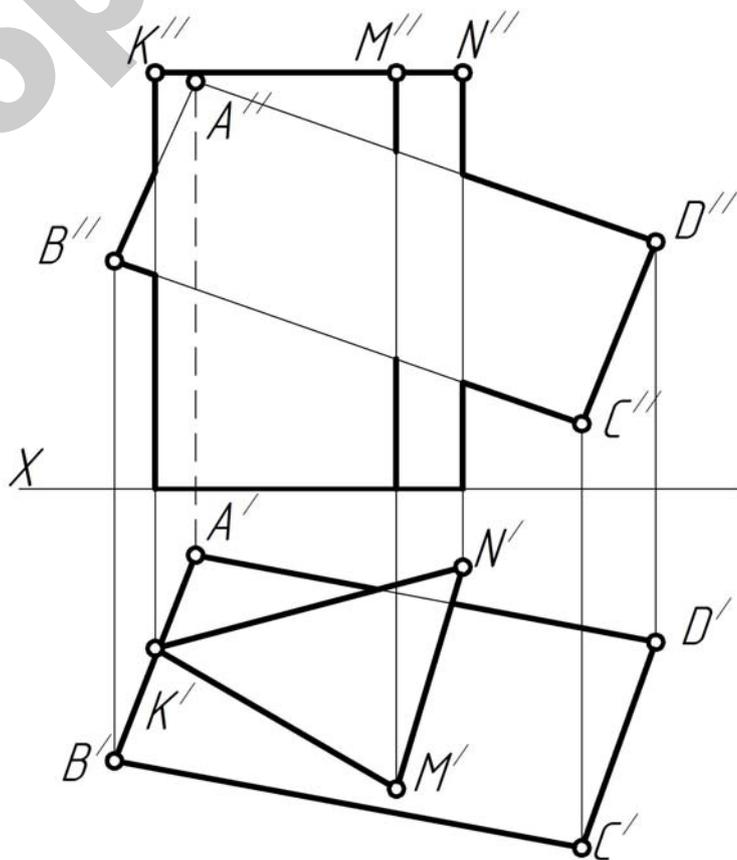
4.4.1 Построить недостающие проекции точек и линий на поверхностях призмы и пирамиды. Построить аксонометрическую проекцию призмы и нанести на ней заданные точки и линии.



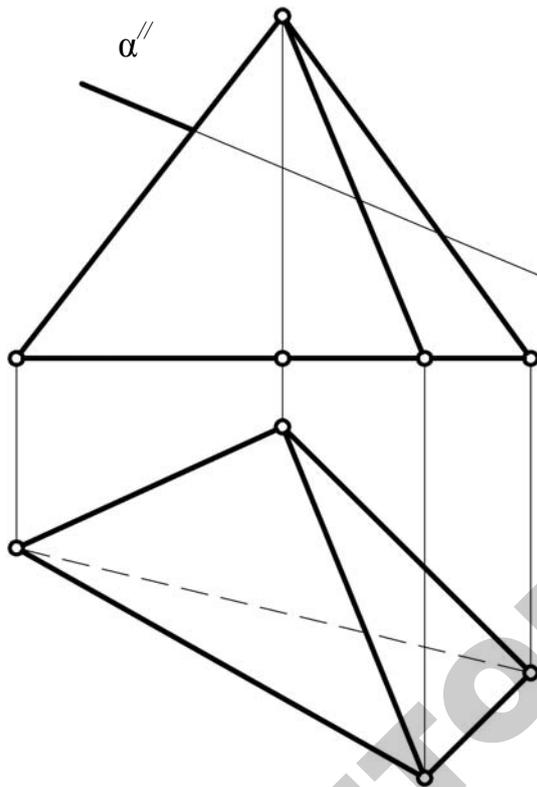
4.4.2 Достроить проекции треугольной призмы $ABCDEF$ по основанию ABC и боковому ребру AD . На поверхности построить ломаную линию $GMKN$, горизонтальная проекция которой задана.



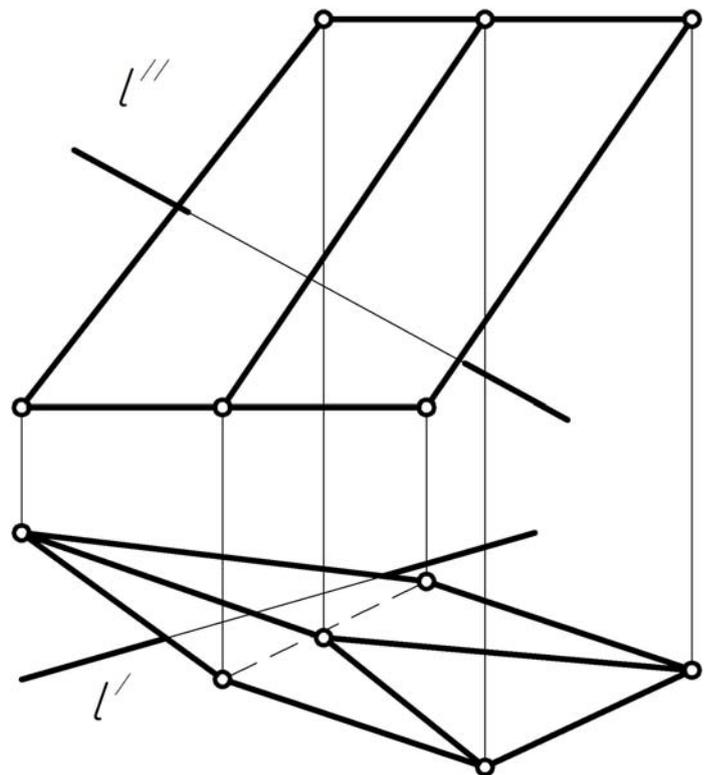
4.4.3 Построить проекции линии пересечения призмы плоскостью четырехугольника $ABCD$.



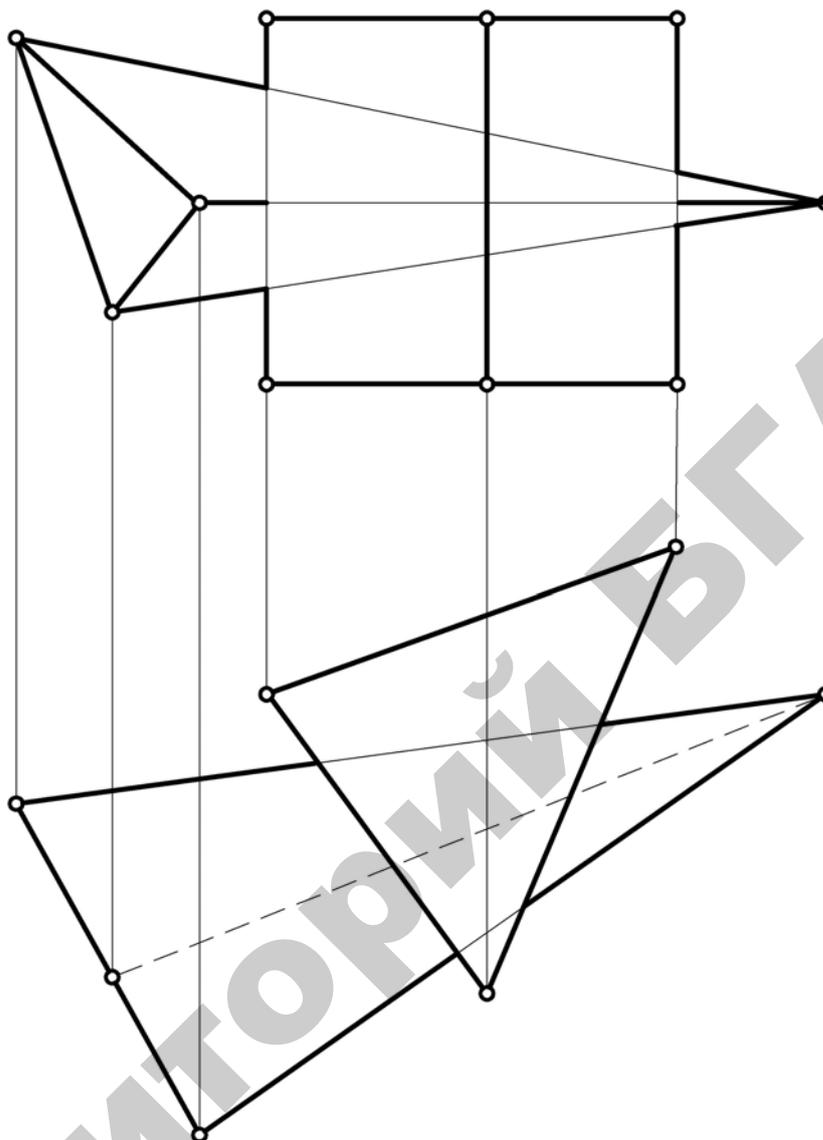
4.4.4 Построить проекции линии пересечения пирамиды плоскостью. Определить натуральную величину сечения пирамиды плоскостью α и натуральные величины ее ребер.



4.4.5 Построить точки пересечения прямой l общего положения с поверхностью призмы.



4.4.6 Построить линию пересечения многогранных поверхностей.



4.5 Расчетно- графические задания

РГР 1.4 Многогранники

Содержание задания.

Построить:

- 1) три проекции двух многогранников (призма, пирамида) с линиями пересечения плоскостями;
- 2) аксонометрическую проекцию призмы;
- 3) проекции точки А на всех изображениях многогранников.

Указания по выполнению. Условие задания, методические рекомендации по его выполнению даны в методических указаниях [9]. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А3.

Пример выполнения приведен на рисунке 4.10.

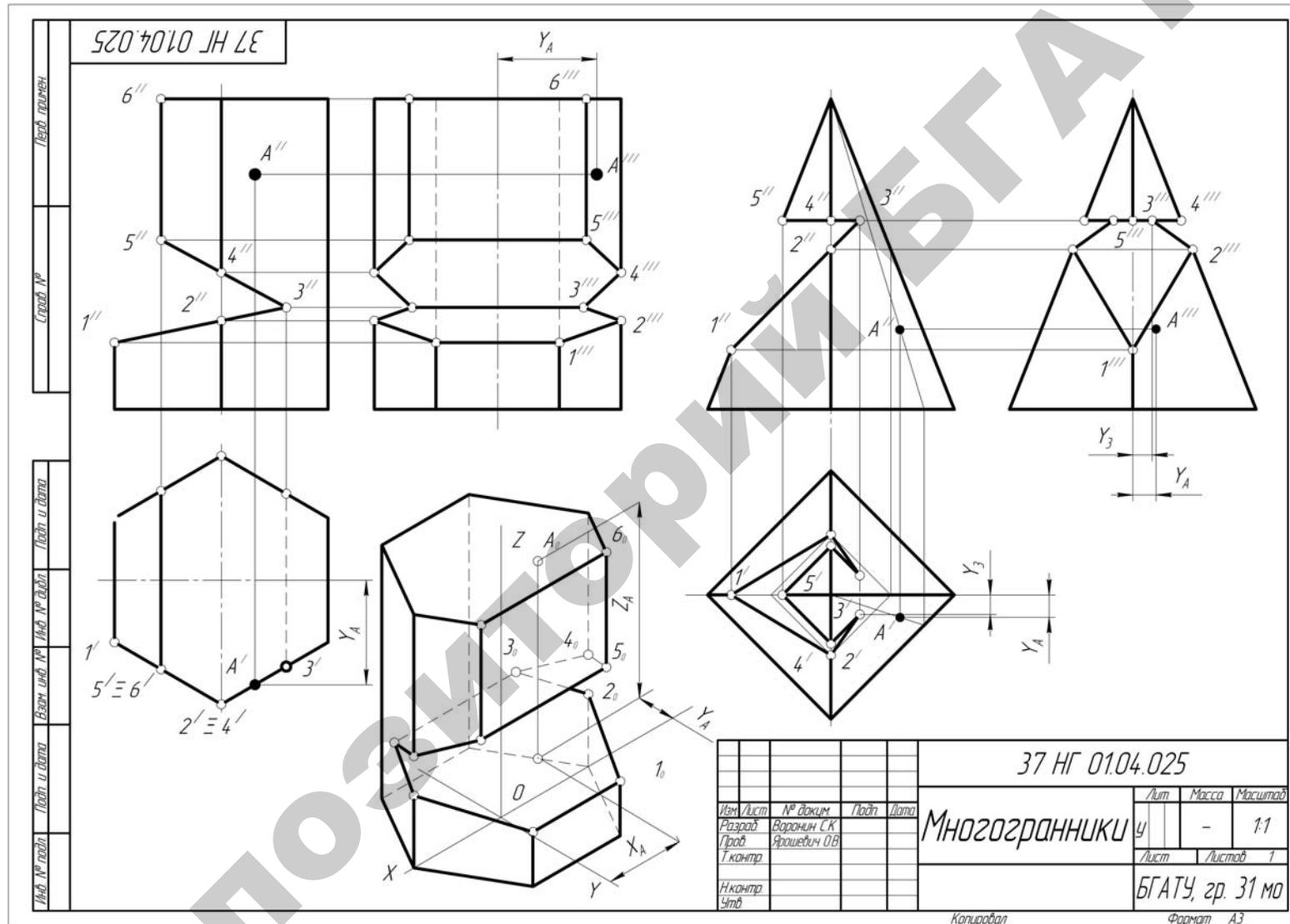


Рисунок 4.10 – Пример выполнения расчетно-графической работы 1.4

МОДУЛЬ 2

КРИВЫЕ ЛИНИИ И ПОВЕРХНОСТИ

Занятие 5. Кривые линии и поверхности. Точка и линия на поверхности. Пересечение поверхности плоскостью и прямой линией

Цель:

- 1) изучение и практическое применение способов построения кривых линий и кривых поверхностей на комплексном чертеже;
- 2) усвоение основных правил построения точек и линий, принадлежащих поверхностям;
- 3) изучение и овладение приемами построения линий пересечения кривых поверхностей с плоскостью и прямой линией;
- 4) применение способов преобразования чертежа к решению позиционных задач.

В результате изучения темы студент **должен**:

знать:

- основные понятия и определения кривых линий и их проекций;
- способы образования и задания кривых поверхностей на комплексном чертеже;
- принцип построения проекций точек и линий, принадлежащих поверхностям;
- характер и вид кривых, получаемых при пересечении кривых поверхностей с плоскостью;
- способы построения линий пересечения кривых поверхностей плоскостью, определения точек пересечения прямой с поверхностью;
- способы определения натуральной величины сечения поверхностей плоскостью;

уметь:

- уметь определять вид поверхности по его ортогональной проекции;
- строить проекции поверхностей по заданным условиям;
- выполнять построение проекций точек и линий на поверхности;
- уметь определять вид линии, получаемой при пересечении поверхности плоскостью;
- выполнять построение проекций точек и линий на поверхности;
- строить линии сечения поверхностей плоскостью;
- определять натуральные величины сечения поверхностей плоскостью;
- определять точки пересечения поверхностей с прямой линией;
- изображать усеченные геометрические тела в аксонометрических проекциях.

5.1 Основные теоретические положения

5.1.1 Кривые линии. Основные понятия и определения. Свойства ортогональных проекций кривой линии.

5.1.2 Поверхность. Формообразование поверхностей. Задание поверхностей на чертеже. Классификация поверхностей.

5.1.3 Линейчатые поверхности.

5.1.4 Поверхности вращения.

5.1.5 Винтовые поверхности. Образование и задание винтовой поверхности.

5.1.6 Циклические поверхности.

5.1.7 Принадлежность точки и линии поверхности.

5.1.8 Пересечение поверхности плоскостью. Построение натуральной величины фигуры сечения.

5.1.9 Пересечение прямой линии с поверхностью.

Литература: [1, §§27–33, 35–38, 53]; [2, §§45–59, 74].

5.1.1 Кривые линии. Основные понятия и определения. Свойства ортогональных проекций кривой линии.

Кривая – совокупность последовательных положений точки, перемещающейся в пространстве. Кривые делятся на **плоские**, все точки которых лежат в одной плоскости (окружность, эллипс, парабола) и **пространственные** (винтовые), на **закономерные**, которые могут быть выражены аналитически, и **случайные**, которые задаются только графически.

Цилиндрическая винтовая линия – линия, описываемая точкой при равномерном движении по прямой, если эта прямая равномерно вращается вокруг параллельной ей оси (рисунок 5.1).

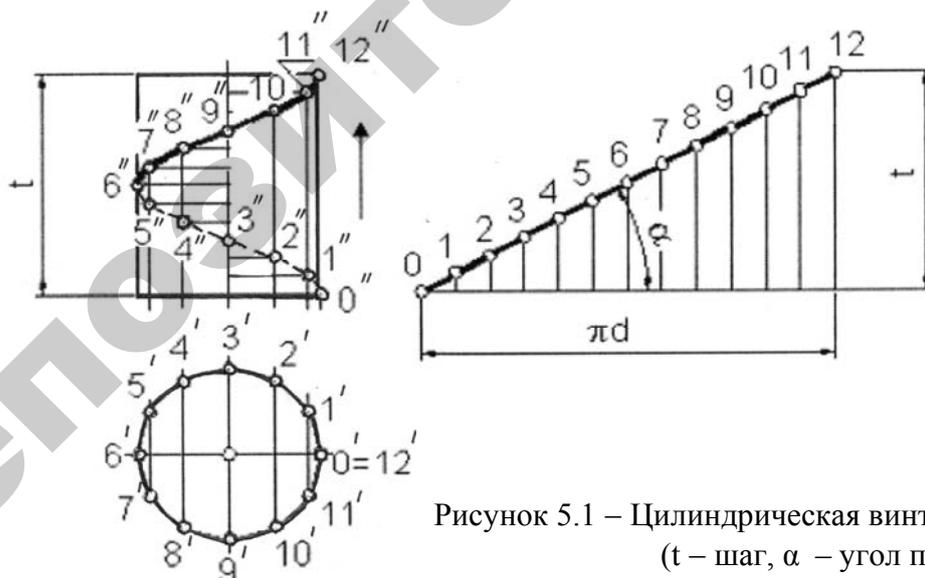


Рисунок 5.1 – Цилиндрическая винтовая линия
(t – шаг, α – угол подъема)

Некоторые свойства проекций кривых

1. Если точка лежит на кривой, то ее проекции лежат на одноименных проекциях этой кривой на одной линии связи.

2. Плоская кривая, лежащая в проецирующей плоскости, проецируется в прямую.

5.1.2 Поверхность. Формообразование поверхностей. Задание поверхностей на чертеже. Классификация поверхностей

В начертательной геометрии основным способом образования поверхностей является **кинематический** способ (рисунок 5.2). В этом случае поверхность рассматривается как геометрическое место последовательных положений линии, перемещающейся в пространстве по какому-либо закону. Линия, посредством которой получена поверхность, называется **образующей** (t). Линия, из которой перемещается образующая, называется **направляющей** (m).

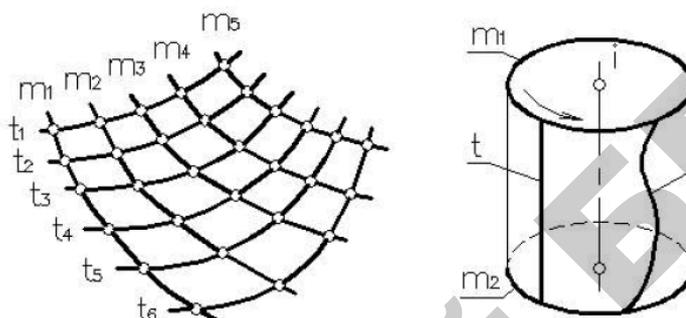


Рисунок 5.2 – Примеры образования поверхностей

Задание поверхности на комплексном чертеже

Для задания поверхности на комплексном чертеже необходимо иметь на нем такие элементы поверхности, которые позволяют построить каждую ее точку.

При задании поверхностей кинематическим способом образования используют понятие определителя. **Определитель** – это совокупность независимых условий, однозначно задающих поверхность. Структурная формула определителя произвольной поверхности имеет следующий вид: $\Phi(\Gamma)[A]$, где Γ – геометрическая часть, A – алгоритмическая.

Множество точек или линий, определяющих поверхность, называют ее **каркасом**.

Самый распространенный графический способ задания поверхности – **очерками**.

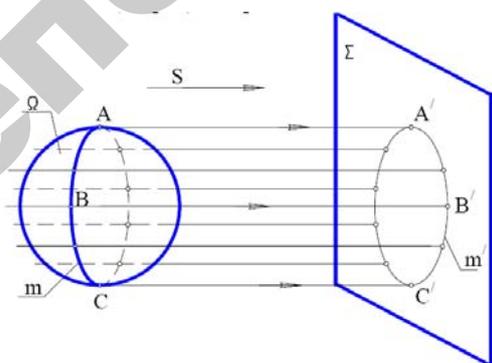


Рисунок 5.3 – Образование очерка поверхности

При проецировании произвольной поверхности на плоскость проекций некоторые из проецирующих лучей будут касаться этой поверхности и образовывать проецирующую поверхность Φ . Линия касания этих поверхностей называется **контурной линией**, а ее проекция на плоскость – **очерком**. Иными словами очерк поверхности это граница, которая отделяет проекцию поверхности от остальной части плоскости проекций.

Классификация поверхностей

В зависимости от формы образующей и закона ее перемещения поверхности можно разделить на следующие основные группы.

1. **Линейчатые**, образующая которых является прямая линия и **нелинейчатые**, образованные движением кривой.

2. **Развертывающиеся** поверхности, которые могут быть совмещены с плоскостью без разрыва и складок и **неразвертывающиеся**, поверхности которые не могут быть совмещены с плоскостью без разрывов и складок.

3. **Поверхности с постоянной образующей** и **поверхности с переменной образующей**.

4. **Закономерные** и **незакономерные** поверхности.

5. Поверхности с **поступательным**, **вращательным** или **винтовым** движением образующей.

5.1.3 Линейчатые поверхности

Линейчатая поверхность в общем случае однозначно определяется тремя направляющими линиями. Определитель такой поверхности имеет вид: $\Phi(t; k, l, m)$, где t – прямолинейная образующая; k, l, m – в общем случае криволинейные направляющие. Алгоритмическую часть определителя можно записать так: прямолинейная образующая в своем движении пересекает все три направляющие.

Линейчатые поверхности с двумя направляющими и плоскостью параллелизма

В зависимости от формы направляющих различают следующие поверхности: цилиндроид, коноид и гиперболический параболоид (косая плоскость). **Цилиндроид** – линейчатая поверхность с плоскостью параллелизма, у которой обе направляющие являются кривыми линиями (рисунок 5.4, а). У **коноида**, в отличие от цилиндроида, одна из направляющих прямая. **Гиперболический параболоид** получается в результате перемещения прямой по двум скрещивающимся прямолинейным направляющим (рисунок 5.4, б).

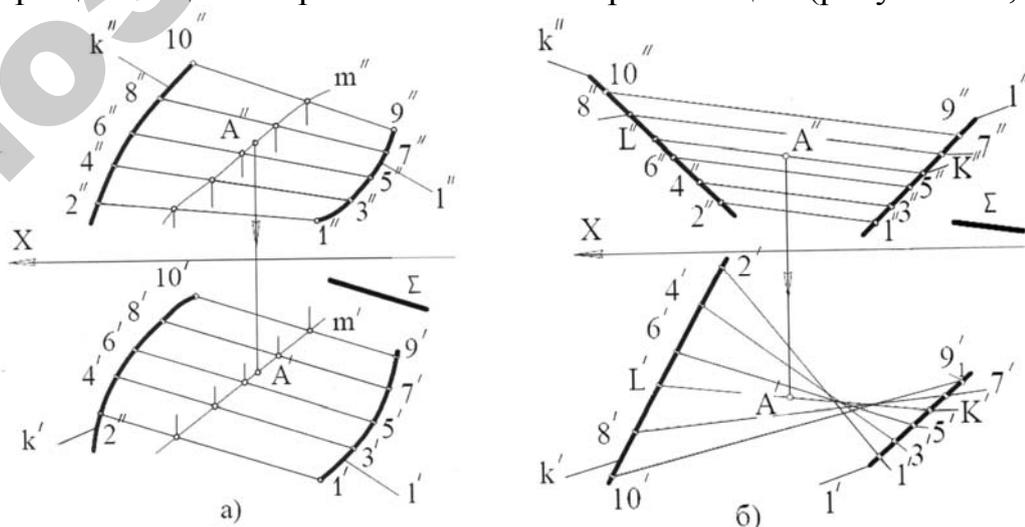


Рисунок 5.4 – Поверхности с двумя направляющими и плоскостью параллелизма:
а) цилиндроид; б) гиперболический параболоид

Линейчатые поверхности с одной направляющей: цилиндрическая, коническая, торсовая

Коническая поверхность образуется движением прямолинейной образующей по криволинейной направляющей. При этом образующая проходит через некоторую неподвижную точку S , которая называется вершиной (рисунок 5.5, а). Геометрическая часть определителя конической поверхности включает направляющую k и вершину S .

Цилиндрическая поверхность получается в том случае, когда все прямолинейные образующие проходят через направляющую k и пересекаются в несобственной точке S (рисунок 5.5, б). Геометрическая часть определителя конической поверхности включает направляющую k и несобственную вершину S (направляющий вектор).

Торс (поверхность с ребром возврата) образуется движением прямолинейной образующей, касающейся во всех своих положениях некоторой пространственной кривой, называемой ребром возврата (от франц. *tors* – ‘витой, крученный’).

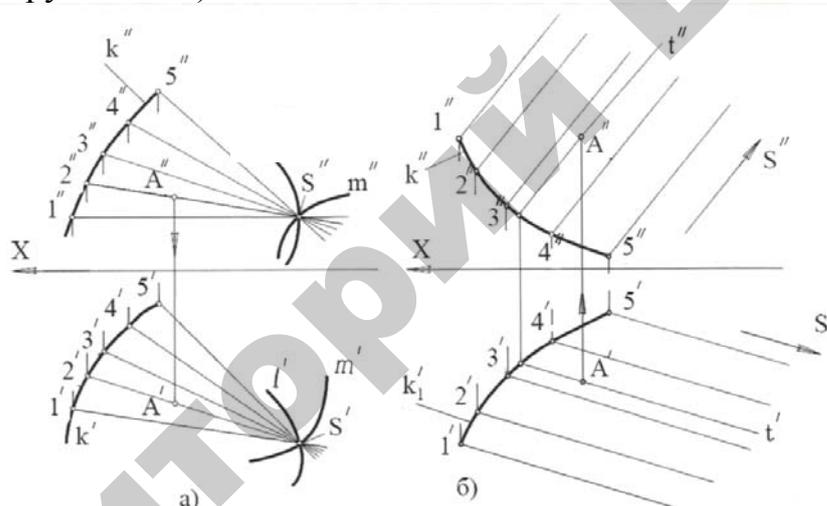


Рисунок 5.5 – Линейчатые поверхности с одной направляющей

5.1.4 Поверхности вращения

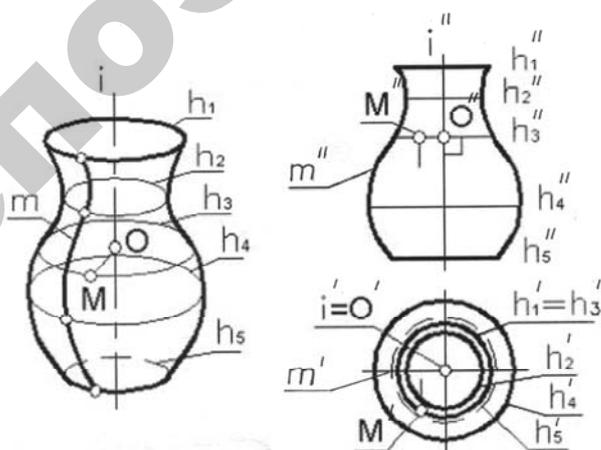


Рисунок 5.6 – Поверхность вращения

Поверхности вращения – поверхности образованные вращением произвольной образующей вокруг неподвижной оси (рисунок 5.6). Каждая точка образующей описывает окружность с центром O , плоскость которой перпендикулярна оси i . Эти окружности называют **параллелями** (h). Наибольшая и наименьшая параллели называются соответственно **экватором** и **горлом**.

Линии, плоскость которых проходит через ось вращения i , называют **меридианами**. Если меридианальная плоскость параллельна плоскости проекций, то на эту плоскость меридиан проецируется без искажения. Такой меридиан называется **главным**.

На чертеже поверхность вращения однозначно задается своим определителем. Однако для наглядности чертеж поверхности дополняют очерками.

Поверхности, образованные вращением прямой линии:

- а) цилиндрическая поверхность вращения – получена вращением прямой n вокруг параллельной ей оси i (рисунок 5.7, а);
- б) коническая поверхность вращения – образована вращением прямой n вокруг пересекающейся с ней осью i (рисунок 5.7, б);
- в) однополостный гиперболоид вращения – это поверхность, полученная вращением прямой n вокруг скрещивающейся с ней осью i (рисунок 5.7, в).

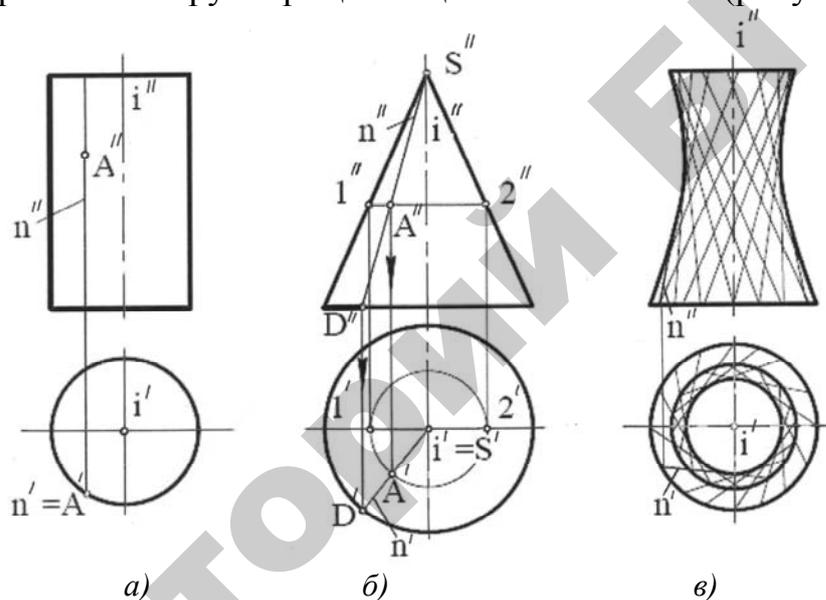
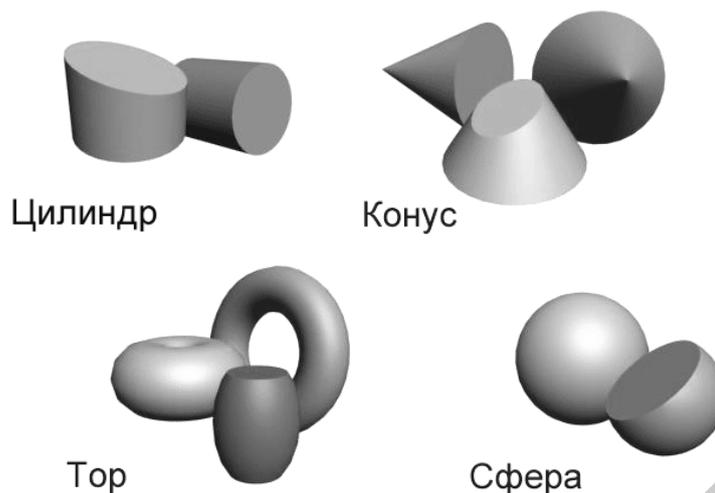


Рисунок 5.7 – Поверхности вращения, образованные вращением прямой линии

Поверхности, образованные вращением кривых второго порядка (уравнение такой кривой на плоскости в декартовой системе координат – алгебраическое второй степени):

- а) сфера – поверхность, образованная вращением окружности вокруг прямой, проходящей через ее центр (рисунок 5.8);
- б) тор – поверхность, полученная при вращении окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр (рисунок 5.8);
- в) эллипсоид вращения – поверхность, полученная вращением эллипса вокруг его оси;
- г) параболоид вращения – получается во вращательном движении параболы вокруг ее оси;
- д) двухполостный гиперболоид вращения – поверхность, образованная вращением гиперболы вокруг ее действительной оси;
- е) однополостный гиперболоид вращения – поверхность, образованная вращением гиперболы вокруг ее мнимой оси.



Цилиндр

Конус

Тор

Сфера

Рисунок 5.8 – Наиболее распространенные поверхности вращения

5.1.5 Винтовые поверхности

Винтовой поверхностью называется поверхность, которая описывается какой-либо линией (образующей) при ее винтовом движении. Винтовым движением называется сложное движение, состоящее из равномерного вращательного движения вокруг оси и равномерного прямолинейного движения, параллельного этой оси. Если образующей винтовой поверхности является прямая линия, то поверхность называется линейчатой винтовой поверхностью, или геликоидом.

5.1.6 Циклические поверхности

Циклическая поверхность – это множество последовательных положений окружности постоянного или переменного радиуса, перемещающейся в пространстве. Циклическая поверхность общего вида задается тремя направляющими m , n и k .

На рисунке 5.9, а показана поверхность, называемая эллиптическим цилиндром, а на рисунке 5.9, б – поверхность эллиптического конуса.

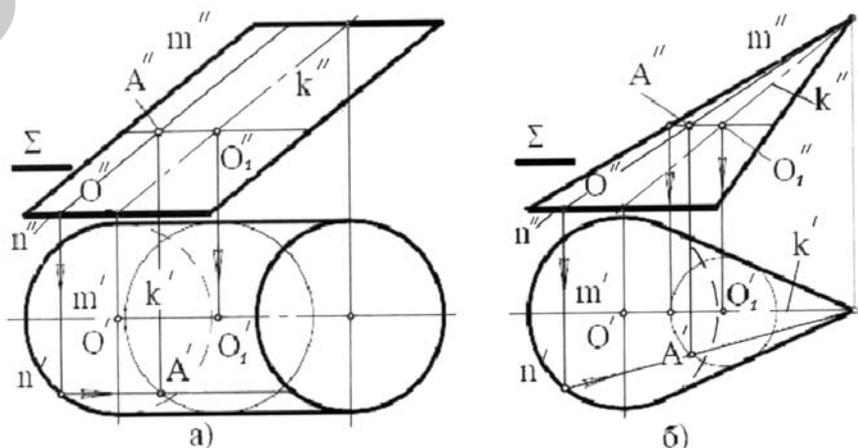


Рисунок 5.9. – Циклические поверхности: а) эллиптический цилиндр; б) эллиптический конус

5.1.7 Принадлежность точки и линии поверхности

Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-нибудь линии, принадлежащей поверхности. Для построения точек, лежащих на поверхностях, пользуются графически простыми линиями (прямыми или окружностями) этой поверхности. Примеры построения недостающих проекций точек и линий рассмотрены ниже.

Линия принадлежит поверхности, если все ее точки принадлежат поверхности.

5.1.8 Пересечение поверхности плоскостью. Построение натуральной величины фигуры сечения

Для построения линии пересечения поверхности плоскостью в общем случае применяется метод вспомогательных секущих плоскостей. Точки искомой линии определяются как точки пересечения линий, по которым вспомогательные секущие плоскости пересекают данную поверхность и плоскость. При подборе вспомогательных плоскостей предпочтение следует отдавать проецирующим плоскостям, пересекающим заданную поверхность по простым линиям.

Определение проекций линий сечения рекомендуется начинать с построения его опорных (характерных) точек. К ним относятся точки, расположенные на очерковых образующих поверхности (они определяют границы видимости проекций кривой), точки, удаленные на экстремальные расстояния от плоскостей проекций и некоторые другие. После этого определяют промежуточные точки сечения.

Построение сечения существенно упрощается, если плоскость занимает проецирующее положение. В этом случае одна из проекций сечения находится на следе плоскости, т. е. известна. Для построения линии сечения в данном случае необходимо:

- 1) определить форму линии сечения в пространстве;
- 2) определить форму проекций линии сечения;
- 3) на проекции линии сечения, вырожденной в прямую линию, обозначить проекции опорных точек искомой линии: а) точек, проецирующихся на очерки проекций поверхности (делящих линию на видимую и невидимую части); б) точек, по которым можно построить графическим приемом всю линию: для эллипса – концы сопряженных диаметров, для параболы и гиперболы – вершины и концы наибольшей хорды, для многоугольника – его вершины;
- 4) построить недостающие проекции опорных точек;
- 5) построить проекции промежуточных точек;
- 6) полученные точки последовательно соединить с учетом видимости.

При пересечении поверхности с плоскостью общего положения заданную плоскость можно преобразовать в проецирующую способом замены плоскостей проекций, а затем решить задачу по вышеуказанному алгоритму и вернуться к исходным проекциям.

Сечение цилиндра вращения

В сечении цилиндрической поверхности вращения плоскостью может получиться (рисунки 5.10; 5.11):

- 1) **окружность**, если секущая плоскость перпендикулярна к оси цилиндра;
- 2) **две образующие**, если секущая плоскость параллельна оси цилиндра;
- 3) **эллипс**, если секущая плоскость наклонена к оси цилиндра.

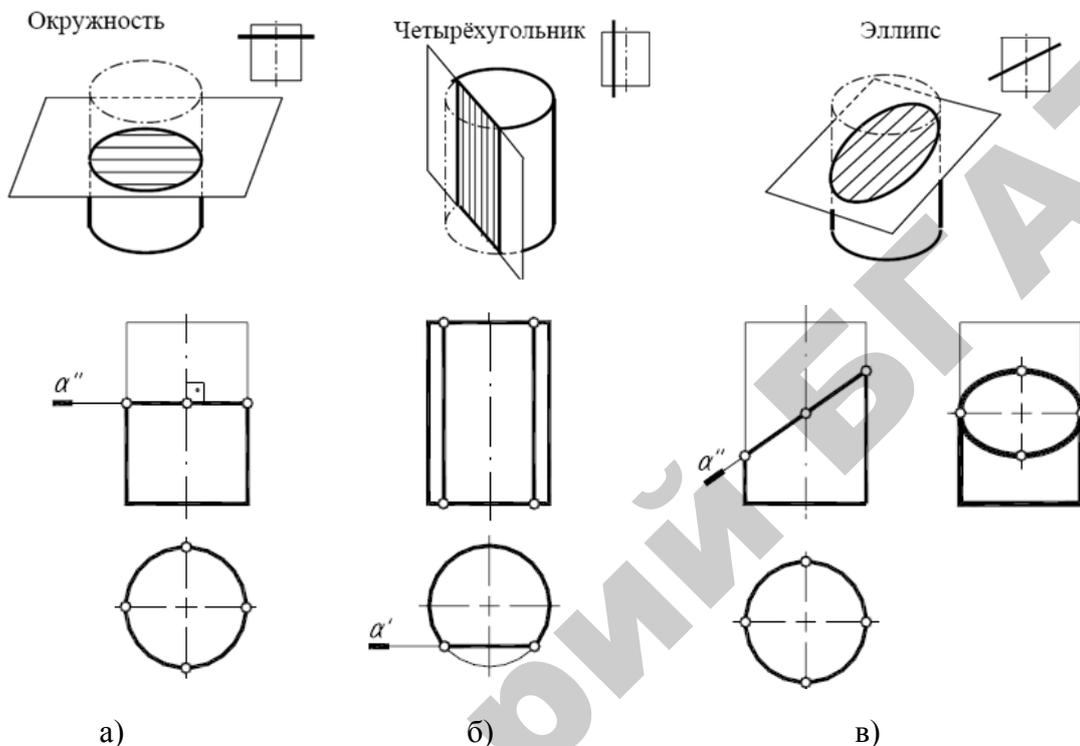


Рисунок 5.10 – Примеры сечения поверхности цилиндра вращения плоскостью: а) окружность; б) две прямые; в) эллипс

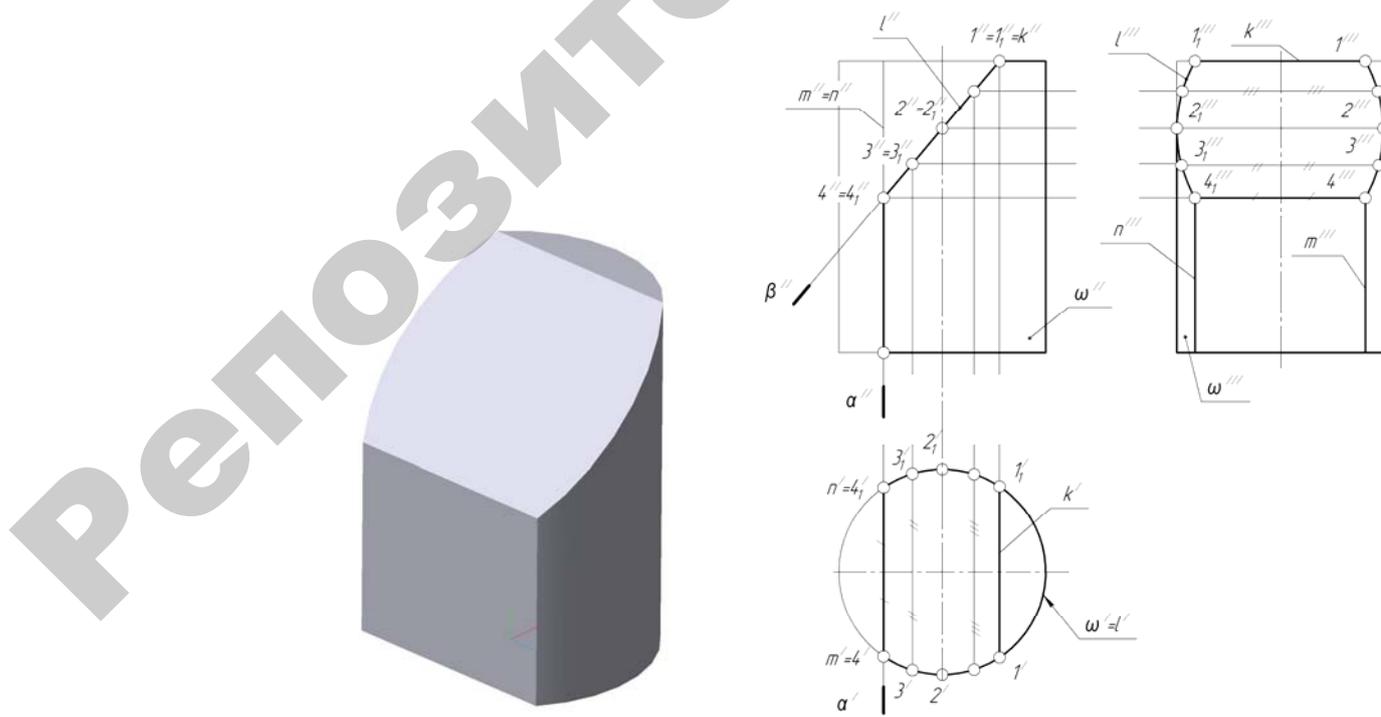


Рисунок 5.11 – Пересечение поверхности цилиндра профильной плоскостью α и фронтально-проецирующей плоскостью β

Сечение конуса вращения

В сечении конической поверхности вращения плоскостью могут быть получены (рисунки 5.12; 5.13):

- 1) **окружность**, если секущая плоскость перпендикулярна оси вращения;
- 2) **эллипс**, если секущая плоскость пересекает все образующие;
- 3) **парабола**, если секущая плоскость параллельна только одной образующей поверхности;
- 4) **гипербола**, если секущая плоскость параллельна двум образующим;
- 5) **две прямые**, если секущая плоскость проходит через вершину поверхности.

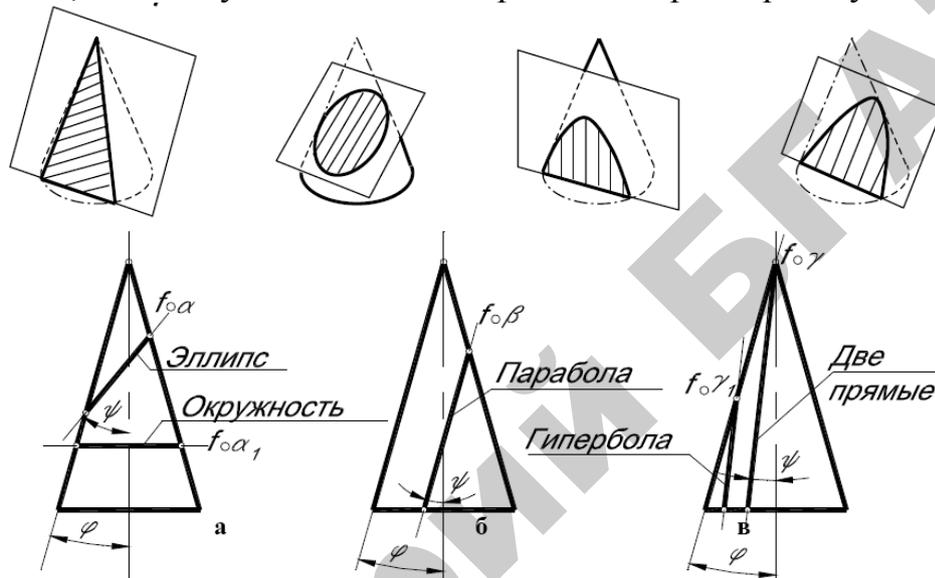


Рисунок 5.12 – Конические сечения

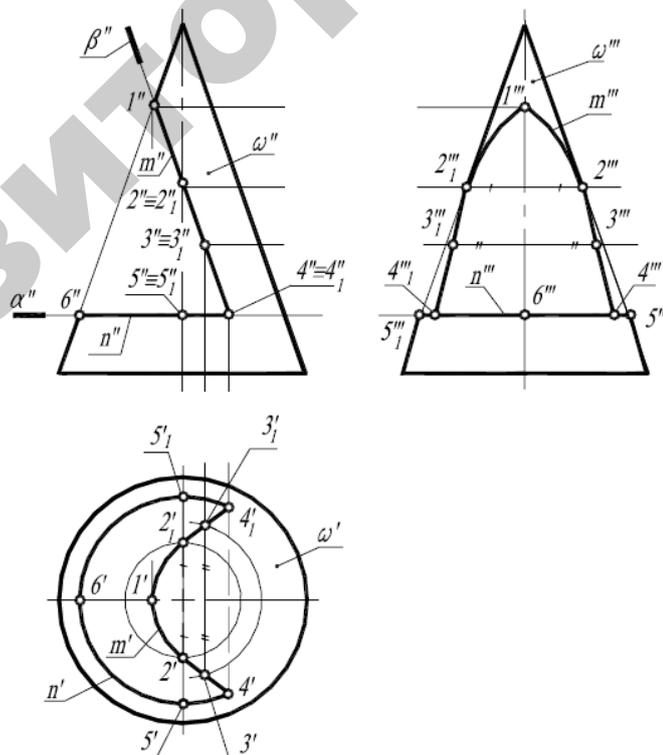


Рисунок 5.13 – Пересечение поверхности конуса вращения фронтально-проецирующей плоскостью β и горизонтальной плоскостью уровня α

На рисунке 5.14 показано построение гипербол, полученных при пересечении конуса вращения горизонтально-проецирующими плоскостями, образующими грани правильной шестигранной призмы.

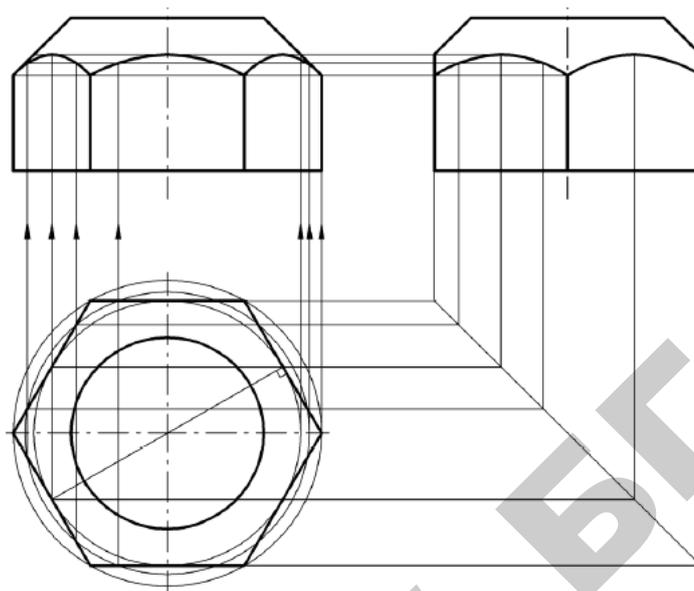


Рисунок 5.14 – Сечение конуса вращения горизонтально-проецирующими плоскостями

Сечение сферы

При пересечении сферы плоскостью всегда получается окружность. Если секущая плоскость параллельна плоскости проекций, то такая окружность проецируется на эту плоскость без искажения. Если же она не параллельна – проекция сечения представляет собой эллипс (рисунок 5.15).

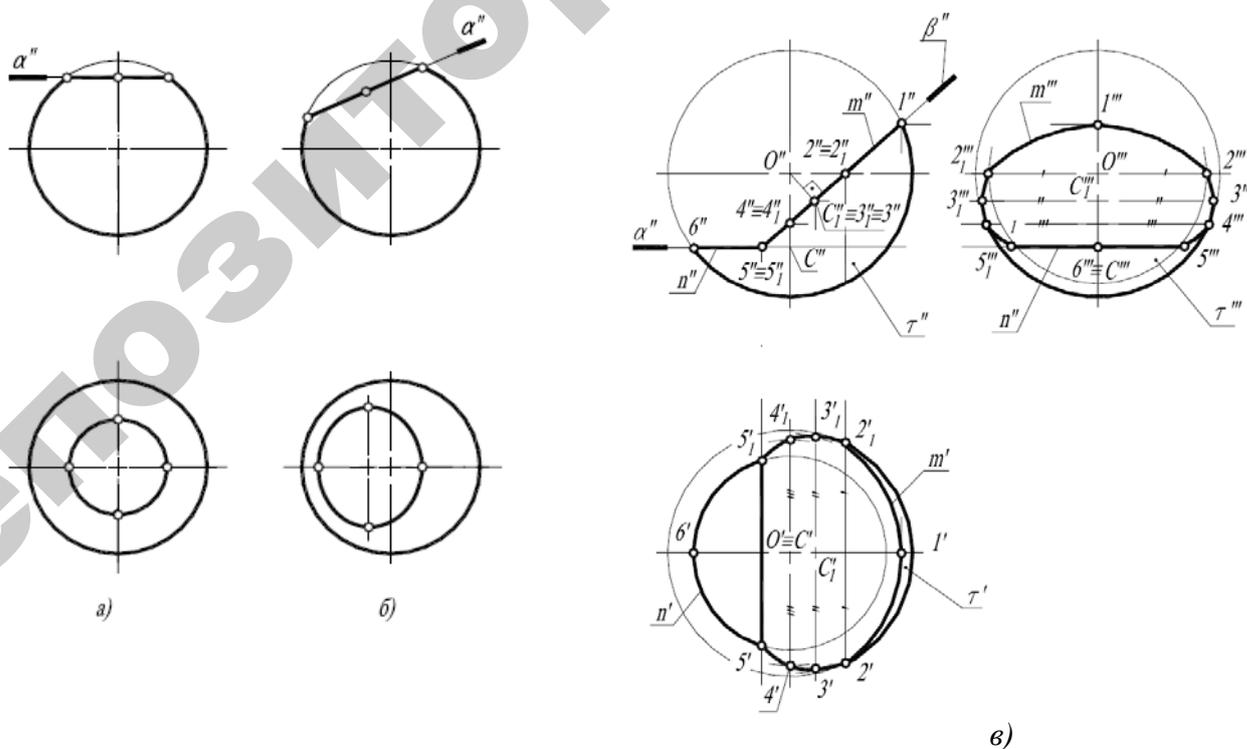


Рисунок 5.15 – Примеры сечения поверхности сферы:
 а) горизонтальной плоскостью уровня; б) фронтально-проецирующей плоскостью;
 в) пересечение поверхности сферы плоскостями α и β

Построение натуральной величины фигуры сечения

Натуральный вид линии пересечения определяется на плоскости, параллельной секущей плоскости, как правило, с применением способа замены плоскостей проекций.

5.1.9 Пересечение прямой линии с поверхностью.

Для определения точек пересечения прямой линии и поверхности, как правило, пользуются вспомогательной секущей плоскостью, проходящую через данную прямую (рисунок 5.16). Точки пересечения прямой с полученной фигурой сечения являются искомыми точками пересечения прямой с поверхностью. Очевидно, что вспомогательную секущую плоскость нужно выбирать так, чтобы проекция сечения представляла по возможности графически простые линии: прямые или окружности.

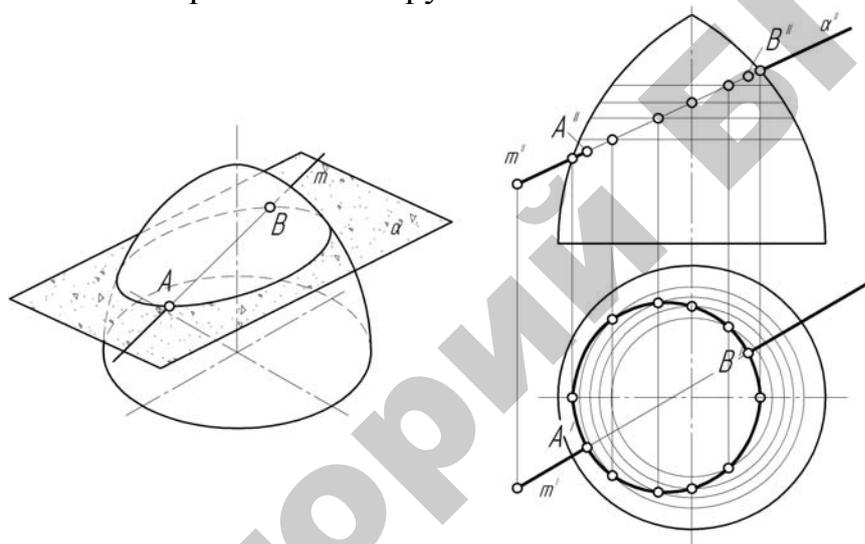


Рисунок 5.16 – Построение точек пересечения прямой с поверхностью тора

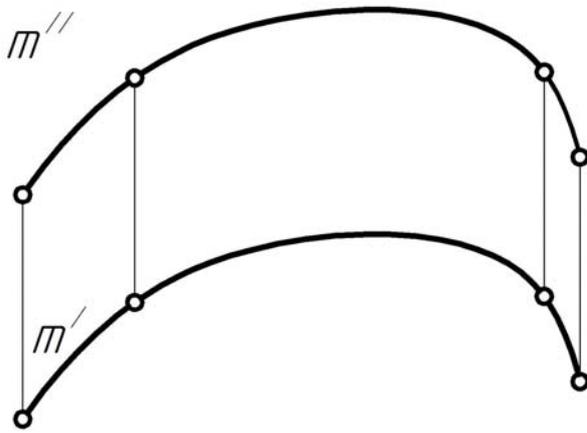
5.2 Вопросы для самоконтроля

1. Как по чертежу определить характер кривой линии?
2. Как образуется винтовая линия? Какими параметрами она характеризуется?
3. Какой вид имеют проекции цилиндрической винтовой линии на плоскостях – параллельной оси винтовой линии и перпендикулярной к этой оси?
4. Как по чертежу определить направление винтовой линии?
5. Во что разворачивается каждый виток цилиндрической винтовой линии?
6. Какой способ образования поверхности принят в начертательной геометрии?
7. По каким основным признакам проводится классификация поверхностей?
8. Что называется каркасом? Очерком поверхности?
9. Когда поверхность считается заданной и что входит в алгоритмическую и геометрическую часть определителя поверхности?
10. Как можно получить поверхность однополостного гиперboloида.
11. Как образуется поверхность вращения?
12. Назовите характерные линии поверхностей вращения
13. Как образуется поверхность с плоскостью параллелизма?

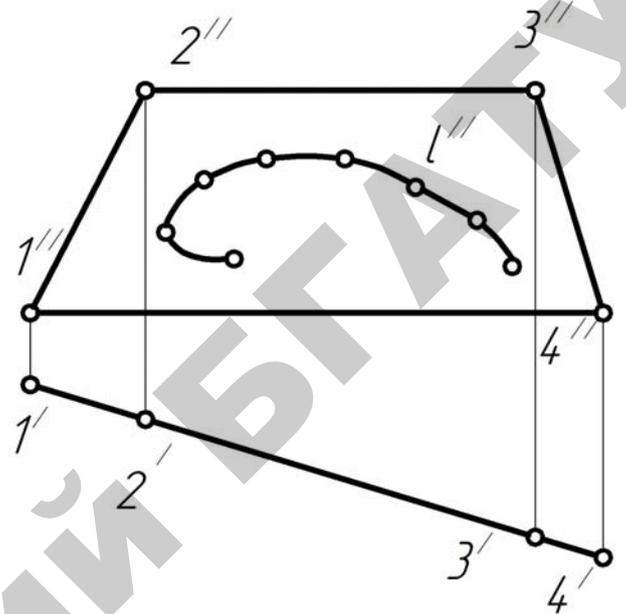
14. Как образуются винтовые поверхности?
15. Какая из винтовых поверхностей относится к числу развертываемых?
16. Сформулируйте общий принцип построения недостающей проекции линии на поверхности.
17. Сформулируйте общее правило построения точек, принадлежащих поверхностям?
18. Как построить проекции произвольной точки, принадлежащей поверхности вращения?
19. Сформулируйте общий принцип нахождения точек пересечения прямой с поверхностью.
20. В чем заключается общий способ построения линии пересечения поверхности плоскостью?
21. По каким линиям пересекается цилиндрическая поверхность плоскостью, параллельной ее образующей?
22. Какие линии получаются при пересечении цилиндра вращения плоскостью?
23. Как следует провести плоскость, чтобы пересечь коническую поверхность по прямым линиям?
24. Какая линия получается при пересечении сферы плоскостью и какими могут быть проекции этой линии?
25. Как должны быть расположены плоскости, рассекающие тор по окружности?
26. Как называются кривые, получаемые при пересечении тора плоскостью, параллельной его оси?
27. Какие точки линии пересечения поверхности плоскостью называются «характерными»?
28. Какими методами можно определить истинную величину сечения поверхности плоскостью?
29. В чем заключается общий способ построения точек пересечения прямой линии и поверхности?
30. Как следует выбирать вспомогательную секущую плоскость при определении точек пересечения прямой линии с поверхностью?
31. Какие плоскости целесообразно применить в качестве вспомогательных для построения точек пересечения прямой линии с поверхностью цилиндра? конуса?
32. Как на чертеже определяется видимость проекций прямой, пересекающейся с поверхностью?
33. В каком случае для решения задачи на определение точек пересечения прямой линии с поверхностью целесообразно применять способы преобразования чертежа?

5.3 Задания для самостоятельной работы

5.3.1 Определить характер заданной кривой линии.



5.3.2 Построить недостающую проекцию кривой линии, принадлежащей заданной плоскости.



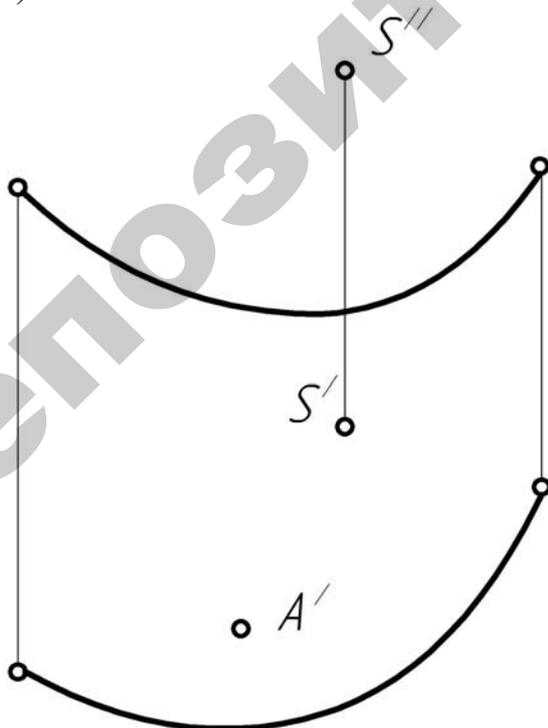
5.3.3 Построить проекции поверхности, заданной определителем

а) $\Phi(S, M) [A]$, где $[A]$ – все образующие проходят через точку S ;

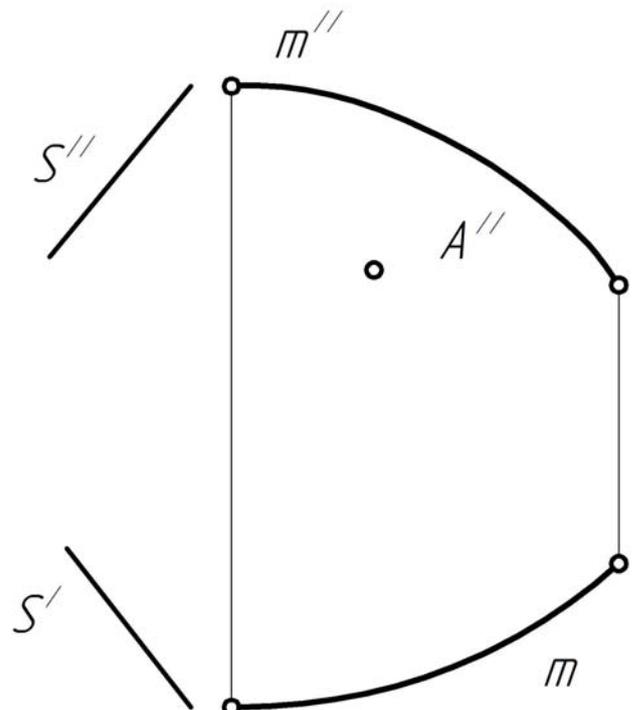
б) $\Phi(M) [A]$, где $[A]$ – образующие параллельны направлению S .

Дать названия поверхностям и определить недостающие проекции точек, принадлежащих поверхностям.

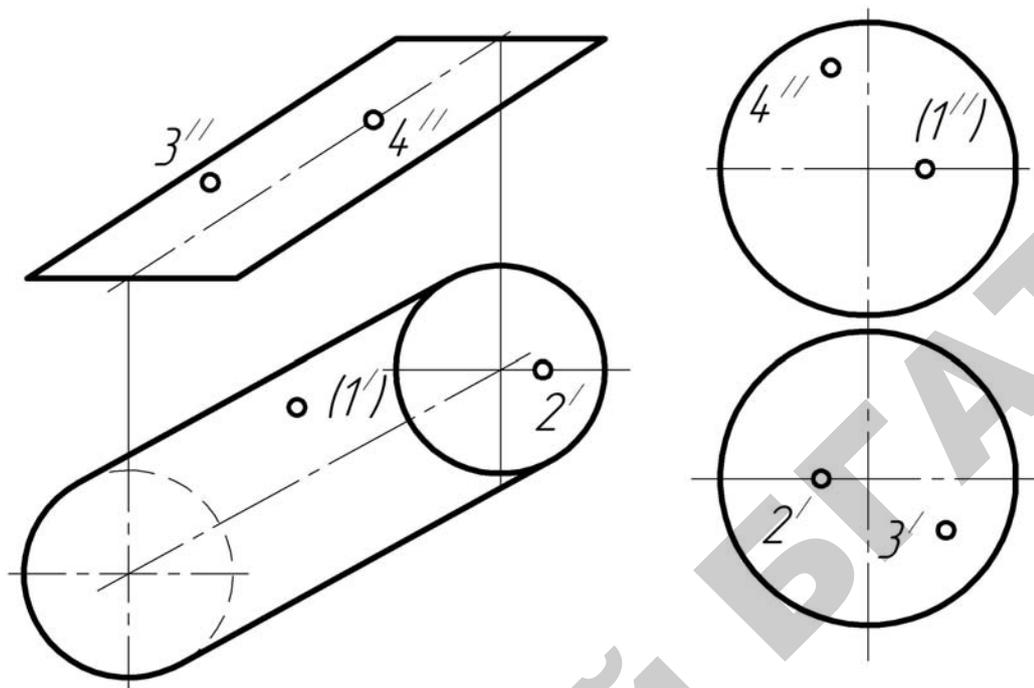
а)



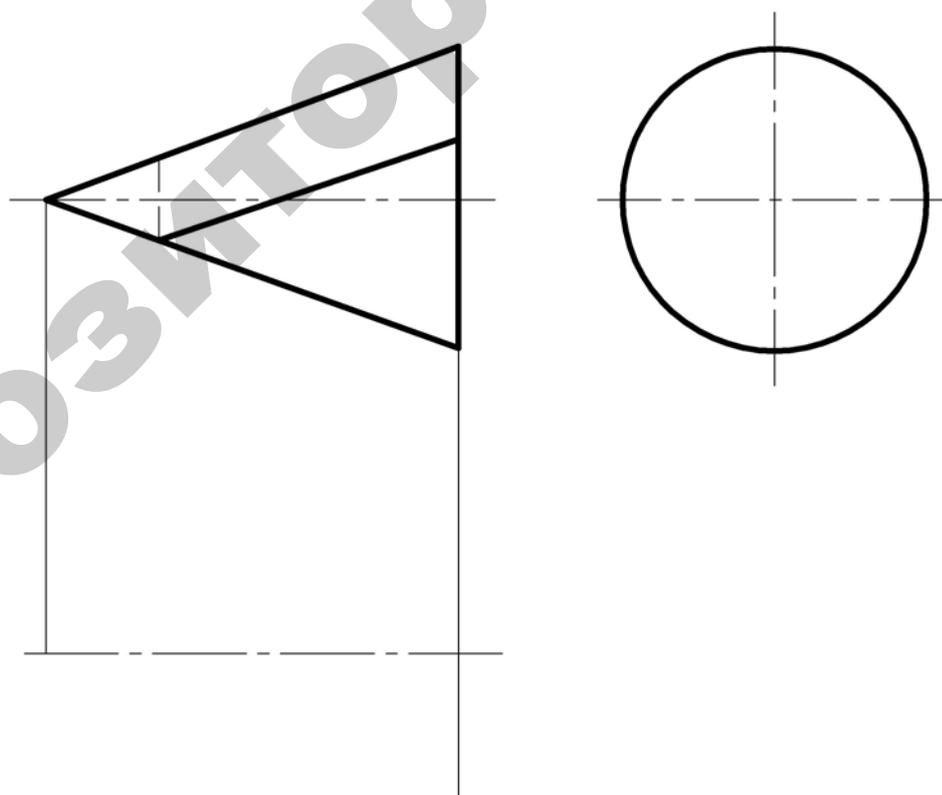
б)



5.3.4 Построить недостающие проекции точек, принадлежащих заданным поверхностям.

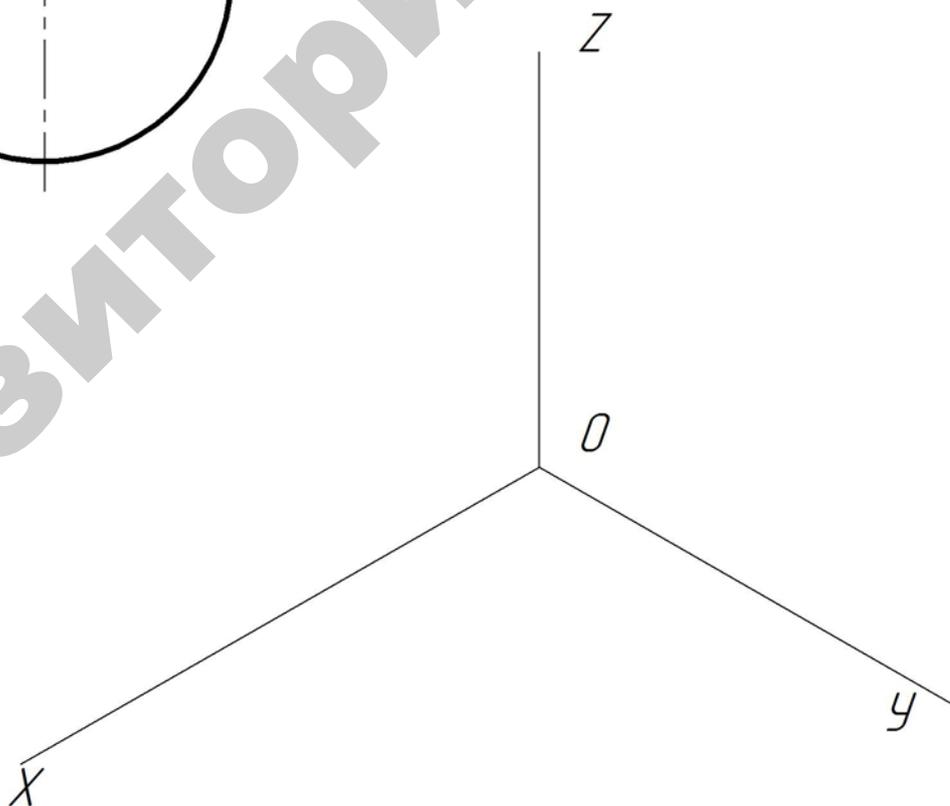
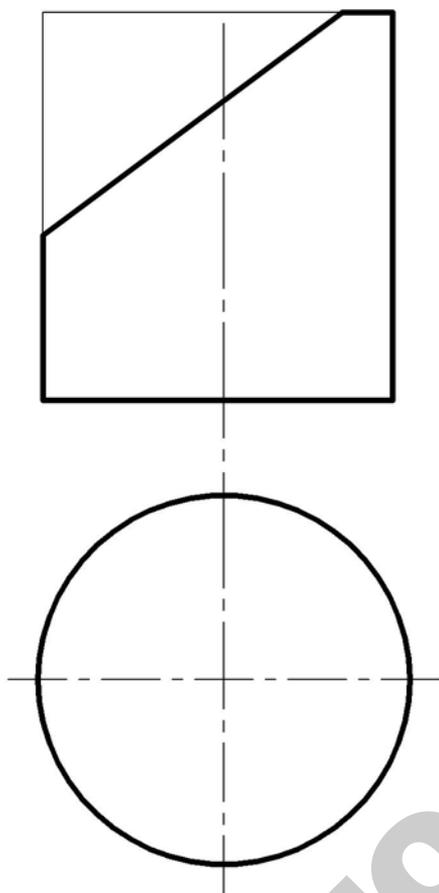


5.3.5 Построить недостающие проекции линий, принадлежащих заданным поверхностям. Задачу решить в трех проекциях.



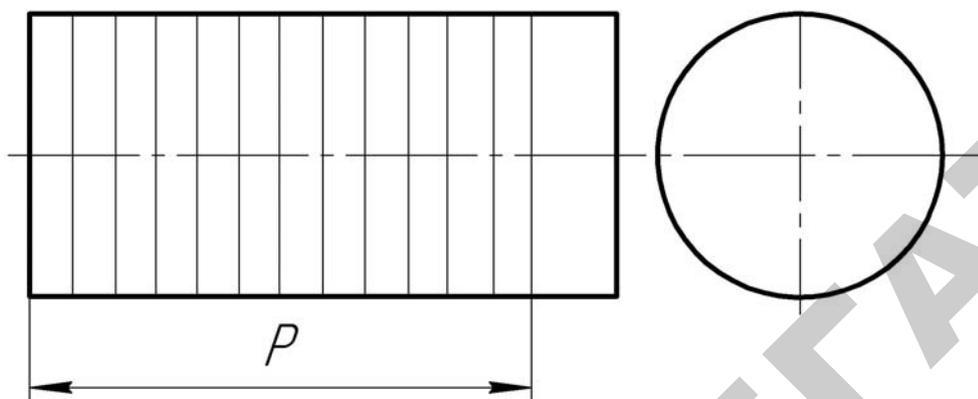
5.3.6 Построить:

- а) горизонтальную и профильную проекции линии пересечения заданного геометрического тела плоскостью;
- б) аксонометрическую проекцию усеченного тела.



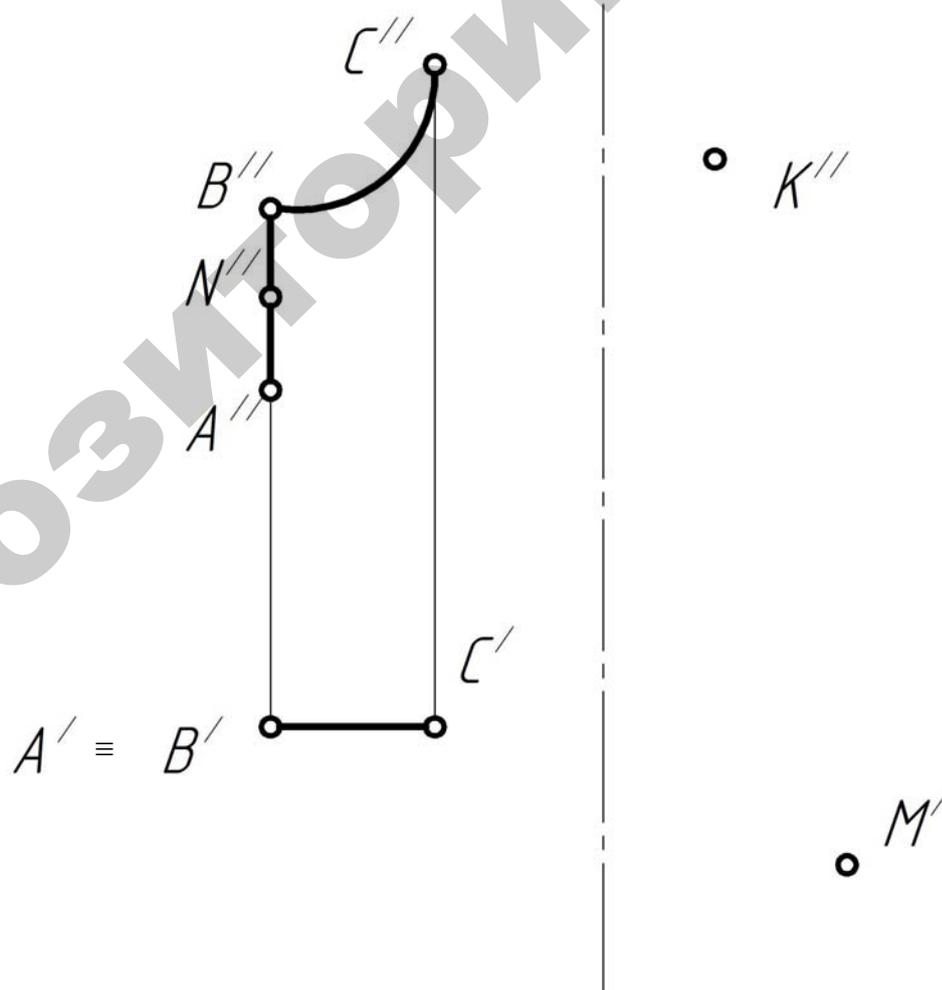
5.4 Задания для аудиторных занятий

5.4.1 Построить проекции правой цилиндрической винтовой линии (P – шаг).

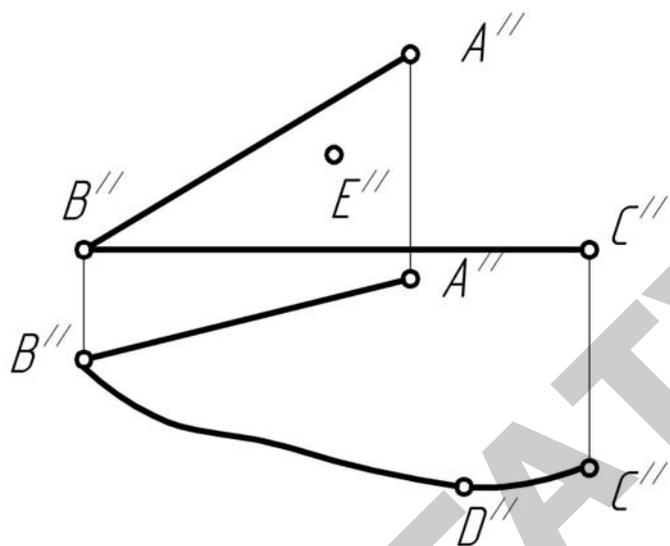


5.4.2 Дано: образующая ABC поверхности вращения. Построить:

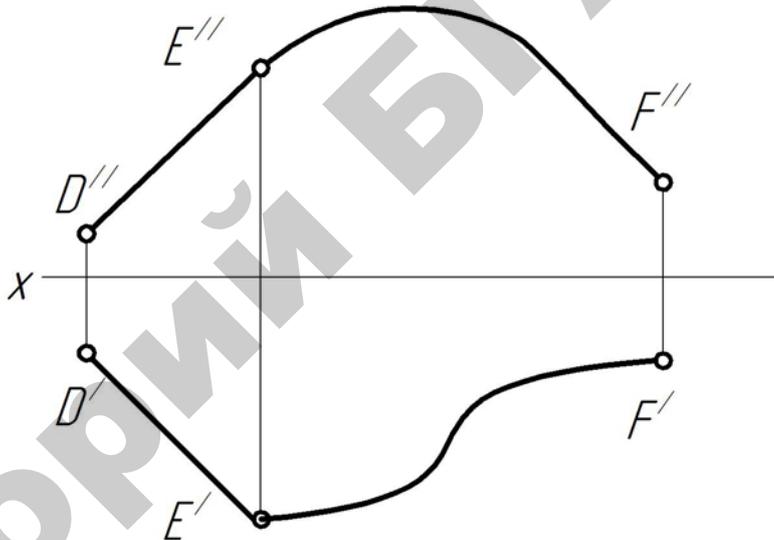
- а) очерк поверхности;
- б) недостающие проекции точек К, М, N, принадлежащих поверхности;
- в) определить радиус параллели, которой принадлежит точка М.



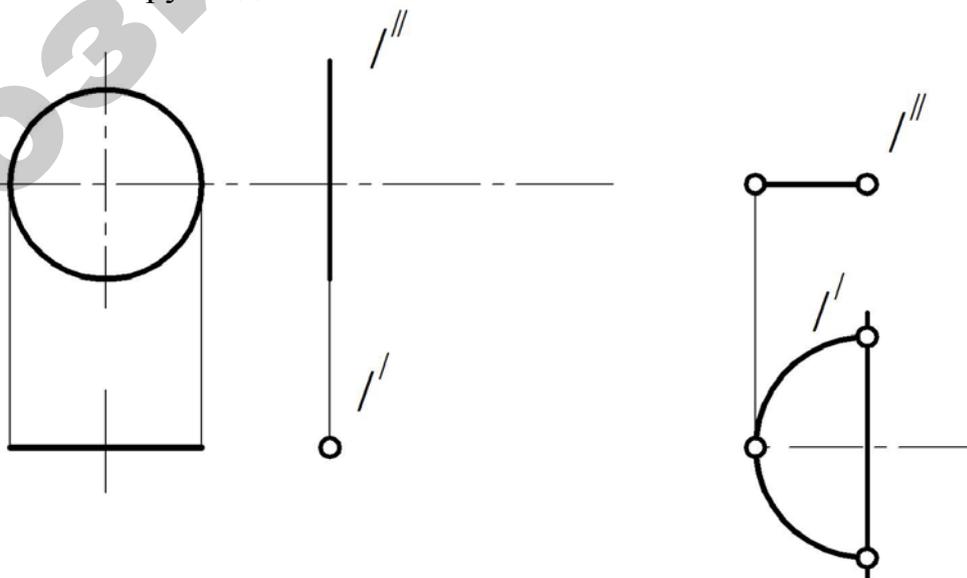
5.4.3 Коническая поверхность задана образующей АВ и направляющей ВС. Определить недостающие проекции точек D и E, принадлежащих этой поверхности. Записать условие принадлежности точки поверхности.



5.4.4 Цилиндрическая поверхность задана образующей DE и направляющей EF. Определить проекции множества точек, принадлежащих этой поверхности и удаленных от фронтальной плоскости проекций на 20 мм. Записать условие принадлежности линии поверхности.

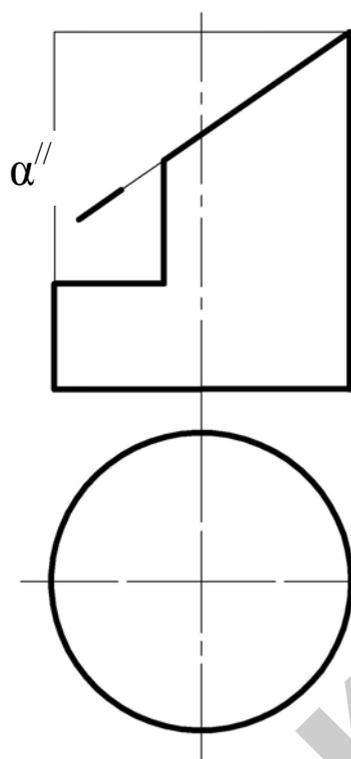


5.4.5 Построить проекции тора и сферы, образуемых вращением окружности и ее дуги ABC вокруг заданной оси.

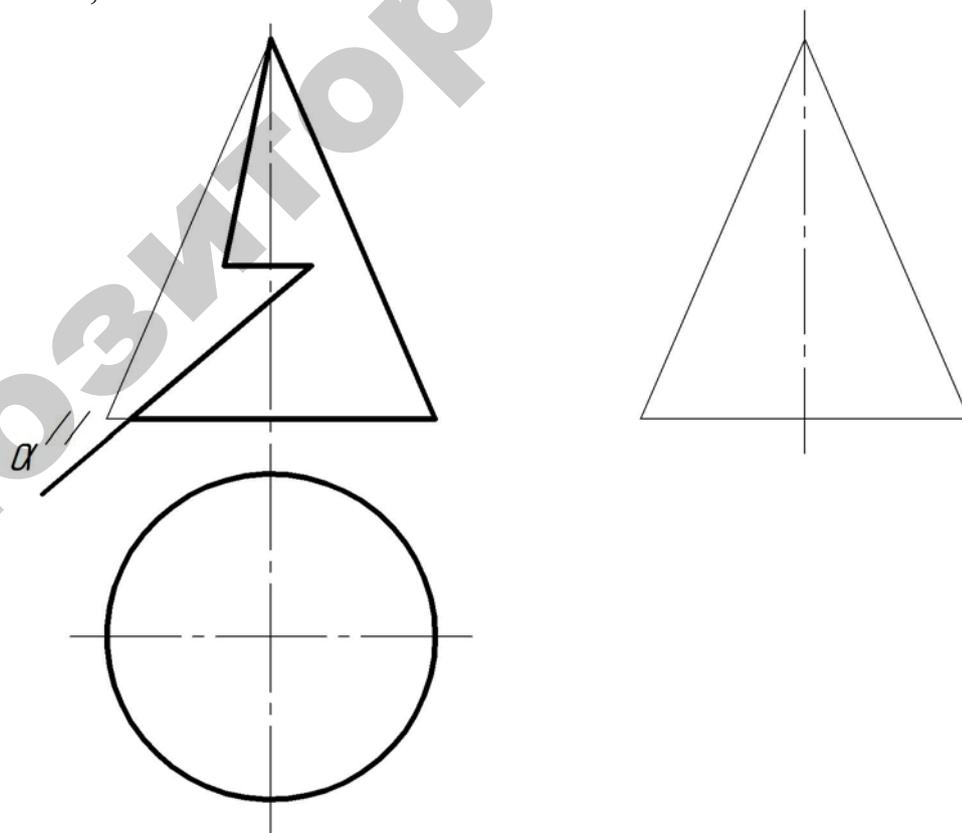


5.4.6 Построить проекции пересечения заданных поверхностей с плоскостями. Записать название, получаемых в сечении кривых. Определить истинную величину сечения поверхности плоскостью α .

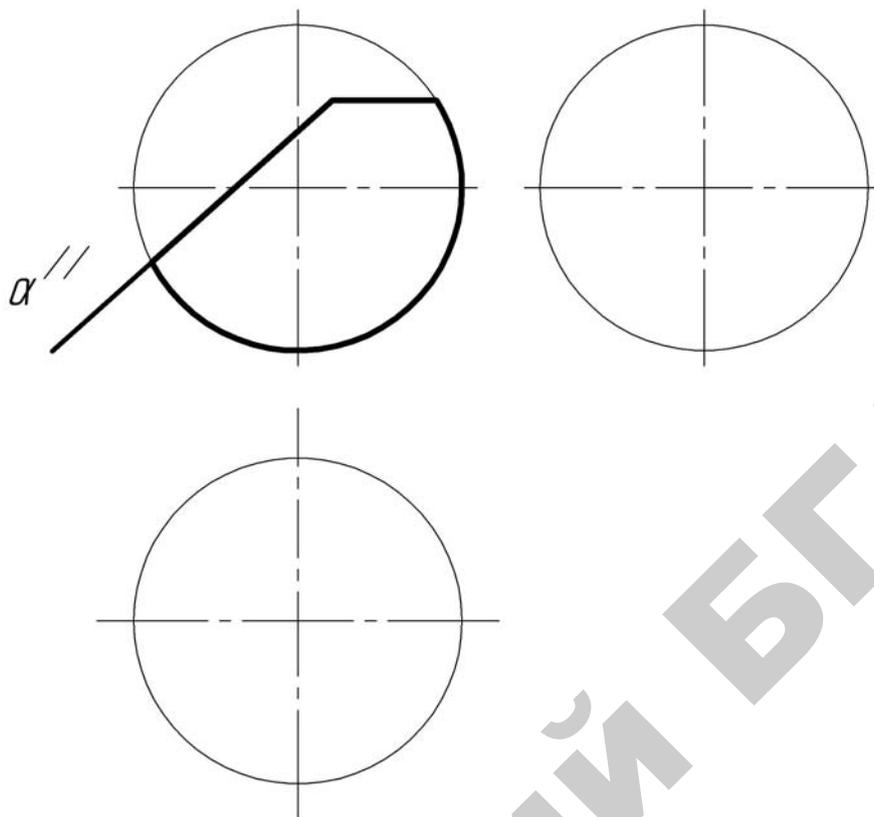
а) цилиндрической;



б) конической;



в) сферической.



5.5 Расчетно-графические задания

РГР 2.1 Пересечение поверхности плоскостью

Содержание задания. Построить три проекции заданной кривой поверхности усеченной плоскостями. Определить натуральную величину сечения поверхности плоскостью α .

Указания по выполнению. Условие, методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы даны в методических указаниях [9]. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А3. Пример выполнения расчетно-графической работы приведен рисунке 5.17.

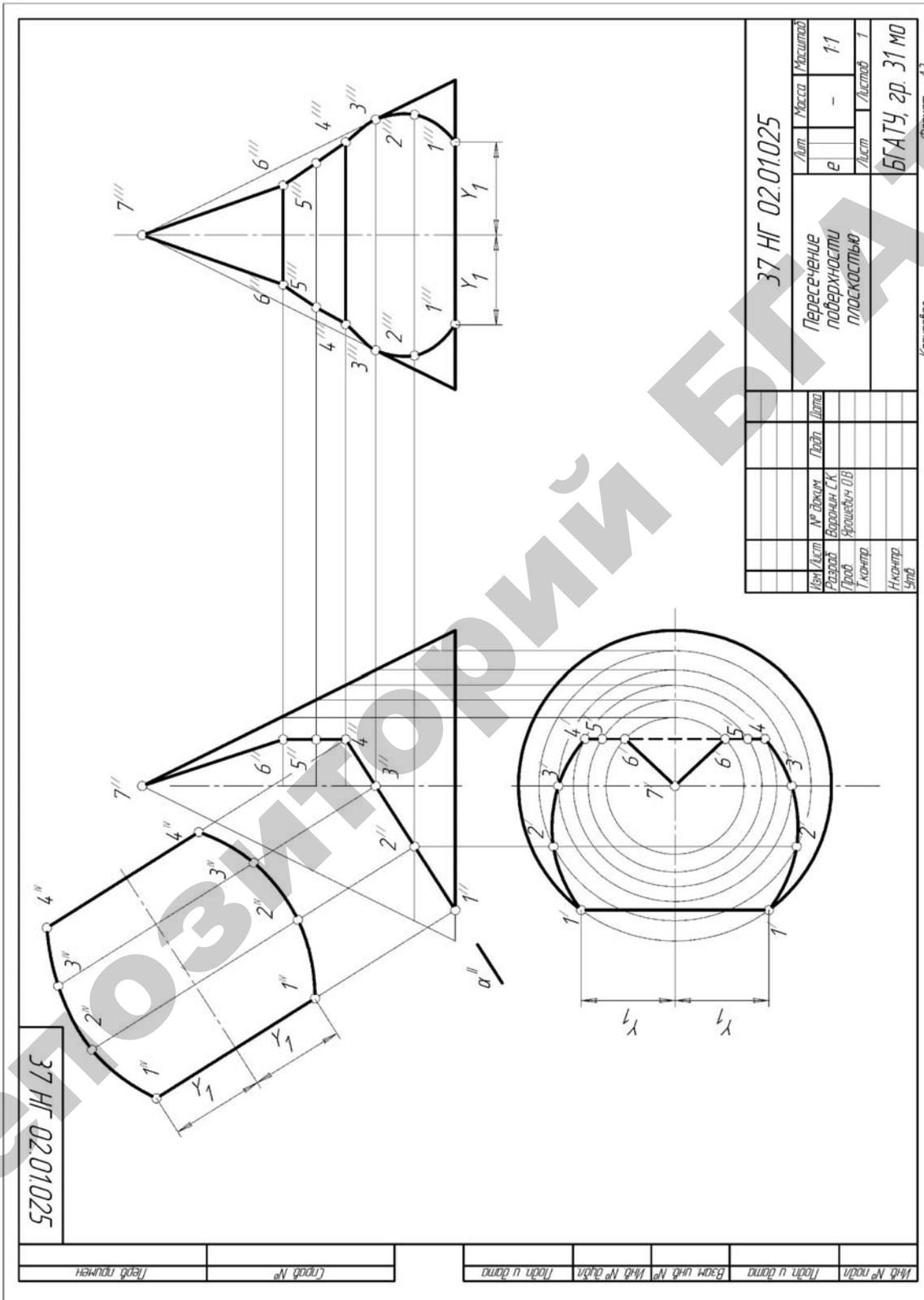


Рисунок 5.17 – Пример выполнения расчетно-графической работы 2.1

Занятие 6. Взаимное пересечение поверхностей

Цель – изучение и освоение приемов построения линий взаимного пересечения поверхностей.

В результате изучения темы студент **должен**:

знать:

- о линиях пересечения и перехода геометрических тел;
- характер и вид кривых, получаемых при взаимном пересечении поверхностей;
- способы построения линий пересечения поверхностей (вспомогательных секущих плоскостей, вспомогательных концентрических и эксцентрических сфер);

уметь:

- изображать линии пересечения многогранников, многогранника и тела вращения, двух тел вращения.

6.1 Основные теоретические положения

6.1.1 Общий принцип нахождения линии пересечения поверхностей.

6.1.2 Пересечение поверхностей, если одна или обе занимают проецирующее положение.

6.1.3 Частные случаи пересечения поверхностей (соосных поверхностей вращения, конусов с общей вершиной, цилиндров с параллельными образующими).

6.1.4 Метод вспомогательных секущих плоскостей. Диапазон введения вспомогательных плоскостей.

6.1.5 Метод сфер с постоянным центром. Условия применимости. Диапазон радиусов.

6.1.6 Теорема Монжа о пересечении двух поверхностей второго порядка.

Литература: [1, §§39–44]; [2, §§60–66].

6.1.1 Общий принцип нахождения линии пересечения поверхностей

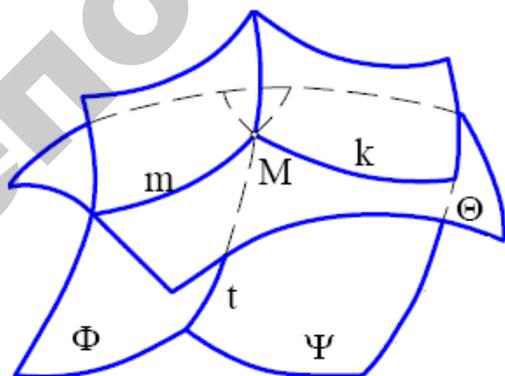


Рисунок 6.1 – Общий способ построения линии пересечения поверхностей

Линию пересечения поверхностей строят по ее отдельным точкам. Общим способом построения этих точек является способ поверхностей-посредников (рисунок 6.1). Суть способа: обе поверхности пересекают вспомогательной поверхностью; затем определяют линии пересечения данных поверхностей и вспомогательной, после чего на пересечении этих линий определяют точки, принадлежащие одновременно обеим данным поверхностям, т. е. их линии пересечения.

Чаще всего в качестве поверхностей-посредников применяют плоскости или сферы. Исходя из этого различают следующие способы построения проекций линии пересечения двух поверхностей: **способ вспомогательных плоскостей** (проецирующих и плоскостей общего положения); **способ вспомогательных сфер** (концентрических и эксцентрических)

Проекция линии пересечения всегда находится в пределах площади наложения одноименных проекций пересекающихся поверхностей. Построение линии пересечения начинают с нахождения опорных точек. Они позволяют определить пределы расположения проекции линии пересечения и зоны, где имеет смысл находить случайные точки для более точного построения линии пересечения. Определение видимости линии пересечения проводят отдельно для каждого участка, ограниченного точками видимости. Видимость участка совпадает с видимостью любой случайной точки этого участка.

6.1.2 Пересечения поверхностей, если одна или две занимают проецирующее положение

Задача упрощается, если одна из поверхностей занимает проецирующее положение. Тогда эта поверхность вырождается в окружность (цилиндрическая) или многоугольник (призматическая). Одна из проекций искомой линии будет находиться на вырожденной проекции поверхности, а значит, известна. Вторая проекция линии находится из условия принадлежности ее непроецирующей поверхности. На рисунках показано построение линии пересечения цилиндрической и сферической поверхностей вращения (рисунок 6.2, а), призматической и конической (рисунок 6.2, б).

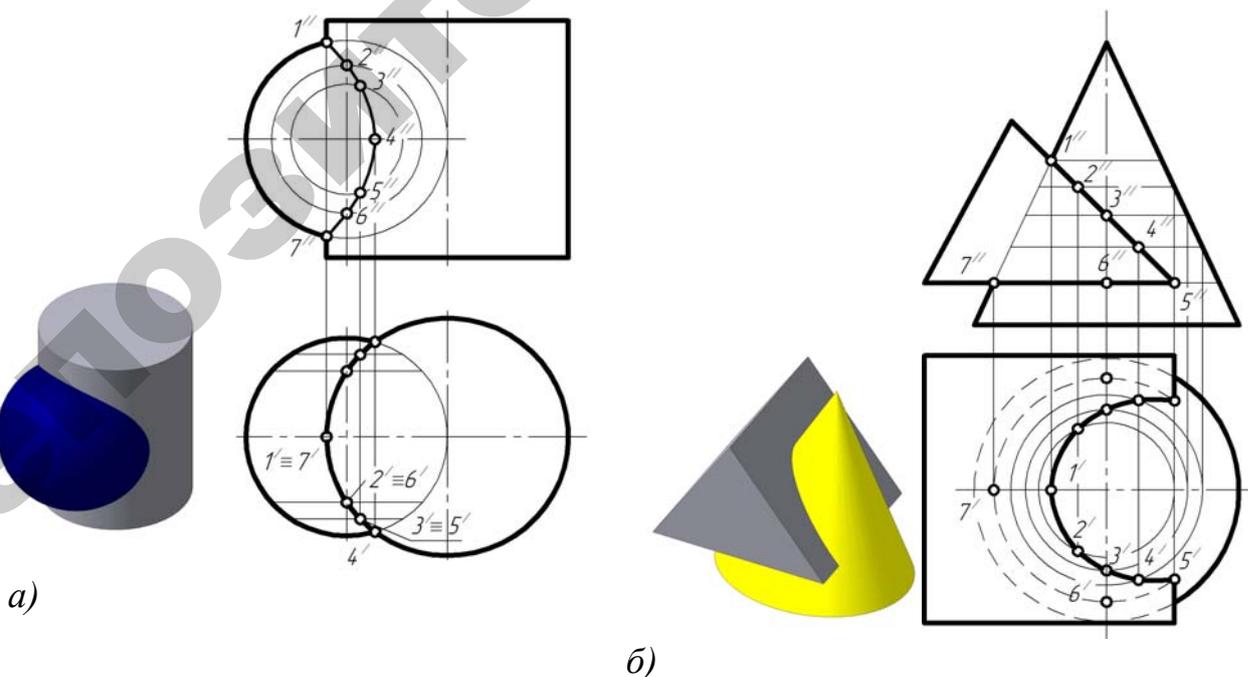


Рисунок 6.2 – Пересечение а) цилиндрической и сферической; б) конической и призматической поверхностей

6.1.3 Частные случаи пересечения поверхностей (соосных поверхностей вращения, конусов с общей вершиной, цилиндров с параллельными образующими)

Две цилиндрические поверхности с параллельными осями пересекаются по прямым линиям, соединяющим точки пересечения оснований цилиндров.

Две конические поверхности с общей вершиной пересекаются по прямым линиям, соединяющим вершину и точки пересечения оснований.

Соосные поверхности вращения второго порядка пересекаются по окружностям, фронтальная проекция которых является прямыми линиями. Соосные со сферой тела вращения пересекаются по окружностям, фронтальная или горизонтальная проекции которых являются прямыми линиями.

На рисунке 6.3 приведены примеры частных случаев пересечения поверхностей.

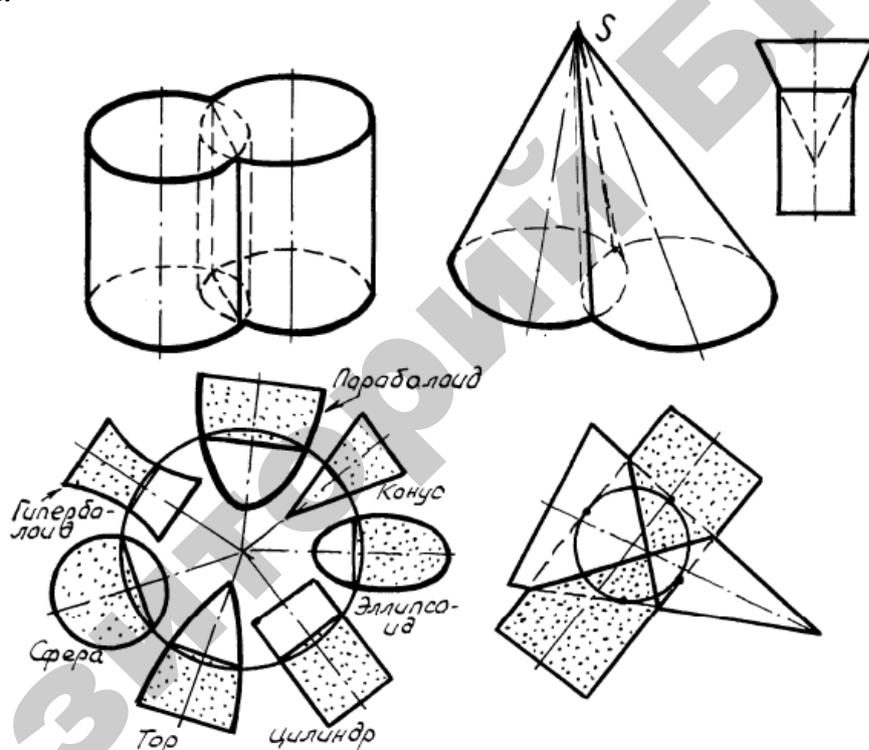


Рисунок 6.3 – Частные случаи пересечения поверхностей

6.1.4 Метод вспомогательных секущих плоскостей. Диапазон введения вспомогательных плоскостей

Построение точек линии пересечения поверхностей указанным способом состоит в проведении проецирующих плоскостей, пересекающих обе данные поверхности по графически простым линиям (прямым или окружностям). Пересечение этих линий, принадлежащих разным поверхностям и лежащим в одной секущей плоскости, определяет точки общие для обеих поверхностей – точки принадлежащие линии их пересечения (рисунок 6.4).

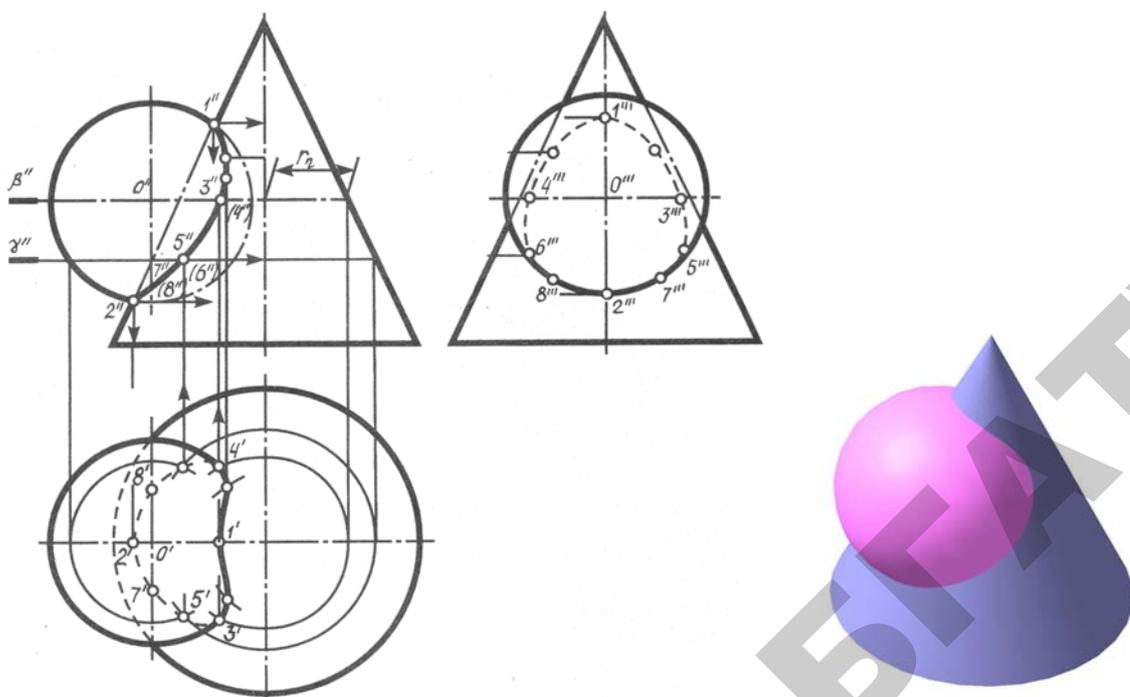


Рисунок 6.4 – Построение линии взаимного пересечения конуса и сферы методом вспомогательных секущих плоскостей

6.1.5 Метод сфер с постоянным центром. Условия применимости. Диапазон радиусов

Этот способ широко используется при решении задач на построение линий пересечения поверхностей вращения с пересекающимися осями. В основе этого способа лежит следующее свойство поверхностей вращения: две соосные поверхности вращения пересекаются по окружностям, число которых равно числу точек пересечения их полуэллипсов. Эти окружности лежат в плоскостях, перпендикулярных оси поверхностей вращения. У сферы любой диаметр можно принять за ось вращения. Следовательно, сфера с центром на оси поверхности вращения пересекает эту поверхность по одной или нескольким окружностям.

Если ось поверхностей вращения параллельна плоскости проекций, то на эту плоскость линия пересечения проецируется в отрезок прямой линии (рисунок 6.5).

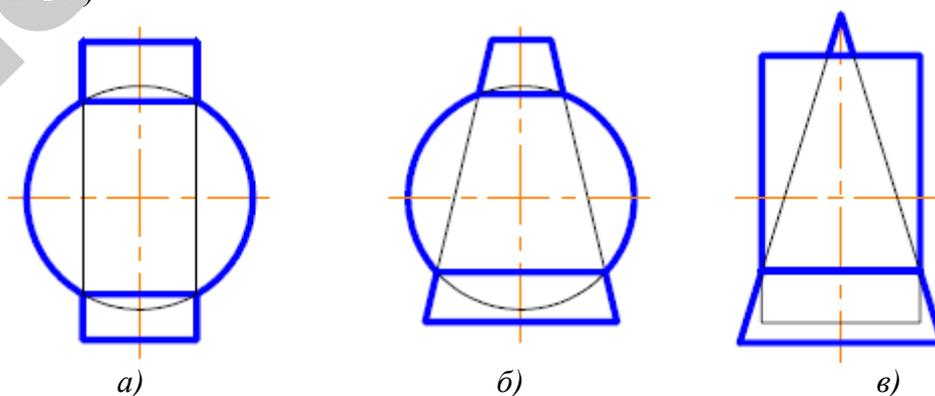


Рисунок 6.5 – Пересечение сферы с соосными поверхностями вращения: а) цилиндр и сфера; б) конус и сфера; в) цилиндр и конус

Способ вспомогательных концентрических сфер (сфер с постоянным центром) применяют при выполнении следующих условий (рисунок 6.6):

- а) пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;
- б) оси этих поверхностей должны пересекаться (точку их пересечения принимают за центр вспомогательных сфер);
- в) плоскость симметрии поверхностей должна быть параллельна какой-либо плоскости проекций (в противном случае применяют преобразование чертежа).

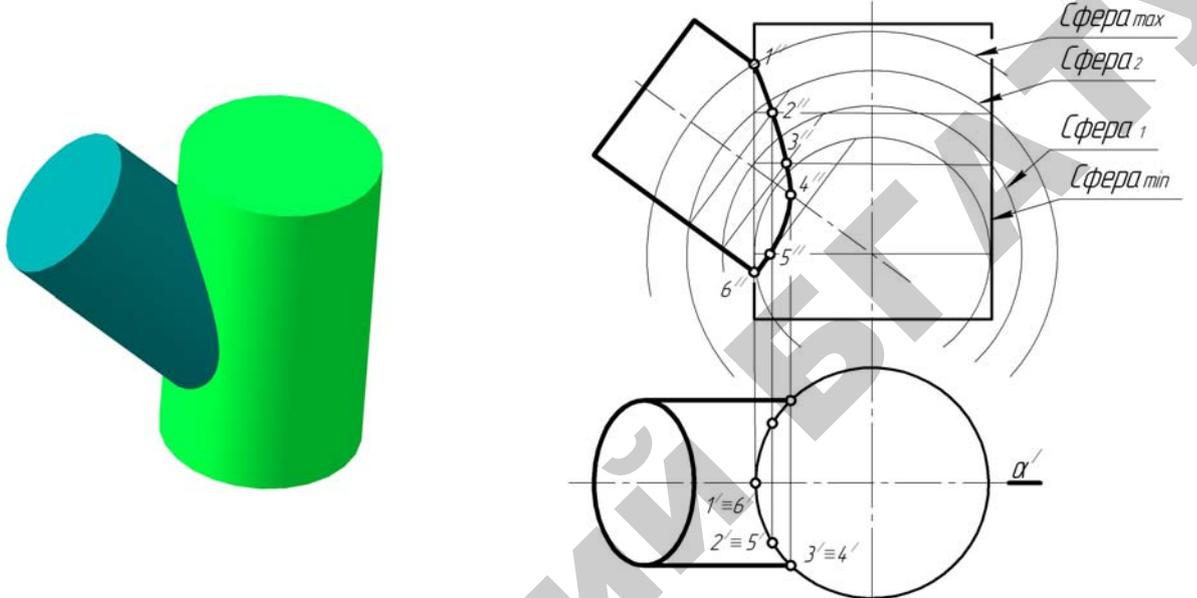


Рисунок 6.6 – Применение метода сфер с постоянным центром

6.1.6 Теорема Монжа о пересечении двух поверхностей второго порядка

Если две поверхности второго порядка описаны около третьей поверхности второго порядка или вписаны в нее, то линия их взаимного пересечения распадается на две плоские кривые. Плоскости этих кривых пройдут через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания. Если оси пересекающихся поверхностей вращения параллельны какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость кривые линии проектируются в отрезки прямых.

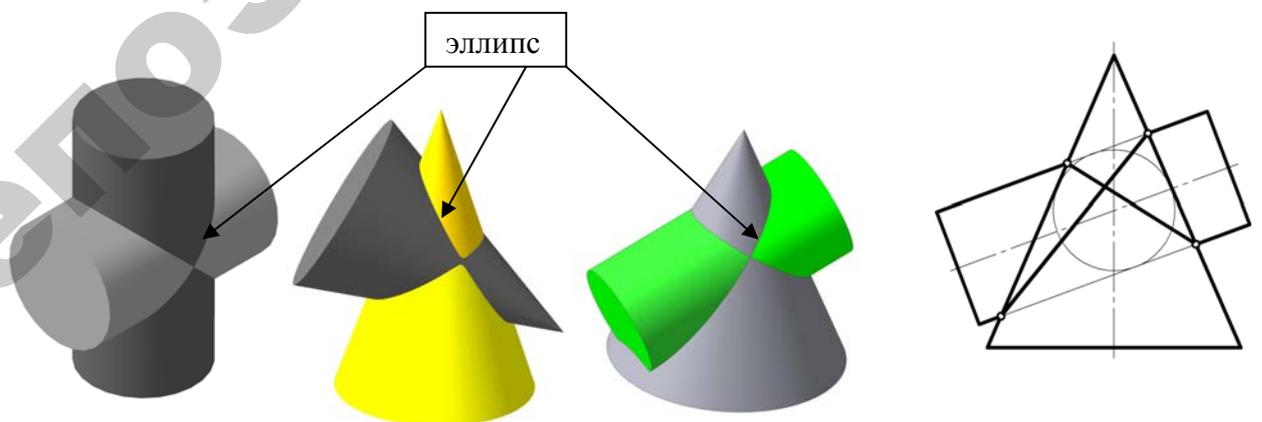


Рисунок 6.7 – Частные случаи пересечения поверхностей вращения (теорема Монжа)

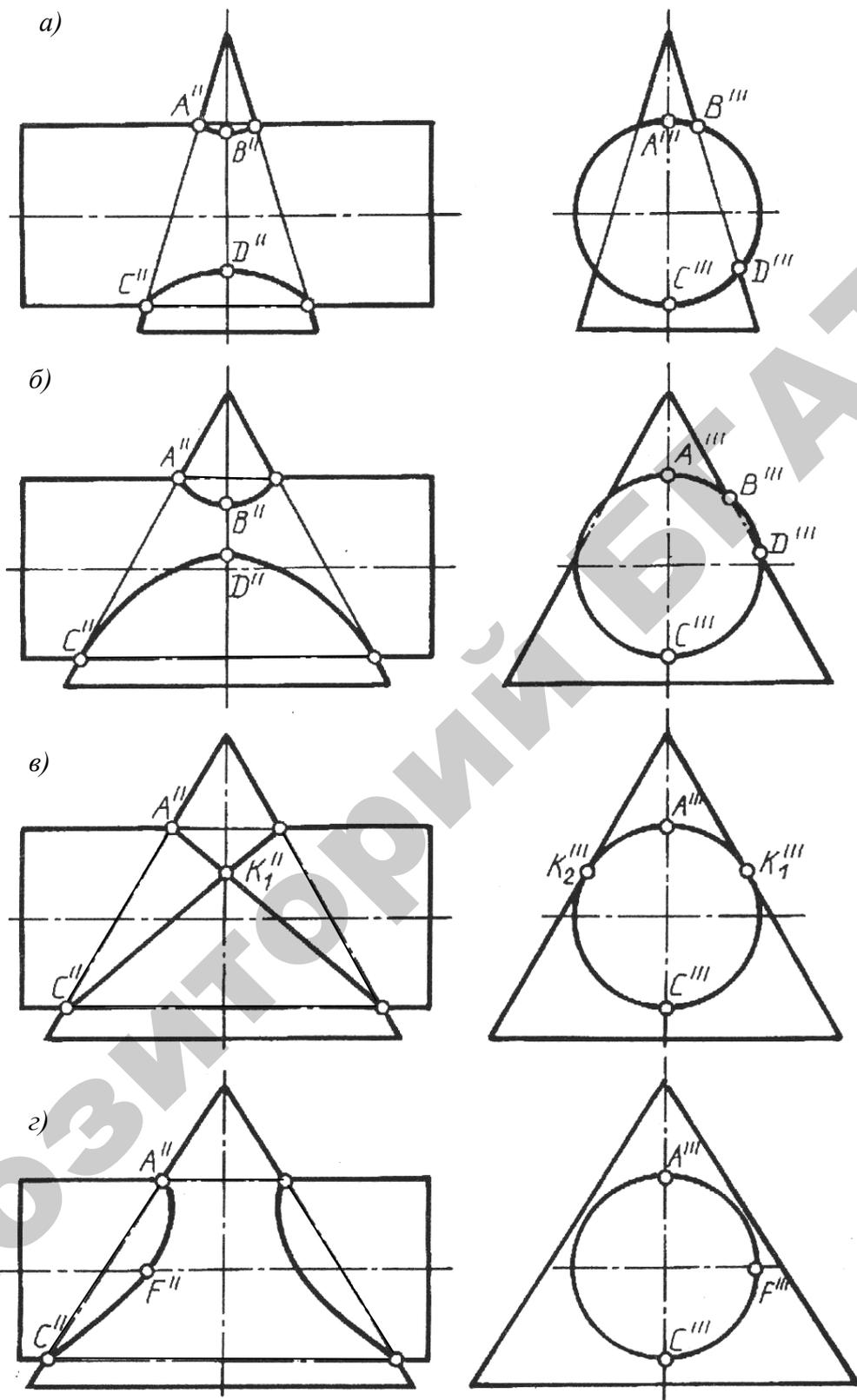


Рисунок 6.8 – Характер линии пересечения в зависимости от соотношения размеров пересекающихся поверхностей (на примере цилиндра и конуса вращения)

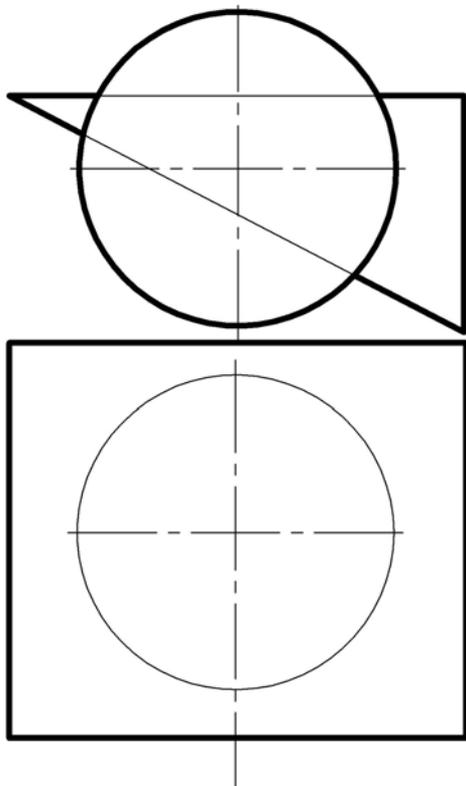
6.2 Вопросы для самоконтроля

1. Назовите условия принадлежности точки поверхности.
2. Алгоритм решения задач на построение линии пересечения двух поверхностей.
3. Как рационально вести построение линии пересечения поверхностей, когда одна или две из них являются проецирующими?
4. Какие поверхности могут быть выбраны в качестве вспомогательных поверхностей-посредников?
5. В пределах какой части проекций пересекающихся поверхностей получается проекция линии пересечения?
6. Сущность способа построения линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей.
7. Сущность способа построения линии пересечения поверхностей способом вспомогательных концентрических поверхностей.
8. При каких условиях возможно применение способа вспомогательных сферических поверхностей?
9. Какие линии получаются в результате пересечения многогранной и кривой поверхности? двух кривых поверхностей?
10. По каким линиям пересекаются цилиндрические поверхности, образующие которых параллельны? конические поверхности с общей вершиной?
11. Какие точки линии пересечения поверхностей называются «характерными»?
12. В каких случаях две поверхности пересекаются по плоским кривым линиям?

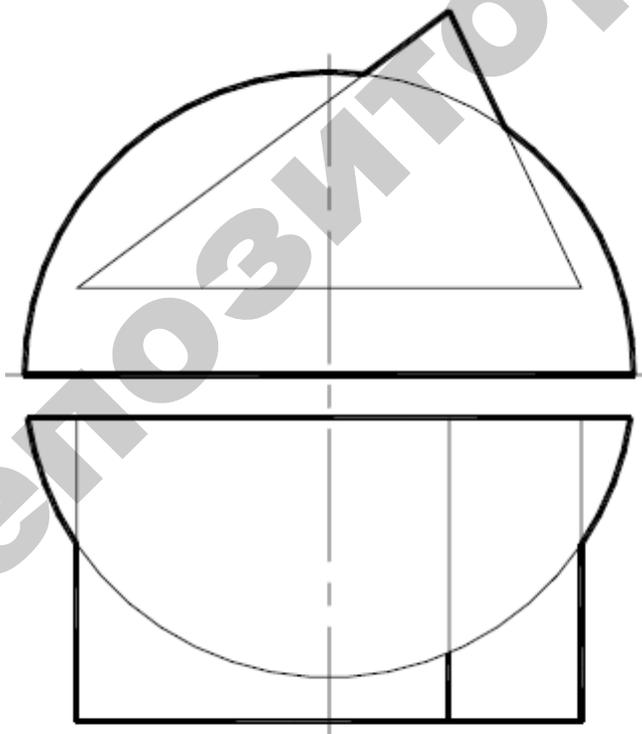
6.3 Задания для самостоятельной работы

6.3.1 Построить проекции линии пересечения поверхностей. Задачу решить в трех проекциях.

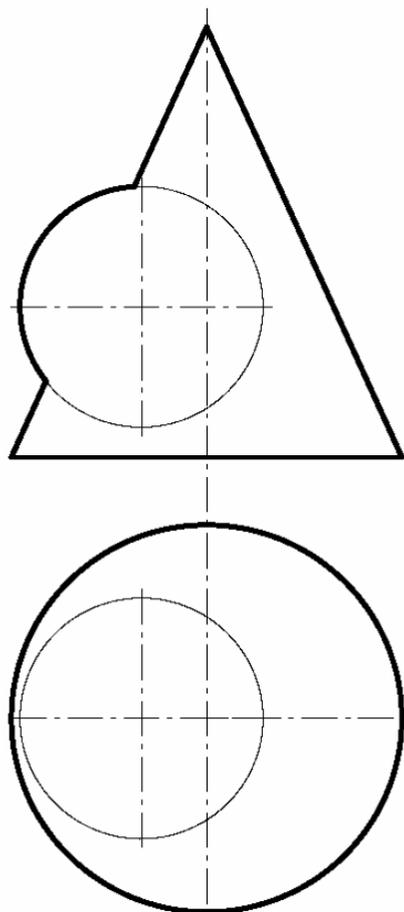
а)



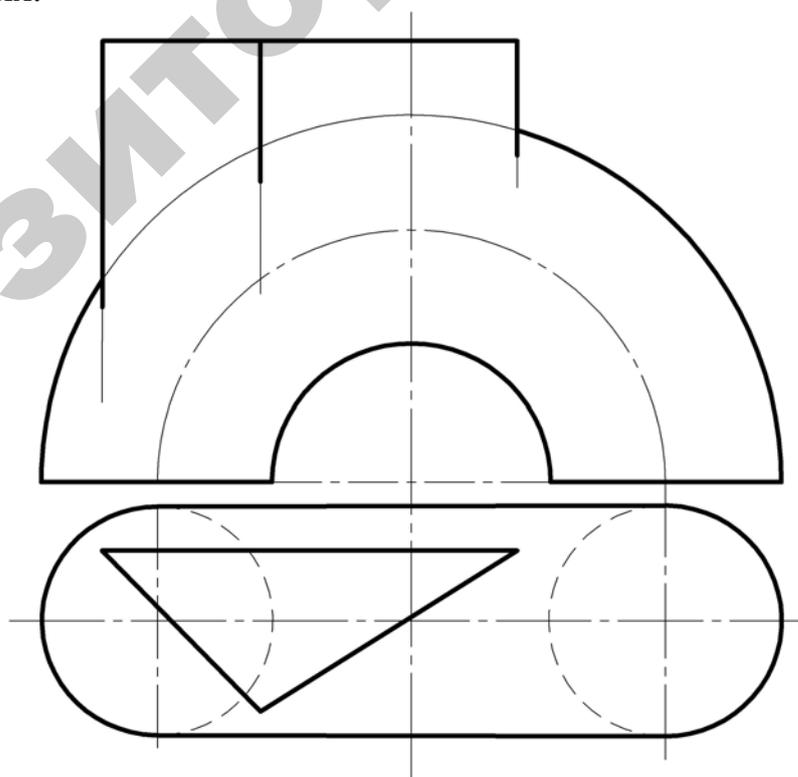
б)



в)

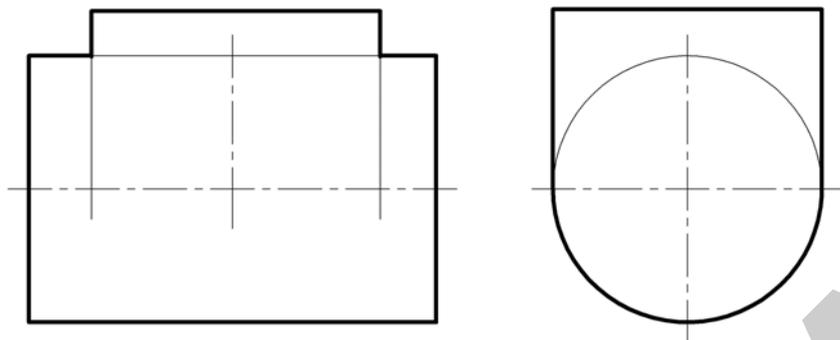


6.3.2 Построить проекции линии пересечения поверхностей. Задачу решить в двух проекциях.

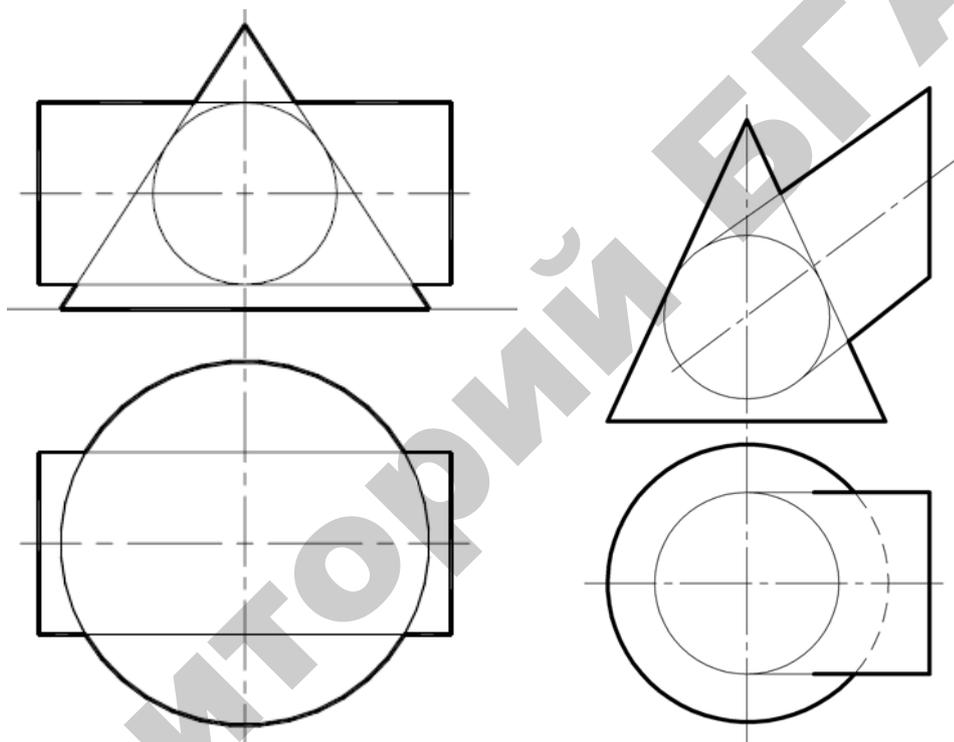


6.3.3 Построить проекции линий пересечения поверхностей вращения 2-го порядка, используя теорему Монжа. Обозначить опорные точки.

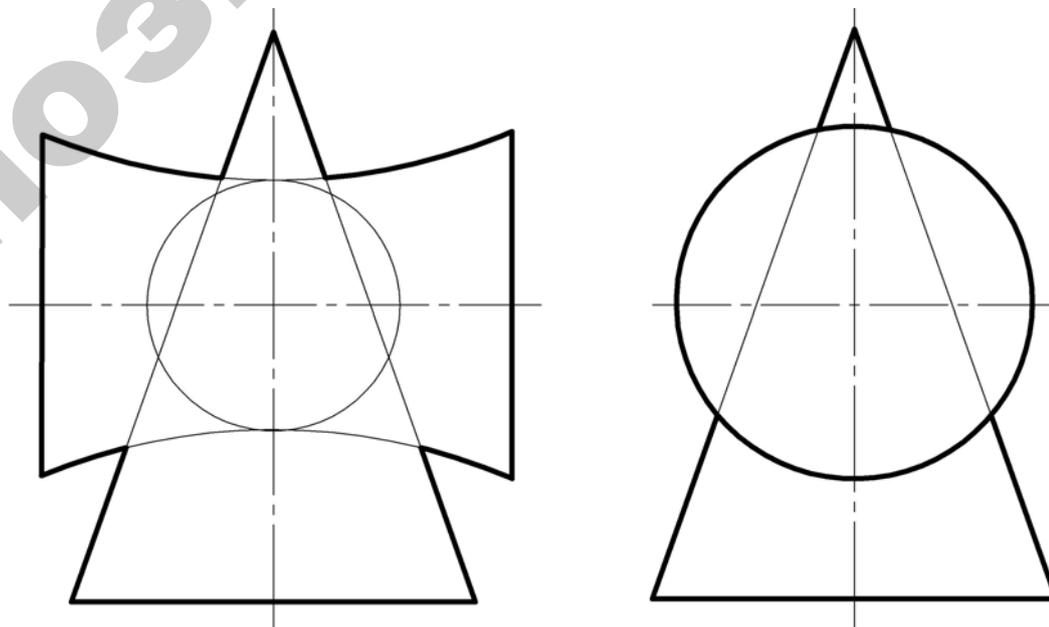
а)



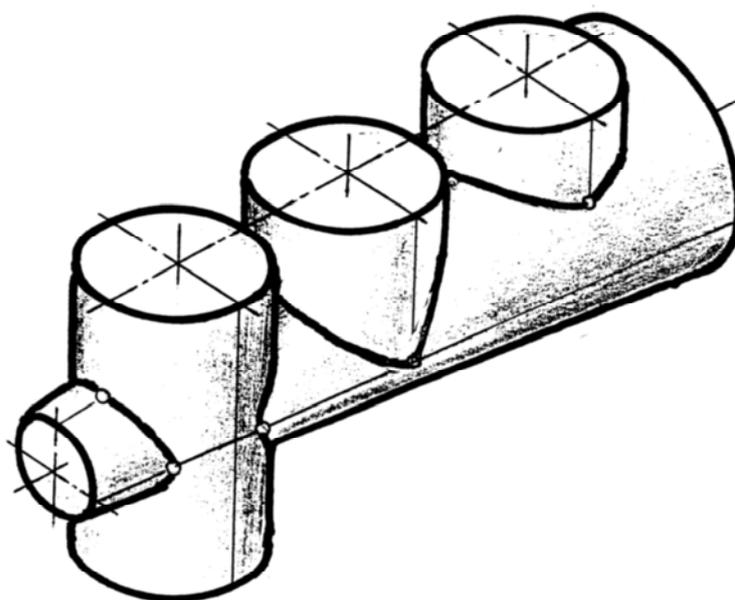
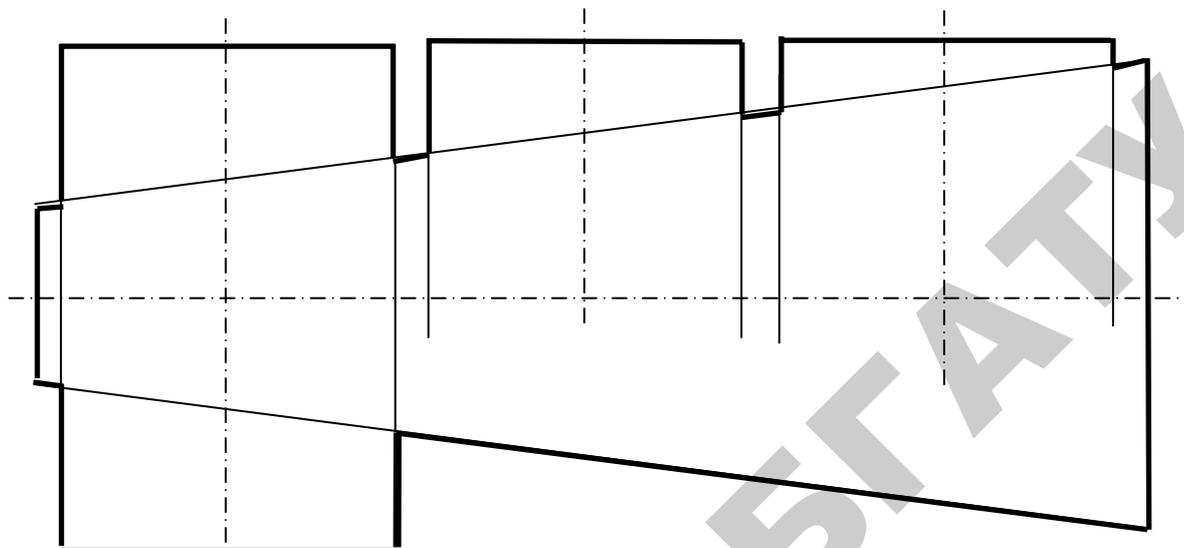
б)



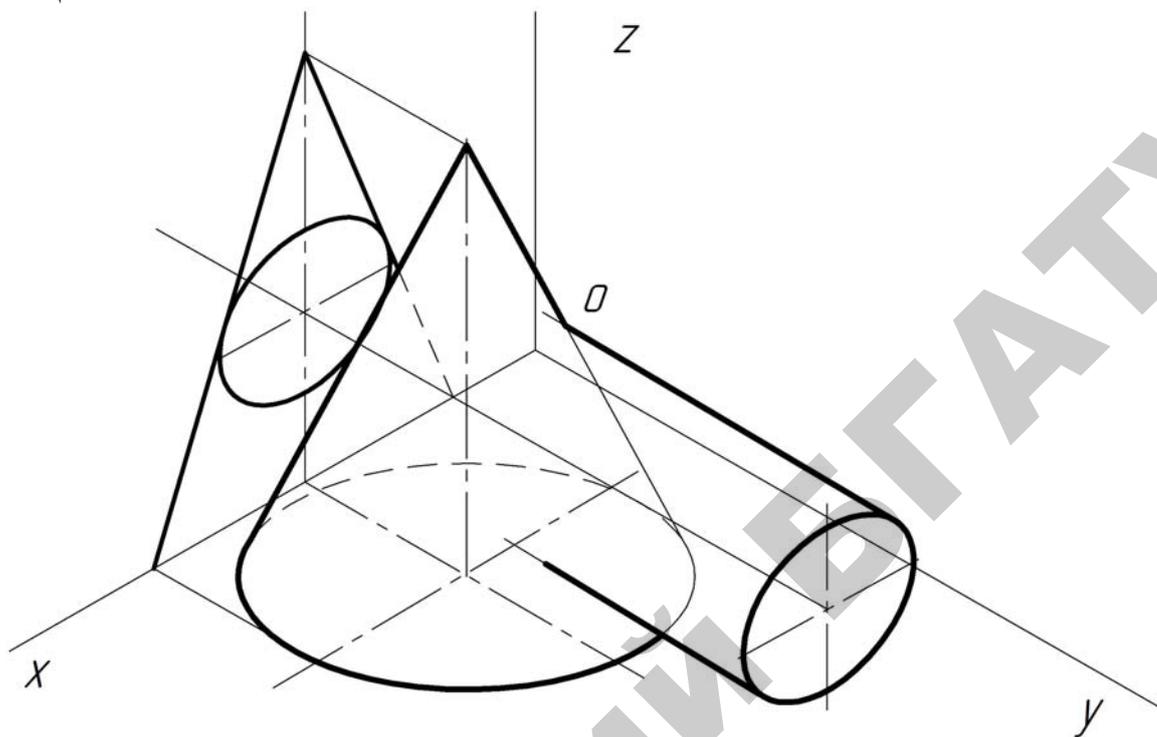
в)



6.3.4 Построить проекции линий пересечения цилиндров с конусом. До-
строить горизонтальную проекцию пересекающихся поверхностей.



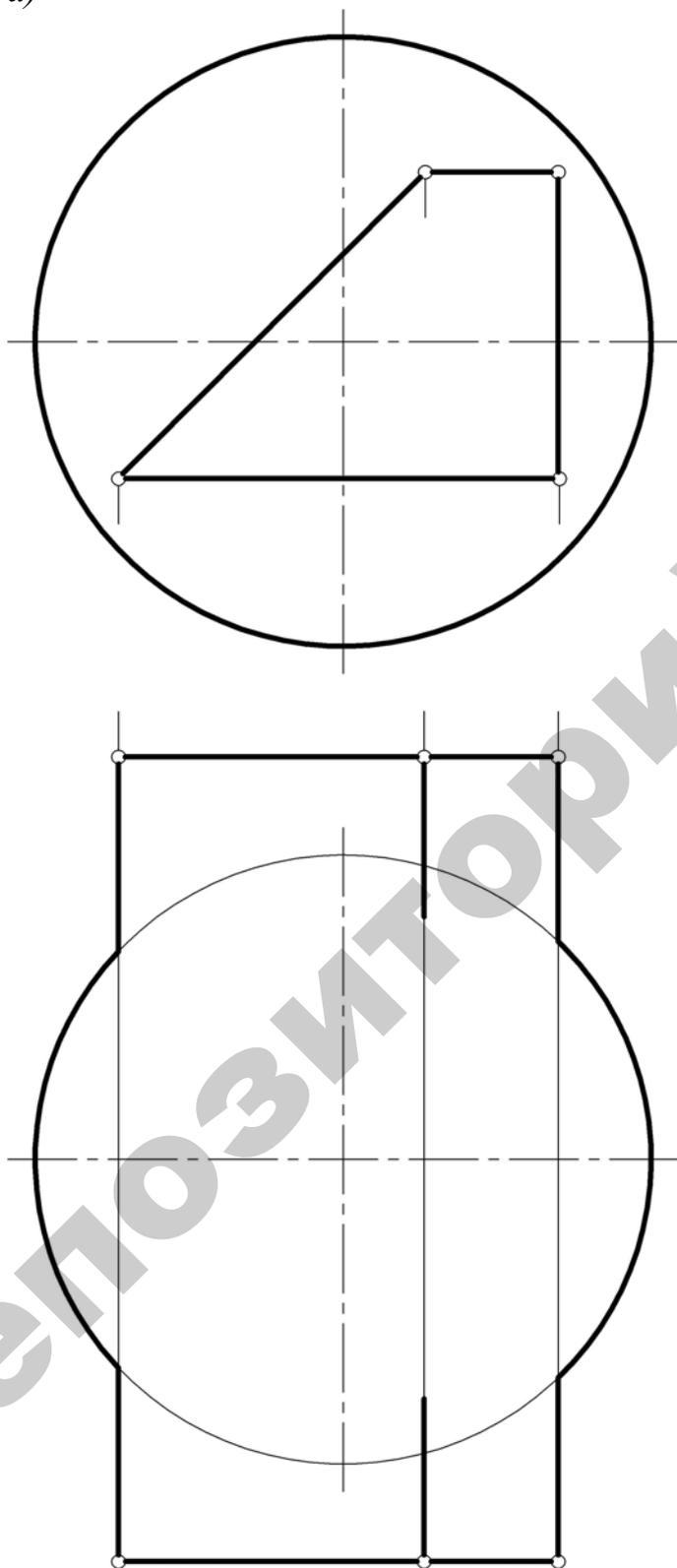
6.3.5 Построить линию пересечения поверхностей на аксонометрической проекции.



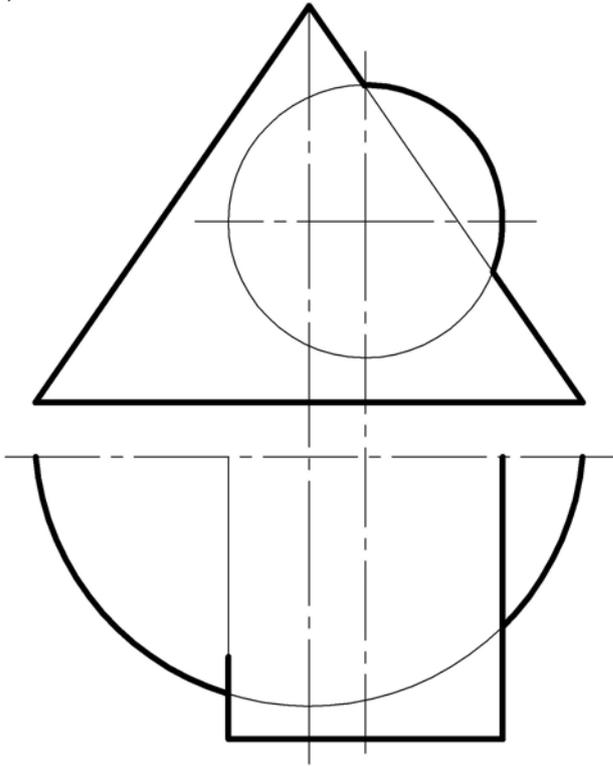
6.4 Задания для аудиторных занятий

6.4.1 Построить проекции линий пересечения поверхностей. Задачу решить в трех проекциях.

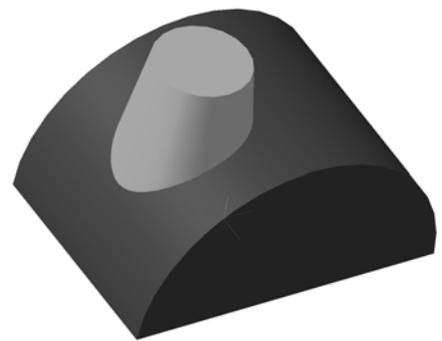
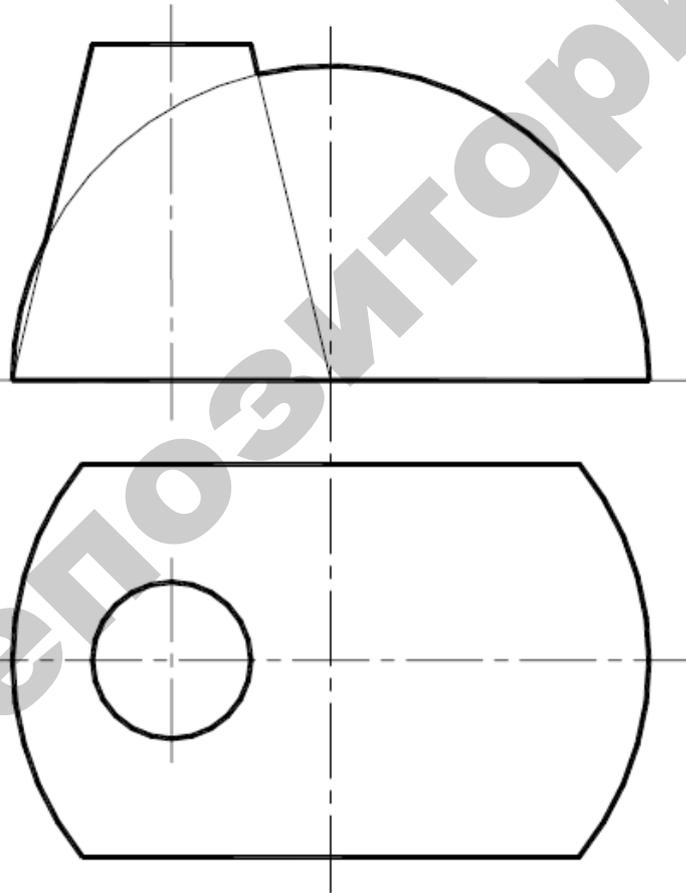
а)



б)

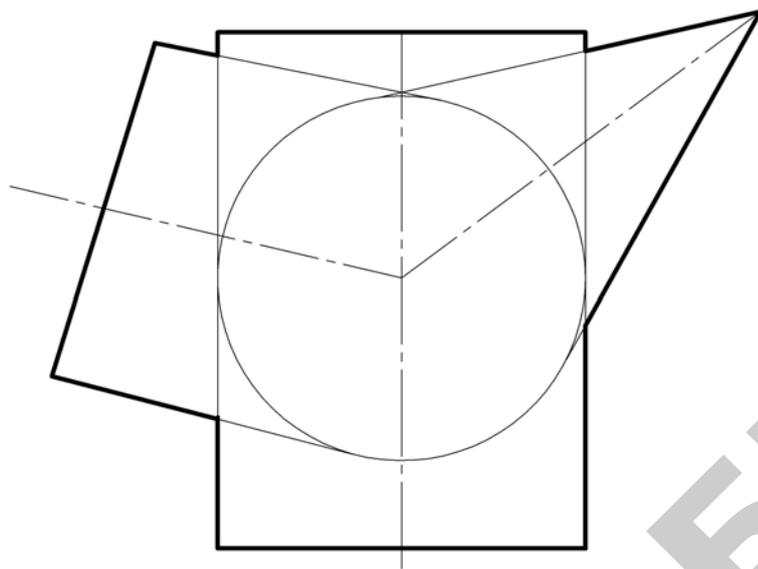


в)

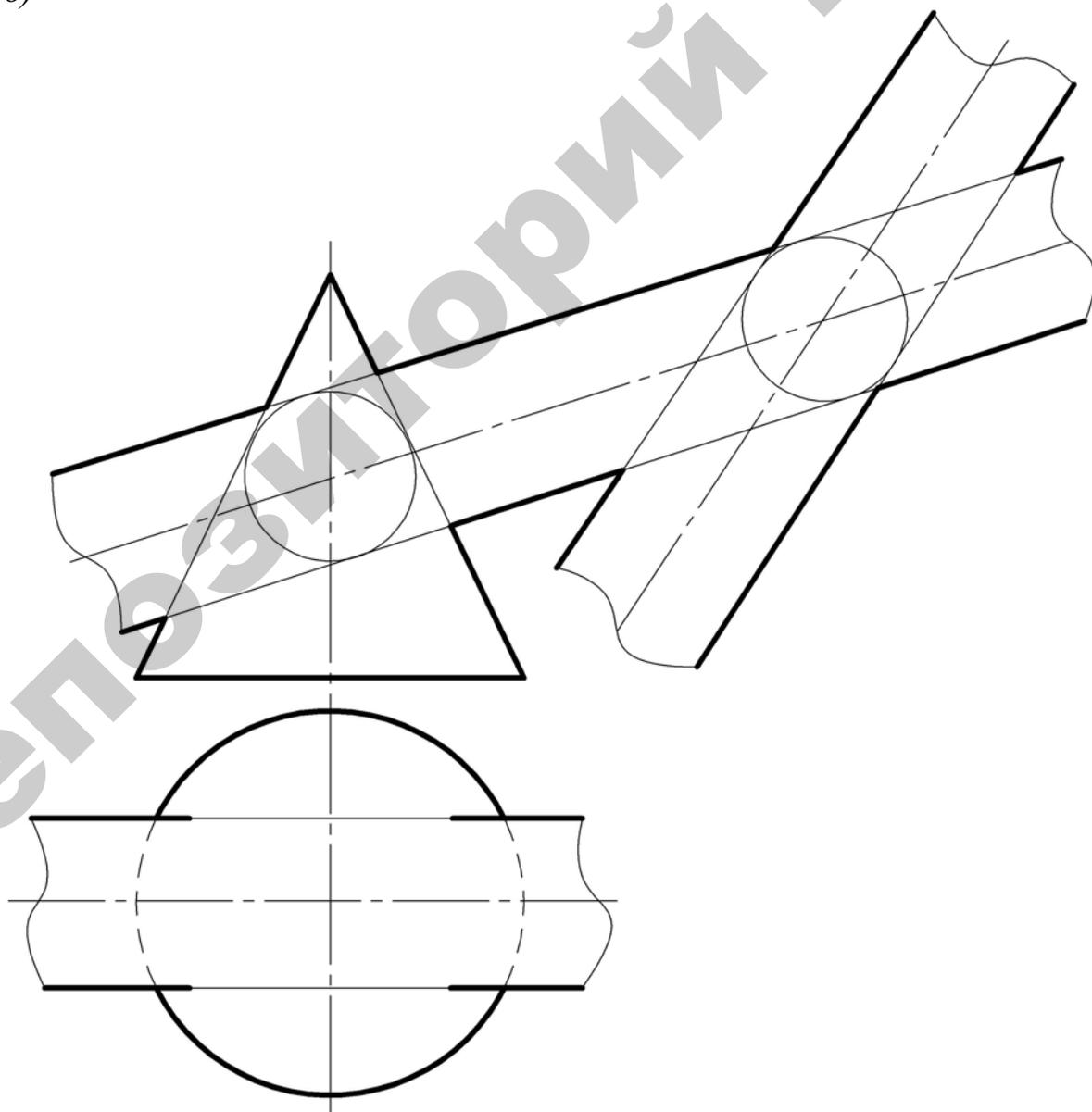


6.4.2 Построить проекции линий пересечения поверхностей вращения 2-го порядка.

а)

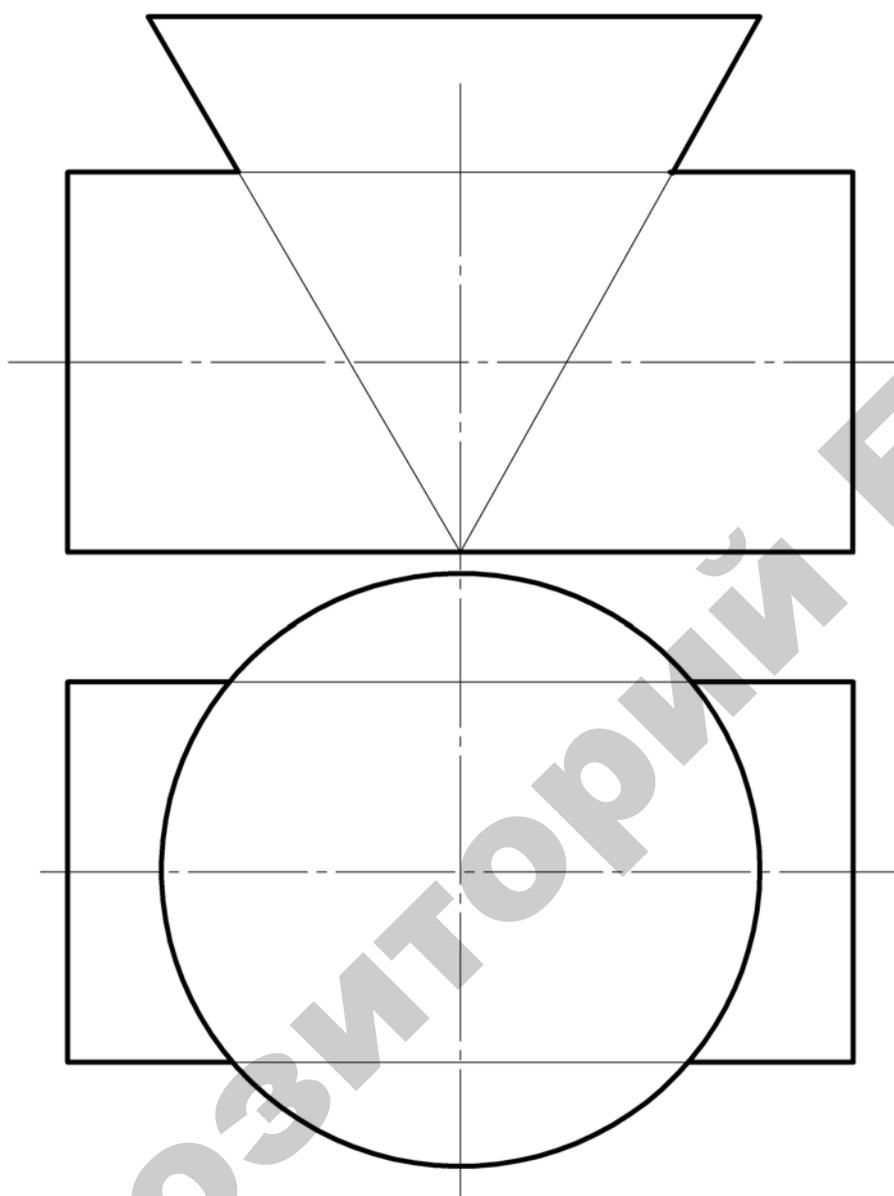


б)

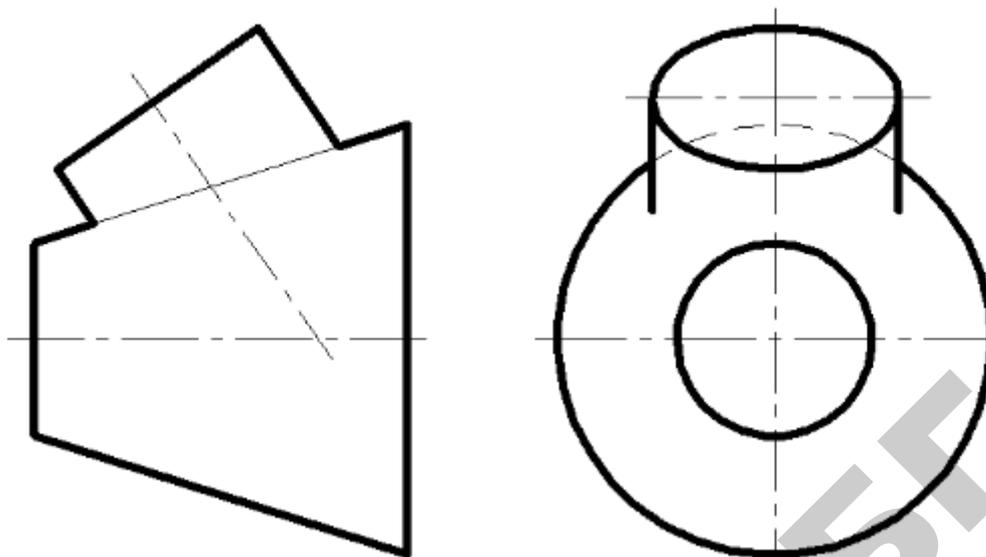


6.4.3 Построить проекции линии пересечения поверхностей. Определить видимость. Записать алгоритм решения задачи.

a)



б)



6.5 Расчетно-графические задания

РГР 2.2 Взаимное пересечение поверхностей

Содержание задания:

2.2.1 Построить проекции линии пересечения заданных поверхностей (методом вспомогательных секущих плоскостей). Задачу решить в трех проекциях.

2.2.2 Построить проекции пересечения заданных поверхностей (методом вспомогательных сферических поверхностей). Задачу решить в двух проекциях.

Указания по выполнению. Условие, методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы даны в методических указаниях [9]. Задание выполняется на чертежной бумаге формата А3 (2.2.1) и А4 (2.2.2). Пример выполнения РГР 2.2 приведены на рисунках 6.9 и 6.10.

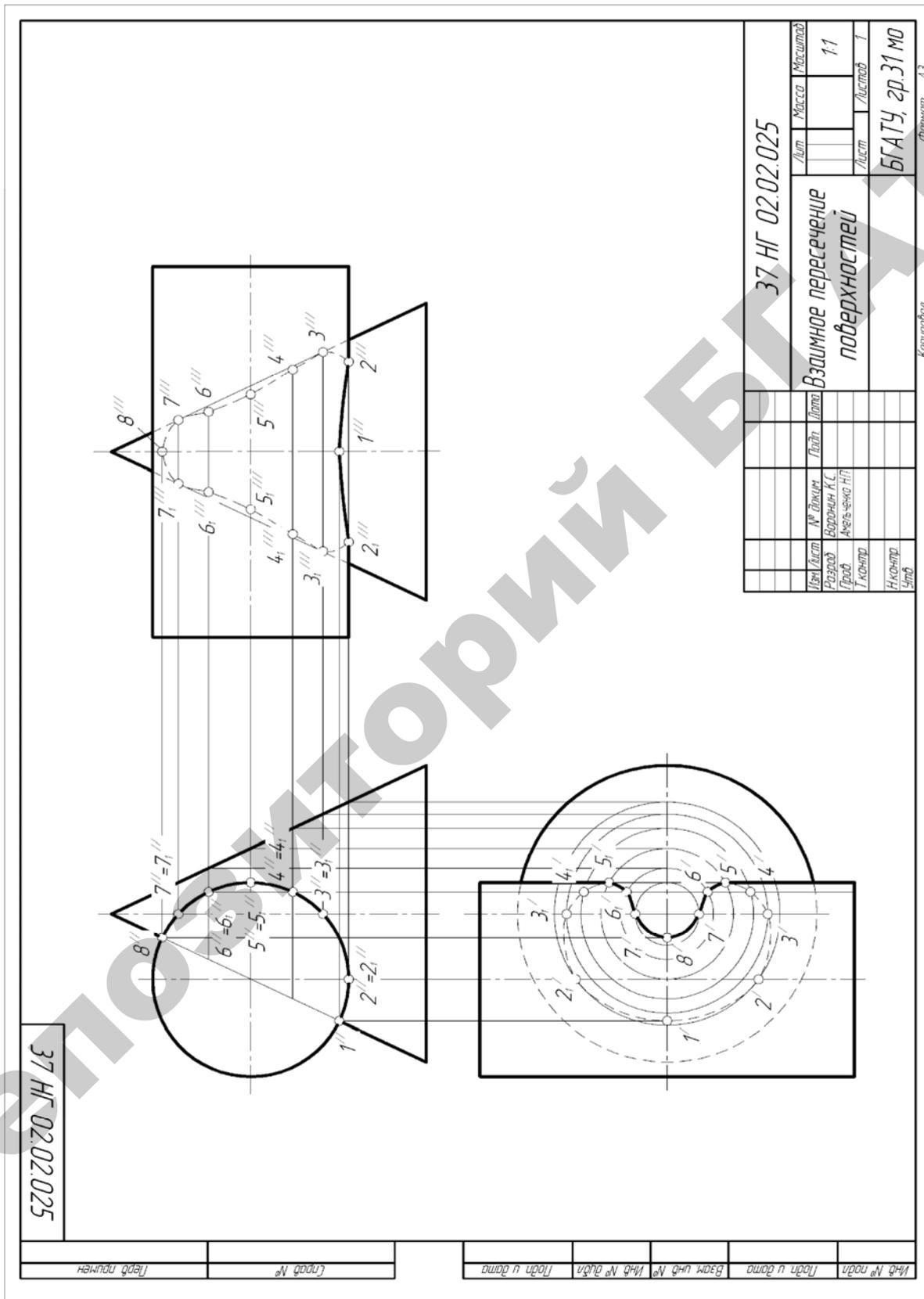


Рисунок 6.9 – Пример выполнения расчетно-графической работы 2.2.1

МОДУЛЬ 3

МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Занятие 7 Метрические задачи. Построение разверток поверхностей

Цель:

- 1) изучение способов преобразования чертежа и приобретение навыков их практического использования при решении метрических задач;
- 2) изучение способов построения разверток различных поверхностей и нахождения точек и линий на развертках.

В результате изучения темы студент **должен:**

знать:

- признаки перпендикулярности прямой и плоскости, двух плоскостей;
- классификацию основных метрических задач;
- способы построения разверток поверхностей (призмы, цилиндра, пирамиды, конуса);
- свойства разверток;

уметь:

- строить взаимно перпендикулярные прямые и плоскости;
- определять расстояния от точки до линии или плоскости, между прямыми, между плоскостями;
- определять натуральные величины углов между геометрическими элементами;
- строить развертки основных поверхностей (призмы, пирамиды, конуса, цилиндра);
- находить точки и линии на развертках по их ортогональным проекциям, а также строить ортогональные проекции точек и линий по их расположению на развертке поверхности.

7.1 Основные теоретические положения

7.1.1 Основные метрические задачи.

7.1.2 Ортогональная проекция прямого угла.

7.1.3 Деление отрезка в заданном отношении.

7.1.4 Построение взаимно перпендикулярных фигур (прямых, прямой и плоскости, двух плоскостей).

7.1.5 Определение расстояний между геометрическими объектами.

7.1.6 Определение углов.

7.1.7 Определение натуральных величин геометрических фигур.

7.1.8 Развертывание поверхностей.

Литература: [1, §§18, 25, 45–47]; [2, §§29–31, 38, 44, 68–75].

7.1.1 Основные метрические задачи

Метрические задачи – это задачи на определение линейных или угловых размеров геометрических объектов, а также расстояний и углов между ними.

Метрические задачи решаются как с помощью способов преобразования чертежа, так и без них.

Рассмотрим только определение расстояний (базовая задача – расстояние между двумя точками) и углов (базовая задача – угол между двумя пересекающимися прямыми), поскольку натуральная величина плоской фигуры была рассмотрена ранее в занятии 5.

7.1.2 Ортогональная проекция прямого угла

Теорема о проецировании прямого угла: если одна из сторон прямого угла параллельна плоскости проекций, в другая ей не перпендикулярна, то на эту плоскость проекций угол проецируется в натуральную величину (рисунок 7.1).

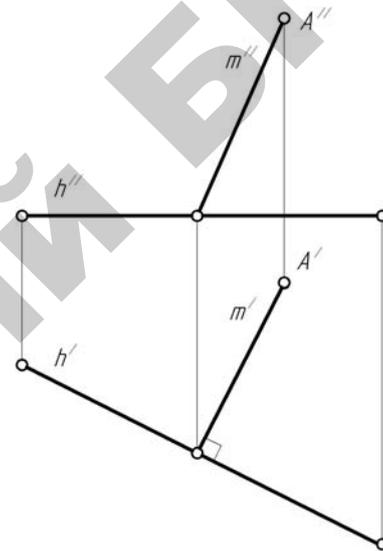


Рисунок 7.1 – Проецирование прямого угла

7.1.3 Деление отрезка в заданном отношении

Из свойств параллельного проецирования известно, что если точка делит отрезок в данном отношении, то проекции этой точки делят одноименные проекции прямой в том же отношении (рисунок 7.2).

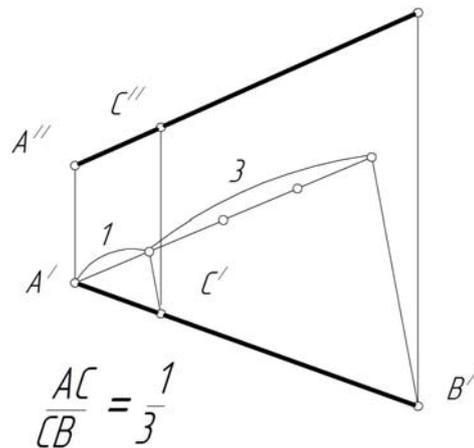
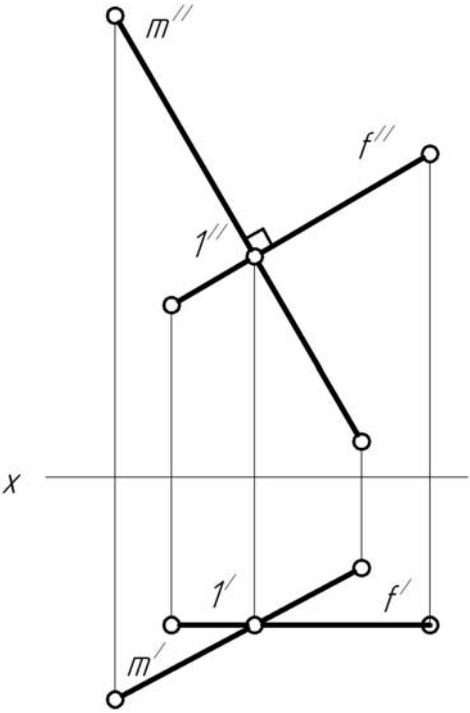
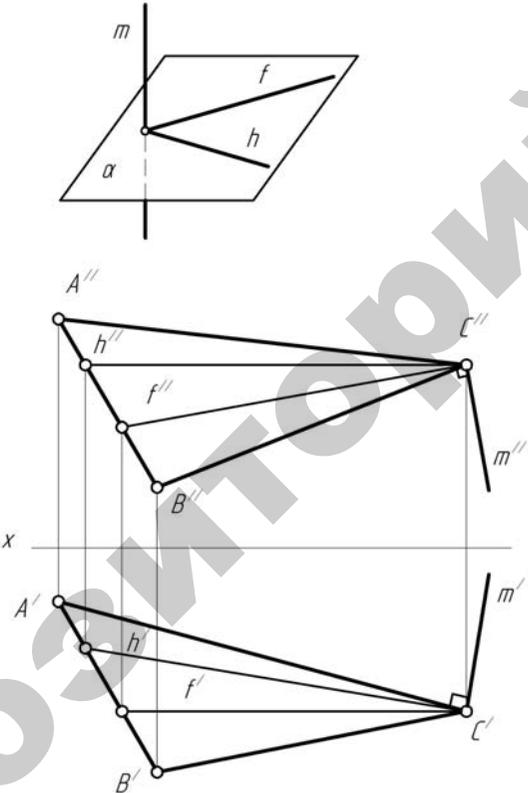
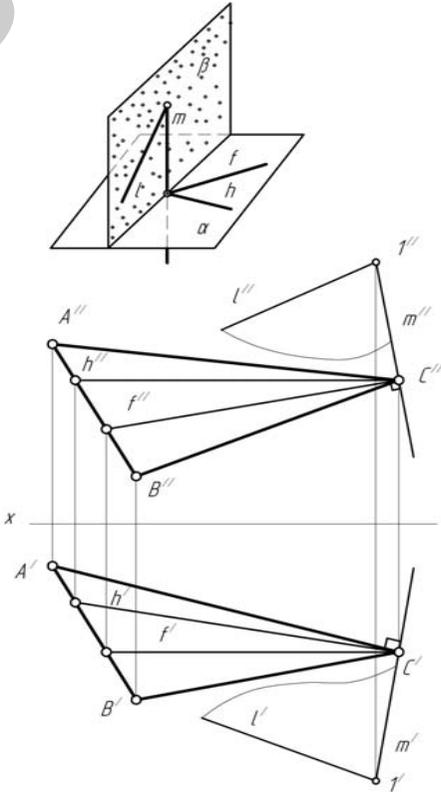


Рисунок 7.2 – Деление отрезка в заданном отношении

7.1.4 Построение взаимно перпендикулярных фигур (прямых, прямой и плоскости, двух плоскостей)

Таблица 7.1 – Построение взаимно перпендикулярных фигур

Перпендикулярность двух прямых	Перпендикулярность прямой и плоскости	Перпендикулярность плоскостей
<p>Две прямые в пространстве перпендикулярны, если угол между ними равен 90°.</p>	<p>Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна любой прямой в этой плоскости.</p>	<p>Если плоскость проходит через перпендикуляр к другой плоскости, то она перпендикулярна этой плоскости.</p>
 <p>Рисунок 7.3 – Построение взаимно перпендикулярных прямых</p>	 <p>Рисунок 7.4 – Построение взаимно перпендикулярных прямой и плоскости</p>	 <p>Рисунок 7.5 – Построение взаимно перпендикулярных плоскостей</p>

7.1.4 Определение расстояний между геометрическими объектами (точкой, прямой, плоскостью)

Расстояние от точки до фигуры (точки, прямой, плоскости, поверхности)

1. **Расстояние между двумя точками** определяется длиной отрезка, соединяющего эти точки.

2. **Расстояние от точки до прямой** определяется длиной перпендикуляра, опущенного из точки на прямую.

3. **Расстояние от точки до плоскости** определяется длиной перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость.

4. **Расстояние от точки до поверхности** определяется как расстояние от точки до ближайшей образующей поверхности.

Ниже приведены алгоритмы решения задач без преобразования чертежа.

Расстояние между двумя точками

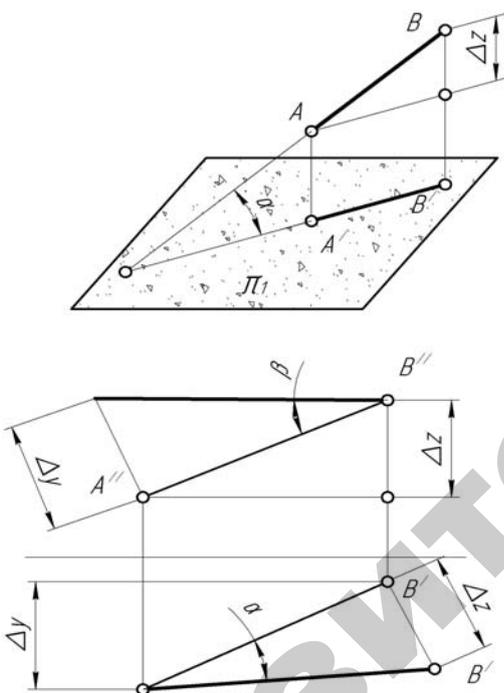


Рисунок 7.6- Определение натуральной величины отрезка и углов его наклона к плоскостям проекций

Натуральная величина отрезка является **гипотенузой** прямоугольного треугольника, один катет которого – проекция на эту плоскость проекций, а второй – разность расстояний концов отрезка от данной плоскости проекций (рисунок 7.6). Угол между катетом – проекцией и гипотенузой является углом наклона прямой к данной плоскости проекции.

$$\Delta Y = Y_B - Y_A$$

$$\Delta Z = Z_B - Z_A.$$

Расстояние от точки до прямой

Алгоритм решения:

- 1) через точку провести плоскость, перпендикулярную заданной прямой;
- 2) найти точку встречи заданной прямой с проведенной плоскостью;
- 3) соединить полученные точки (это будет перпендикуляр из точки на прямую);
- 4) определить натуральную величину построенной прямой.

Расстояние от точки до плоскости

Алгоритм решения:

- 1) из точки опустить перпендикуляр на заданную плоскость;
- 2) найти точку встречи перпендикуляра с плоскостью;
- 3) определить натуральную величину расстояния между заданной и найденной точками.

В таблице 7.2 приведены решения задач способом замены плоскостей проекций.

Таблица 7.2 – Определение расстояний между геометрическими объектами

Заменой плоскостей проекций		
Расстояние между двумя точками	Расстояние между точкой и прямой	Расстояние между точкой и плоскостью
<p><i>натуральная величина отрезка прямой AB</i></p> <p>β – угол наклона прямой AB к горизонтальной плоскости проекций; α – угол наклона прямой к фронтальной плоскости проекций</p>		
<p>Рисунок 7.7 – Определение расстояния между двумя точками</p>	<p>Рисунок 7.8 – Определение расстояния между прямой и плоскостью</p>	<p>Рисунок 7.9 – Определение расстояния между прямой и плоскостью</p>

Таблица 7.3 – Определение расстояний между фигурами

Определение расстояния между параллельными фигурами

Расстояние между параллельными прямыми

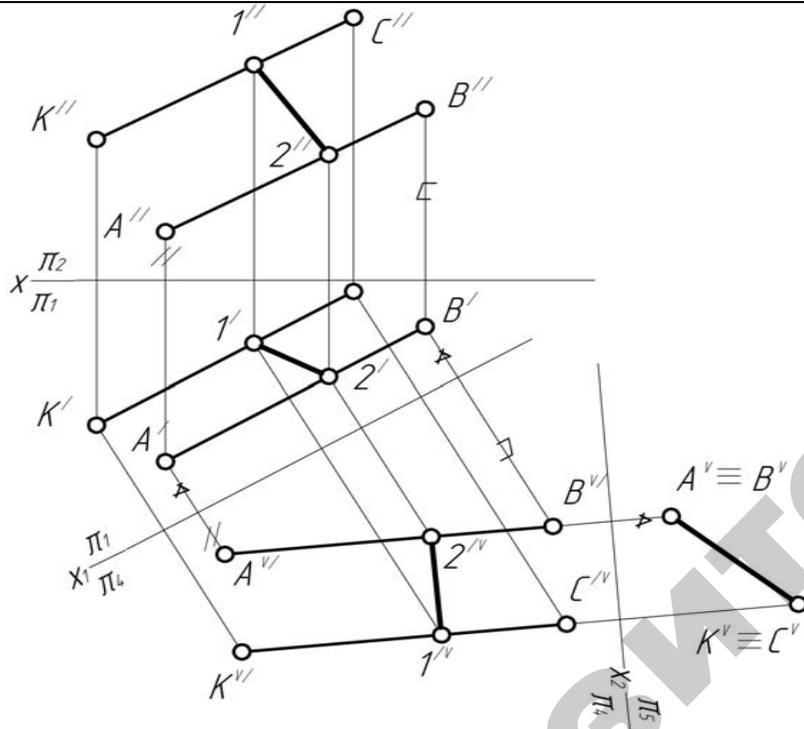


Рисунок 7.10 – Определение расстояния между параллельными прямыми

Расстояние между параллельными прямой и плоскостью

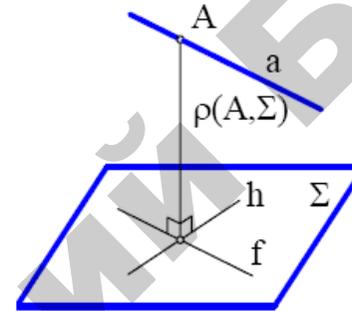


Рисунок 7.11 – Пространственная модель решения задачи по определению расстояния между параллельными прямой и плоскостью

Решение задачи сводится к определению расстояния от точки до плоскости (см. рисунок 7.9).

Расстояние между параллельными плоскостями

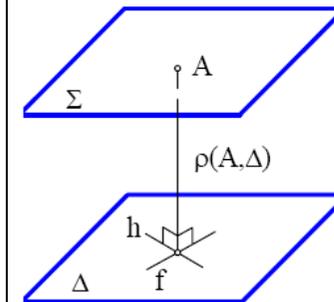


Рисунок 7.12 – Пространственная модель решения задачи по определению расстоянию между параллельными плоскостями

Решение задачи сводится к определению расстояния от точки до плоскости (см. рисунок 7.9)

Определение расстояния между скрещивающимися прямыми

Расстояние между скрещивающимися прямыми определяется отрезком перпендикуляра между ними. Для решения задачи необходимо одну из прямых преобразовать в положение проецирующей прямой, аналогично задаче по определению расстояния между параллельными прямыми (см. рисунок 7.10).

7.1.5 Определение углов

Таблица 7.4 Определение углов между геометрическими объектами

Угол между пересекающимися прямыми – величина наименьшего из плоских углов, образованных этими прямыми (рисунок 7.11).

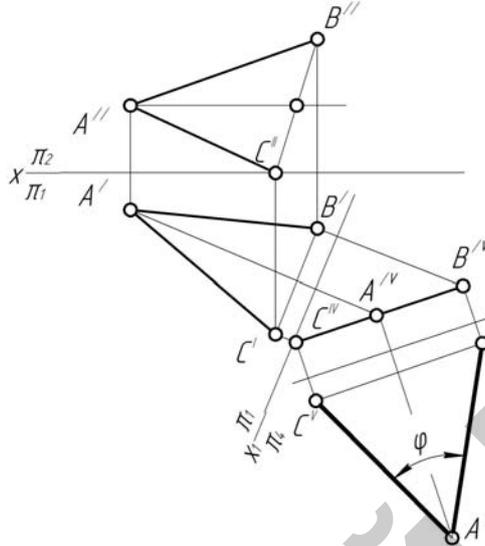


Рисунок 7.13 – Определение угла между пересекающимися прямыми

Угол между скрещивающимися прямыми – это угол между пересекающимися прямыми, параллельными данным скрещивающимся прямым

Угол между прямой и плоскостью может быть определен или через дополнительный (угол между заданной прямой и перпендикуляром к заданной плоскости) или непосредственно

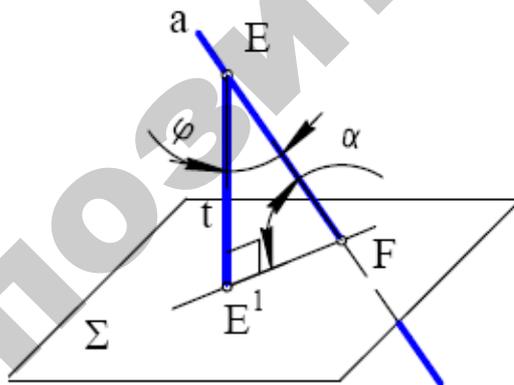


Рисунок 7.14 – Угол между прямой и плоскостью

Угол между плоскостями – двугранный угол, измеряется линейным углом, полученным от пересечения граней двугранного угла плоскостью, перпендикулярной к его ребру

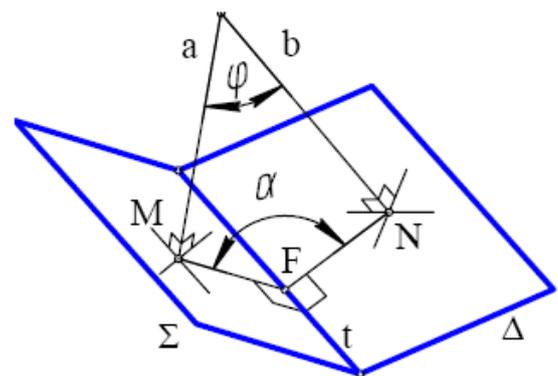


Рисунок 7.15 – Угол между плоскостями

Угол между прямой и поверхностью измеряется углом между прямой и плоскостью, касательной к поверхности в точке пересечения этой прямой с поверхностью

7.1.6 Развертывание поверхностей

Разверткой поверхности называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности с плоскостью без разрывов и складок. В начертательной геометрии различают развертки точные, приближенные и условные.

Построение разверток многогранных поверхностей

Для построения развертки многогранной поверхности нужно совместить все грани этой поверхности с одной плоскостью так, чтобы образовалась плоская фигура. При этом смежными будут две грани, имеющие общее ребро. Все грани на развертке изображаются в натуральную величину, поэтому ее построение в общем случае сводится к нахождению натуральных величин отдельных граней поверхности.

Существуют три способа построения разверток многогранных поверхностей:

- 1) способ нормального сечения;
- 2) способ раскатки;
- 3) способ треугольников (триангуляции).

Первые два способа применяются при построении разверток призматических поверхностей, третий – для пирамидальных поверхностей.

Внимание! Над разверткой необходимо проставить условный знак $\ominus \rightarrow$.

Способ треугольников

Способ основан на возможности построения единственного (по форме) треугольника по его заданным сторонам (рисунок 7.16).

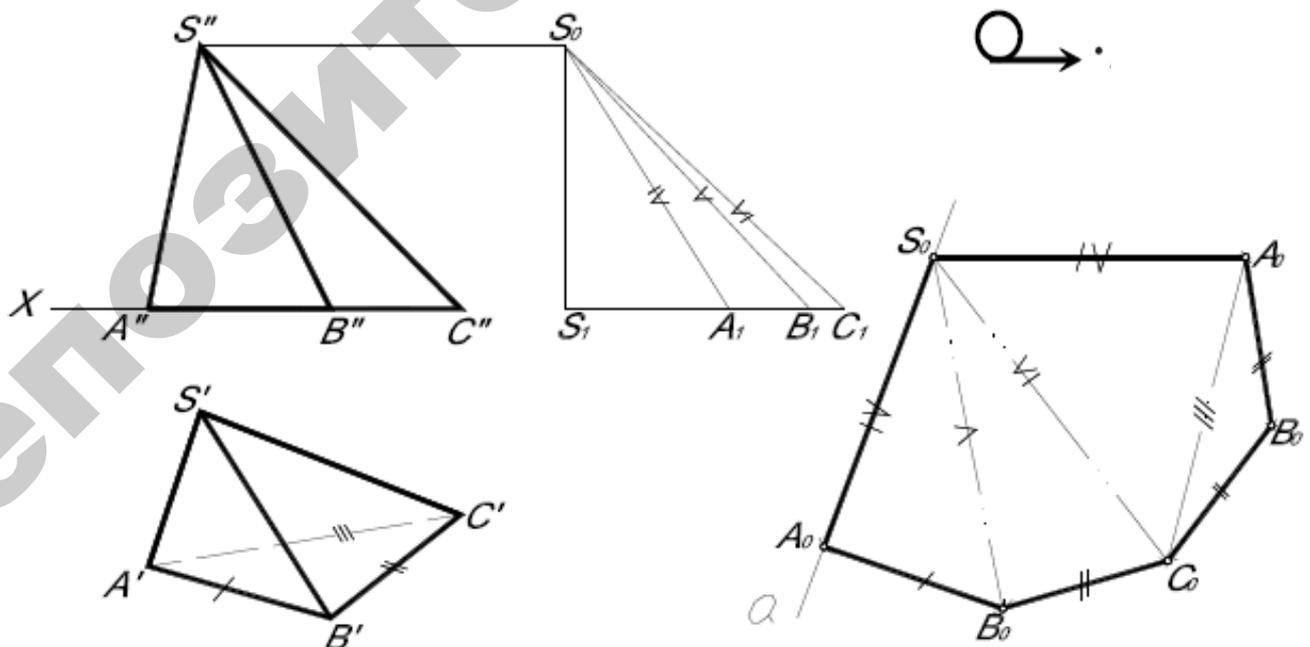


Рисунок 7.16 – Построение развертки пирамиды

Способ нормального сечения

Способ применим для призматических поверхностей, у которых боковые ребра представляют собой линии уровня.

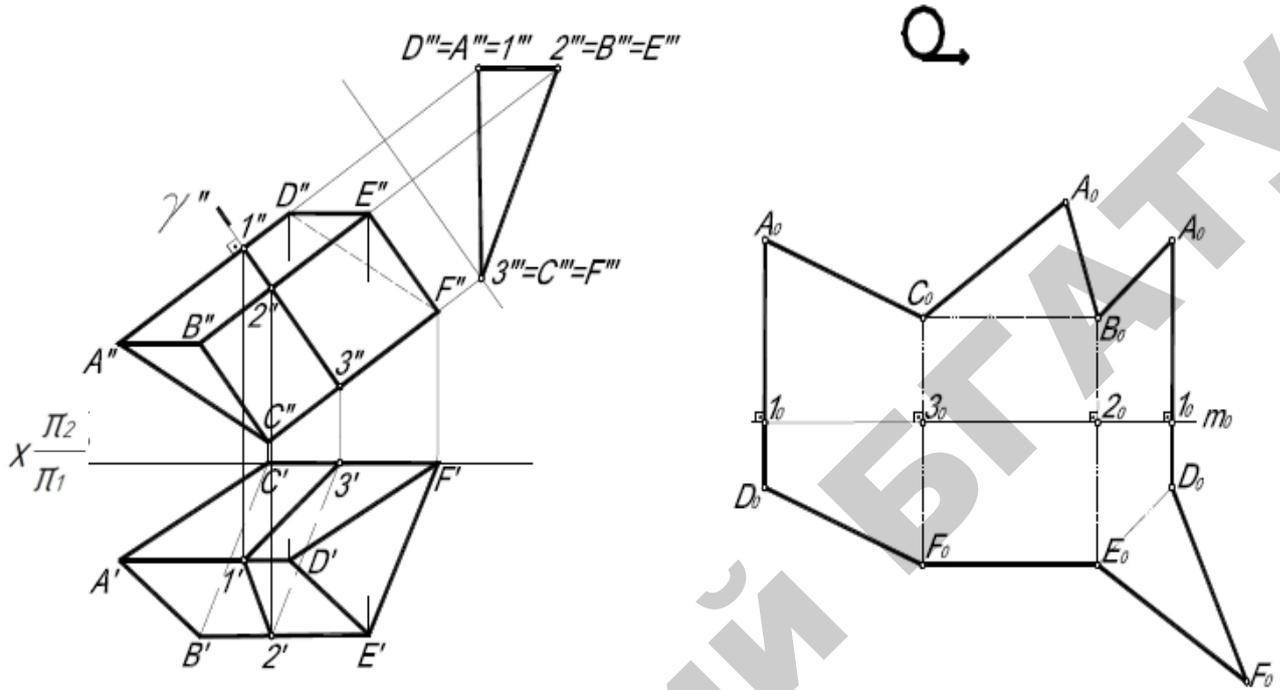
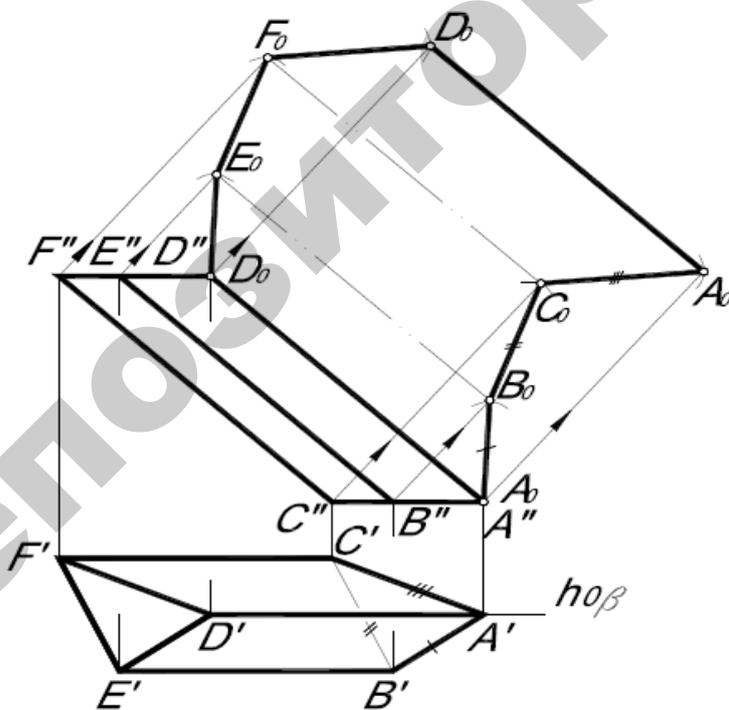


Рисунок 7.17 – Построение развертки призмы способом нормального сечения

Способ раскатки



Его применение возможно для таких призматических поверхностей, у которых боковые ребра и плоскости оснований являются прямыми и плоскостями уровня. Суть метода заключается в последовательном вращении граней призмы вокруг ее боковых ребер до положения совмещения с плоскостью, которая проходит через одно из ребер и параллельна плоскости проекций (рисунок 7.18).

Рисунок 7.18 – Построение развертки призмы способом раскатки

Приближенные развертки развертывающихся поверхностей

Построение разверток цилиндрических и конических поверхностей осуществляется аналогично построению разверток призматических и пирамидальных поверхностей. При этом цилиндрическая поверхность заменяется призматической с наибольшим количеством граней (не менее 12), а коническая – пирамидальной (рисунок 7.19, а, б).

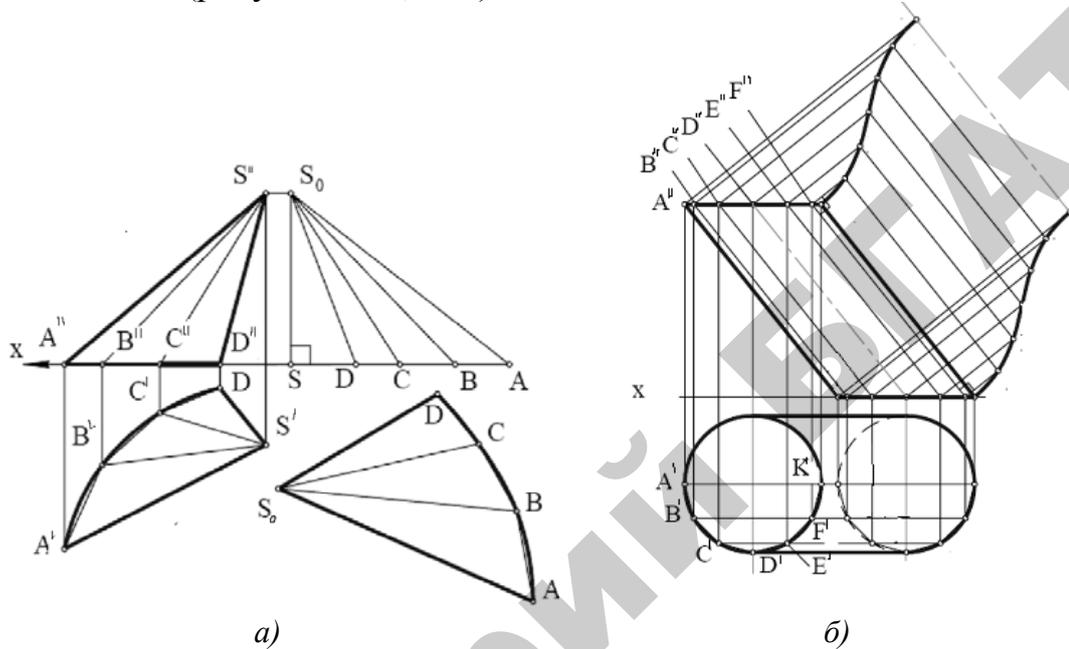


Рисунок 7.19 – Приближенные развертки: а) конической поверхности; б) цилиндрической поверхности

Для некоторых линейчатых развертывающихся поверхностей нет необходимости в их замене многогранными поверхностями. Так, например, отсек цилиндрической поверхности вращения радиуса r и высотой h имеет разверткой прямоугольник со сторонами h и $2\pi r$ (рисунок 7.20, а).

Разверткой конической поверхности вращения высотой h и основанием радиуса r является сектор радиуса $R = \sqrt{r^2 + h^2}$ с углом $\alpha = \frac{2\pi r}{R}$ (рисунок 7.20, б).

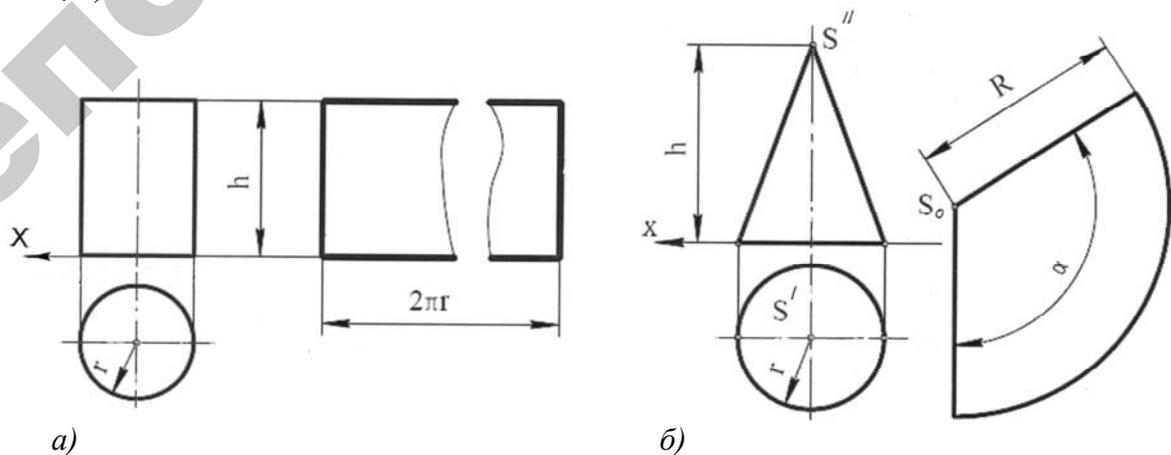


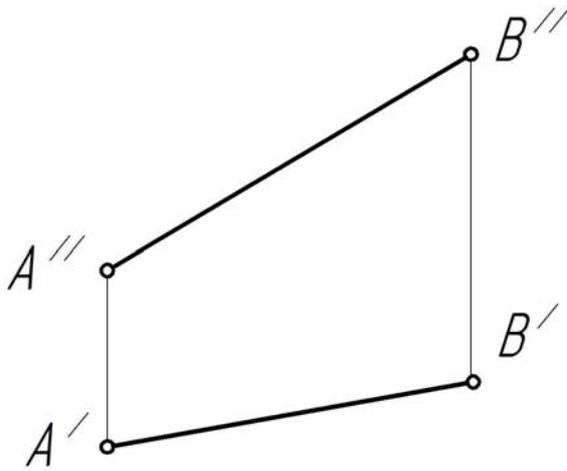
Рисунок 7.20 – Развертки: а) прямого кругового цилиндра; б) прямого кругового конуса

7.2 Вопросы для самоконтроля

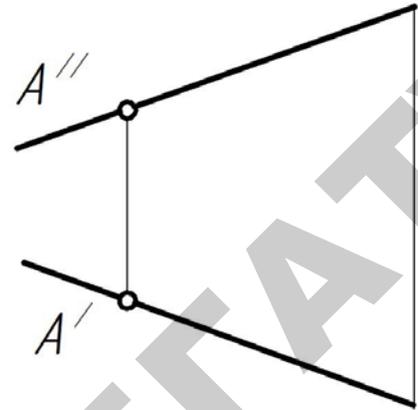
1. Как разделить прямую в заданном отношении?
2. В каком случае прямая перпендикулярна плоскости?
3. Как располагаются проекции прямой, перпендикулярной плоскости, на эюре?
4. Какие построения следует выполнить на чертеже, чтобы через точку провести плоскость перпендикулярно заданной прямой?
5. Как построить взаимно перпендикулярные плоскости?
6. Как измерить расстояние между двумя прямыми?
7. В каких случаях прямой угол сохраняется в натуральную величину при проецировании геометрического объекта?
8. В каких случаях сохраняются все угловые меры в натуральную величину при проецировании геометрического объекта?
9. Какие задачи называются метрическими?
10. К каким основным задачам сводятся все метрические задачи?
11. Какие основные метрические задачи могут быть решены с помощью способов преобразования чертежа?
12. Как можно определить расстояние между двумя точками? точкой и прямой? двумя параллельными прямыми?
13. Как найти натуральную величину плоского угла?
14. Что является мерой угла между двумя скрещивающимися прямыми? между прямой и плоскостью? Как определить эти углы?
15. Какие поверхности относятся к разворачиваемым? Неразворачиваемым?

7.3 Задания для самостоятельной работы

7.3.1 Определить натуральную величину отрезка АВ и углы его наклона к плоскостям проекций.



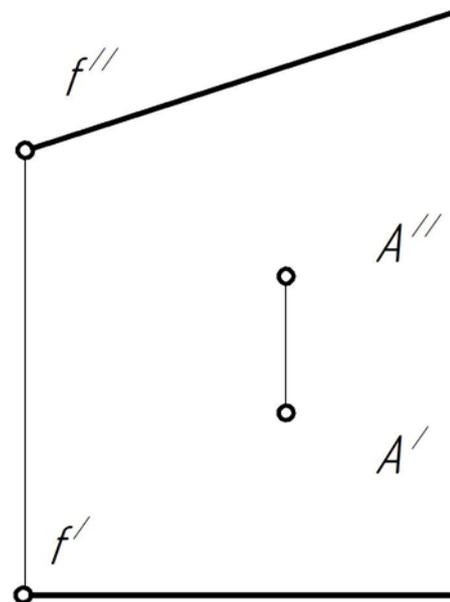
7.3.2 Построить проекции отрезка АВ, принадлежащего прямой m , если длина АВ = 35 мм.



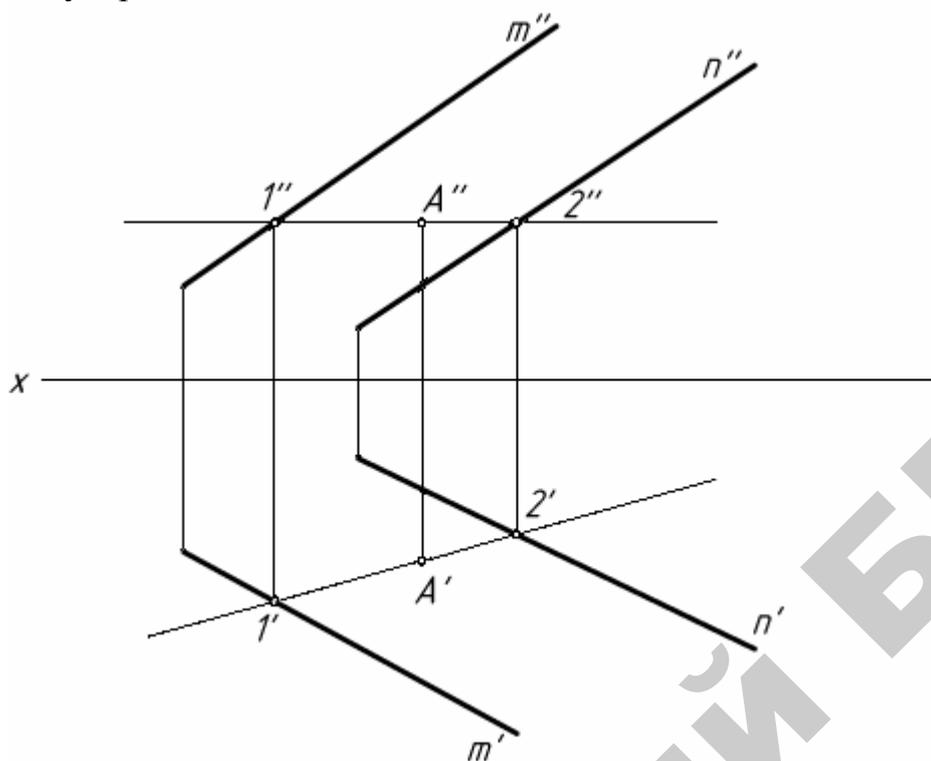
7.3.3 Разделить точкой Е в отношении $CE : ED = 2 : 3$ отрезок прямой профильного положения.



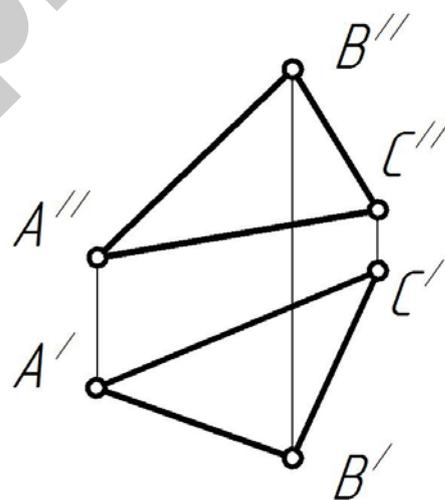
7.3.4 Найти расстояние от точки А до фронтальной прямой f . Задачу решить без преобразования чертежа.



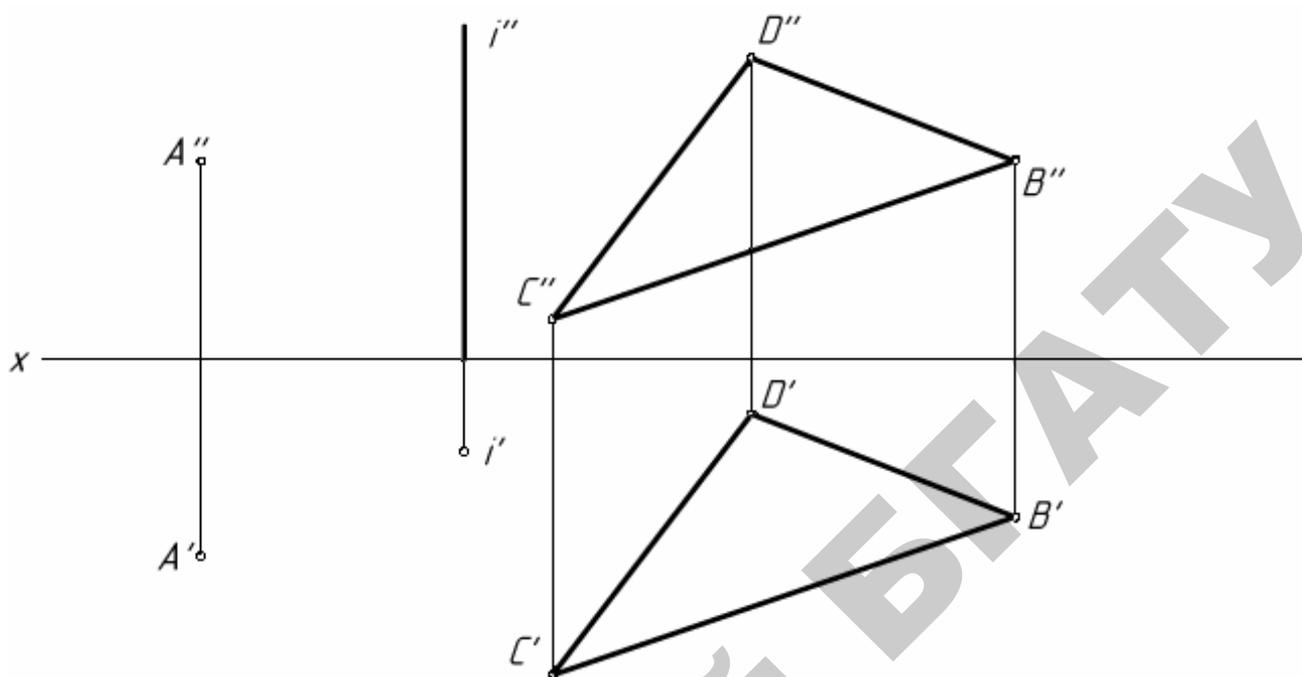
7.3.5 Из точки A , принадлежащей заданной плоскости, восстановить перпендикуляр длиной 30 мм.



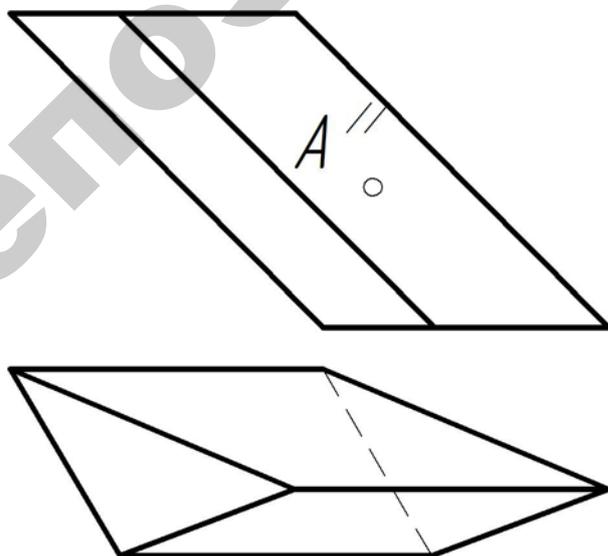
7.3.6 Определить натуральную величину треугольника.



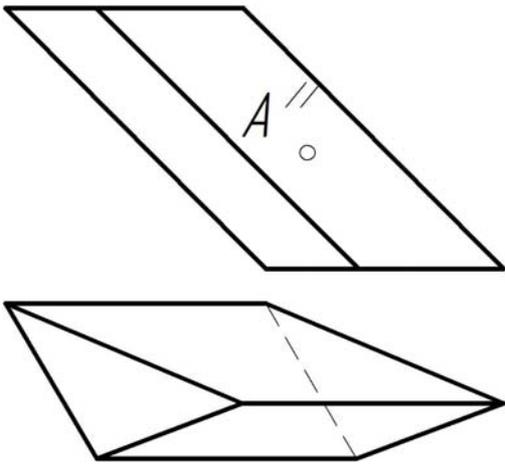
7.3.7 Вращением вокруг заданной оси ввести точку A в заданную плоскость.



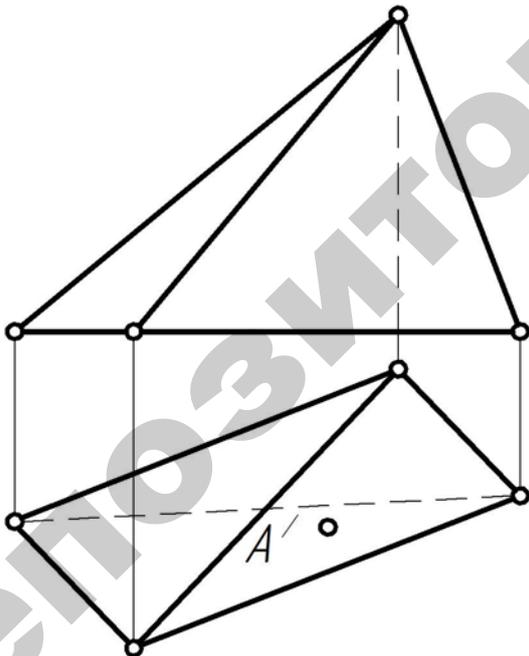
7.3.8 Построить развертку боковой поверхности призмы указанным способом и нанести на нее точку A .
а) способом раскатки;



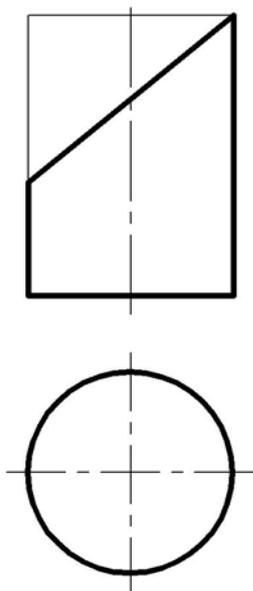
б) способом нормального сечения



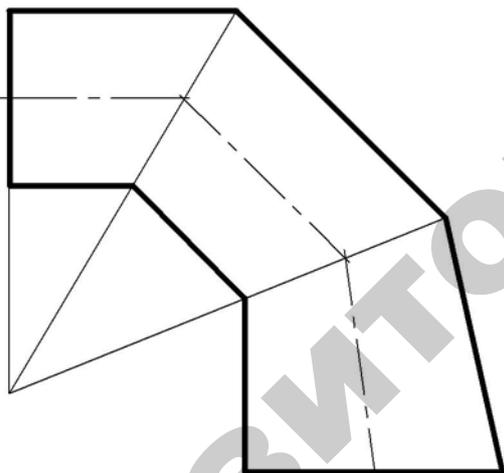
7.3.9 Построить полную развертку пирамиды и нанести на ней точку А.



7.3.10 Построить полную развертку нижней усеченной части поверхности цилиндра.

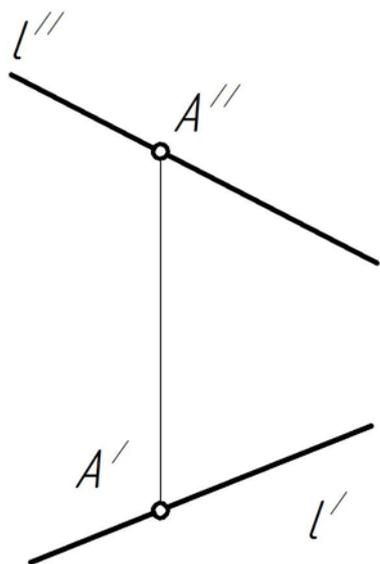


7.3.11 Построить развертку поверхностей деталей сварной конструкции рас-труба.

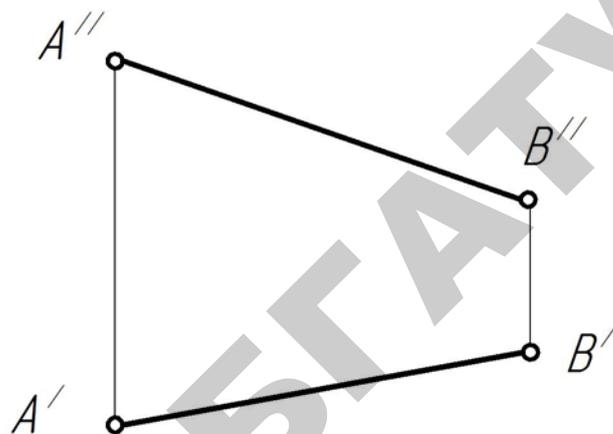


7.4 Задания для аудиторных занятий

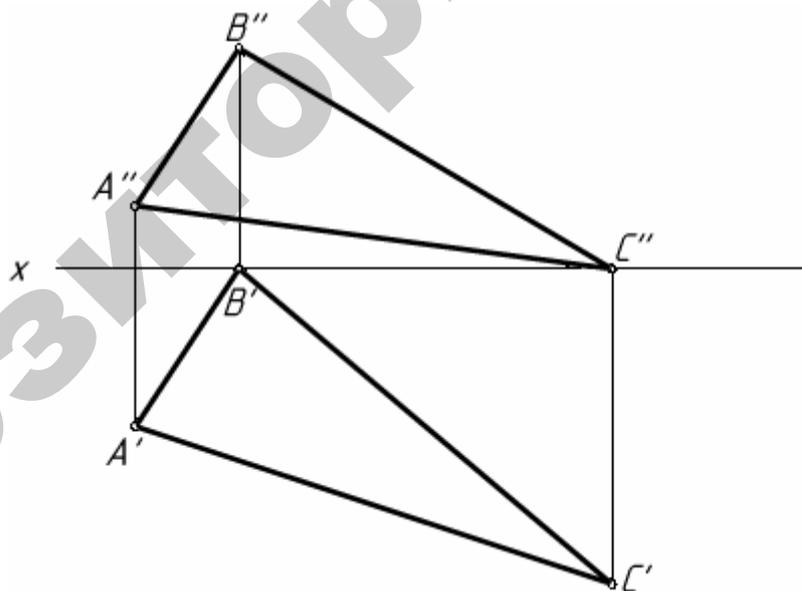
7.4.1 На прямой l от точки A отложить отрезок длиной 25 мм.



7.4.2 Разделить отрезок прямой общего положения в отношении $AC : CB = 1 : 3$.



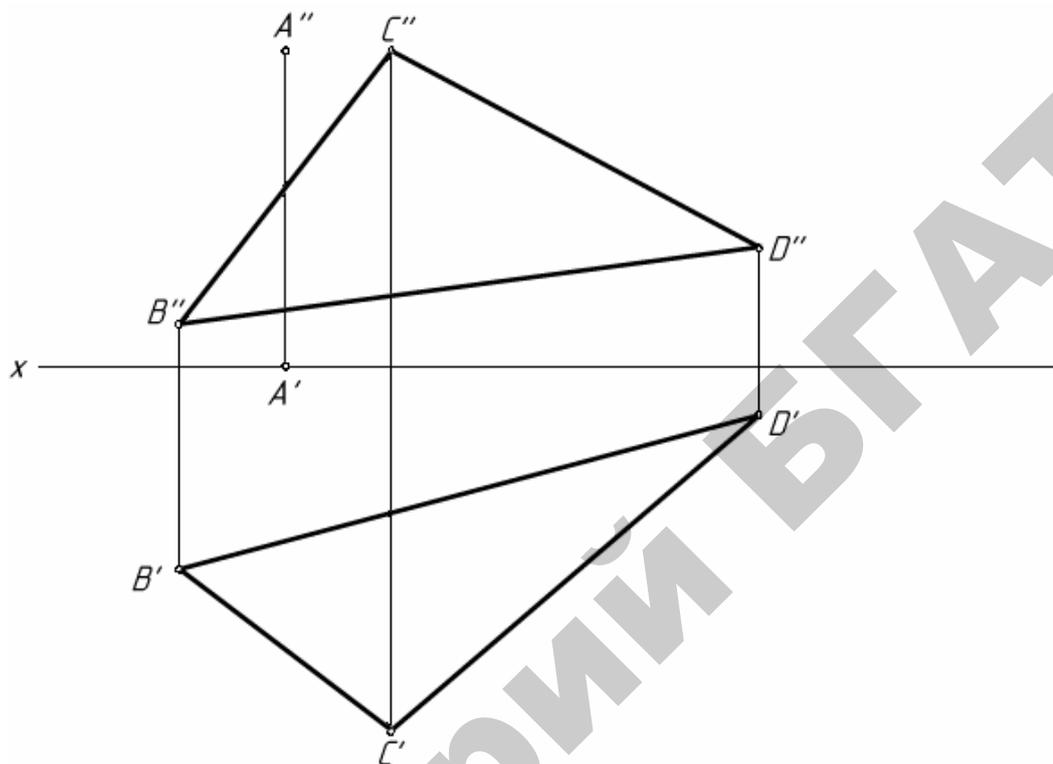
7.4.3 Через точку A провести проекции прямой, перпендикулярной к плоскости треугольника ABC .



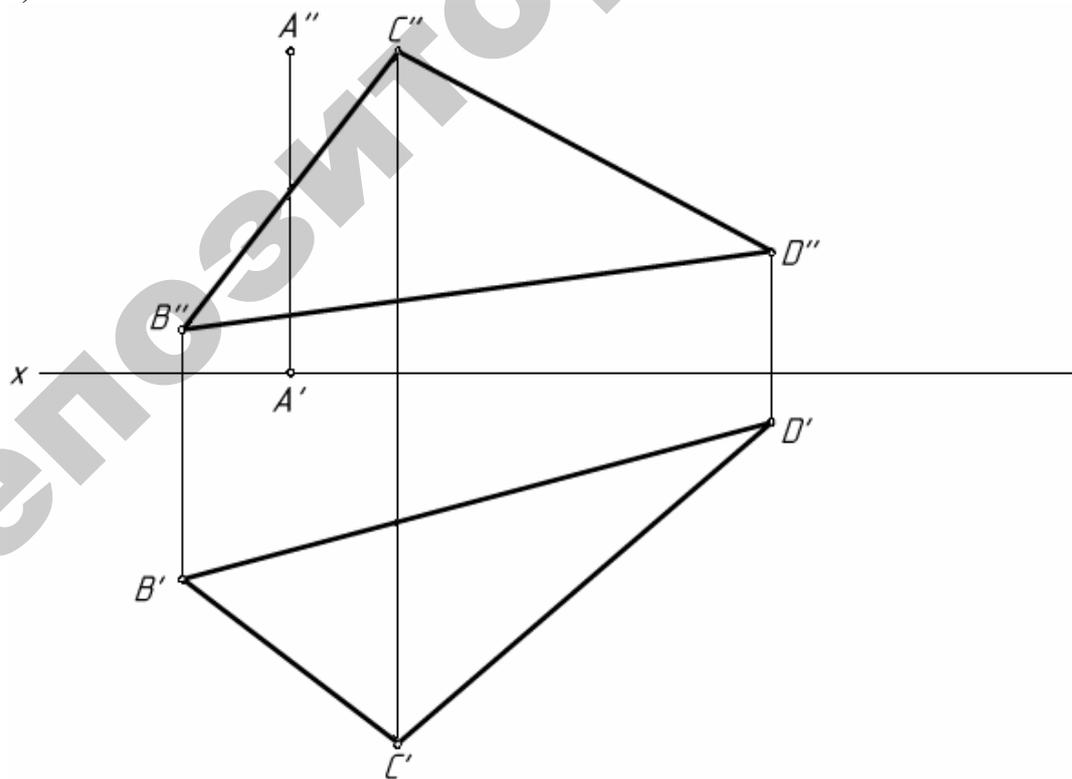
7.4.4 Определить расстояние от точки А до плоскости общего положения, заданной треугольником. Задачу решить:

- а) без преобразования чертежа;
- б) способом замены плоскостей проекций.

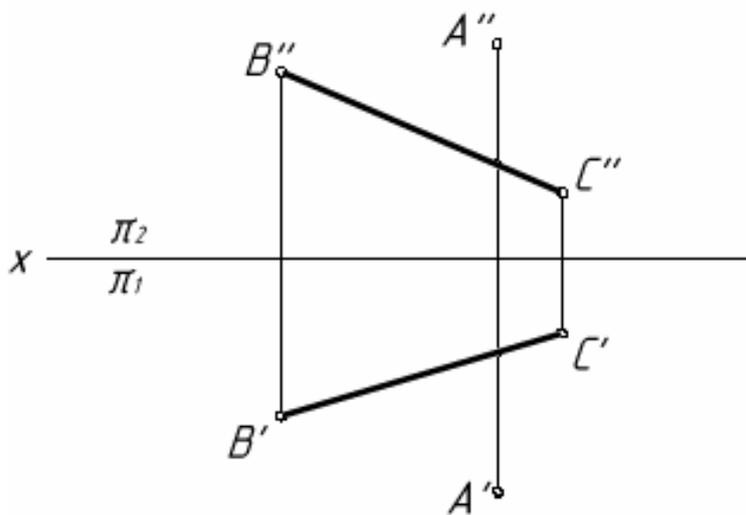
а)



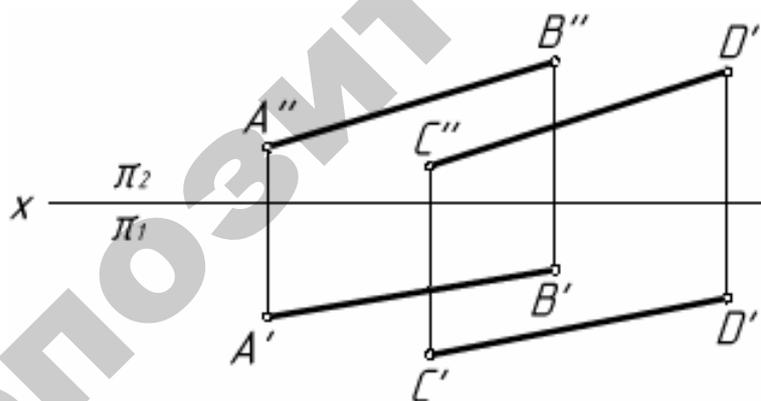
б)



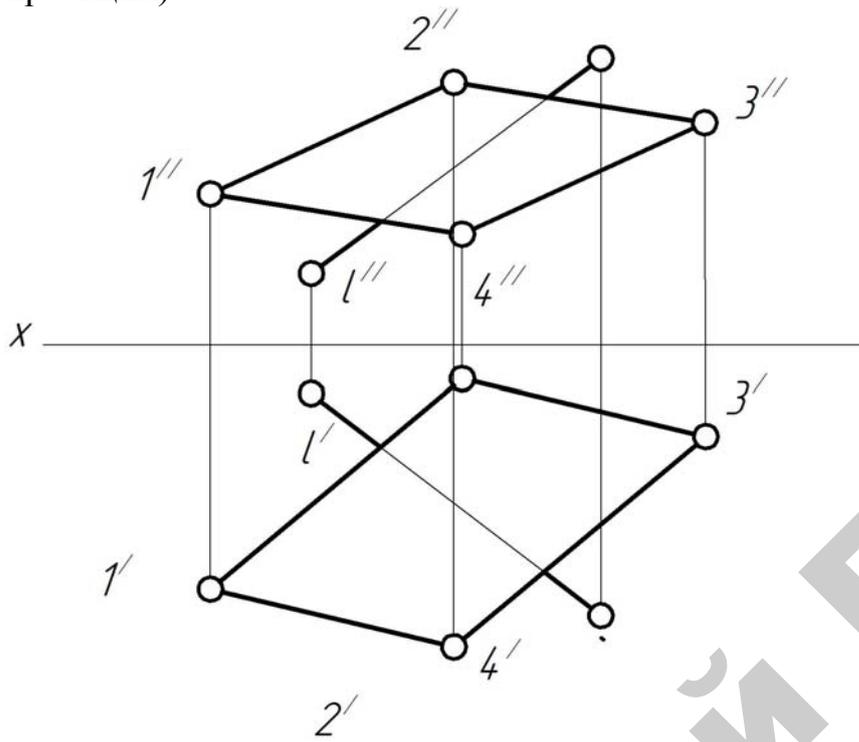
7.4.5 Определить расстояние от точки A до прямой BC (заменой плоскостей проекций).



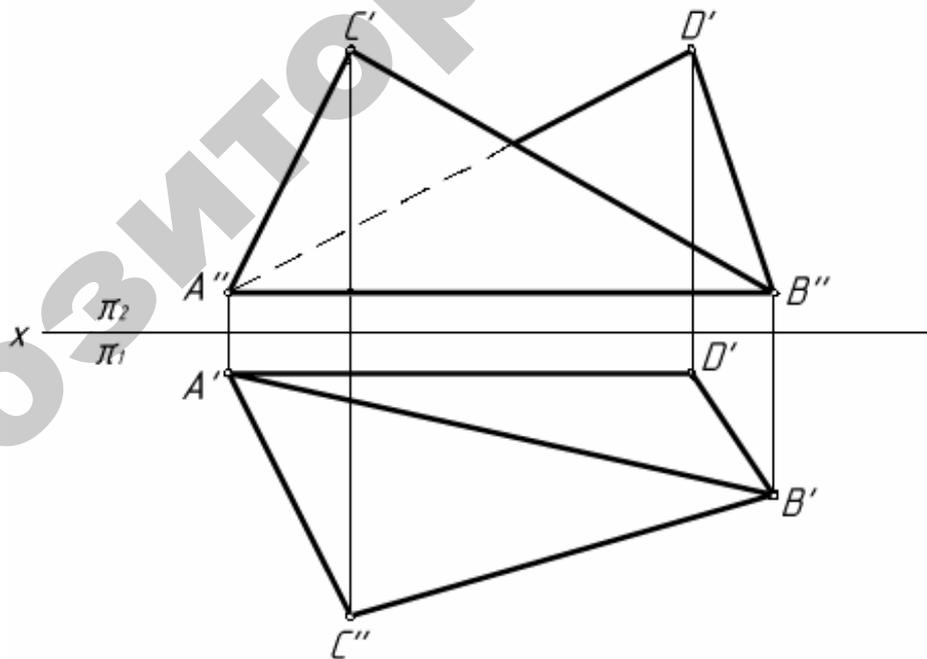
7.4.6 Определить расстояние между двумя параллельными прямыми (заменой плоскостей проекций).



7.4.7 Построить точку пересечения прямой и плоскости (заменой плоскостей проекций).

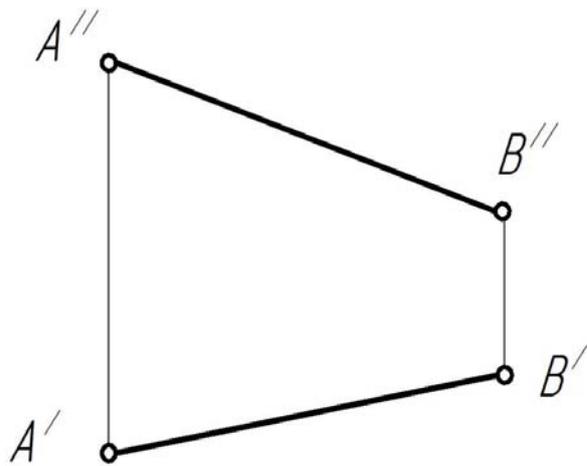


7.4.8 Определить величину двугранного угла ABCD.

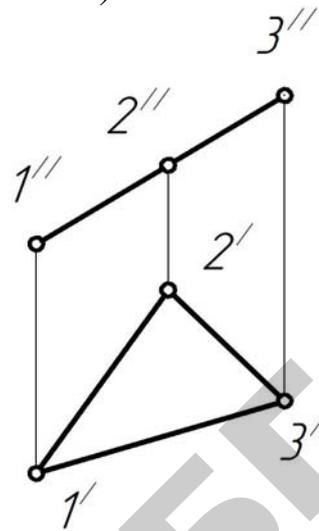


7.4.9 Вращением вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций определить натуральную величину а) прямой АВ; б) треугольника.

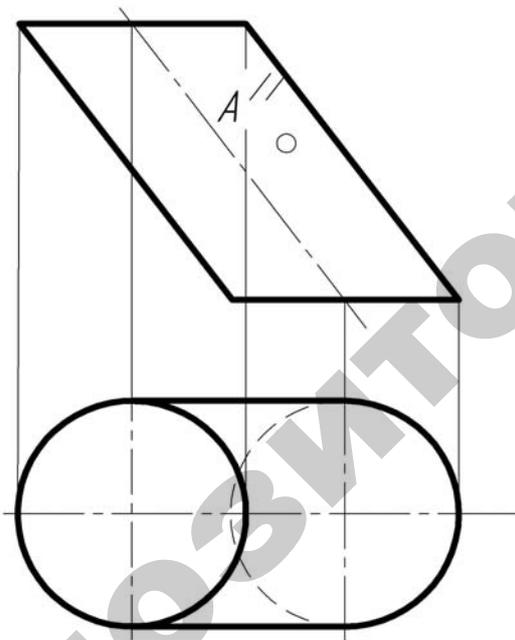
а)



б)

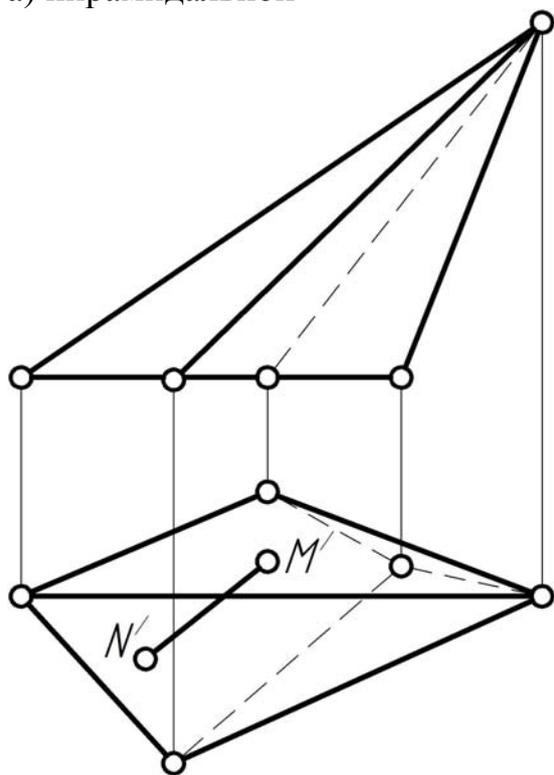


7.4.10 Построить развертку цилиндра и нанести на ней точку А.



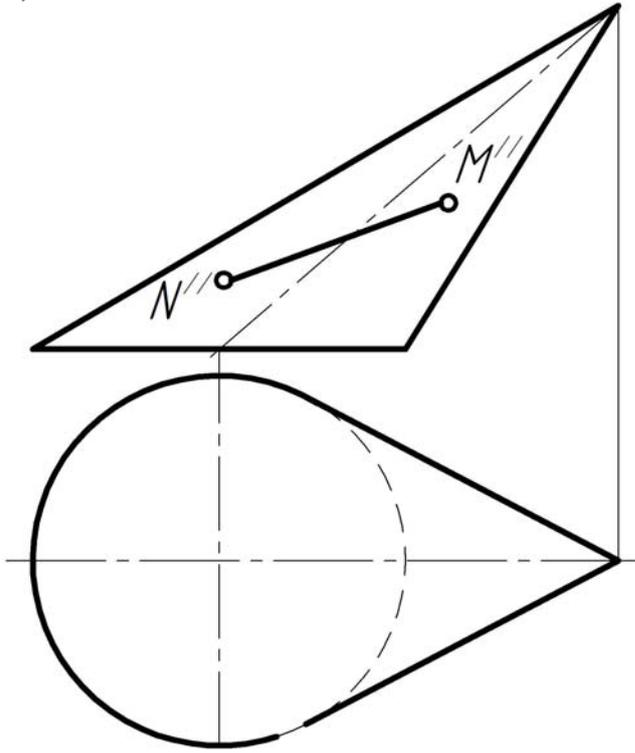
7.4.11 Построить развертки поверхностей, нанести на них линию, принадлежащую поверхности:

а) пирамидальной



РЕПОЗИТОРИЙ БГАТУ

б) конической.



7.2 Расчетно-графические задания

РГР 3.1 Метрические задачи.

Содержание задания

Определить:

- 1) натуральную величину ребра SB пирамиды (без преобразования чертежа);
- 2) натуральную величину ребра SC пирамиды способом вращения вокруг проецирующей прямой;
- 3) натуральную величину основания пирамиды заменой плоскостей проекций.

РГР 3.2 Развертывание поверхностей

Построить полную развертку пирамиды.

Условие РГР 3.1 соответствует расчетно-графической работе 1.2. Примеры выполнения расчетно-графических работ приведены на рисунках 7.21 и 7.22.

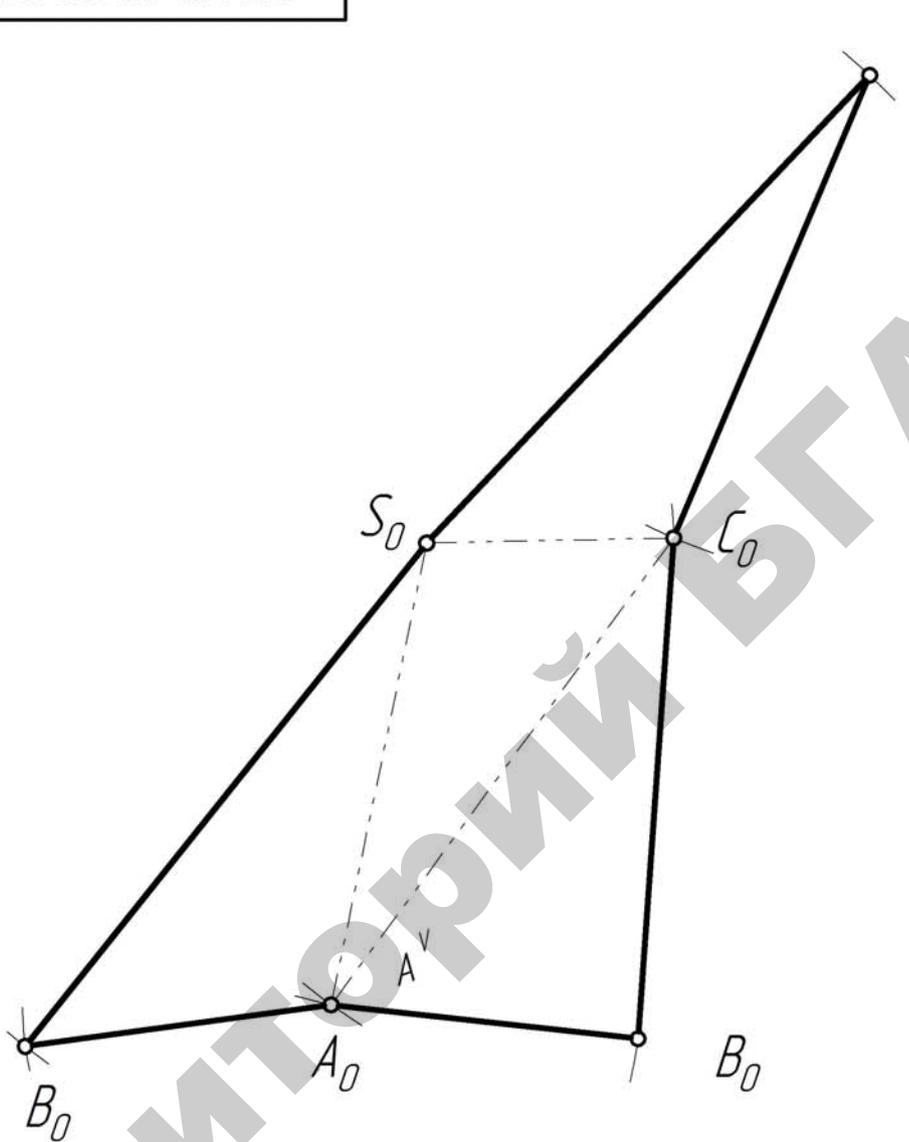
Перв. примен.	37 НГ 03.02.025			
Справ. №				
Подп. и дата				
Взам. инв. №	Инв. № д/д/л	Подп. и дата	37 НГ 03.02.025	
Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп.	Дата	Метрические задачи. Развертывание поверхностей
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Лит
	Разраб.	Варонин С.К.		Масса
	Проб.	Ярошевич О.В.		Масштаб
	Т.контр.			1:1
	Н.контр.			Лист
	Утв.			Листов
				1
				БГАТУ, гр. 31 мо
				Копировал
				Формат А4

Рисунок 7.22 – Пример выполнения расчетно-графической работы 3.2

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов, В.Н. Начертательная геометрия : учебник / В.Н. Виноградов. – 3-е изд. перераб. и доп. – Минск : Амалфея, 2001. – 368 с.
2. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии : учеб. пособие / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский; под ред. Ю.Б. Иванова. – 25-е изд., стер. – Москва : Высшая школа, 2005. – 272 с.
3. Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД):
 - ГОСТ 2.104–2006 Основные надписи
 - ГОСТ 2.106–96 Текстовые документы
 - ГОСТ 2.109–68 Основные требования к чертежам
 - ГОСТ 2.301–68 Форматы
 - ГОСТ 2.302–68 Масштабы
 - ГОСТ 2.303–68 Линии
 - ГОСТ 2.304–81 Шрифты чертежные
 - ГОСТ 2.305–68 Изображения – виды, разрезы, сечения
 - ГОСТ 2.306–68 Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах
 - ГОСТ 2.307–68 Нанесение размеров и предельных отклонений
 - ГОСТ 2.317–69 Аксонометрические проекции.
4. Начертательная геометрия (краткий курс) : метод. пособие / сост. В.П. Артемова. – Минск, 2000. – 114 с.
5. Начертательная геометрия в вопросах и ответах: Методические рекомендации / БАТУ; Кафедра инженерной графики и САПР; Сост. О. В. Ярошевич. – Минск : БАТУ, 1999. – 105 с.
6. Начертательная геометрия : метод. рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов / сост. О. В. Ярошевич. – Минск : БАТУ, 1999. – 91 с.
7. Чекмарев, А.А. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмарев, В.К. Осипов. – 8-е изд., стереот. – Москва : Высшая школа, 2008. – 493 с.
8. Чекмарев, А.А. Инженерная графика : учебник для немашиностроительных специальностей вузов / А.А. Чекмарев. – 9-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 2007. – 382 с.
9. Задания по начертательной геометрии : метод. указ. / сост.: О.В. Ярошевич [и др.]. – Минск, 2000. – 60 с.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА К АЛЬБОМУ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Инженерная графика и САПР"

АЛЬБОМ

***расчетно-графических работ
по инженерной графике***

студента 1-го курса ФТС 41 тс группы

ВОРОНИНА СЕРГЕЯ КОНСТАНТИНОВИЧА

МИНСК 2009

Вопросы к экзамену

1. Предмет и метод начертательной геометрии. Центральное и параллельное проецирование. Свойства параллельных проекций.
2. Метод Монжа. Точка в системе двух и трех плоскостей проекций.
3. Проекции отрезка прямой линии. Прямые общего и частного положения.
4. Построение на чертеже натуральной величины отрезка прямой линии общего положения и определение углов ее наклона к плоскостям проекций.
5. Способы задания плоскости на чертеже. Следы плоскости. Принадлежность прямой и точки плоскости.
6. Параллельность прямой и плоскости.
7. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.
8. Прямые особого положения плоскости.
9. Взаимное положение двух плоскостей. Параллельность плоскостей
10. Пересечение прямой линии и плоскости.
11. Взаимное пересечение двух плоскостей.
12. Сущность преобразования чертежа. Способ замены плоскостей проекций.
13. Способ вращения вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций.
14. Многогранники. Точка на поверхности многогранников.
15. Общие сведения о кривых линиях и их проекциях. Плоские и пространственные кривые линии. Винтовые линии, образование, основные параметры.
16. Кривые поверхности. Классификация. Задание и изображение на чертеже
17. Поверхности вращения. Линейчатые поверхности.
18. Построение точки на поверхности цилиндра, конуса, сферы.
19. Пересечение цилиндрической поверхностей плоскостью. Определение истинной величины сечения.
20. Пересечение конической поверхностей плоскостью. Определение истинной величины сечения.
21. Пересечение сферической поверхностей плоскостью. Определение истинной величины сечения.
22. Построение линии пересечения поверхностей, одна из которых проецирующая. Привести пример.
23. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей. Привести пример.
24. Построение линии пересечения поверхностей способом вспомогательных концентрических сфер. Привести пример.
25. Теорема Монжа (пересечение поверхностей вращения). Привести пример.
26. Развертывание поверхности пирамиды. Привести пример.
27. Развертывание призматической поверхности способом раскатки. Привести пример.
28. Развертывание конической поверхности. Привести пример.
29. Развертывание призматической поверхности способом нормального сечения. Привести пример.
30. Развертывание цилиндрической поверхности. Привести пример.

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Репозиторий БГАТУ

ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

Неделя семестра	Задания на дом на очередную неделю
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Требования к уровню знаний и умений студентов, приступающих к изучению дисциплины «Инженерная графика».....	5
Формы учебного процесса по начертательной геометрии.....	5
Методические рекомендации к решению задач по начертательной геометрии.....	6
Указания по оформлению чертежей.....	7
Оформление расчетно-графических работ.....	7
Принятые обозначения.....	9
Модуль 1 КОМПЛЕКСНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ТОЧЕК, ПРЯМЫХ И ПЛОСКОСТЕЙ. МНОГОГРАННИКИ.....	10
Занятие 1. Общие правила оформления чертежей. Геометрические построения.....	10
1.1 Основные теоретические положения.....	11
1.2 Вопросы для самоконтроля.....	26
1.3 Задания для самостоятельной работы.....	27
1.4 Задания для аудиторных занятий.....	28
1.5 Расчетно-графические работы.....	29
Занятие 2. Методы проецирования. Комплексные чертежи точек, прямых, плоскостей, многогранников. Аксонометрические проекции.....	31
2.1 Основные теоретические положения.....	32
2.2 Вопросы для самоконтроля.....	46
2.3 Задания для самостоятельной работы.....	49
2.4 Задания для аудиторных занятий.....	52
2.5 Расчетно-графические работы.....	57
Занятие 3. Взаимное положение точек, прямых и плоскостей: принадлежность, параллельность, пересечение.....	59
3.1 Основные теоретические положения.....	59
3.2 Вопросы для самоконтроля.....	63
3.3 Задания для самостоятельной работы.....	64
3.4 Задания для аудиторных занятий.....	66
3.5 Расчетно-графические работы.....	70
Занятие 4. Многогранники. Способы преобразования чертежа.....	72
4.1 Основные теоретические положения.....	72
4.2 Вопросы для самоконтроля.....	77
4.3 Задания для самостоятельной работы.....	78
4.4 Задания для аудиторных занятий.....	81
4.5 Расчетно-графические работы.....	84

Модуль 2 КРИВЫЕ ЛИНИИ И ПОВЕРХНОСТИ.....	86
Занятие 5. Кривые линии и поверхности. Точка и линия на по- верхности. Пересечение поверхности плоскостью и прямой линией.....	86
5.1 Основные теоретические положения.....	87
5.2 Вопросы для самоконтроля.....	97
5.3 Задания для самостоятельной работы.....	99
5.4 Задания для аудиторных занятий.....	102
5.5 Расчетно-графические работы.....	105
Занятие 6. Взаимное пересечение поверхностей.....	107
6.1 Основные теоретические положения.....	107
6.2 Вопросы для самоконтроля.....	113
6.3 Задания для самостоятельной работы.....	114
6.4 Задания для аудиторных занятий.....	119
6.5 Расчетно-графические работы.....	123
Модуль 3 МЕТРИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	126
Занятие 7. Метрические задачи. Построение разверток поверхностей	126
7.1 Основные теоретические положения.....	126
7.2 Вопросы для самоконтроля.....	136
7.3 Задания для самостоятельной работы.....	137
7.4 Задания для аудиторных занятий.....	142
7.5 Расчетно-графические работы.....	148
ЛИТЕРАТУРА.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пример оформления титульного листа к альбому рас- четно-графических работ	152
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Вопросы к экзамену	153
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Пример экзаменационного билета	154
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Домашние задания	155

Учебное издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Практикум

Составители:

Ярошевич Ольга Викторовна
Амельченко Наталья Петровна

Ответственный за выпуск *О.В. Ярошевич*

Корректор *М.А. Макрецкая*

Компьютерная верстка *М.А. Макрецкая*

Издано в редакции авторов

Подписано в печать 21.07.2009 г. Формат 60×84¹/₈.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 17,44. Уч.-изд. л. 7,27. Тираж 410 экз. Заказ 636.

Издатель и полиграфическое исполнение

Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99, к. 2.

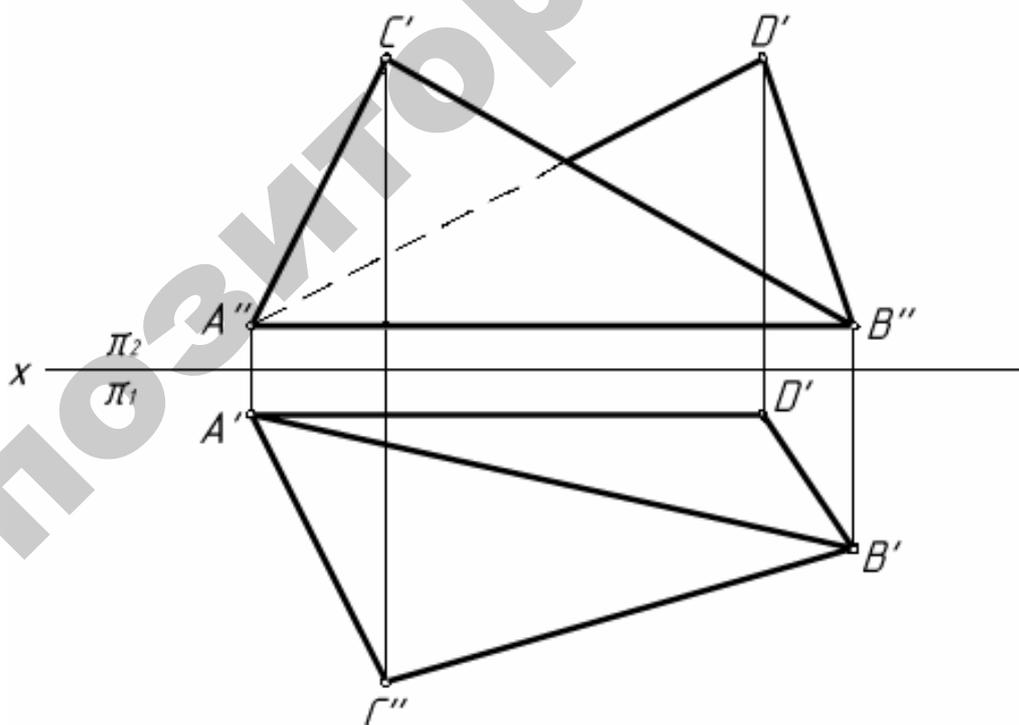
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной графики и САПР

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Практикум



Минск
БГАТУ
2009