

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению домашних графических работ по начертательной геометрии и инженерной графике**



**Донецк ДонНТУ 2005**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению домашних графических работ по начертательной геометрии и инженерной графике**

**УТВЕРЖДЕНО:**

на заседании кафедры начертательной геометрии и инженерной графики  
Протокол № 7 от 21. 05. 2005 р.

**ПЕРЕУТВЕРЖДЕНО:**

на заседании кафедры начертательной геометрии и инженерной графики  
Протокол № 2 от 29. 09. 2010 р.

**УТВЕРЖДЕНО:**

на заседании учебно-издательского совета ДонНТУ  
Протокол № 3 от 17.06. 2005 р.

УДК 514.18 (076.5) + 766 (076.5)

Методическая разработка "Методические указания к выполнению домашних графических работ по начертательной геометрии и инженерной графике. /Сост.: О. А. Лопатов, И. Н. Корецкая, - Донецк: ДонНТУ, 2005, с. 43.

Приведены примеры оформления домашних задач по начертательной геометрии и инженерной графике, которые выполняются студентами в первом семестре.

К каждому заданию даются методические рекомендации, предложен ряд задач для самостоятельного решения, любая из которых должна содействовать пониманию учебного материала. Приведены вопросы для самоконтроля.

Составители:

О. А. Лопатов  
И. Н. Корецкая

Рецензент:

А. Ф. Коломиец

Ответственный  
за выпуск:

И. А. Скидан

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Методические указания созданы в помощь студентам для облегчения понимания учебного материала по начертательной геометрии и инженерной графике, а также должны содействовать одинаковому оформлению их домашних графических работ.

2. Задачи еженедельные и представляются на проверку преподавателю на следующем практическом занятии после выдачи.

3. Задача необходимо выполнять на листах чертежной бумаги стандартного формата А3 (297x420) или А4 (297x210) с нанесением рамки чертежа. При использовании формата А4, располагать его надо только вертикально. На формате А3 разрешается располагать две задачи, которые выполняются последовательно.

4. Все надписи на чертежах необходимо выполнять чертежным шрифтом с наклоном к основанию строки  $75^\circ$  в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Надписи выполнять шрифтом №7, размерные числа - №5

5. На поле чертежа должны быть выполнены следующие надписи: сверху - порядковый номер задачи, а дальше текст, подчеркнутый в задаче варианта. В нижнем правом углу записывают вариант, группу и фамилию студента.

6. Построения на чертежах выполнять с помощью чертежных инструментов. Для предварительных построений и обводки тонких линий необходимо использовать карандаши твердости Т или 2Т (Н или 2Н), для обводки сплошных линий - ТМ (НВ), надписей - М (В). Для построений использовать типы линий по ГОСТ 2.303-68.

7. Построения выполнять в соответствии с размерами в масштабе 1:1. На чертежах все размеры, а также значение координат в тексте, приведены в миллиметрах. В задачах №1 (чертежи 1 и 2) и №12 величины размеров необходимо получать измерением изображений с последующим округлением до целых чисел.

8. Изображения в совокупности с надписями, таблицами и т.п. должны равномерно заполнять все поле чертежа. Не допускается выход линий контуров изображений или линий построения за границы рамок чертежа.

9. Работа считается принятой, если она подписана преподавателем, который ведет практические занятия, с указанием оценки качества его выполнения. В конце семестра все работы подшиваются в альбом. Подпись преподавателя на титульном листе альбома является допуском студента к зачету.

Порядок работы:

- выучить учебный материал по конспекту и учебнику [1];
- решить примеры, помещенные в конце раздела книги;
- просмотреть упражнения, которые выполнялись на практическом занятии, решить задачи, выданные для работы на дом;
- внимательно рассмотреть выполнение подобной задачи по приве-

денному здесь описанию и чертежам.

## **ЗАДАНИЕ 1**

Построить изображения деталей и нанести размеры. Детали №1 и №3 плоские. Их толщина, соответственно, 3 и 5 мм (вычертить в масштабе 1:1). Деталь №2 состоит из соосных тел вращения и прямой призмы, в основании которой лежит квадрат (вычертить в масштабе 2:1).

Целью задания является изучение правил оформ-

Шрифт типа Б с наклоном

Прописные буквы

**А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р  
С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я**

Строчные буквы

**а б в г д е ж з и й к л м н о п р  
с т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я**

**1 2 3 4 5 6 7 8 9 0**

Рис. 2

Задание 1. Построить изображения деталей.

3. Прокладка (1:1)

1. Планка (1:1)

2. Прокладка (2:1)

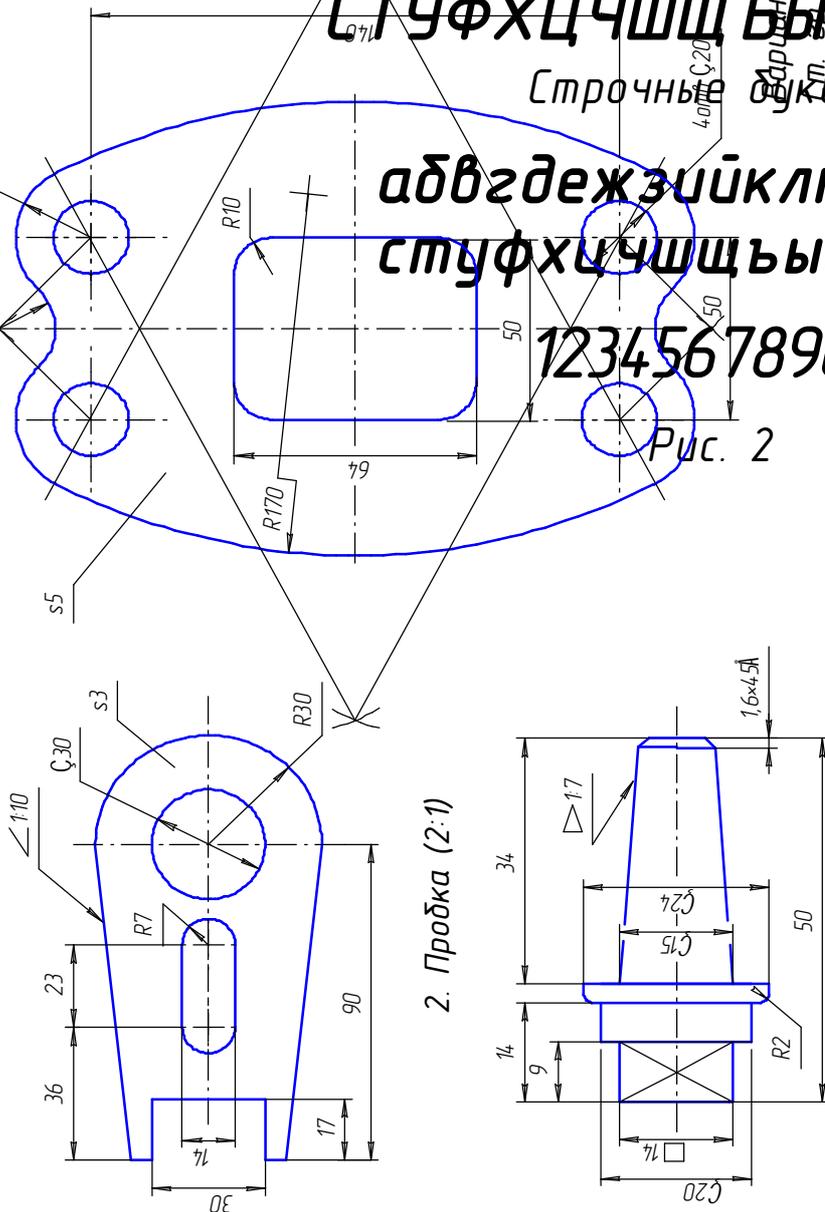


Рис. 1

ления чертежей и приобретение навыков выполнения геометрических построений.

Сведения по оформлению чертежей собраны в справочники по черчению, какой-либо один следует иметь при себе [2].

Помимо этого, имеется еще одна цель, присутствующая в каждом задании: *научиться работать с чертежным инструментом.*

Образец выполненного задания №1 приведен на рис. 1.

Приступая к выполнению первого задания, запаситесь необходимыми инструментами для работы на чертежной бумаге карандашом: деревянными (меньше пачкают бумагу) треугольниками (30°, 45°, 60°), линейками с прямолинейными и криволинейными кромками, циркулями с грифелями разной твердости, резинкой, карандашами и другое.

Подготовьте формат А3 и нанесите внутреннюю рамку чертежа. Слева линия будет отстоять от внешней рамки на 20 мм (поле подшивки), с остальных трех сторон - на 5 мм. Все линии на чертеже, в том числе и внутренней рамки, вначале следует проводить тонко, наводить их до требуемой толщины можно только после проверки задания преподавателем.

Все надписи на чертеже наносятся чертежным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304-81. На рис. 2 приведен образец шрифта, которым рекомендуем пользоваться. Внимательно изучите конструкцию букв и выполните несколько упражнений. Напоминаем, что высота прописных букв во всех заданиях принята равной 7 мм, а строчных - 5 мм.

Приступая к выполнению чертежей деталей следует помнить, что минимальное количество изображений для детали любой сложности – два. Тем не менее, на рис. 1 чертеж каждой детали содержит лишь по одному изображению. Это связано с тем, что стандартом предусмотрены знаки и символы, используя которые можно уменьшить количество изображений. С их помощью на чертеже можно указать: длину ( $l$ ), толщину ( $s$ ), диаметр ( $\varnothing$ ), квадрат ( $\square$ ), сферу ( $\circ$ ). Изучите чертежи-задания и решите, какие знаки Вам следует использовать.

Наметьте последовательность работы: отведите места для надписей, нанесите осевые линии, центры будущих окружностей, элементы контуров, которые вычерчиваются по имеющимся размерам, и те, что необходимо строить как сопрягаемые элементы. Чертежи деталей должны быть равномерно расположены на листе.

Внимательно прочитайте форму представленных деталей. На чертеже эта форма сохранится, но изображения будут крупнее чем в задании, т.к. размеры, поставленные на изображениях, не соответствуют реальным длинам линий. В заданиях использован масштаб уменьшения.

Масштабом называют отношение линейных размеров изображаемого предмета на чертеже к его натуральным размерам.

Для определения реального масштаба изображений, для деталей №1 и №2 определите коэффициенты искажения их изображений. Измерьте линейкой отрезок, на котором стоит размер, и значение размера поделите на полученную величину. Теперь измерив линейкой на задании любой эле-

мент, умножьте полученное значение на коэффициент и округлите до целого числа. По этим данным постройте изображение первой детали.

Вторая деталь должна быть выполнена в масштабе 2:1. Это значит, что изображение детали будет увеличено в два раза по сравнению с действительными размерами. Запомните, что на чертежах всегда наносят истинные значения размеров, не зависимо от примененного масштаба.

Когда изображения будут выполнены, нанесите необходимые размеры. Размеры на чертежах указывают при помощи размерных линий и чисел. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерным. Расстояние от линии контура до параллельной ей размерной линии принято равным 10 мм, а между параллельными размерными линиями – 7 мм.

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные – радиально.

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии. При нанесении размерной линии радиуса стрелку наносят только со стороны определяемой дуги. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или четко наносимыми точками.

Сведения о простановке размеров, ввиду их обширности, следует взять из ГОСТ 2.307-68 или справочника [3].

Перед выполнением чертежа детали №3 поставлена следующая задача: правильно выполнить чертеж детали, содержащей плавные переходы поверхностей, образующих контур. На чертеже эти поверхности, располагаясь перпендикулярно плоскости чертежа, изобразятся в виде линий. Плавный переход одной линии в другую называют сопряжением, а их общую точку – точкой сопряжения. Чаще всего такие плавные переходы выполняют дугами окружностей.

Рассмотрим последовательно процесс выполнения сопряжения двух прямых линий дугой окружности радиуса  $R$  (рис. 3, а).

Центр дуги сопряжения должен находиться в точке, удаленной на расстояние  $R$  от одной и второй сопрягаемых линий. Для его нахождения проведем вспомогательную линию, отстоящую на расстоянии  $R$  от горизонтальной линии и еще одну на том же расстоянии от наклонной линии (рис. 3, б). В точке их пересечения отметим центр сопряжения  $O$ .

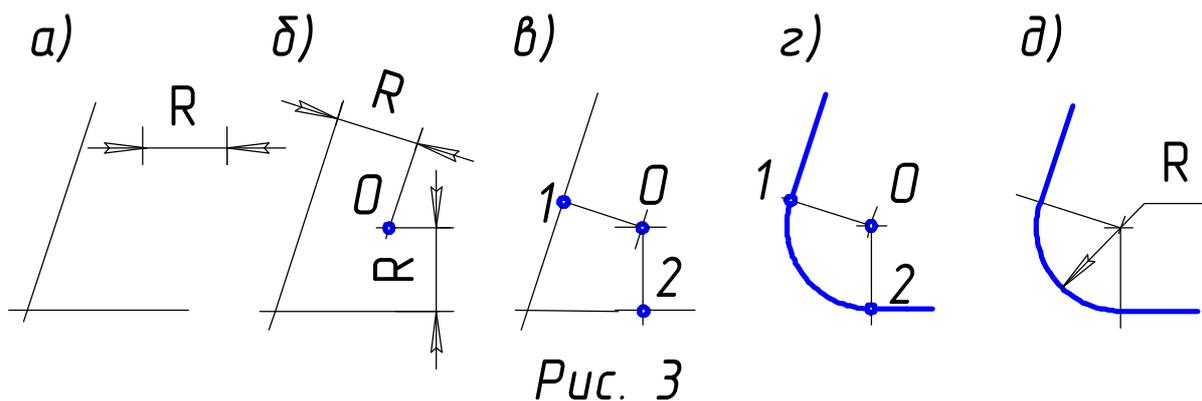


Рис. 3

Точки сопряжения 1 и 2 должны лежать на сопрягаемых прямых и быть ближайшими к точке 0. Это перпендикуляры, опущенные из точки 0 на прямые (рис. 3, в).

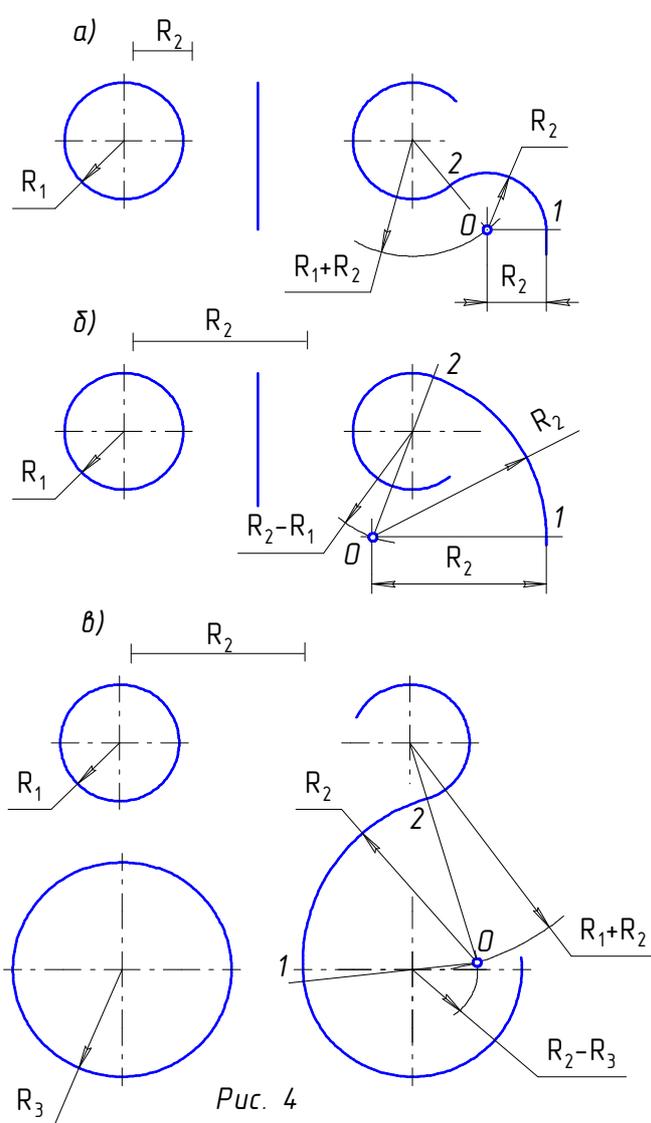


Рис. 4

Из точки 0 радиусом  $R$  проведем дугу между точками 1 и 2 (рис. 3, в).

На чертежах точки сопряжения не обозначают и не показывают, но их построение следует сохранять для контроля (рис. 3, д).

На рис. 4, а показано сопряжение с внешним касанием окружности радиусом  $R_1$  и прямой линии, выполненное дугой окружности  $R_2$ . Для построения такого сопряжения, параллельно заданной прямой, на расстоянии, равном радиусу сопрягаемой дуги  $R_2$ , проводят прямую. Из центра сопрягаемой окружности проводят дугу радиусом, равным сумме радиусов  $R_1$  и  $R_2$ , до пересечения с ранее проведенной прямой. Это центр сопряжения 0. Из этой точки опускают перпендикуляр к прямой и устанавливают первую точку сопряжения, а соединив с центром сопрягаемой окружности – вторую точку.

На рис. 4, б выполнено сопряжение окружности радиуса  $R_1$  и прямой линии дугой радиуса  $R_2$  с внутренним касанием. Центр дуги сопряжения 0

находится на пересечении вспомогательной прямой, проведенной параллельно данной прямой на расстоянии  $R_2$ , с дугой вспомогательной окружности, описанной радиусом равным разности  $R_2 - R_1$ . Точка сопряжения 1 является основанием перпендикуляра, опущенного из точки 0 на прямую. Точку сопряжения 2 находят на пересечении прямой соединяющей центры с сопрягаемой окружностью.

Пример построения сопряжения двух окружностей показан на рис. 4, в. Для нахождения центра здесь используется сумма и разность радиусов.

Построения сопряжений требуют большого внимания и точности. Выполнив построения в тонких линиях, предъявите работу на проверку преподавателю.

Проверка будет значительно эффективнее, если в тонких линиях будут выполнены все размеры и надписи. Эти важные составляющие любого графического документа выполняется так же тщательно, как и графические построения, в противном случае из-за них в дальнейшем могут возникать ошибки и разночтения.

Обводку чертежа следует выполнять в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 2.303-68, который устанавливает назначение линий на чертежах и их начертание.

## ЗАДАНИЕ 2

Построить изображения прямой пирамиды SABCDE с горизонтально-проецирующей осью и высотой 95 мм на плоскостях проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . В основании пирамиды лежит правильный пятиугольник ABCDE, вписанный в окружность диаметром 86 мм. Одно из ребер основания занимает фронтально-проецирующее положение и расположено справа от оси пирамиды. Вершина S расположена выше основания пирамиды. Проанализировать положение остальных ребер пирамиды относительно плоскостей проекций и записать на поле чертежа. Нанести размеры.

*Целью выполнения задания является использование способа прямоугольного проецирования для получения изображений, а также усвоение знаний о возможных положениях отрезка прямой относительно плоскостей проекций.*

Образец задания помещен на рис. 5. Работа выполняется на чертежной бумаге формата А3. При компоновке чертежа необходимо предусмотреть строки для записи условия задания №6, которое допускается выполнять на листе задания №2.

Коротко напомним сущность способа прямоугольного проецирования.

Выбрав произвольную точку, например, вершину произвольно расположенного в пространстве многогранника, изображение которого необходимо получить, мысленно проводят через нее проецирующий луч перпендикулярно некоторой плоскости проекций. В месте пересечения луча с этой плоскостью отмечают прямоугольную проекцию точки. Последовательно спроецировав все характерные точки многогранника, и соединив их, полу-

чают его проекцию.

Чтобы получить чертеж объекта, необходимо иметь не менее двух связанных между собой проекций этого объекта. Проследим динамику построения двухкартинного чертежа, (рис. 6).

Объект (точку А) помещают перед двумя взаимно перпендикулярными плоскостями проекций и прямоугольным проецированием получают две проекции. Далее сам объект удаляют, а горизонтальную плоскость поворачи-

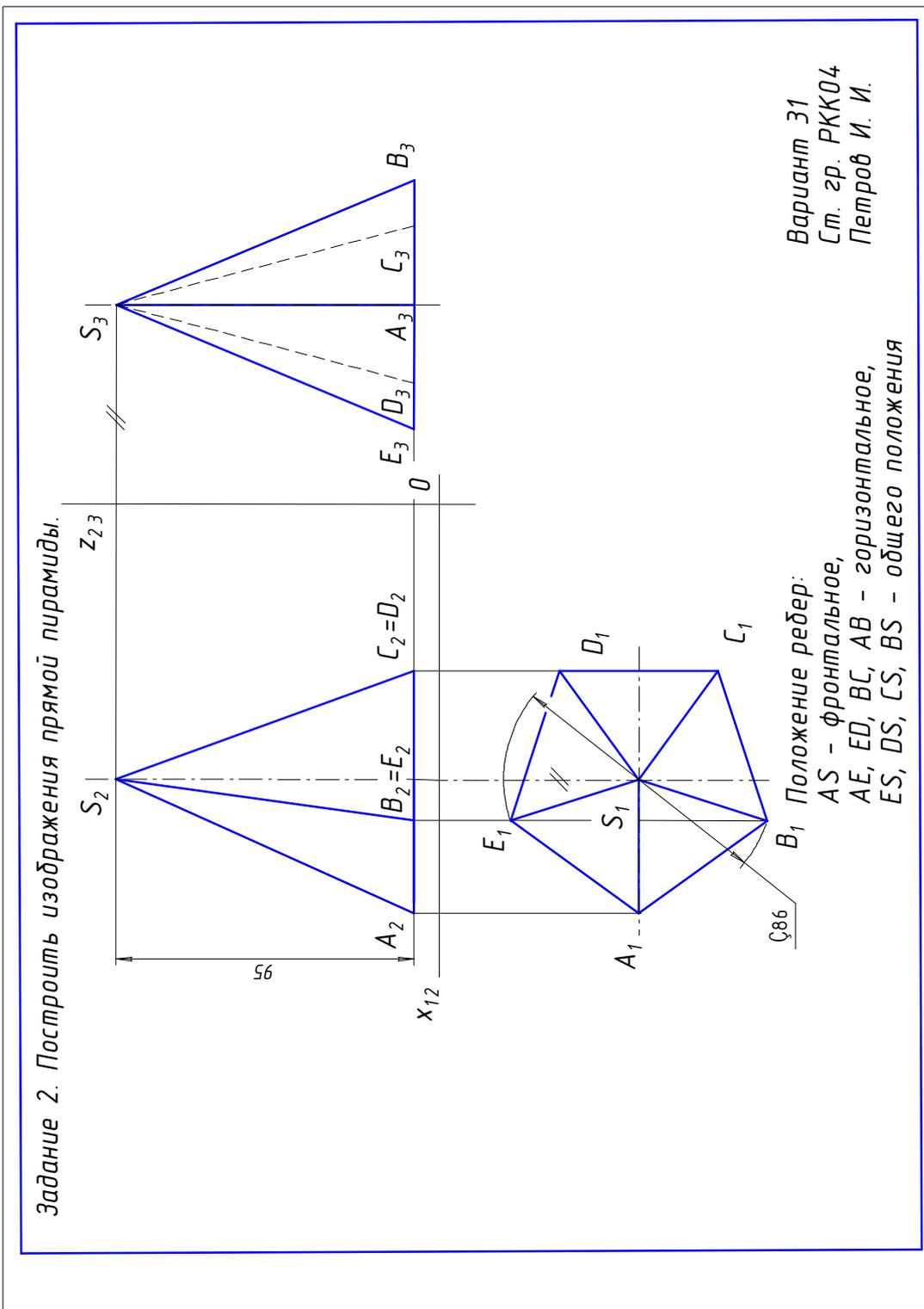


Рис. 5

чивают вокруг линии пересечения (ось  $x_{12}$ ) до совмещения с  $\Pi_2$  и убирают ограничивающие линии.

Не менее важен обратный процесс, процесс чтения чертежа, когда по проекциям объекта воссоздают его форму и положение в пространстве. В этом случае рис. 6 следует рассматривать последовательно справа налево.

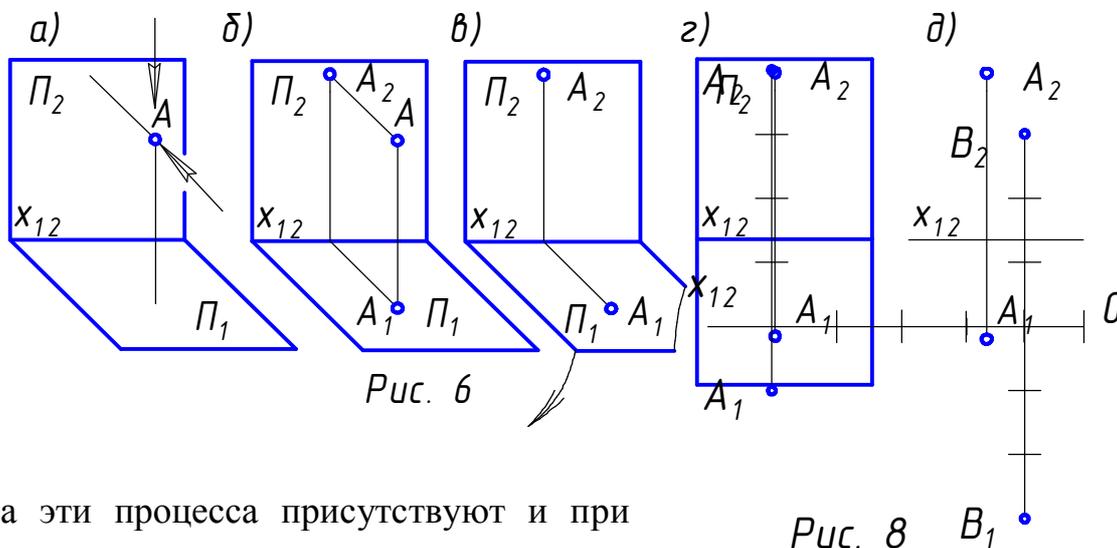


Рис. 6

Рис. 8

Оба эти процесса присутствуют и при

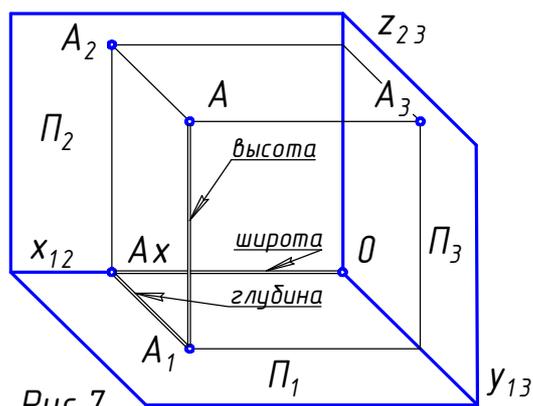


Рис. 7

создании чертежа и при его чтении, но один из них является основным, а второй – контролирующим правильность выполнения основного.

Спроецируем объект (точку  $A$ ) на три взаимноперпендикулярные плоскости проекций ( $\Pi_1$  – горизонтальную,  $\Pi_2$  – фронтальную,  $\Pi_3$  – профильную). В результате получим три проекции точки  $A$  ( $A_1, A_2, A_3$ ) (рис. 7).

Попутно напомним, что для установления положения объекта, в данном случае точки  $A$ , относительно плоскостей проекций, точку пересечения этих плоскостей принимают за начало отсчета. Тогда положение точки  $A$  относительно точки  $O$  определяется величиной трех взаимно перпендикулярных отрезков, которые получили название прямоугольных координат. Это,  $OA_x$  – широта ( $x$ ),  $A_xA_1$  – глубина ( $y$ ),  $A_1A$  – высота ( $z$ ). Каждый из этих отрезков характеризует расстояние от точки  $A$  до одной из плоскостей проекций, соответственно: профильной, фронтальной и горизонтальной.

Для получения чертежа объекта фронтальную плоскость проекций оставляют неподвижной, а остальные плоскости разворачивают вокруг осей до совмещения с этой плоскостью.

Подстрочные индексы, входящие в обозначение оси, обозначают номера плоскостей проекций, образовавших эту ось. Запомним, что оси между рассматриваемыми плоскостями проекций могут располагаться только го-

горизонтально или вертикально, а линии связи – им перпендикулярно.

Подчеркнем еще раз: при выбранной в нашем курсе системе проецирования (так называемая европейская система), наблюдатель всегда находится **перед** предметом, а плоскость, на которую проецируется предмет – **за** этим предметом. Этим положением руководствуются при вычерчивании изображений и указании видимости отдельных элементов предмета на чертеже.

Из-за сложности форм отдельных объектов, вызывающих трудности при чтении их чертежей, используют шесть основных плоскостей проекций. Это грани куба, внутри которого условно помещают объект проецирования.

Если на чертеже имеется изображения нескольких точек, то необходимо уметь различать их взаимное расположение. Вдоль широты положение точки описывают понятиями *слева - справа*, вдоль глубины – *ближе - дальше*, вдоль высоты – *выше - ниже*. Так, на рис. 8 точка В относительно точки А расположена справа, ближе и ниже.

Используя масштабные метки на линиях связи точек (одно деление примем равным 10 мм) можно сказать более конкретно: точка В относительно точки А расположена справа на 40 мм, ближе на 20 мм и ниже на 10 мм.

Анализируя числовые значения пар одноименных координат двух точек, можно определить положение прямой, заданной этими точками. Равенство расстояний до какой-либо плоскости проекций говорит о том, что прямая параллельна этой плоскости. На рис. 9 изображен отрезок прямой, у которого глубинные координаты точек А и В равны между собой, следовательно, отрезок АВ параллелен фронтальной плоскости проекций (фронтальная прямая). Истинная длина этого отрезка будет расположена на плоскости проекций  $\Pi_2$ , там же – неискаженные углы наклона прямой к горизонтальной и профильной плоскостям проекций.

Проецирующая прямая приобретает в том случае, если будет равенство расстояний до двух ее точек по двум координатным направ-

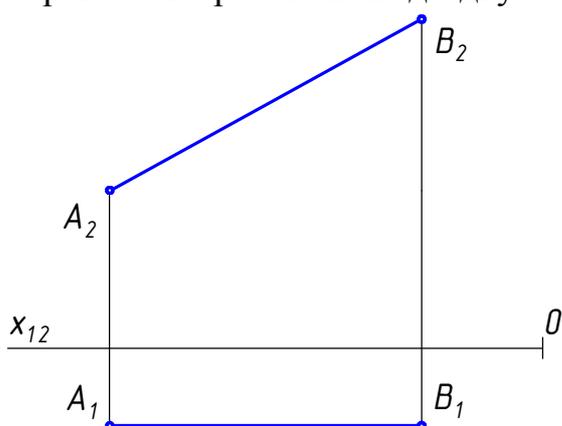


Рис. 9

лениям. К примеру, попарное равенство широтных и глубинных координат приведет к вертикальному положению прямой, совпадающему с направлением проецирования на плоскость проекций  $\Pi_1$  (горизонтально-проецирующая прямая).

Для успешного выполнения задания необходимо мысленно создать пространственный образ пирамиды. Это наиболее сложная

часть задания. Но, развитие умений создавать мысленные пространственные образы предметов является одной из основных целей курса начертательной геометрии и инженерной графики. Если это трудно, сделайте из бумаги простейший макет пирамиды и системы плоскостей проекций. Сле-

дую тексту задания, перемещайте макет пирамиды относительно плоскостей проекций до тех пор, пока его положение не будет удовлетворять всем требованиям, помещенным в тексте.

Обратите внимание на то, что расстояние вершин пирамиды до плоскостей проекций в тексте не указано. Вы можете выбирать его по своему усмотрению. Построение проекций точек по координатам будет использоваться в последующих заданиях.

Постройте фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды. Построение любой проекции, например, профильной, по двум уже имеющимся на чертеже, сводится к следующему.

Поскольку плоскости  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$  располагаются вертикально то и их линия пересечения – ось  $z_{23}$  также будет вертикальной линией, проходящей через начало координат. Положение профильной проекции любой точки, которую необходимо построить, например,  $S_3$  будет определяться двумя координатами – высотой и глубиной. Проведя горизонтальную линию связи из  $S_2$ , тем самым перенесем высоту этой точки на профильную плоскость проекций, а отложив от оси  $x_{23}$  по линии связи отрезок, равный глубине точки (получим измерением отрезка от оси  $x_{12}$  до  $S_1$  на плоскости проекций  $\Pi_1$ ), получим проекцию  $S_3$ . При построениях не пользуйтесь постоянной линией чертежа, т.к. существует единый подход к построению любых проекций предмета, с которым использование постоянной линии чертежа входит в противоречие.

---

В масштабе 1:1 построить две проекции пирамиды  $SABC$  по описанию положения ее вершин в пространстве, установить видимость ребер и составить таблицу координат вершин ребер, считая плоскости проекций координатными.

Вершина пирамиды  $S$  удалена от плоскости проекций  $\Pi_3$  на 50 мм, от  $\Pi_2$  – на 15 мм, от  $\Pi_1$  – на 90 мм. Вершина  $A$  расположена слева от вершины  $S$  на расстоянии 30 мм, ближе – на 20 мм и ниже – на 80 мм. Вершина  $B$  расположена перед вершиной  $A$  на расстоянии 50 мм. Вершина  $C$  расположена справа от вершины  $S$  на расстоянии 30 мм, ближе – на 50 мм и ниже – на 40 мм.

### ЗАДАНИЕ 3

Построить фронтальную и горизонтальную проекции наклонной призмы с параллельными основаниями по чертежу ее нижнего основания  $ABC$ , направлению  $AK$  бокового ребра и истинной длине этого ребра, равной 100 мм. Размеры на чертеже не наносить (кроме длины 100 мм). Установить видимость, проанализировать положение граней призмы относительно плоскостей проекций и записать на поле чертежа.

*Основной целью задания является приобретение умений представлять в пространстве взаимное расположение разных прямых и строить их изображения на чертежах.*

Проработайте учебный материал следующих разделов: определение истинной длины отрезка прямой; взаимное положение прямых; положение плоскостей относительно плоскостей проекций.

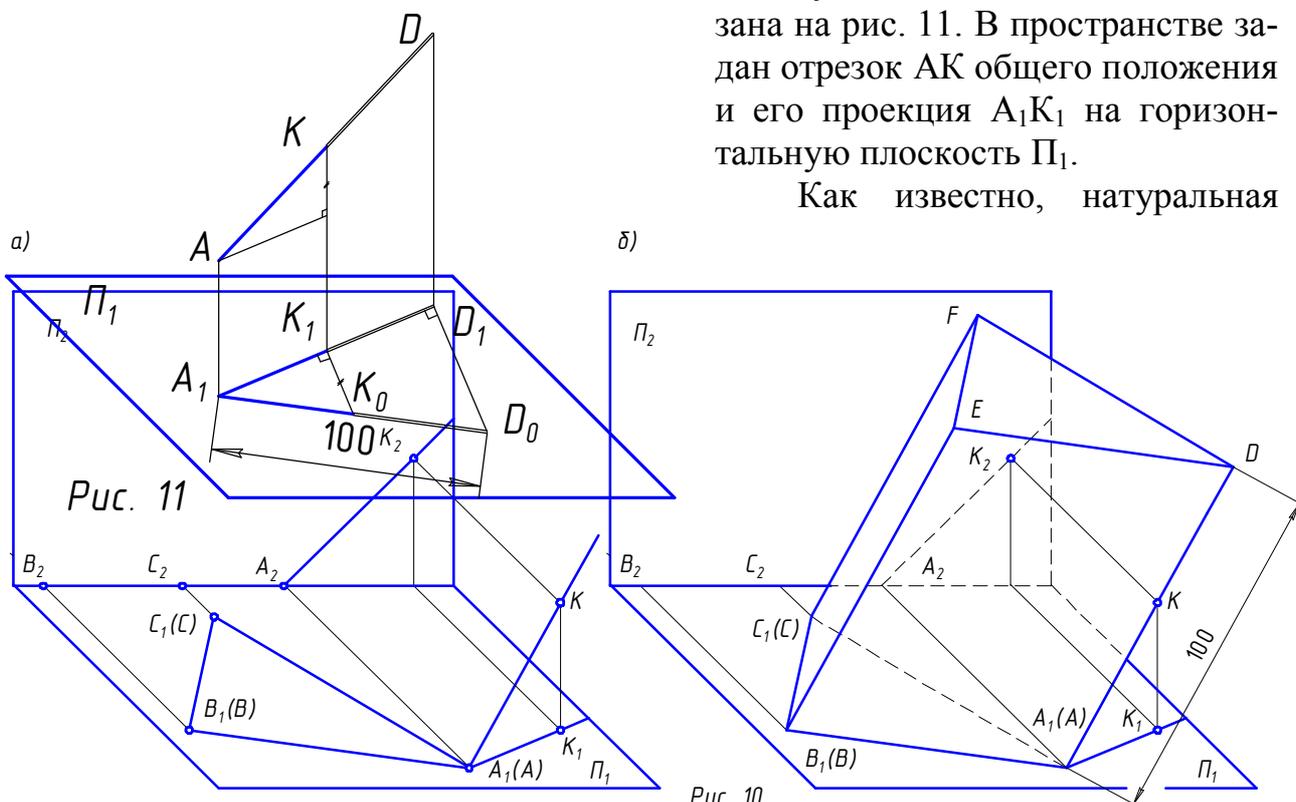
Внимательно прочитайте текст и на черновике постройте по размерам исходное графическое условие задания. Уясните себе, что задано лишь направление бокового ребра, а не его величина. Попробуйте в пространстве представить исходное условие, оно будет выглядеть примерно так, как это изображено на рис. 10, а.

В этом примере нижнее основание наклонной призмы, заданное в виде произвольного треугольника  $ABC$ , располагается непосредственно в горизонтальной плоскости проекций. На плоскости проекций  $\Pi_2$  изображение треугольника совпадает с осью. Соединив точку  $A$  с точкой  $K$  получим направление одного из боковых ребер призмы. Нетрудно указать направление остальных боковых ребер, так как они параллельны между собой. Отложив на боковом ребре его длину 100 мм, остается начертить верхнее основание  $DEF$ , которое располагается параллельно нижнему (рис. 10, б).

Истинную длину отрезка можно указать лишь на той его проекции, которая не подверглась искажению при проецировании. Проанализировав положение отрезка  $AK$  бокового ребра, приходим к выводу, что относительно плоскостей проекций он занимает общее положение и, следовательно, изображается искаженно. Для того, чтобы отложить на этом отрезке 100 мм следует поступить следующим образом: методом прямоугольного треугольника определите истинную длину отрезка  $AK$  и только на истинной длине отложите необходимый размер.

Сущность этой задачи показана на рис. 11. В пространстве задан отрезок  $AK$  общего положения и его проекция  $A_1K_1$  на горизонтальную плоскость  $\Pi_1$ .

Как известно, натуральная



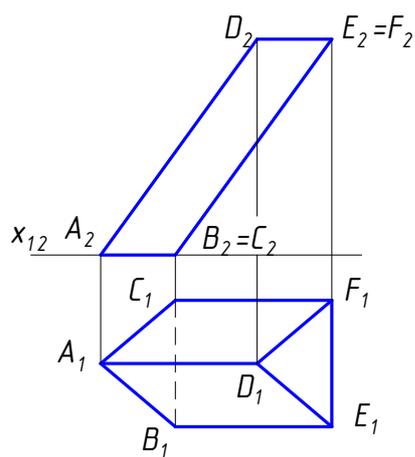
длина отрезка равна гипотенузе прямоугольного треугольника, у которого один катет равен проекции отрезка на какую-либо плоскость проекций, а второй – разности координат концов отрезка до этой плоскости.

Приняв за один катет горизонтальную проекцию  $A_1 K_1$  отрезка, из точки  $K_1$  под прямым углом к ней проведем направление второго катета и отложим расстояние, равное разности высотных координат точек  $A$  и  $K$ . Затем, из точки  $A_1$  по направлению отрезка  $A_1 K_0$  отложим расстояние 100 мм, отметим точку  $D_0$  и проведя линию параллельно  $K_1 K_0$ , определим горизонтальную проекцию точки  $D$ .

Образец выполненного задания представлен на рис. 12.

Обратите внимание, что на горизонтальной проекции призмы часть ребер изображены невидимыми линиями, т. е. они закрыты гранями этой же призмы, расположенными ближе к наблюдателю.

Видимость на чертеже определяют при помощи конкурирующих точек. Это точки, лежащие на разных прямых, но на одном проецирующем луче. На пересечении горизонтальных проекций ребер  $DE$  и  $BF$  выделим точки, соответственно, 1 и 2. Эти точки лежат на горизонтально-проецирующем луче.



рами;

Точка 1 имеет большую высотную координату, чем точка 2, поэтому она располагается ближе к наблюдателю, и ребро  $DE$ , на котором она расположена, видимое, в отличие от ребра  $BF$  закрытого для наблюдателя.

1. На чертеже наклонной призмы установите:

- по паре параллельных, пересекающихся и скрещивающихся ребер;
- по одному примеру неискаженных углов между пересекающимися и скрещивающимися ребрами;

- по одному примеру натуральных величин расстояний от вершины до ребра, между параллельными и скрещивающимися ребрами.

2. Установите положение граней пирами-

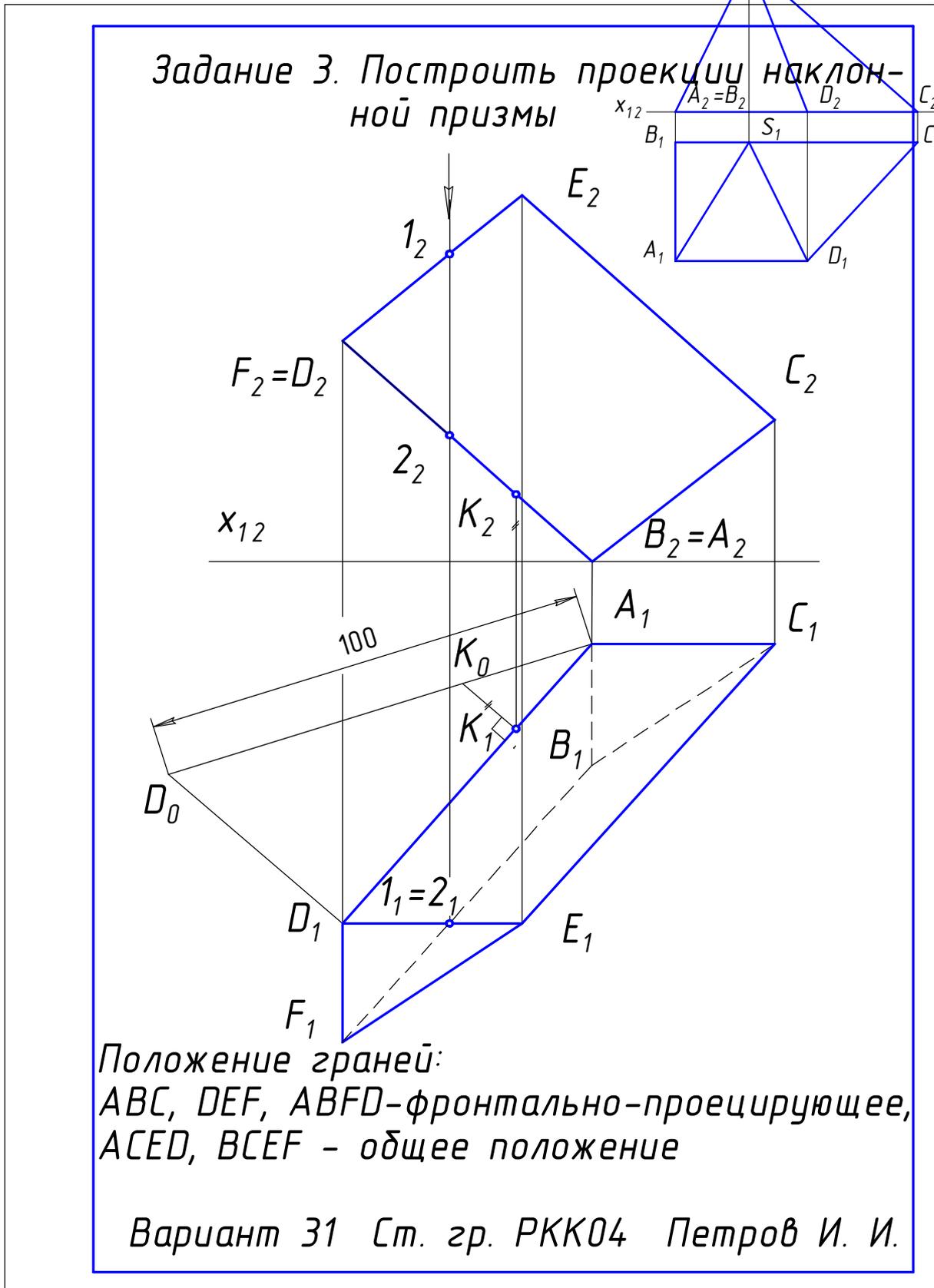


Рис. 12

ды SABCD относительно плоскостей проекций и назовите их терминами начертательной геометрии.

#### ЗАДАНИЕ 4

Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения треугольников ABC и DEF и установить видимость. Координаты вершин: A(115, 76, 40), B(52, 7, 108), C(0, 40, 45), D(135, 0, 20), E(85, 90, 112), F(12, 68, 80).

*Цель задания – усвоение взаимного расположения прямых и плоскостей в пространстве и определения на чертежах их общих элементов.*

Пересечение двух плоскостей происходит по прямой линии, которую определяют на чертеже чаще всего находя две ее точки. Вариантов метода нахождения линии пересечения плоскостей достаточно много и выбор того или иного зависит от способа задания плоскостей на чертеже, их расположения относительно плоскостей проекций и т.д.

В пособии задачу решают следующим образом: определяют точку пересечения стороны одного из треугольников с плоскостью другого, а затем, таким же методом, повторяют решение уже для другого сочетания сторона – плоскость. Полученные две точки и задают положение линии пересечения плоскостей.

Нахождение общей точки, принадлежащей прямой и плоскости, рассмотрим поэтапно на наглядных примерах, помещенных на рис. 13.

В пространстве (рис. 13, а) имеются произвольно расположенные тре-

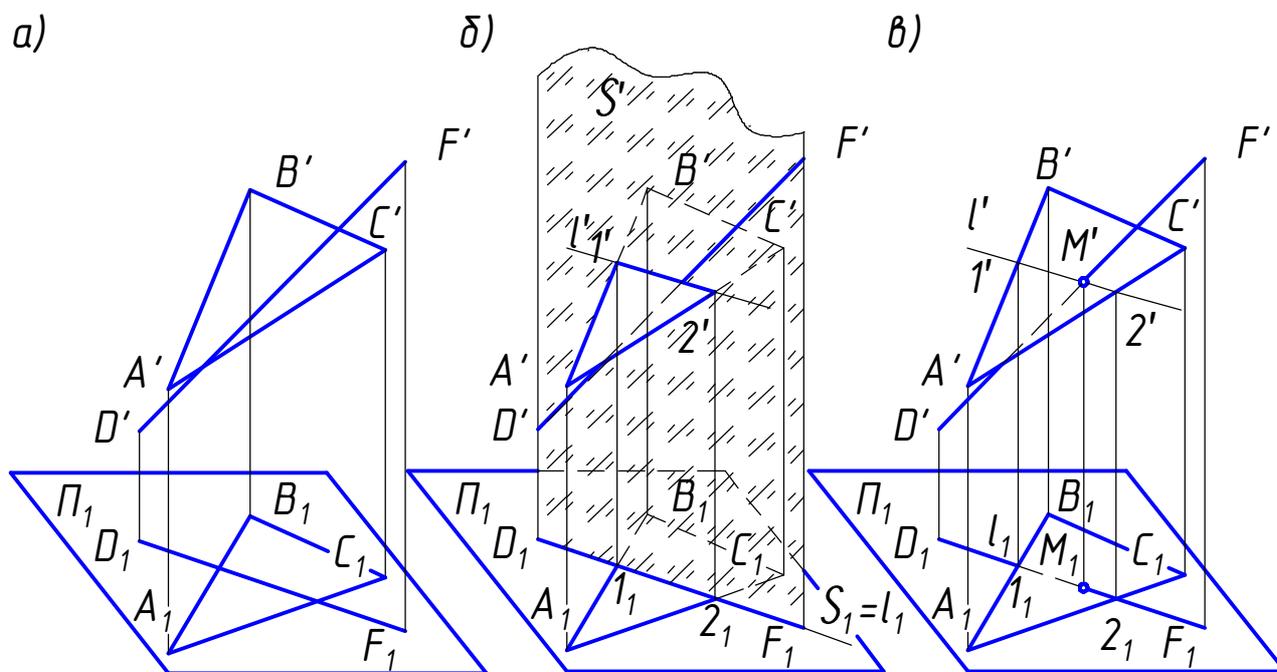
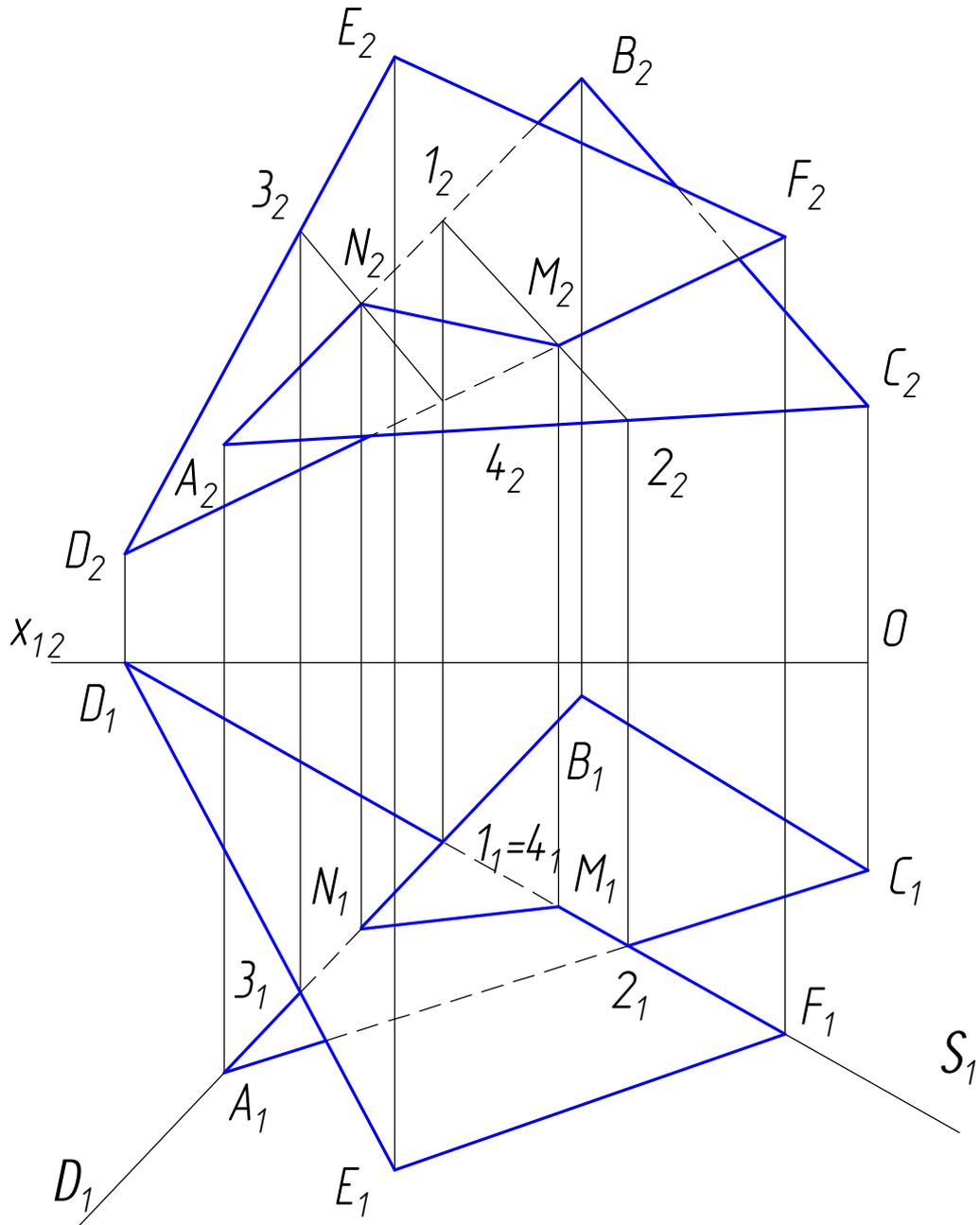


Рис. 13

угольник ABC и отрезок прямой DF, а также их изображения на горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ .

Задание 4. Построить линию пересечения  
треугольников.



Вариант 31  
Ст. гр. РККОЗ  
Петров И. И.

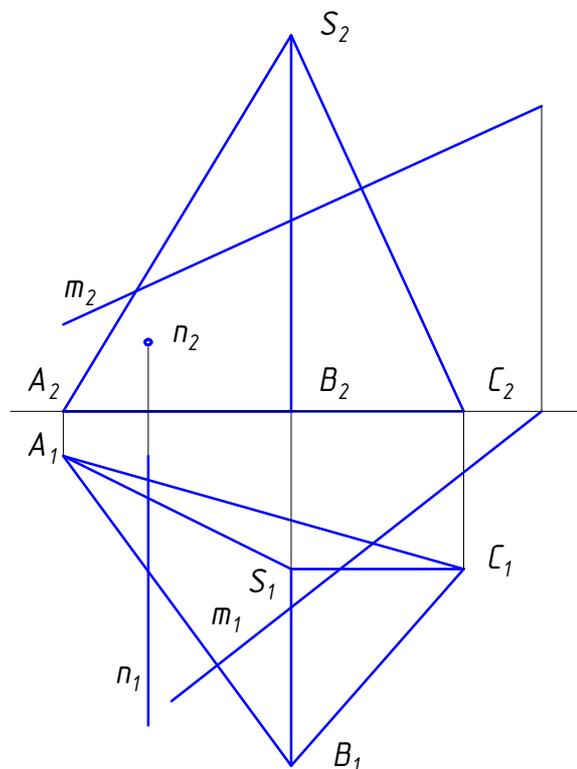
Отрезок DF (рис. 13, б) поместим во вспомогательную горизонтально-проецирующую плоскость  $\Sigma$ . Поскольку она расположена перпендикулярно плоскости проекций  $\Pi_1$ , то на эту плоскость она изобразится в виде линии (след-проекция), совпадающей с горизонтальной проекцией  $D_1F_1$  отрезка DF (собирающее свойство плоскостей особого положения).

Пересечение треугольника  $ABC$  с плоскостью  $\Sigma$  произойдет по прямой  $l(1, 2)$ . Эту линию не трудно найти, так как ее горизонтальная проекция совпадает со следом-проекцией  $\Sigma_1$  плоскости  $\Sigma$ . Поскольку точки  $1_1$  и  $2_1$  находятся на проекциях  $A_1B_1$  и  $A_1C_1$  сторон треугольника, то восставив из точек перпендикуляры до пересечения с прямыми  $AB$  и  $AC$ , определим пространственное положение отрезка  $l(1, 2)$ . Искомая точка  $M$  определяется пересечением отрезков  $DF$  и  $l$  (рис. 13, б).

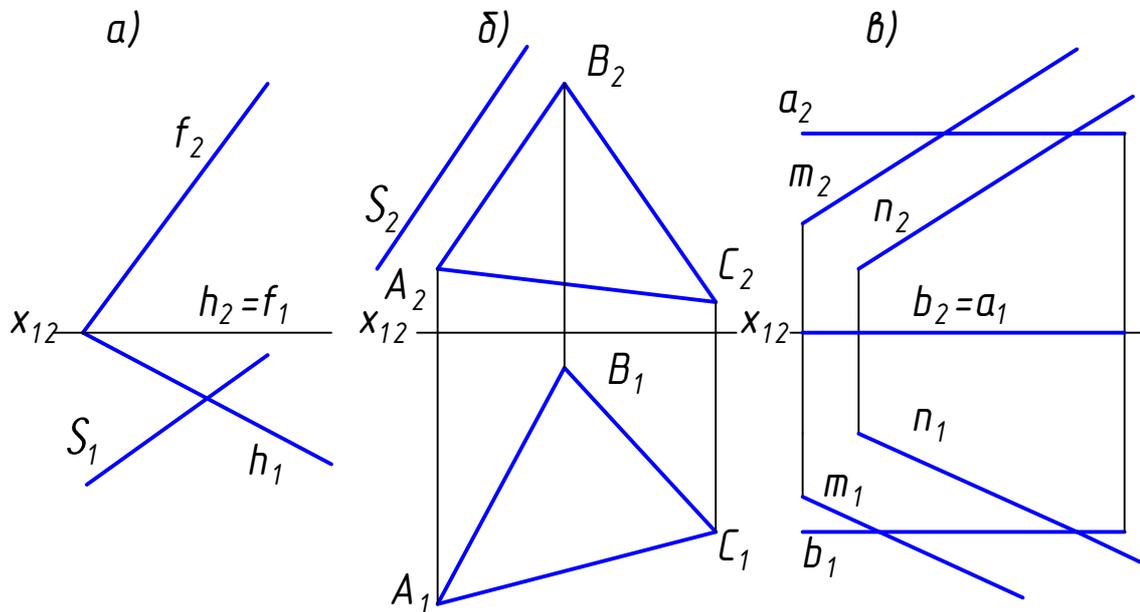
Вероятно, что Вы встретитесь с иной интерпретацией этой задачи. В этом случае вспомогательную плоскость не вводят, а рассматривают две конкурирующие прямые. Одна из них это отрезок  $DF$ , а вторая – линия  $l(1, 2)$ , лежащая в плоскости треугольника  $ABC$ . Их горизонтальные проекции совпадают, а поскольку прямая  $DF$  пересекает прямую  $l$ , в этой же точке она пересекает и плоскость треугольника.

Перейдем к рассмотрению образца задания, помещенного на рис. 14. По координатам вершин тонкими линиями постройте изображения треугольников  $ABC$  и  $DEF$  и обозначьте вершины. Проанализируйте положение плоскостей этих треугольников по отношению к плоскостям проекций.

Вначале определите точку пересечения  $M$  стороны  $DF$  треугольника  $DEF$  с плоскостью треугольника  $ABC$ . Затем решение повторите и определите точку  $N$ , выбрав в качестве пересекающихся элементов сторону  $AB$  и треугольник  $DEF$ . В обоих случаях для решения были использованы вспомогательные горизонтально-проецирующие плоскости  $\Sigma$  и  $\Delta$ . Следует отметить, что выбор сторон для нахождения линии пересечения не влияет на конечный результат решения. Определите видимость треугольников на плоскостях проекций (см. предыдущее задание).



1. Постройте точки пересечения прямых  $m$  и  $n$  с боковой поверхностью пирамиды.
2. Постройте проекции линии пересечения двух плоскостей.



### ЗАДАНИЕ 5

Построить фронтальную и горизонтальную проекции пирамиды, основанием которой является треугольник  $ABC$ , а ребро  $SA$  перпендикулярно основанию и его длина равняется 80 мм. Установить видимость. Координаты вершин:  $A(115, 90, 10)$ ,  $B(52, 25, 80)$ ,  $C(0, 80, 45)$ .

*Целью выполнения задания является изучение свойств прямого угла между прямыми и плоскостями.*

Известно, что угол между двумя прямыми проецируется на какую-либо плоскость проекций не искаженно в том случае, если обе его стороны располагаются параллельно этой плоскости.

Для прямого угла существует *особое* свойство: **неискаженно проецироваться на плоскость проекций, если только одна его сторона параллельна этой плоскости.** Это важное положение используется для построения чертежей пересекающихся и скрещивающихся прямых, без него невозможно опустить перпендикуляр к плоскости, построить две взаимно перпендикулярные плоскости.

Рассмотрите несколько примеров, содержащих изображения скрещивающихся и пересекающихся прямых, расположенных в пространстве под прямым углом друг к другу (рис. 15). Для этого достаточно, чтобы между проекциями прямых на какой-либо плоскости проекций был прямой угол, и одна из прямых располагалась параллельно той же плоскости. В первых двух примерах в качестве прямых, параллельных плоскости проекций, использованы линии уровня в сочетании с прямыми общего положения, в ос-

тальных – проецирующие прямые в сочетании с линиями уровня.

Рассмотрим следующую задачу, которая во многом соответствует задаче домашнего графического задания. Из точки  $K$  опустить перпендикуляр к плоскости  $\Sigma(f, m)$  (рис. 16).

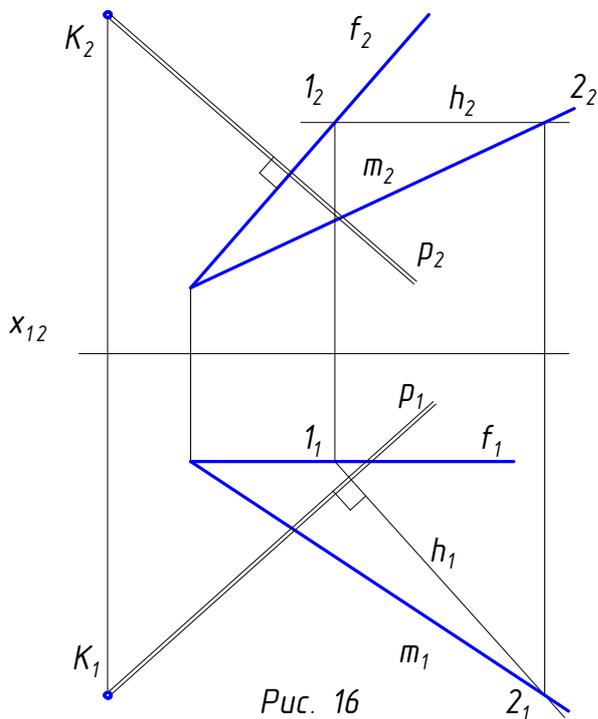


Рис. 16

Проанализируйте, какое положение занимает плоскость  $\Sigma(f, m)$ . Из лекций Вам уже известно, что перпендикуляр к плоскости уровня занимает проецирующее положение, перпендикуляр к проецирующей плоскости занимает положение прямой уровня, а перпендикуляр к плоскости общего положения занимает общее положение. На чертеже плоскость, заданная двумя пересекающимися прямыми, занимает общее положение, следовательно, и прямая ей перпендикулярная займет произвольное положение относительно плоскостей проекций.

Фронтальную проекцию  $p_2$  перпендикуляра  $p$  можно задать без каких-либо дополнительных построений, так как одна из прямых, задающих плоскость, занимает фронтальное положение и прямой угол между прямыми  $f$  и  $p$  не будет искажаться на плоскости  $\Pi_2$ .

Обратите внимание на то обстоятельство, что указанные прямые между собой скрещиваются, т.е. не имеют общей точки. Это позволяет горизонтальную проекцию  $p_1$  прямой  $p$  провести под любым углом к оси – в любом случае прямой угол на фронтальной плоскости проекций искажаться не бу-

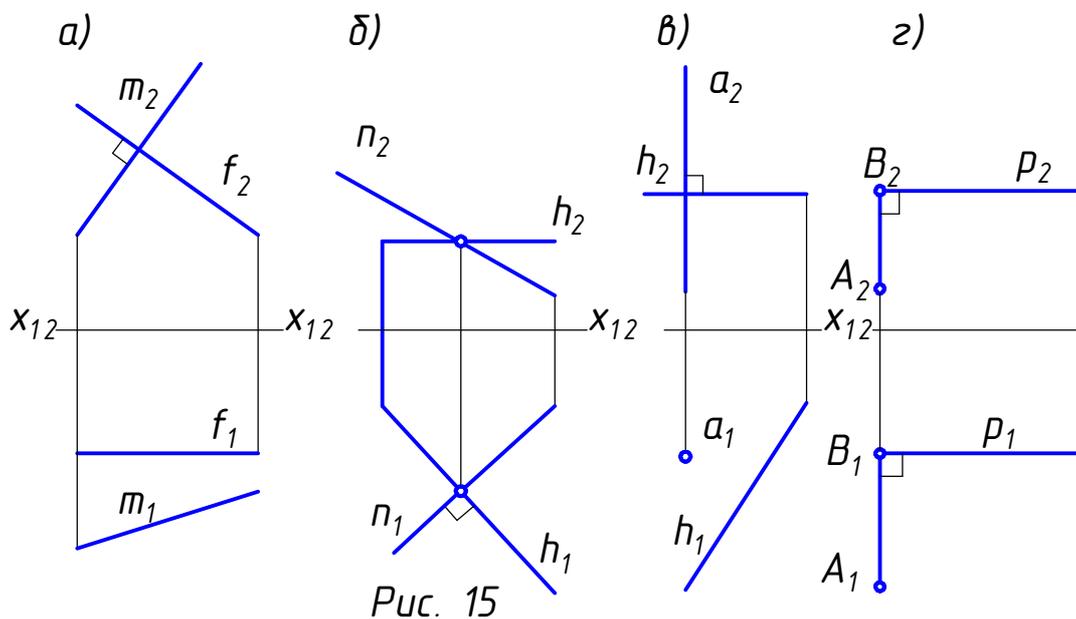


Рис. 15

дет. Но Вы знаете, что прямая перпендикулярна плоскости только в том случае, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости.

Таким образом, в плоскости необходимо взять еще одну прямую. А чтобы прямой угол проецировался неискаженно на плоскость проекций  $\Pi_1$ ,

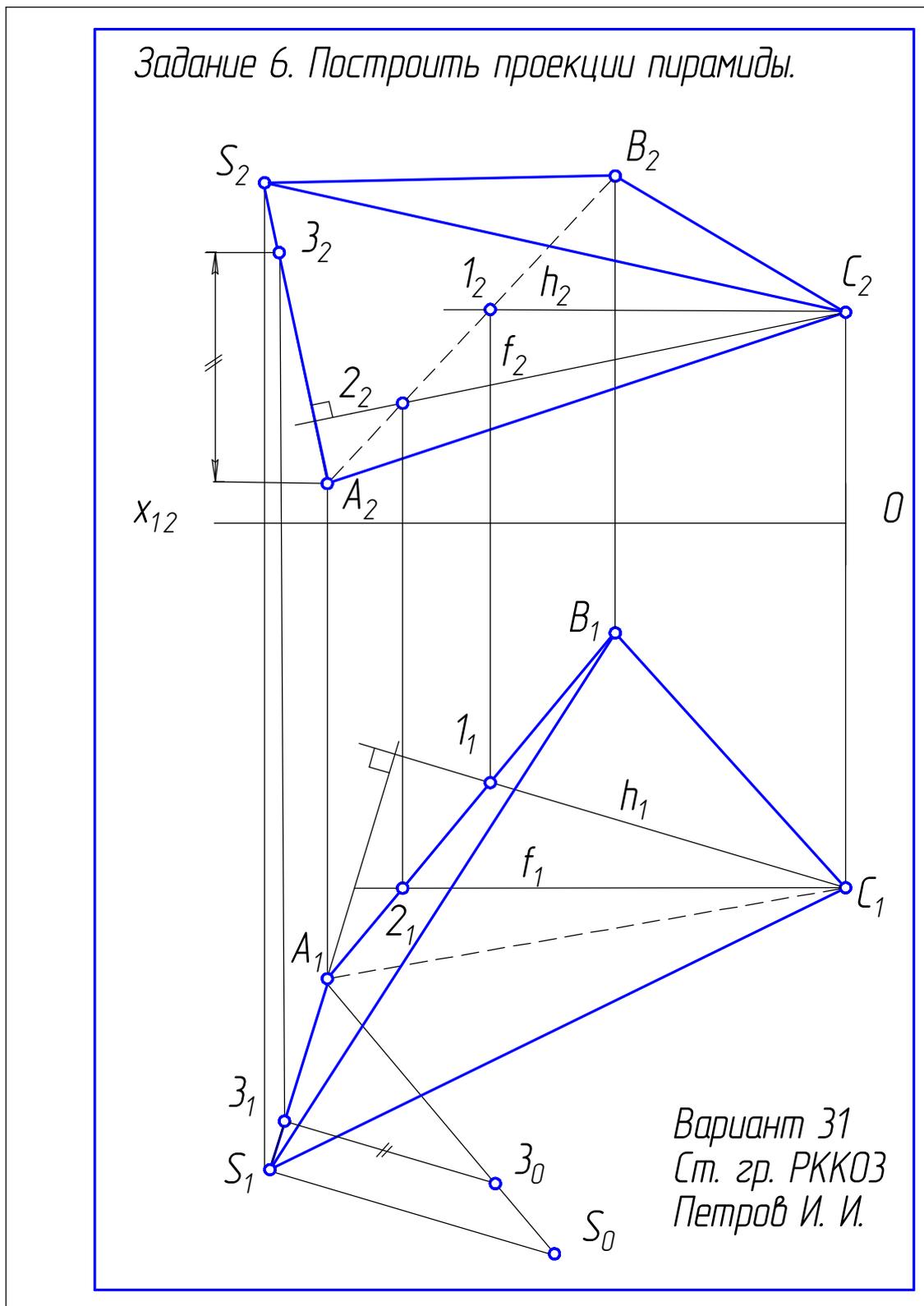
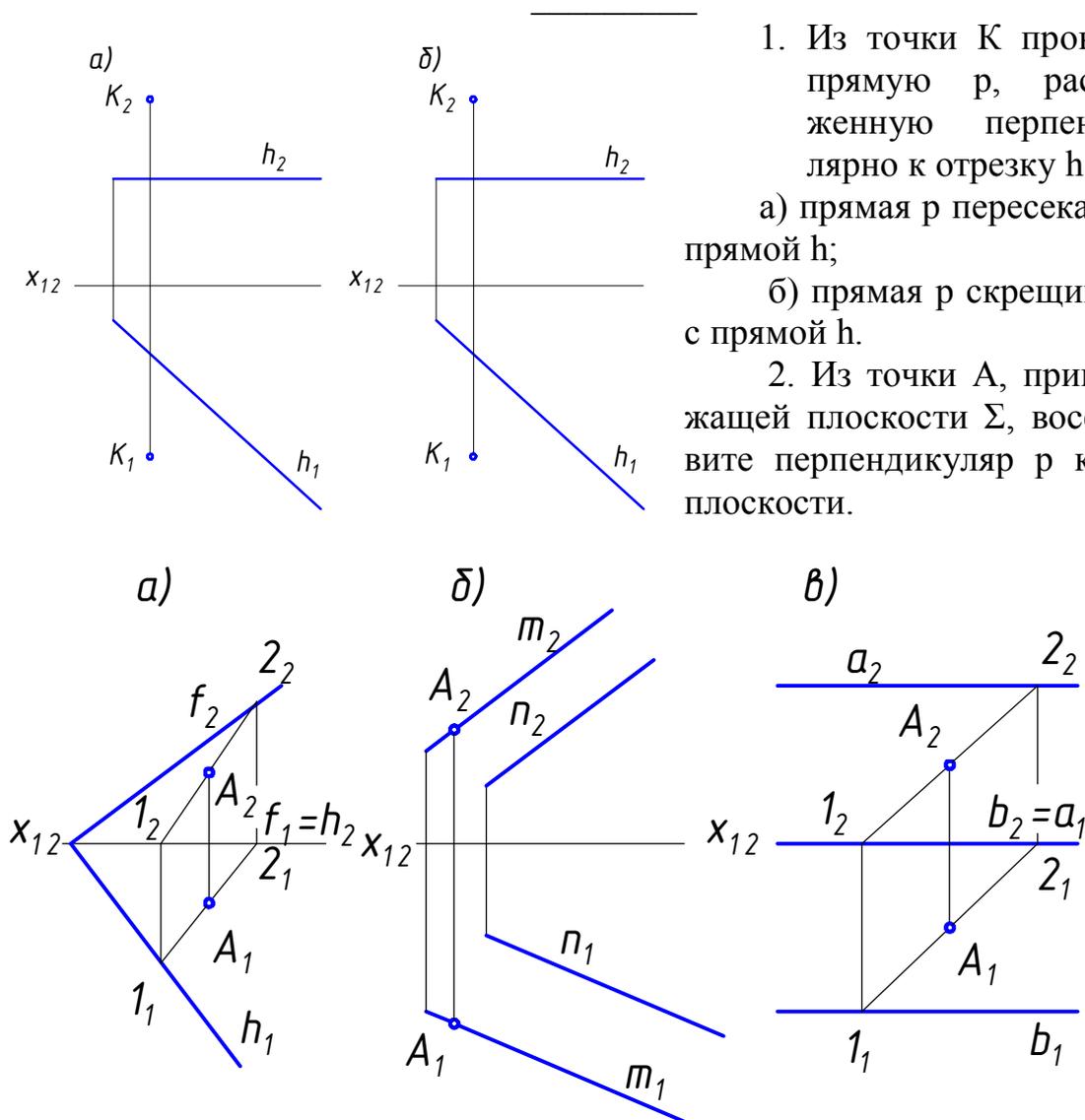


Рис. 17

то этой прямой будет горизонталь. На чертеже такая горизонталь  $h$  проведена в произвольном месте и построена по двум точкам 1 и 2.

Если Вы внимательно проработали эту задачу, Вам не составит особого труда правильно выполнить рассматриваемое здесь графическое задание, образец которого помещен на рис. 17.



1. Из точки  $K$  проведите прямую  $r$ , расположенную перпендикулярно к отрезку  $h$ :
  - а) прямая  $r$  пересекается с прямой  $h$ ;
  - б) прямая  $r$  скрещивается с прямой  $h$ .
2. Из точки  $A$ , принадлежащей плоскости  $\Sigma$ , восстановите перпендикуляр  $r$  к этой плоскости.

### ЗАДАНИЕ 6

Определить величины боковой грани и двугранного угла при боковом ребре пирамиды. Задание выполняется на чертеже задания 2, по его графическому условию. Для решения задач использовать два разных метода преобразования чертежа.

*Цель – изучить и применять на практике способы преобразования чертежей при решении различных задач.*

Возможно, что у некоторых студентов решение этого задания не впишется на лист 2. В таком случае отведите для него отдельный лист. На рис. 18 приведен образец выполнения рассматриваемой работы, выполненной совместно с заданием 2.

Способы преобразования широко используются в начертательной геометрии и инженерной графике при решении различных задач. Кроме этого, необходимость в преобразованиях возникает в тех случаях, если объект целиком или какую-то его часть невозможно изобразить на имеющихся на чертеже плоскостях проекций без искажения формы и размеров.

Используя способы преобразования, можно перемещать в пространстве либо сам объект относительно плоскостей проекций, либо плоскости про-

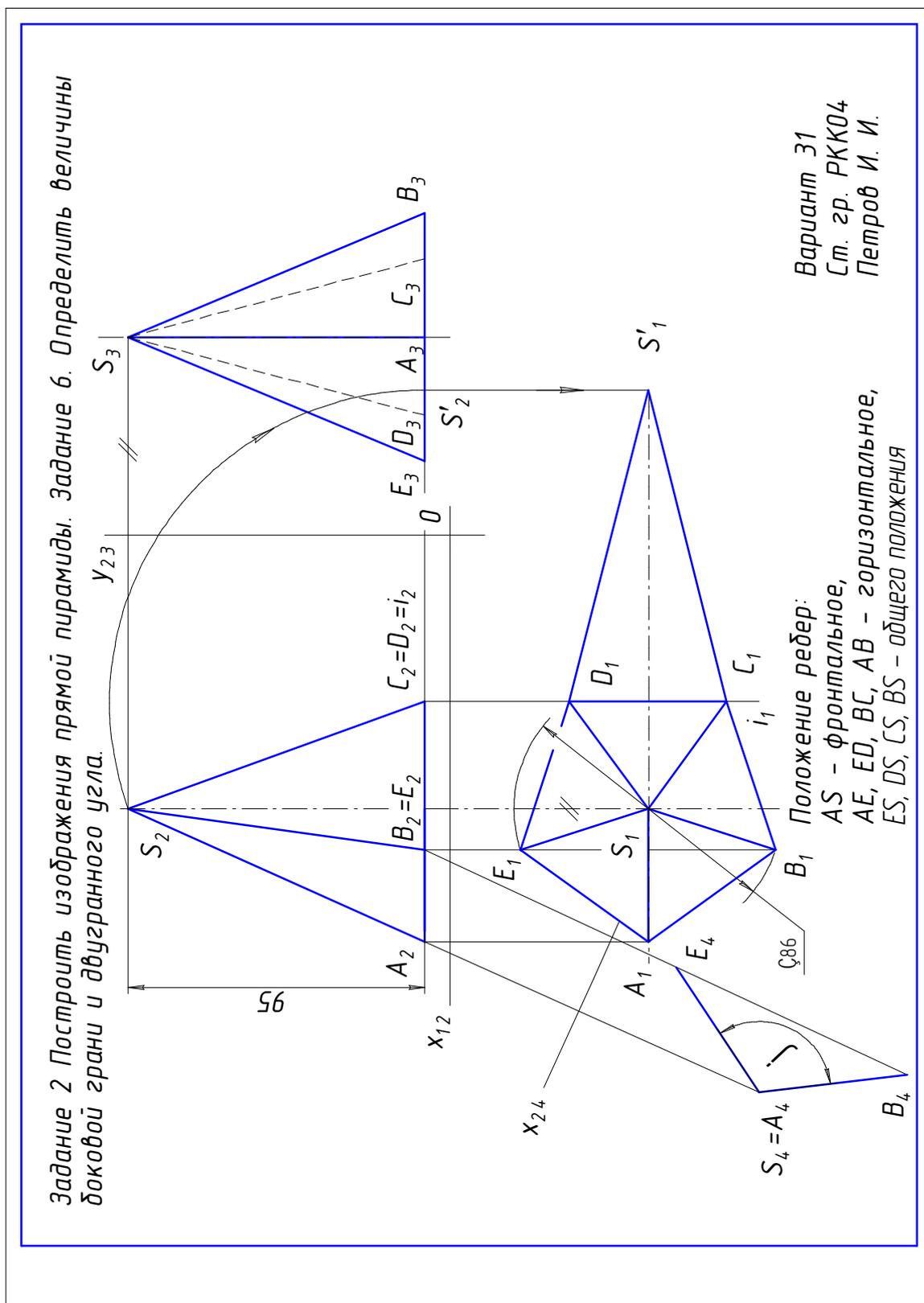


Рис. 18.

екций относительно объекта и выбирать положение «удобное» для решения поставленной задачи.

Первым рассмотрим способ замены плоскостей проекций, с помощью которого на листе задания найдено неискаженное значение двугранного угла при боковом ребре пирамиды.

Сущность способа заключается в проецировании объекта на дополнительную плоскость проекций, не параллельную основным плоскостям. Эту плоскость располагают **перпендикулярно** одной из основных плоскостей проекций.

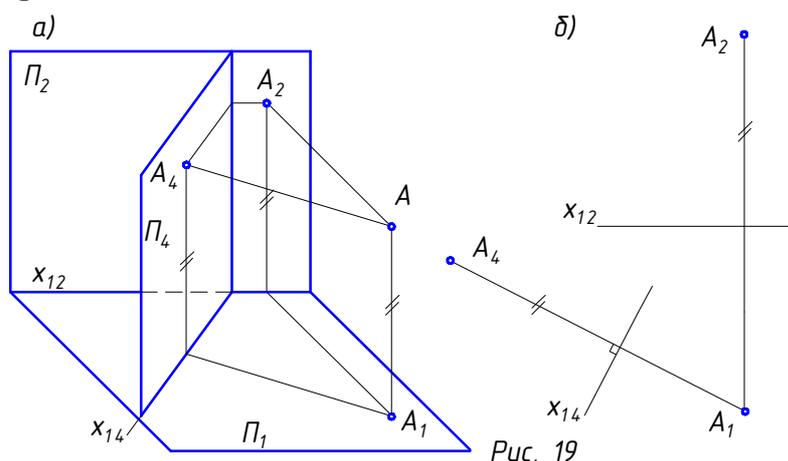


Рис. 19

Рассмотрим систему из двух основных плоскостей проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  с введенной дополнительной плоскостью  $\Pi_4$  (рис. 19, а). Эта плоскость расположена перпендикулярно  $\Pi_1$ , не параллельна  $\Pi_2$  и при пересечении с горизонтальной плоскостью проекций образует ось  $x_{14}$ .

Основание перпендикуляра  $A_4$ , опущенного из точки  $A$  на плоскость  $\Pi_4$ , является дополнительной проекцией этой точки.

Для получения плоского чертежа плоскость проекций  $\Pi_1$  вместе с плоскостью  $\Pi_4$  мысленно развернем вокруг оси  $x_{12}$  вниз до совмещения и  $\Pi_2$ . Затем повернем плоскость  $\Pi_4$  вокруг оси  $x_{14}$ . На полученном чертеже (рис. 19, б) положение плоскости  $\Pi_4$  задано осью  $x_{14}$ .

Построение дополнительной проекции  $A_4$  осуществляется в такой последовательности. Из горизонтальной проекции  $A_1$  точки  $A$  опускают перпендикуляр на ось  $x_{14}$  (ортогональное проецирование!) и на его продолжении от оси  $x_{14}$  откладывают расстояние, равное расстоянию от точки  $A$  до горизонтальной плоскости проекций (высотная координата).

Очевидно, что замену плоскостей проекций можно осуществить имея чертеж **любых двух** проекционно-связанных между собою проекций точки.

Обобщая сказанное выше, выделим самое необходимое.

Положение дополнительной плоскости выбирают исходя из характера поставленной задачи, но располагают всегда перпендикулярно к одной из присутствующих на чертеже плоскостей проекций. Последнюю назовем связанной плоскостью. При этом, на чертеже должна появиться новая ось проекций. Эта ось может быть расположена под любым углом, но не горизонтально и не вертикально, так как  $\Pi_4$  располагается не параллельно плоскостям проекций  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ .

Для построения дополнительной проекции точки, от вновь введенной оси по линии связи откладывают расстояние, равное расстоянию до выделенной плоскости.

Возвратимся к чертежу на рис. 18. Новую плоскость проекций  $\Pi_4$  необходимо выбрать так, чтобы она расположилась перпендикулярно к одному из боковых ребер пирамиды. В этом случае обе боковые грани, прилегающие к ребру, изобразятся на этой плоскости в виде следов-проекций, и искомый угол между ними также изобразится неискаженно. Из всего многообразия боковых ребер на пирамиде, для определения двугранного угла рекомендуем использовать ребро  $AS$ , так как оно занимает фронтальное положение. Выбор любого другого бокового ребра потребует для решения задачи две замены плоскостей проекций. Плоскость, перпендикулярная фронтальному ребру, является фронтально-проецирующей. Поэтому новую плоскость проекций  $\Pi_4$  расположим перпендикулярно плоскости  $\Pi_2$  и на линиях связи от новой оси  $x_{24}$  будем откладывать глубинные координаты точек (расстояние до плоскости  $\Pi_2$ ).

Для получения неискаженной величины боковой грани  $CSD$  воспользуемся способом вращения вокруг оси, занимающей на чертеже проецирующее положение. В качестве таковой удобно выбрать фронтально-проецирующее ребро самой грани  $CD$ . При вращении оно будет оставаться неподвижным, а вершина  $S$  опишет траекторию в виде дуги окружности до такого положения, пока фронтально-проецирующая грань  $CSD$  займет горизонтальное положение.

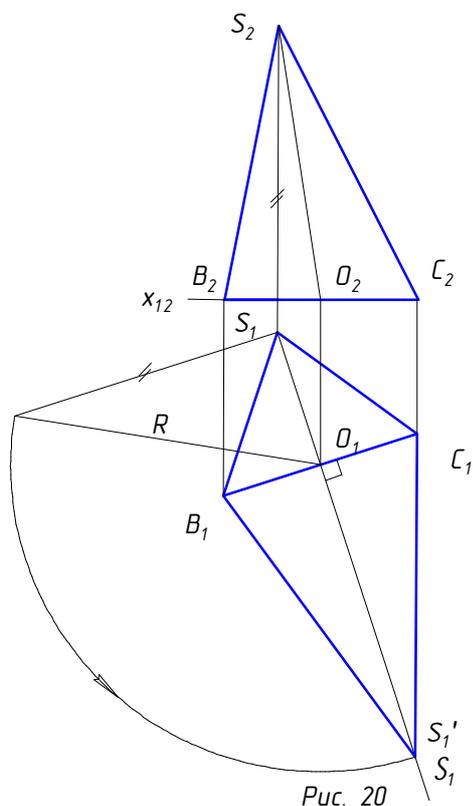


Рис. 20

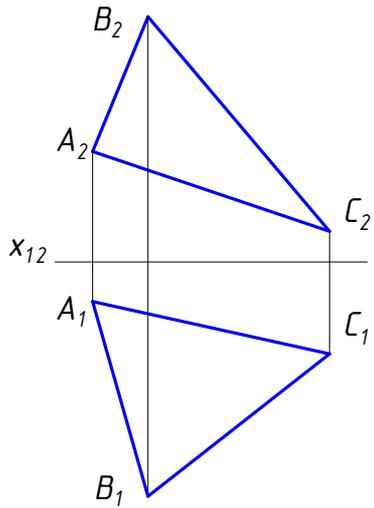
Если бы мы определяли истинную величину другой грани, к примеру,  $BSC$ , а она занимает общее положение, то следовало воспользоваться способом вращения вокруг линии уровня (рис. 20).

Как известно, этот метод позволяет плоскость общего положения устанавливать в положение плоскости уровня. После такого преобразования любой элемент плоскости будет изображаться на чертеже неискаженно.

В качестве оси вращения выберем горизонтальное ребро  $BC$  грани. Траектория вершины  $S$  в этом случае будет окружность, лежащая в горизонтально-проецирующей плоскости  $\Sigma$ , проходящей перпендикулярно оси вращения. Центр вращения вершины  $S$ , точка  $O$ , будет находиться в точке пересечения оси с плоскостью вращения.

Радиус вращения  $SO$ , является прямой общего положения. Его натуральную длину определим методом прямоугольного треугольника. В качестве одного катета примем горизонтальную проекцию  $S_1O_1$  радиуса, а в качестве другого – разность высотных координат между точками  $S$  и  $O$ .

Плоскость грани займет горизонтальное положение в том случае, если вершина  $S$  окажется удаленной от центра вращения на расстояние радиуса.



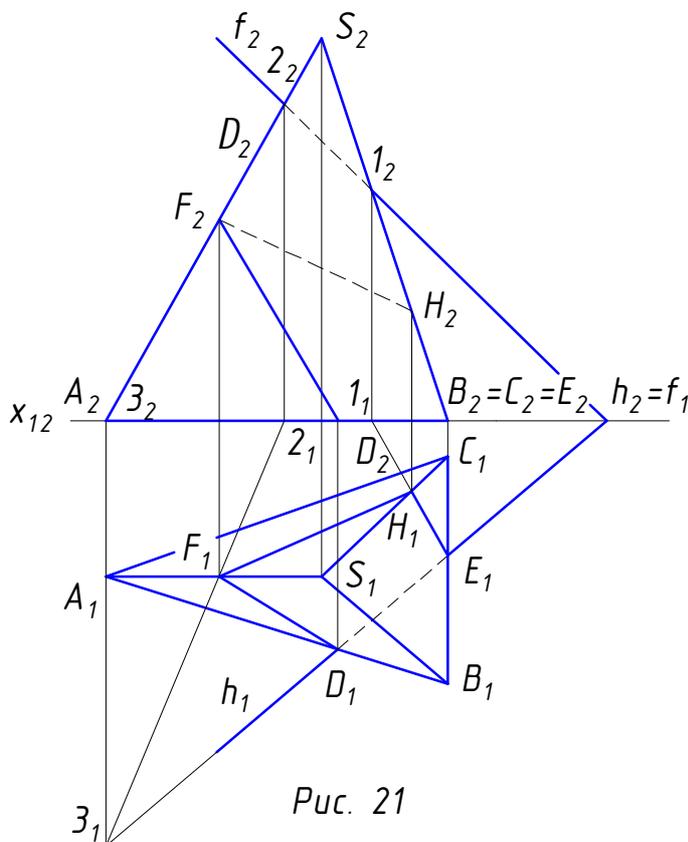
1. Постройте точку  $A(10, 20, 30)$  на плоскостях проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  и дополнительной плоскости проекций  $\Pi_4$ . Плоскость  $\Pi_4$  занимает положение, перпендикулярное горизонтальной плоскости проекций, наклонена под углом  $30^\circ$  к фронтальной плоскости проекций и проходит через точку  $A$ .
2. Постройте истинную величину треугольника всеми известными Вам способами преобразования чертежа.

### ЗАДАНИЕ 7

Построить проекции сечения многогранника плоскостью и развертку его боковой поверхности. Показать видимость. Координаты точек, задающих секущую плоскость:  $A(X, Y, Z)$ ,  $B(X, Y, Z)$ ,  $C(X, Y, Z)$ . Размеры на чертеже не наносить.

*Целью задания является приобретение навыков в построениях сечений многогранников плоскостями и их разверток.*

Для приобретения опыта подобных построений, прежде чем приступить к выполнению задания, рассмотрите пример построения сечения пирамиды плоскостью  $\Sigma(f, h)$ , представленный на рис. 21.



Секущая плоскость всегда пересекает многогранник по плоскому многоугольнику, который зачастую и является целью построений. Существует несколько способов построения его проекций на чертеже. Выбор того или иного способа во многом зависит от расположения секущей плоскости и многогранника относительно плоскостей проекций, а также от их взаимного расположения. Выполните такой анализ для конкретного расположения объектов на рисунке. Секущая плоскость и две грани пирамиды занимает общее положение, основание – горизонтальное, боковая грань

SBC – фронтально-проецирующее.

Поскольку основание пирамиды расположено непосредственно в горизонтальной плоскости проекций и в этой же плоскости располагается горизонталь плоскости  $\Sigma$ , то эти два объекта пересекаются по этой же горизонтали, которую следует ограничить пределами треугольника основания. Постройте проекции отрезка DE. Линия пересечения плоскости  $\Sigma$  с гранью SBC на фронтальной плоскости совпадает со следом-проекцией этой грани (плоскость особого положения!). Выделим две точки, принадлежащих этим плоскостям. т.е. лежащих на следе-проекции грани и на линиях задающих секущую плоскость. Это уже известная точка E и точка 1, лежащая на линии  $f$ . В пределах грани SBC это отрезок EN.

Последнюю вершину многогранника сечения определим как точку пересечения ребра AS с плоскостью  $\Sigma$ . Для этого заключим ребро во вспомогательную секущую плоскость  $\Delta$  и, построив линию 23 пересечения плоскостей, отметим проекции точки F. Соединим эту точку отрезками с ранее найденными точками D, E, H и укажем видимость элементов.

Рассмотрим условие задачи, размещенной на рис. 22, которая во многом соответствует заданию 7.

Анализ положения плоскостей, участвующих в пересечении: секущая плоскость, заданная треугольником ABC, занимает общее положение; все боковые грани призмы – горизонтально-проецирующее.

Поскольку боковые грани призмы занимают особое положение и на горизонтальную плоскость проекций изображаются в виде линий (следов-проекций), то все, что лежит в этих плоскостях, в том числе и горизонтальная проекция  $D_1E_1F_1$  треугольника сечения DEF, на плоскости проекций  $\Pi_1$  уже определена.

Фронтальную проекцию  $D_2E_2F_2$  сечения DEF построим исходя из его принадлежности плоскости ABC. На горизонтальной проекции ребра DE выделим две точки, одна из которых лежит на ребре AB, а вторая – на AC и построим их фронтальные проекции. Соединив их, проведем в пределах грани фронтальную проекцию  $D_2E_2$  линии пересечения. Построение фронтальной проекции линии EF выполняется аналогично. Наведите линии с учетом их видимости.

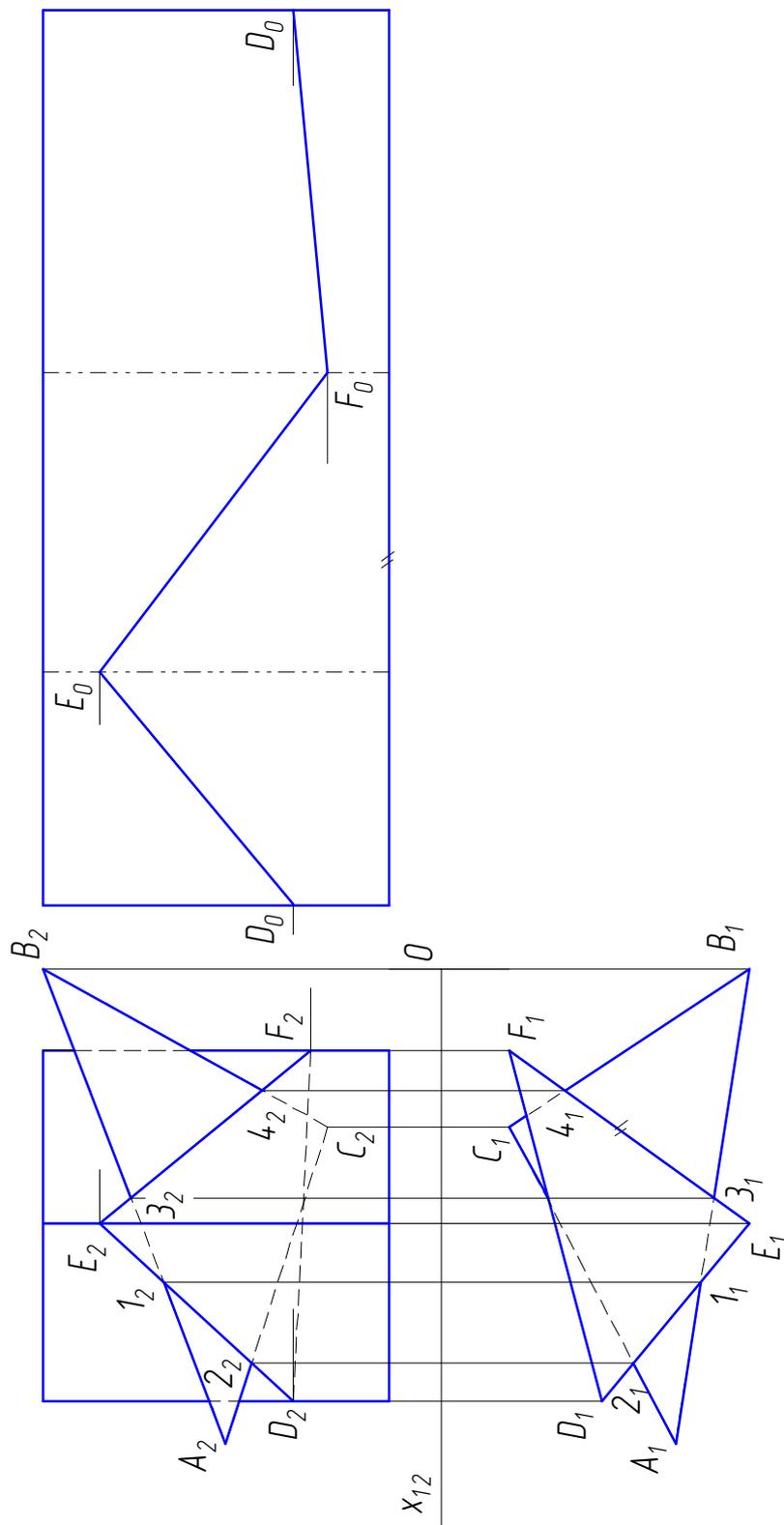
Разверткой называют плоскую фигуру, полученную при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью.

Развертка заданной призмы представляет прямоугольник, каждая из двух противоположных сторон которого по длине равны высоте призмы, а каждая из другой пары сторон – сумме длин сторон треугольника основания (периметру основания).

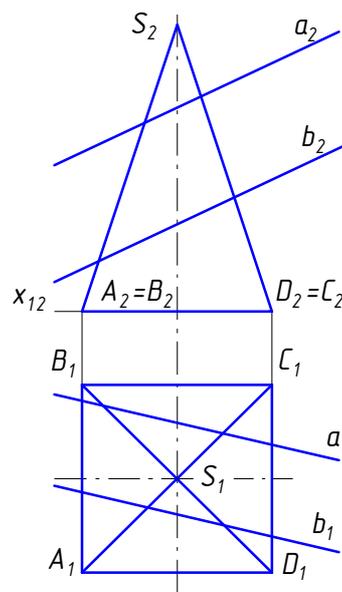
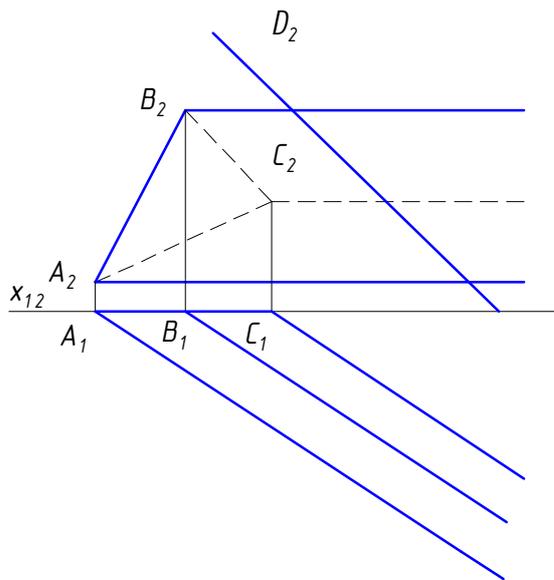
Мысленно разрежем боковую поверхность призмы по ребру, на котором находится точка сечения D и разворачивая ее совместим с фронтальной плоскостью. Все боковые ребра призмы являются горизонтально-проецирующими, на фронтальной плоскости проекций они не искажены. Ребра оснований призмы занимают горизонтальное положение. Они не искажаются на плоскости проекций  $\Pi_1$ . Внутри прямоугольника развертки ребра исчезнут, вместо них следует нанести линии сгиба, которые выпол-

няются штрих-пунктирной линией с двумя точками.

Задание 7. Построить сечение многогранника плоскостью.



Вариант 31  
Ст. гр. РККО4  
Петров И. И.



Постройте проекции сечения геометрических тел плоскостями и развертку их боковых поверхностей.

### ЗАДАНИЕ 8

Построить аксонометрию многогранника по заданию 7 с нанесением многоугольника сечения.

*Цель задания – научиться выполнять наглядные изображения простых геометрических тел.*

Предыдущие задания, выполненные на основе прямоугольного проецирования, широко используются, но имеют существенный недостаток – отсутствие наглядности. Поэтому, в некоторых случаях используют изображение объекта в *аксонометрической проекции*.

Аксонометрией называют параллельную проекцию предмета, отнесенного к системе трех взаимно перпендикулярных осей, на плоскость проекций, не перпендикулярную ни одной из этих осей. Слово аксонометрия означает осеизмерение (измерение по осям).

При создании чертежа на основе прямоугольного проецирования, предмет по отношению к плоскости проекций стремятся расположить так, чтобы одно из его измерений отсутствовало, а остальные изображались неискаженно. Отсутствие измерения на этой плоскости компенсируют введением еще одного или нескольких изображений на других плоскостях проекций.

При выполнении аксонометрии предмет изображают только на одной плоскости проекций. Но располагают его так и выбирают такое направление проецирования, чтобы на плоскости отображались все три измерения, чем и достигается наглядность.

При всем многообразии аксонометрических проекций для выполнения задания рекомендуем два их вида: прямоугольную изометрию и прямоугольную диметрию. Они различаются направлением проецирования по отношению к плоскости картины, что в итоге дает разное расположение осей и разные коэффициенты искажения по этим осям. Выбрать аксонометрию для своего задания из этих двух Вы можете самостоятельно, стараясь создать лучший обзор изображения многогранника.

АксонOMETрические оси в прямоугольной изометрии располагаются под углом  $120^\circ$  друг к другу, при вертикальном расположении оси  $z'$ . Коэффициенты искажения равные по всем трем осям и составляют:  $u = v = w \cong 0,82$ , т.е. отрезок координатной оси длиной 100 мм изобразится отрезком аксонометрической оси длиной 82 мм. При практических построениях пользоваться такими коэффициентами искажения неудобно, поэтому рекомендуется пользоваться *приведенными коэффициентами искажения*:  $U = V = W =$

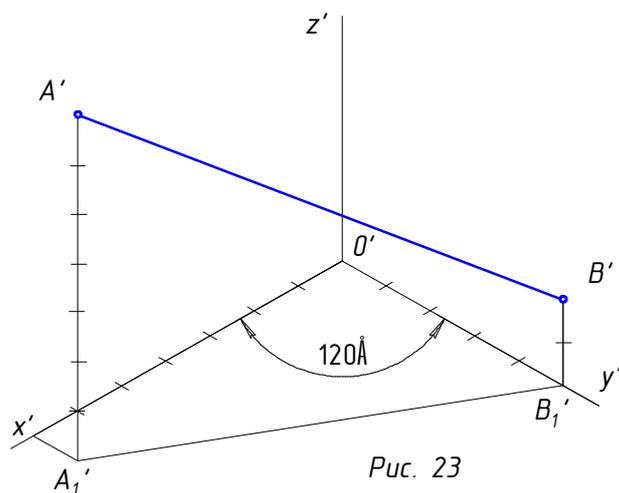


Рис. 23

1. Построенное изображение в этом случае будет больше самого предмета в 1,22 раза.

Для построения аксонометрической проекции произвольной точки, при заданном расположении ее относительно прямоугольной системы координат, необходимо построить ее координатную ломаную. Отрезки этой ломаной следует располагать вдоль аксонометрических осей или линий, параллельных осям.

Например, необходимо построить изометрическую проекцию отрезка АВ (рис.23) по координатам двух его точек: А (70, 10, 70) и В(0, 50, 20).

Для построения точки А по оси  $x'$  от начала координат отложим 70 мм, по линии параллельной оси  $y$  – 10 мм, по линии параллельной оси  $z'$  – 70 мм. Аналогично построим точку В и соединим полученные точки.  $A_1'B_1'$  – является проекцией отрезка на плоскость  $x'O'y'$  (вторичная проекция).

В этом примере и в дальнейшем, при построениях аксонометрических проекций геометрических тел и моделей, используют свойство параллельного проецирования: проекции параллельных прямых параллельны между собой. Это существенно упрощает построения.

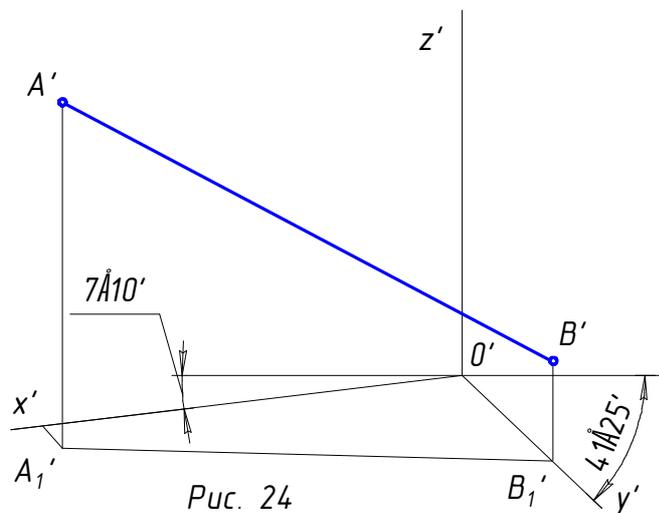
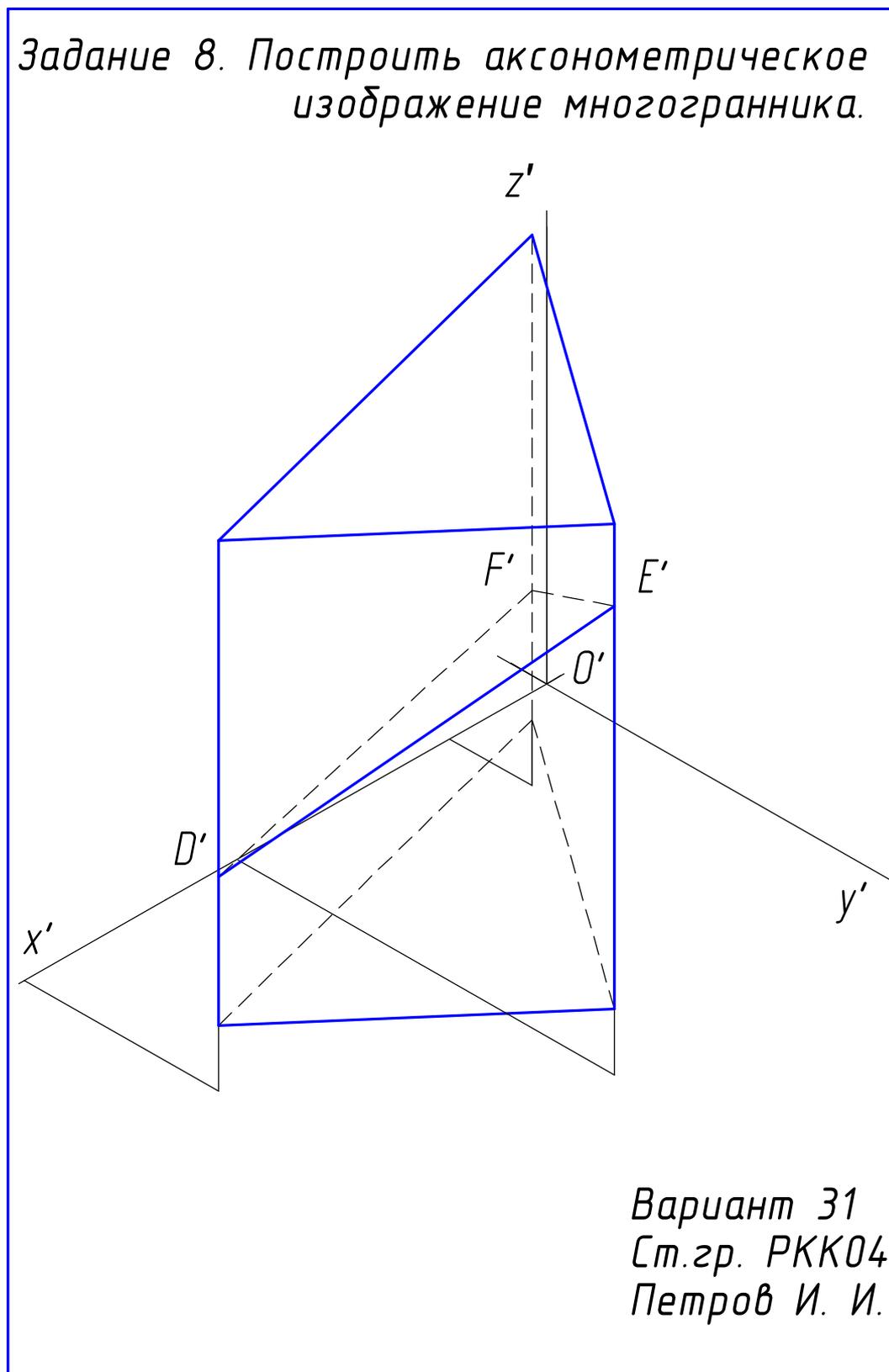


Рис. 24

Для стандартной прямоугольной диметрии, у которой  $u = w \cong 0,94$ ;  $v \cong 0,47$ , практические построения выполняют пользуясь приведенными коэффициентами искажения  $U = W = 1$  и  $V = 0,5$ . Построенное таким образом изображение будет больше самого предмета

в 1,06 раза. Расположение осей в диметрии показано на рис.24. Построение

отрезка АВ по приведенным выше координатам в прямоугольной диметрии проводят аналогично, но вдоль оси  $y'$  откладывают отрезки, равные половине их действительной величины. На рис. 25 приведен пример задания 8, выполненного в прямоугольной изометрии.



*Рис.25*

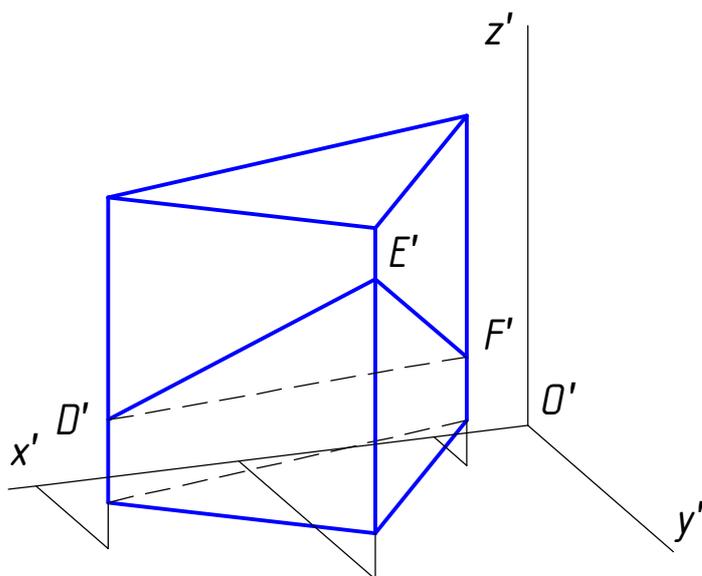


Рис. 26

На рис. 26 та же призма изображена в прямоугольной диметрии.

### ЗАДАНИЕ 9

Выполнить чертеж модели по ее описанию и нанести размеры.

*Целью задания является создание мысленного пространственного образа модели по словесному описанию путем последовательного наращивания изменений*

*в исходной форме и построение чертежа этой модели.*

Рассмотрим текстовое описание модели и сделаем необходимые комментарии.

Исходная форма – прямой круговой цилиндр длиной 100 мм и диаметрами оснований 80 мм. По вертикально расположенной оси цилиндра выполнено сквозное призматическое отверстие, основаниями которого являются правильные треугольники, вписанные в окружность  $\varnothing 64$  мм. Одна из граней призматического отверстия расположена справа от оси и занимает профильное положение.

Часть модели удалена посредством двух пересекающихся между собой под углом  $130^\circ$  плоскостей. Первая плоскость расположена между правой боковой гранью призмы и осью, параллельна этой грани и удалена от оси модели на 12 мм. Протяженность первой плоскости от верхнего основания модели до линии пересечения плоскостей – 45 мм. Вторая плоскость – фронтально-проецирующая – пересекает ось модели.

В направлении, перпендикулярном первой плоскости, вырезан сквозной, открытый со стороны верхнего основания, симметрично расположенный относительно плоскости симметрии модели, прямоугольный паз. Глубина его составляет 40 мм, ширина – 36 мм.

Выполнить разрез по плоскости симметрии модели.

Принятая в описании исходная форма модели легко ассоциируется с заготовкой детали. Представьте себе полый стальной стержень, с поперечным сечением в виде круга. Если этот стержень разрезать под прямым углом к его оси на мерные отрезки, то это и будут заготовки будущих деталей, очень похожие на исходную форму в задании. В дальнейшем на заводе заготовки подвергаются обработке путем удаления части материала до получения готовой детали.

Построение модели также проходит через несколько промежуточных этапов. При этом за основу выбирается исходная форма, а расположение

остальных элементов, составляющих модель, привязывается к ней посредством размеров.

Этапы следует выполнять строго в порядке их следования. Представим в пространстве исходную форму модели (рис. 27, а). Это прямой цилиндр,

а) Исходная форма

б) Вырез плоскостями

в) Создание паза

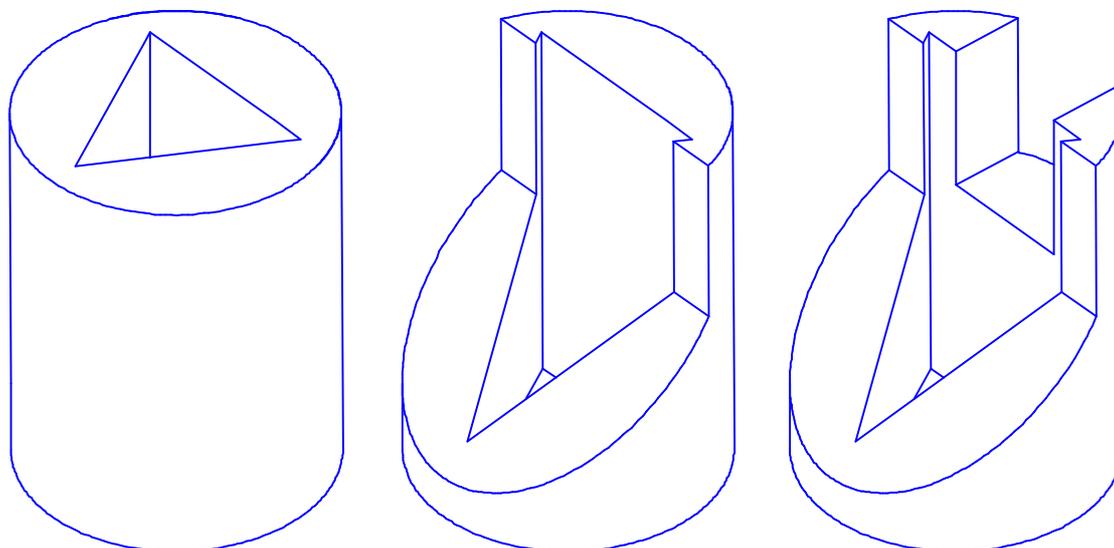


Рис. 27

соосно с которым выполнено треугольное призматическое отверстие. Расположение оси в пространстве – вертикальное. Призматическое отверстие также сориентировано по отношению к плоскостям проекций.

В соответствии с указаниями второго этапа, введем две пересекающиеся плоскости и удалим отсеченную ими часть модели (рис. 27, б). Первая плоскость, будучи параллельной боковой грани треугольной призмы, а, следовательно, и оси цилиндра, рассекает цилиндрическую поверхность по образующим (прямым линиям). В сечении двух боковых граней призмы также появятся прямые линии. Вместе с отрезками прямых, образовавшимися от пересечения первой плоскости с основанием модели и со второй секущей плоскостью, на модели образовались две прямоугольные площадки. Вторая плоскость, расположенная под углом к оси цилиндра, пересечет его по эллипсу (эллипс не полный, так как не все образующие цилиндра пересекаются плоскостью), а боковые грани призматического отверстия – по двум прямым.

На третьем этапе в модели необходимо прорезать сквозной, открытый в сторону верхнего основания, прямоугольный паз. Результат построения паза в верхней части модели показан на рис. 27, в.

Представив в общем виде форму модели, можно переходить к выполнению чертежа. Количество изображений модели выбираем из следующих соображений.

Для неискаженного показа призматического отверстия необходимо использовать два изображения: главный вид и вид сверху.

Для показа расположения секущих плоскостей относительно исходной формы модели, они должны занять проецирующее положение, что возмож-

но на фронтальной плоскости проекций.

Форму прямоугольного паза можно увидеть на той плоскости проекций, которой будут перпендикулярны все образующие его плоские отсеки. Две фронтальные и одна горизонтальная плоскости изобразятся в виде следов-проекции на профильной плоскости проекций. Таким образом, для чертежа модели необходимо назначить три изображения: спереди, сверху и

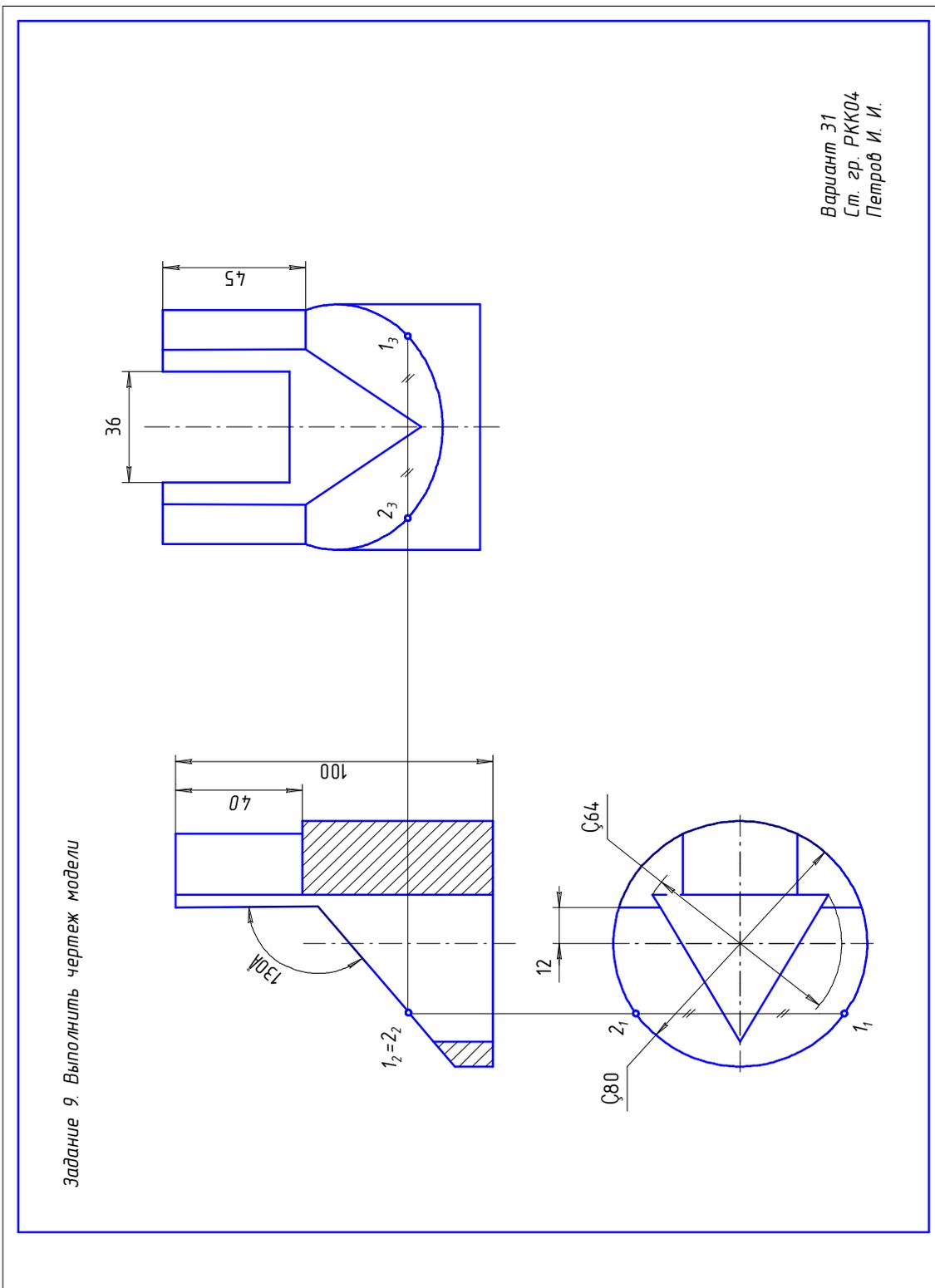


Рис. 28

слева (рис. 28).

Далее следует обычная в таких случаях задача: нахождение недостающих проекций линий пересечения. Если это прямая линия, для ее построения достаточно найти положение двух точек, если кривая – необходимо построить достаточно большое их количество и соединить затем плавной линией. Рассмотрим построение профильной проекции произвольной точки 1, принадлежащей эллипсу.

На плоскость проекций  $\Pi_2$  эллипс проецируется в виде прямой линии, совпадающей со следом-проекцией наклонной секущей плоскости, а на  $\Pi_1$  – в виде части окружности, в которую проецируется поверхность цилиндра. Выберем произвольную точку 1, задав ее проекциями  $1_2$  и  $1_1$ , лежащими на следах-проекциях цилиндра и плоскости, а так же на вертикальной линии связи. Через фронтальную проекцию  $1_2$  проведем горизонтальную линию связи и на ней, от оси симметрии вида слева, отложим глубину этой точки. Глубина точки взята на виде сверху и показана засечками.

Для того, чтобы показать на чертеже внутреннее строение модели, вид спереди заменим профильным разрезом. Секущая плоскость разреза проходит по плоскости симметрии модели, поэтому на чертеже положение секущей плоскости и разрез надписью не сопровождают.

## ЗАДАНИЕ 10

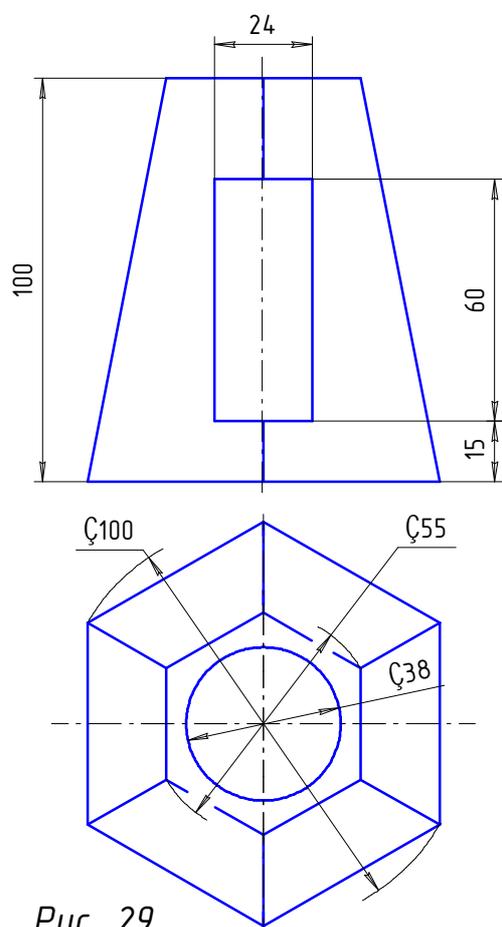


Рис. 29

Построить изображения модели на плоскостях проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  и ее аксонометрию. Отверстия и пазы сквозные. Выполнить необходимые разрезы и нанести размеры.

*Целью выполнения задания является развитие навыков построения чертежей моделей и их наглядных изображений.*

Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей проекций, которое используют для создания чертежей, и параллельное проецирование на одну плоскость проекций – для выполнения аксонометрических изображений, очень распространенные методы хранения графической информации. Они получили широкое признание из-за очевидных достоинств.

Чертеж предмета, состоящий из прямоугольных изображений на нескольких плоскостях проекций, позволяют передавать его форму и размеры точно и однозначно, но для его чтения необходима

специальная подготовка. Аксонометрические изображения очень наглядны, но предмет виден только с одного направления, некоторые элементы его формы не читаемы. В аксонометрии трудно проставлять размеры. Два этих метода в совокупности хорошо дополняют друг друга и часто используются совместно.

Рассмотрим чертеж задания представленный на рис. 29. Прямая шес-

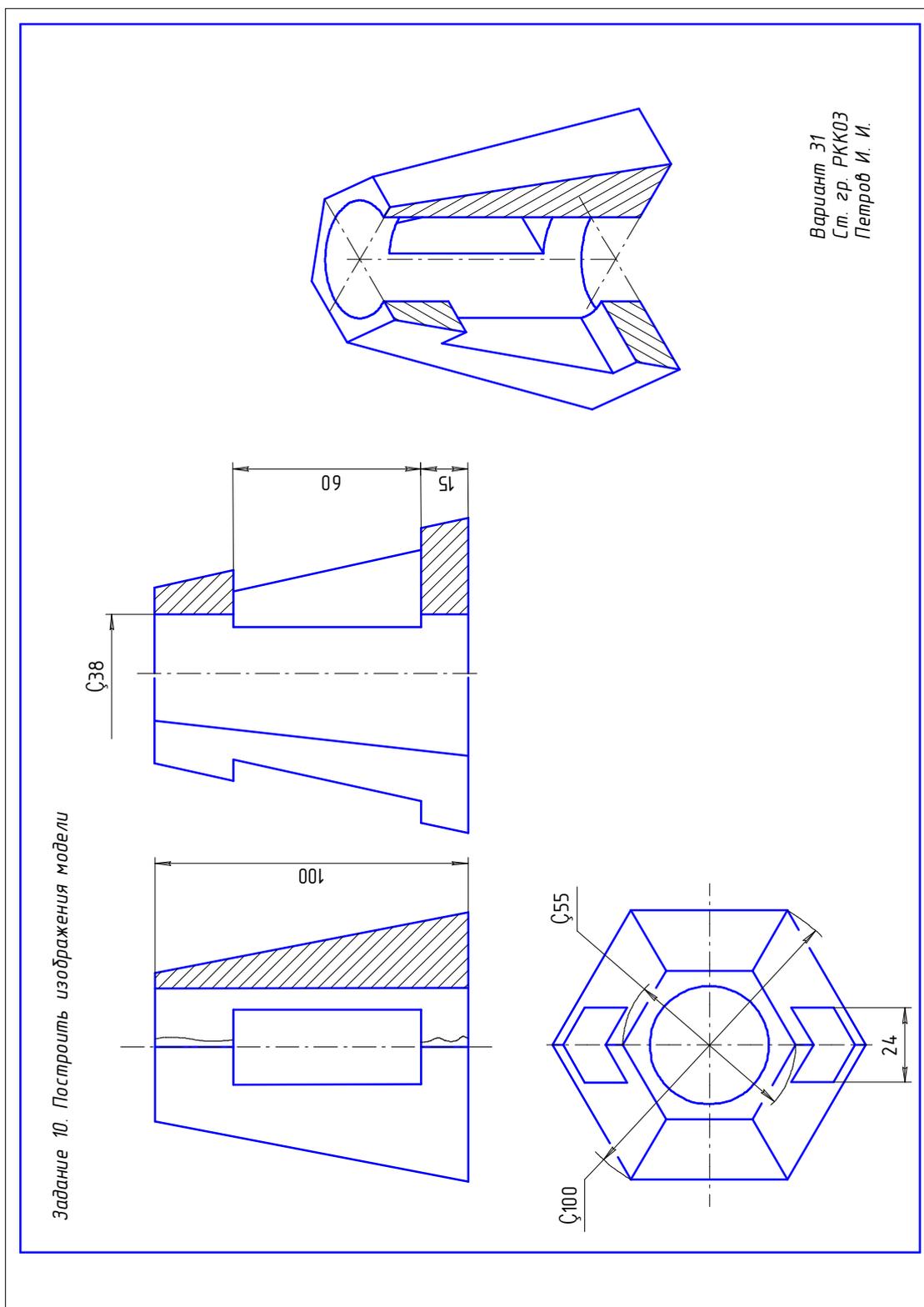


Рис. 30

тиугольная усеченная пирамида содержит цилиндрическое отверстие  $\varnothing 38$  мм, ось которого совпадает с вертикальной осью пирамиды, и сквозной призматический паз, расположенный перпендикулярно фронтальной плоскости проекций, в сечении которого лежит прямоугольник с размерами 24x60 мм. Графическое задание не полное, так как отверстие и паз содержат лишь по одному изображению.

Первоначально работу следует выполнить на черновике, но с применением чертежных инструментов и в масштабе 1:1.

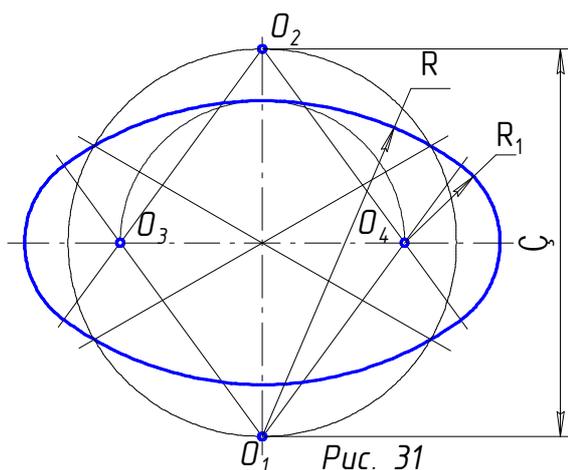
Не учитывая паза и отверстия, по размерам постройте изображения пирамиды, имеющиеся в задании. Затем, выбрав справа от главного вида расположение оси для нового изображения, постройте вида слева, используя высотные и глубинные координаты.

Вычертите, где необходимо при помощи невидимых линий, изображения цилиндрического отверстия.

Введение в состав модели призматического паза существенно изменит форму модели и потребует изменений на изображениях.

Последовательно рассмотрите пересечение плоскостей, составляющих этот паз, с плоскостями образующими поверхность пирамиды. Представьте мысленно, какие новые линии возникнут на поверхности модели. Каждую линию, полученную от пересечения, наносите сразу на всех изображениях. Только полностью закончив эти построения, перейдите к построению линий пересечения призматического отверстия с цилиндром.

Для показа внутреннего строения модели используйте разрезы. Количество разрезов в разных вариантах может различаться, так как их число зависит только от формы предмета. Правильно выполненный разрез не должен приводить к появлению линий, не существующих на модели. Образец задания представлен на рис. 30.



Для построения наглядного изображения модели используйте прямоугольную изометрию. Вырез четвертой части модели обязателен. Окружности в аксонометрии изображаются в виде эллипсов. При построениях эллипс часто заменяют овалом, очерченным дугами окружностей. На рис. 31 показан один из способов построения овала, для окружности, лежащей в горизонтальной плоскости проекций.

## ЗАДАНИЕ 11

Построить проекции линии пересечения поверхностей двух геометрических тел. Показать видимость и нанести размеры.

*Целью выполнения задания является приобретение умений находить элементы, общие для поверхностей двух геометрических тел.*

Приступая к выполнению задания, необходимо четко уяснить, что линия пересечения поверхностей двух геометрических тел всегда лежит на наружных поверхностях тел и никогда не находится внутри их. Ее форма зависит от того, какие поверхности участвуют в пересечении:

- при взаимном пересечении поверхностей многогранников возникает пространственная ломаная замкнутая линия, состоящая из участков прямых линий;
- при пересечении поверхности многогранника с поверхностью тела вращения появляется линия, состоящая из частей плоских кривых – окружностей, эллипсов, гипербол и т. п.;
- две поверхности вращения в результате взаимного пересечения дают кривую четвертого порядка.

Построение этих линий на чертежах однотипно – определяются точки, принадлежащие одновременно двум поверхностям. Полученные точки соединяются либо отрезками прямых, либо плавными кривыми. Важно, чтобы еще до начала построений в общих чертах представлять себе, какую линию пересечения следует ожидать. Это помогает избежать многих ошибок.

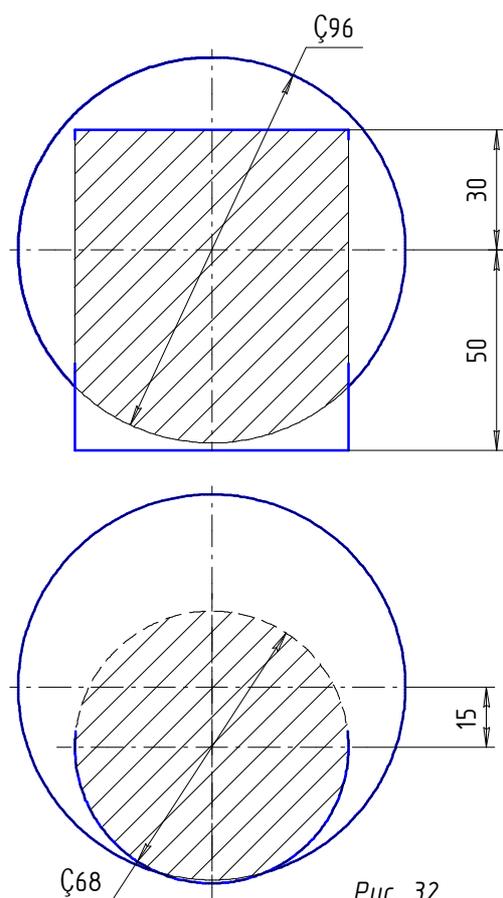


Рис. 32

Рассмотрим пример построения линии пересечения поверхностей двух геометрических тел (рис. 32). Заданы сфера  $\varnothing 96$  мм и прямой круговой цилиндр  $\varnothing 68$  мм с вертикальной осью и с горизонтальными основаниями высотой 80 мм.

Выделим зоны наложения проекций поверхностей на плоскостях проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  (на рисунке они заштрихованы). Проекция линии пересечения будут располагаться внутри этих зон или на их границах. За пределы границ выйти они не могут, так как принадлежат одновременно обеим поверхностям.

Анализируя расположение цилиндра по отношению к зонам наложения, можно сделать предварительный вывод о том, что в пересечении будут участвовать его боковая поверхность и верхнее основание.

Линия их пересечения, очевидно, будет состоять из двух частей: части окружности (плоская кривая), которая образуется от пересечения поверхности сферы с

плоскостью верхнего основания, и пространственной линии от пересечения боковой поверхности цилиндра со сферой.

Построим горизонтальную проекцию первой части линии пересечения (рис. 33). Ее фронтальная проекция на чертеже уже имеется: она совпадает со следом-проекцией верхнего основания цилиндра, занимающего горизон-

тальное положение.

Выделим фронтальную проекцию  $1_2$  точки 1, принадлежащую плоскости верхнего основания и лежащую на главном меридиане сферы (рис. 33).

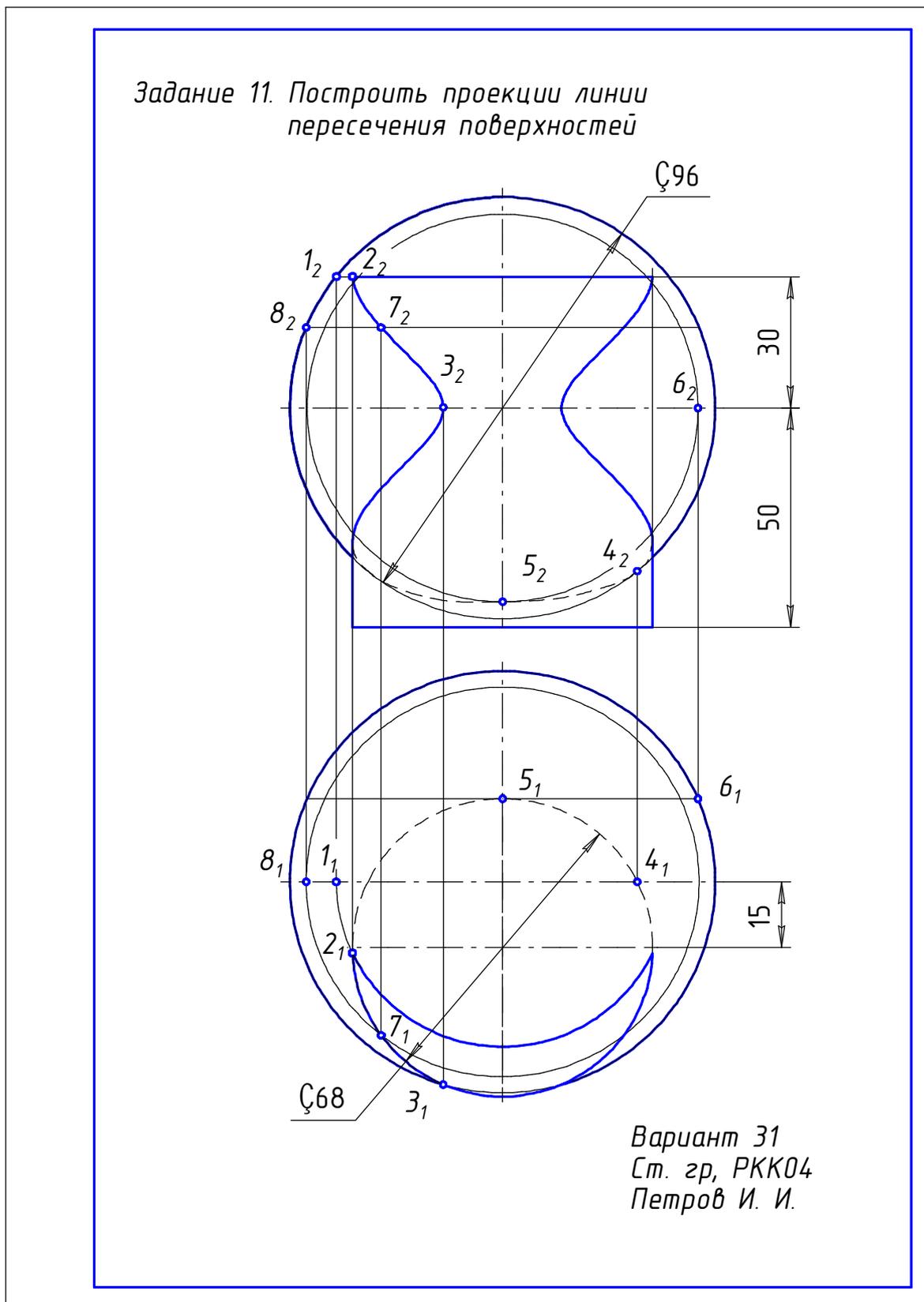


Рис. 33

Ее горизонтальная проекция определит радиус окружности линии пересечения на сфере и должна быть ограничена зоной наложения проекций на плоскости  $\Pi_1$ . Полученная точка 2 и точка ей симметричная, послужат началом пространственной кривой.

Горизонтальная проекция пространственной части кривой совпадает со следом-проекцией боковой поверхности цилиндра, так как последняя занимает горизонтально-проецирующее положение. Построение точек на кривой сводится к построению лишь их фронтальных проекций, используя принадлежность к поверхности сферы.

Вначале отметим характерную точку 3, лежащую на экваторе сферы, и точку 4 – на ее главном меридиане. Через горизонтальную проекцию  $5_1$  самой удаленной точки 5, на сфере проведем вспомогательную окружность и построим ее фронтальную проекцию, используя точку 6 на экваторе сферы. По линии проекционной связи найдем фронтальную проекцию  $5_2$  точки 5.

Построение любых промежуточных точек на кривой проследим на примере построения произвольной точки. На горизонтальной проекции линии пересечения в произвольном месте отметим точку 7. Эта точка лежит на окружности поверхности сферы. Проведем эту окружность и выделим вспомогательную точку 8 лежащую на главном меридиане сферы. Построим фронтальную проекцию окружности (горизонтальная линия) и на ней по линии связи отметим искомую фронтальную проекцию  $7_2$  точки 7.

После построения линии взаимного пересечения, геометрические тела рассматривают уже как единое целое – геометрическую модель.

Линии на поверхности одного геометрического тела, которые в результате пересечения оказались внутри второго (линии взаимного проникания), на чертеже не отмечаются, а сохраняются лишь как линии построения.

## ЗАДАНИЕ 12

По аксонометрическому изображению, масштаб которого 1:2, построить чертеж модели, используя изображения, выявляющие ее наружную и внутреннюю формы. Модель имеет две плоскости симметрии, отверстия и пазы сквозные. Нанести размеры. Выполнить неискаженное изображение наклонного сечения (положение секущей плоскости на выполненном чертеже задает преподаватель).

*Целью выполнения задания является развитие навыков построения чертежей моделей по их наглядным изображениям.*

Для выполнения задания необходимо:

- по аксонометрическому изображению представить форму модели и попытаться описать ее словами;
- выбрать совокупность изображений, которые могут однозначно передать графическую информацию о предмете;
- одно из изображений назначить главным.

Напомним, что количество изображений предмета должно быть минимальным, но достаточным для его изготовления. Коротко о критериях вы-

бора. Любой отсек плоскости, ограничивающий модель на чертеже должен быть показан дважды: один раз неискаженно (необходимо расположить параллельно плоскости проекций), а второй – в виде следа-проекции (необходимо расположить перпендикулярно плоскости проекций). Первое позволяет нанести размеры формы этого отсека, второе – размеры положения его относительно других элементов модели. При наличии в составе модели поверхностей вращения их оси следует располагать параллельно или перпендикулярно плоскостям проекций.

Для передачи формы и размеров модели следует привлекать изображения как реальные (основные и дополнительные виды), так и условные (разрезы и сечения). При назначении главного изображения (фронтальная проекция модели) следует помнить, что из всех изображений оно является самым информативным, а также должно способствовать компактному расположению изображений на поле чертежа.

На рис. 34 представлена прямоугольная изометрия модели.

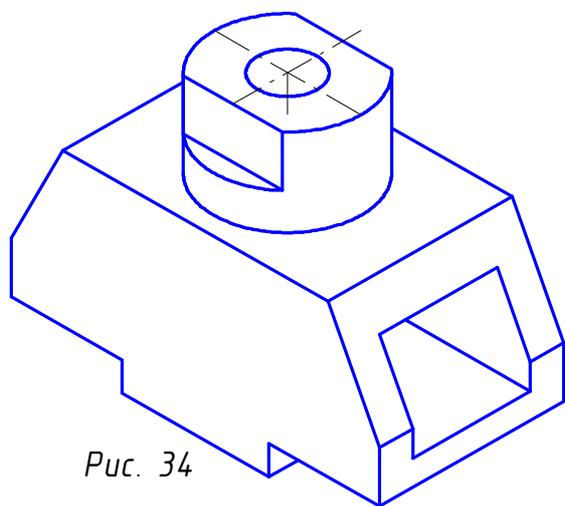


Рис. 34

Модель состоит из основания в виде прямоугольного параллелепипеда. С двух сторон сверху основание модели срезано двумя симметрично расположенными относительно поперечной плоскости симметрии наклонными плоскостями. Снизу в основании выполнено два прямоугольных уступа.

К верхней грани основания примыкает цилиндрический выступ, ось которого совпадает с линией пересечения плоскостей симметрии модели. Соосно с цилиндрическим выступом выполнено сквозное отверстие.

Верхняя часть цилиндрического выступа срезана двумя продольными плоскостями с образованием прямоугольных уступов.

В основании в продольном направлении выполнен сквозной паз, сечением которого является прямоугольник.

Для неискаженного показа на чертеже боковых граней параллелепипеда, требуются его изображения на трех плоскостях проекций, расположенных параллельно этим граням. На эти же плоскости проекций, но расположенные перпендикулярно парам боковых граней, последние будут изображаться в виде следов-проекций (рис. 35).

Поверхности соосных цилиндров так же изобразятся на трех плоскостях проекций. Такого количества изображений для прямых цилиндров излишне много, но избежать подобную избыточность трудно, так как она присуща самому методу прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций.

Для показа прямоугольного паза и сквозного внутреннего отверстия использованы фронтальный и профильный разрезы.

Грани, образовавшиеся в результате среза параллелепипеда наклонными плоскостями, на всех использованных плоскостях проекций изображаются искаженно, в том числе на  $\Pi_2$  – следами-проекциями. Однако, контуры плоских фигур, лежащие в этих плоскостях, образованы отрезками прямых особого положения, в результате чего прямые углы между ними не иска-

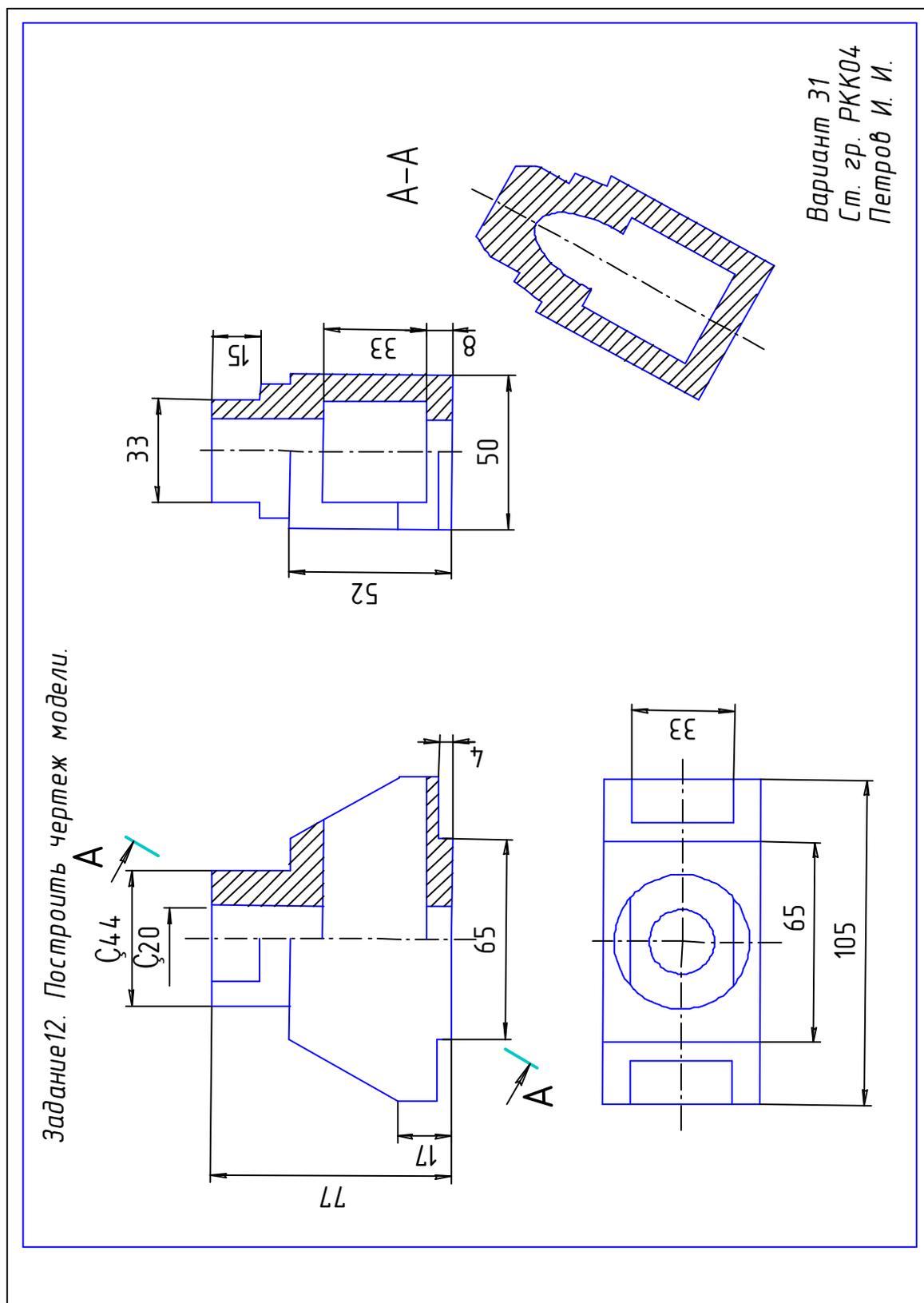


Рис. 35

жаются, что позволяет правильно оценить их форму и нанести необходимые размеры.

Размеры следует равномерно распределять на всех изображениях. Их количество постоянно, но наносить можно по-разному. К примеру, положение наклонной грани, о которой речь шла в предыдущем абзаце, можно задать не так, как на чертеже, а углом наклона ее к плоскости основания. На данном этапе изучения графики это не столь существенно, достаточно, если размеры будут поставлены в соответствии с формальными требованиями ГОСТ 2.307-68 и будет соблюдена их полнота.

Для построения истинной величины наклонного сечения обязательно требуется мысленное представление модели в пространстве. Построения выполняются на дополнительной плоскости проекций, расположенной параллельно секущей плоскости.

Это сечение проекционно не связано с другими изображениями модели. Такая разновидность сечений не требует введения осей проекций и линий связи, т. е. не затемняют чертеж, но может выполняться только после усвоения построений проекционно связанных сечений, так как все промежуточные операции здесь выполняются мысленно.

По положению секущей плоскости и форме модели представьте себе фигуру сечения. На фронтальной плоскости проекций она совпадает со следом-проекцией секущей плоскости, а на горизонтальной - большинство линий, составляющих сечение, будут совпадать со следами-проекциями плоскостей и поверхностей, расположенных перпендикулярно  $\Pi_1$ . Кроме этих линий, появятся и другие, например, отрезок профильно-проецирующей прямой в месте пересечения плоскостью основания модели. Если представить это на первых порах трудно, выделите и пронумеруйте характерные точки сечения.

Сечение будет иметь ось: это линия пересечения продольной плоскости симметрии секущей плоскостью. Ось сечения можно расположить на поле чертежа в любом удобном, с точки зрения компактности, месте. Она может располагаться либо параллельно следу секущей плоскости, либо горизонтально. В последнем случае, к обозначению сечения добавляют специальный знак  $\bar{\alpha}$ , равноценный слову “повернуто”. Расстояния между характерными точками сечения вдоль его оси следует измерять на следе секущей плоскости, а расстояния от оси сечения до точки на его контуре - на горизонтальной плоскости проекций (не забывайте, что рассматривается конкретный случай с фронтально-проецирующей секущей плоскостью). Это будет глубина точки, измеренная относительно продольной плоскости симметрии модели.

#### Список литературных источников

1. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник /В. Є. Михайленко, В. М. Найдиш, А. М. Підкоритов, І. А. Скидан; за ред. В. Є. Михайленка. – Київ.: Вища школа, 2001. – 350 с.: іл.
2. Общие правила выполнения чертежей. Единая система конструктор-

ской документации: Сборник. – Изд. офиц. – М: Издательство стандартов, 1988г. – 276 с.

3. Методическое пособие «Основные положения ГОСТов ЕСКД, применяемые при выполнении графической части студенческих работ» /Сост.: В. М. Пристром, О. А. Малышко. – Донецк: ДонНТУ, 2002.