

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области природопользования и лесного хозяйства
в качестве учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по техническим специальностям*

Минск 2024

УДК [744+004.92](075.8)
ББК 30.11+32.97я73
И62

А в т о р ы:

*В. А. Бобрович, Б. В. Войтеховский, А. А. Гарабажиу,
А. Л. Калтыгин, С. В. Ращупкин, С. Э. Бобровский*

Рецензенты:

кафедра «Инновационные процессы» филиала БНТУ «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ»
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *С. С. Карнович*);
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерная графика машиностроительного профиля» БНТУ *Ю. А. Ким*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Инженерная и машинная графика : учеб.-метод. пособие для самостоятельной работы студентов по техническим специальностям / В. А. Бобрович [и др.]. – Минск : БГТУ, 2024. – 51 с.
ISBN 978-985-897-168-7.

В учебно-методическом пособии в соответствии с учебной программой по дисциплине «Инженерная и машинная графика» представлены методические указания по выполнению расчетно-графических работ, краткие теоретические материалы и варианты индивидуальных заданий. По каждому заданию приведены примеры графического решения геометрических задач и чертежи с образцами выполнения индивидуальных графических работ.

УДК [744+004.92](075.8)
ББК 30.11+32.97я73

ISBN 978-985-897-168-7

© УО «Белорусский государственный технологический университет», 2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

Инженерная графика относится к числу базовых общетехнических дисциплин. Она изучает законы построения плоских изображений (чертежей) пространственных форм различных объектов. Теоретической основой инженерной графики является начертательная геометрия, в основе которой лежат методы ортогонального проецирования как отдельных элементарных геометрических объектов, так и довольно сложных взаимно пересекающихся геометрических тел различной формы. Студент должен обладать достаточным уровнем знаний и умений, чтобы грамотно отображать эти объекты на чертеже. Для успешного усвоения учебного материала по начертательной геометрии большое значение имеют индивидуальные расчетно-графические работы, выполнение которых способствует развитию пространственного воображения, умению читать и создавать чертежи, а также подготавливает будущего инженера к освоению других инженерных дисциплин на специальных кафедрах.

Программой дисциплины «Инженерная и машинная графика» для студентов специальностей 6-05 0711-01 «Производство изделий из композиционных материалов», 6-05 0714-07 «Печатные цифровые системы и комплексы», 6-05 0722-03 «Технологические машины и оборудование», 6-05 0821-03 «Сервис и инжиниринг лесных машин и оборудования» предусмотрено выполнение трех расчетно-графических работ (РГР).

Первая РГР содержит три задачи на определение линии пересечения плоскостей, нахождение натуральных величин элементов геометрических фигур с применением способов перемены плоскостей, плоскопараллельного перемещения, вращения вокруг проецирующей линии.

Вторая РГР включает задачу на построение ортогональных проекций геометрических фигур, пересеченных плоскостями частного положения. Здесь же необходимо построить аксонометрическую проекцию фигуры и развертку ее боковой поверхности.

Третья РГР содержит задачу на построение трех ортогональных проекций линии пересечения геометрического тела с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями различной формы (двойное проницание).

Ограниченное количество учебных часов, отведенных на изучение начертательной геометрии, не позволяет достаточно полно рассматривать эти графические задания в аудитории. Кроме того, в существующей учебно-методической литературе некоторые теоретические вопросы и способы построения ортогональных проекций различных объектов, используемые для выполнения РГР, раскрываются очень сжато, что затрудняет изучение материала и работу над заданиями.

В данном издании приведены краткие теоретические сведения по основным темам начертательной геометрии, которые используются в РГР, индивидуальные варианты и примеры выполнения заданий.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

К выполнению задач каждой расчетно-графической работы студент приступает после изучения соответствующих разделов дисциплины. Теоретические сведения, а также система обозначений, которые используются в пособии, приведены в учебных пособиях [1] и [2]. При графическом решении задач следует применять такой метод, который приводит к получению результата наиболее рациональным путем, с наименьшим количеством построений. Проекционные и метрические задачи по начертательной геометрии подробно рассмотрены в изданиях [3] и [4].

Все задания выполняются карандашом на листах чертежной бумаги формата А3 размером 297×420 мм по ГОСТ 2.301–68 «Форматы». Основная надпись заполняется по форме 1 в соответствии с ГОСТ 2.104–68 «Основные надписи». Пример оформления основной надписи приведен на рис. 1. Чертежи выполняются в масштабе 1 : 1; толщина и типы линии принимаются в соответствии с ГОСТ 2.303–68 «Линии». Линии и надписи на чертежах должны быть четкими, ровными и аккуратными. Все построения производятся только с помощью чертежных инструментов. Обводка линий от руки не допускается. Все вспомогательные построения выполняются в тонких линиях и должны быть сохранены. Заполнение основной надписи и все буквенные и цифровые обозначения на чертеже выполняются от руки стандартным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертежные».

				БГТУ.010203.001		
				Расчетно-графическая работа		
				1к.2гр. ЛИД		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов					
Проб.				Лист	Листов	
Утв.						

№ темы *№ группы* *№ варианта* *№ задачи*

Рис. 1

Каждая РГР сопровождается титульным листом по форме, приведенной в прил. 1. Титульный лист имеет формат А3. В натуральную величину его можно скачать на сайте университета belstu.by: Факультеты / Факультет информационных технологий / Кафедра инженерной графики / Студентам. Прямая ссылка: <https://belstu.by/userfolder/Кафедра%20инженерной%20графики/titulnik-k-rgz.jpg>.

Вариант задания соответствует номеру фамилии студента в учебном журнале группы. Защищенные расчетно-графические работы предоставляются в конце семестра преподавателю при сдаче зачета.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Задача 1. Построить линию пересечения треугольников ABC и EDK и показать их видимость на проекциях.

Методические указания. Данные по вариантам выбираются из табл. 1. Задача решается в двух ортогональных проекциях: горизонтальной и фронтальной на листе формата А3. Плоские фигуры треугольников принимаются непрозрачными. Координаты вершин треугольников указываются на чертеже в отдельной таблице.

Таблица 1

Данные к задаче 1 (размеры даны в миллиметрах)

Номер варианта	A			B			C			D			E			K		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	115	10	75	50	75	10	0	45	65	135	35	5	70	85	90	15	0	35
2	20	10	70	80	80	5	135	50	66	65	85	90	0	35	0	120	0	30
3	115	10	80	50	80	10	0	50	75	70	85	100	135	35	10	15	0	40
4	120	80	10	50	15	80	0	70	50	70	100	85	135	10	35	15	40	0
5	115	80	10	50	15	80	0	80	45	130	10	35	10	40	0	65	90	80
6	20	75	10	80	100	5	135	20	50	120	35	0	0	5	35	70	90	85
7	20	20	75	80	100	5	135	30	40	65	0	0	0	90	50	120	60	85
8	20	75	20	85	5	85	135	40	20	65	20	0	0	50	90	120	85	50
9	115	10	25	50	80	95	0	50	30	70	85	5	135	35	95	15	0	65
10	20	10	30	85	80	100	135	50	40	65	85	10	0	35	100	120	0	70
11	130	5	20	0	5	70	50	70	10	30	0	10	130	50	45	75	70	70
12	130	20	20	60	0	70	30	75	10	0	5	15	135	35	30	110	75	75
13	120	15	20	40	0	80	20	55	20	0	10	25	130	25	35	90	55	70
14	125	80	5	80	10	80	15	20	5	130	30	35	25	60	60	0	5	15
15	125	10	10	0	10	60	50	70	0	130	50	35	75	70	60	30	0	0
16	110	65	25	90	10	80	20	20	15	135	35	45	30	60	70	0	5	25
17	130	5	15	0	10	65	50	70	5	30	0	5	130	50	35	75	75	65
18	130	15	15	0	15	65	50	80	5	30	10	5	130	30	30	75	80	75
19	0	10	80	50	75	20	130	10	30	30	5	20	135	55	50	75	75	80
20	115	10	80	50	75	15	0	45	70	70	85	100	135	35	10	15	0	40
21	120	10	80	50	80	10	0	50	75	70	85	100	135	35	10	15	0	35
22	135	0	0	50	10	80	0	100	50	70	100	85	135	10	35	15	40	0
23	120	35	30	0	25	80	50	90	20	30	20	20	75	90	80	130	70	55
24	0	30	20	115	75	20	100	20	80	115	25	10	5	50	55	65	80	80
25	50	90	0	125	30	10	0	25	65	30	20	0	75	90	60	130	70	35
26	20	30	10	110	85	20	90	20	75	135	45	40	35	80	75	0	10	20
27	125	65	25	80	10	65	20	25	20	135	5	30	40	80	65	0	35	35
28	90	10	90	15	20	25	110	80	25	130	35	55	30	70	90	0	5	30
29	110	50	60	50	0	80	10	60	30	135	35	70	25	15	10	0	80	70
30	0	0	80	50	80	15	130	15	35	30	10	15	130	50	50	70	70	80
31	115	20	70	40	60	10	0	40	60	60	80	90	120	40	30	15	0	20
32	120	15	90	40	70	15	0	45	70	60	70	100	130	45	30	15	20	30

Основные теоретические сведения к задаче 1. Две плоскости пересекаются по прямой линии. Для построения линии пересечения необходимо определить две точки, принадлежащие одновременно двум плоскостям.

Чтобы построить линию пересечения заданных треугольников ABC и EDK , применяют способ определения точки пересечения прямой с плоскостью. При этом один треугольник рассматривается как плоскость, а во втором для дальнейших построений выбираются две стороны как прямые, пересекающие плоскость первого треугольника. Задача в этом случае сводится к определению, например, точек пересечения M и N сторон AB и CB треугольника ABC с плоскостью треугольника EDK (рис. 2).

Сущность способа по определению точки пересечения прямой с плоскостью заключается в следующем: а) через данную прямую провести вспомогательную проецирующую плоскость; б) построить линию пересечения вспомогательной плоскости с заданной; в) найти точку пересечения построенной линии с заданной прямой. Эта точка и будет искомой.

Чтобы построить точку M (проекции M' , M'') пересечения прямой AB с плоскостью треугольника EDK (рис. 2), проводим через заданную прямую AB вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость α (фронтальная проекция α''). Строим линию пересечения плоскости α с треугольником EDK . Фронтальная проекция линии пересечения совпадает с фронтальным следом плоскости α'' и определяется точками $1''$ и $2''$, лежащими на сторонах $E''D''$ и $E''K''$.

По линиям проекционной связи исходя из условия принадлежности точек сторонам треугольника находим горизонтальную проекцию линии пересечения плоскости α с треугольником EDK – точки $1'$ и $2'$. Горизонтальная проекция линии пересечения $1'2'$ пересекает горизонтальную проекцию $A'B'$ в точке M' , которая и будет горизонтальной проекцией точки M пересечения прямой AB с плоскостью треугольника EDK . Фронтальная проекция M'' определяется по линии проекционной связи на фронтальной проекции $A''B''$.

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

Так как плоскости треугольников являются непрозрачными и пересекаются, то необходимо определить видимость частей этих треугольников на плоскостях проекций относительно линии пересечения. Видимость проекций сторон треугольников определяется с помощью конкурирующих точек. Конкурирующими называются точки, лежащие на одной (общей) линии проекционной связи и проецирующиеся в одну точку на плоскости проекций.

Определим относительную видимость, например, прямой AB и треугольника EDK на фронтальной плоскости проекций. Проанализируем взаимное положение стороны AB треугольника ABC и стороны ED треугольника EDK (рис. 2). Это две скрещивающиеся в пространстве прямые. Точка пересечения фронтальных проекций $A''B''$ и $E''D''$ является проекцией двух конкурирующих точек 1 и 5, лежащих на одной линии проекционной связи к фронтальной плоскости проекций.

	A	B	C	D	E	K
X	150	20	90	60	165	0
Y	60	90	12	90	75	30
Z	30	5	100	70	0	25

$20 \times 7 = 14.0$

Построить линию пересечения плоскостей.

БГТУ.010203.001		БГТУ.010203.001	
Изд. № подл.	Изд. № дораб.	Лист	Масштаб
Взам. инд. №	Инд. № дораб.	Рассчитано-графическая работа №01	1:1
Листов в объеме	Листов дораб.	Лист	Листов
			1

Рис. 2

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

Теперь определим относительную видимость горизонтальных проекций прямой AB и треугольника EDK . Возьмем две скрещивающиеся прямые AB и EK (рис. 2). Видимость горизонтальных проекций этих прямых определяется исходя из видимости конкурирующих точек 6, которая принадлежит прямой AB , и 7, принадлежащей прямой EK . Сравнивая фронтальные проекции этих точек, отмечаем, что проекция точки 6'', принадлежащей прямой AB , располагается выше проекции точки 7''. Из этого следует, что на горизонтальной плоскости проекций π_1 проекция $A'B'$ накрывает проекцию $E'K'$ и на участке от точки A (проекция A') до точки M (проекция M') проекция прямой $A'B'$ будет видимой.

Аналогично определяем взаимную видимость стороны CB и треугольника EDK .

Готовый чертеж с условием задачи и ее решением должен быть оформлен так, как показано на рис. 2. Все вспомогательные линии и обозначения необходимо сохранить. Координаты вершин треугольников своего варианта приводятся на чертеже в таблице.

Задача 2. Даны координаты вершин пирамиды $SABC$. Определить: а) кратчайшее расстояние между ребрами SA и BC ; б) величину двугранного угла γ при ребре AB .

Методические указания. Все построения выполняются на листе чертежной бумаги формата А3. Исходные данные выбираются по вариантам из табл. 2.

Таблица 2

Данные к задачам 2 и 3 (размеры даны в миллиметрах)

Номер варианта	S			A			B			C			Задание на определение угла наклона ΔABC к плоскостям проекций, α или β
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
1	75	60	55	45	0	55	5	45	10	70	15	0	α
2	70	65	50	50	0	50	10	45	10	75	15	0	α
3	35	50	0	65	5	20	10	15	0	0	55	30	α
4	65	45	0	75	0	20	5	15	10	55	30	50	α
5	55	10	55	35	60	40	5	25	15	60	30	10	α
6	65	10	10	45	15	45	0	5	15	60	65	0	β
7	15	0	15	85	20	10	50	0	70	5	45	40	β
8	70	70	55	40	10	55	0	55	10	65	25	0	β
9	20	45	50	10	10	20	55	10	50	80	60	0	β
10	75	50	5	80	15	50	40	0	0	15	45	20	β
11	60	10	20	45	15	55	0	5	25	60	60	10	α
12	75	25	55	45	65	25	0	10	65	60	10	25	α
13	60	40	35	75	20	0	30	10	50	10	45	20	α
14	75	25	20	45	25	50	0	15	15	60	70	25	α
15	60	45	60	75	25	5	30	15	55	10	50	25	α

Номер варианта	S			A			B			C			Задание на определение угла наклона $\triangle ABC$ к плоскостям проекций, α или β
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
16	75	20	15	60	60	25	45	5	65	5	5	25	α
17	65	5	20	50	10	55	5	0	25	65	55	10	β
18	20	50	45	10	20	10	55	50	10	80	0	60	β
19	65	5	40	75	25	0	5	15	15	55	55	30	β
20	70	45	5	80	0	25	10	15	15	60	30	55	β
21	65	50	60	45	55	0	5	10	40	70	0	10	α
22	35	5	80	65	20	0	0	60	50	10	0	10	α
23	60	20	10	45	55	15	0	25	5	60	10	60	α
24	75	25	5	60	65	15	45	10	55	5	10	15	α
25	65	20	10	50	55	15	5	25	5	65	10	60	α
26	75	10	25	60	20	65	45	60	10	5	20	10	β
27	75	15	20	60	25	60	45	65	55	5	25	5	β
28	55	50	10	35	35	60	5	60	25	60	5	30	β
29	65	65	55	45	5	55	5	45	10	70	15	0	β
30	75	65	55	45	5	55	5	50	10	70	20	0	β
31	65	15	30	40	10	50	0	35	20	30	50	10	α
32	70	40	35	45	5	60	30	55	5	10	35	15	α

Условие задачи строится по заданным координатам на двух ортогональных проекциях: горизонтальной и фронтальной. Исходное условие строится дважды – отдельно для задачи 2а (левая половина листа формата А3) и задачи 2б (правая половина листа). В обоих случаях задача решается методом перемены плоскостей проекций. Расстояния для построения новых плоскостей проекций при решении задач выбираются произвольно, но так, чтобы новые объекты свободно располагались на своей половине листа и не пересекали соседние.

Основные теоретические сведения к задаче 2а. Ребра SA и BC пирамиды $SABC$ (рис. 3) представляют собой две скрещивающиеся прямые. Кратчайшее расстояние между ними определяется величиной перпендикуляра к заданным прямым. Если одна из скрещивающихся прямых расположена перпендикулярно какой-либо плоскости проекций (проецируется в точку), то этот перпендикуляр будет параллелен той же плоскости проекций и спроецируется на нее без искажения. В общем случае, когда каждая из рассматриваемых скрещивающихся прямых не параллельна ни одной из плоскостей проекций, задача сводится к дополнительному преобразованию чертежа, в результате чего одна из прямых преобразуется в проецирующую, т. е. в точку.

На рис. 3 приведено графическое решение задачи по определению кратчайшего расстояния между ребрами SA и BC , представляющими собой отрезки прямых. Искомая величина расстояния получена посредством двойной перемены плоскостей проекций. В результате первой перемены плоскостей прямые SA и BC будут спроецированы на новую вертикальную плоскость π_4 , параллельную прямой BC . После второй перемены плоскостей прямые SA и BC

будут спроецированы на новую горизонтальную плоскость π_5 , перпендикулярную прямой BC . Здесь прямая BC спроецируется в точку $B^V \equiv C^V$, а перпендикуляр $M^V N^V$, опущенный из этой точки на проекцию $S^V A^V$, будет определять действительную величину расстояния между прямыми SA и BC . Прямой угол между $S^V A^V$ и перпендикуляром $M^V N^V$ проецируется без искажений.

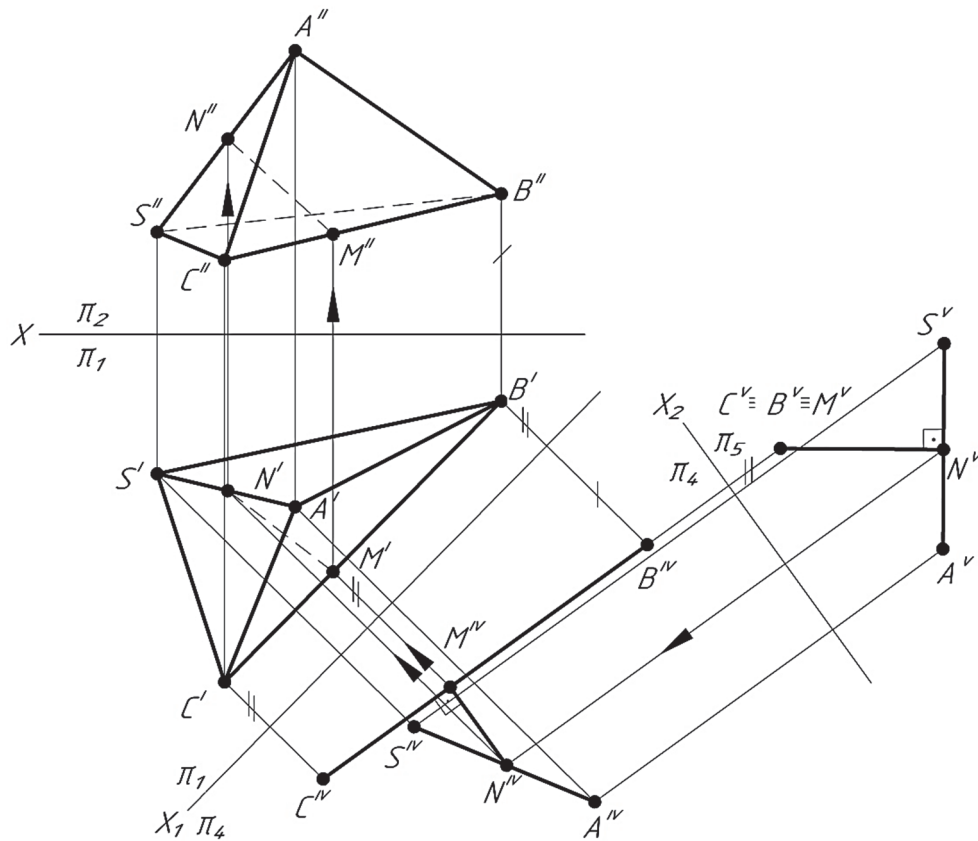


Рис. 3

Проекции отрезка MN на плоскостях π_4 , π_1 и π_2 определяются с помощью проекционных линий связи, которые проводятся последовательно в обратном порядке, начиная от точек M^V и N^V . Точка M^{IV} находится в пересечении перпендикуляра, опущенного из точки N^{IV} к отрезку $B^{IV}C^{IV}$. Направление обратного проецирования точек M и N показано стрелками на линиях проекционной связи.

Основные теоретические сведения к задаче 2б. При решении задачи по определению действительной величины двухгранного угла следует исходить из того, что угол между двумя

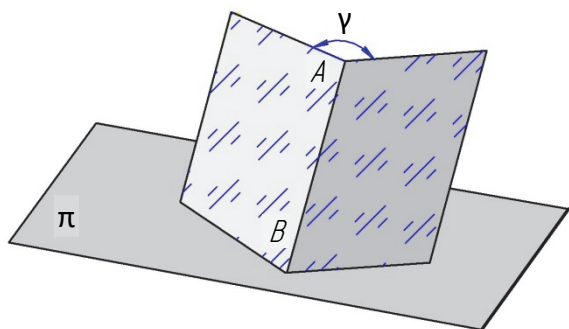


Рис. 4

плоскостями измеряется линейным углом γ , спроецированным на плоскость π , перпендикулярную общему ребру AB (рис. 4).

Для того чтобы привести решение задачи к виду, показанному на рис. 4, необходимо произвести дополнительные преобразования плоскостей проекций вместе с проекциями пирамиды.

На рис. 5 показано решение задачи по определению величины двугранного угла, образованного гранями SAB и CAB при ребре AB методом последовательной перемены плоскостей проекций. При этом исходная система, состоящая из ортогональных плоскостей π_1 и π_2 , преобразуется в новую, состоящую из плоскостей проекций π_4 и π_5 , на которой отрезок AB будет занимать положение проецирующего, т. е. перпендикулярно плоскости π_5 , а смежные грани будут представлять собой отрезки прямых.

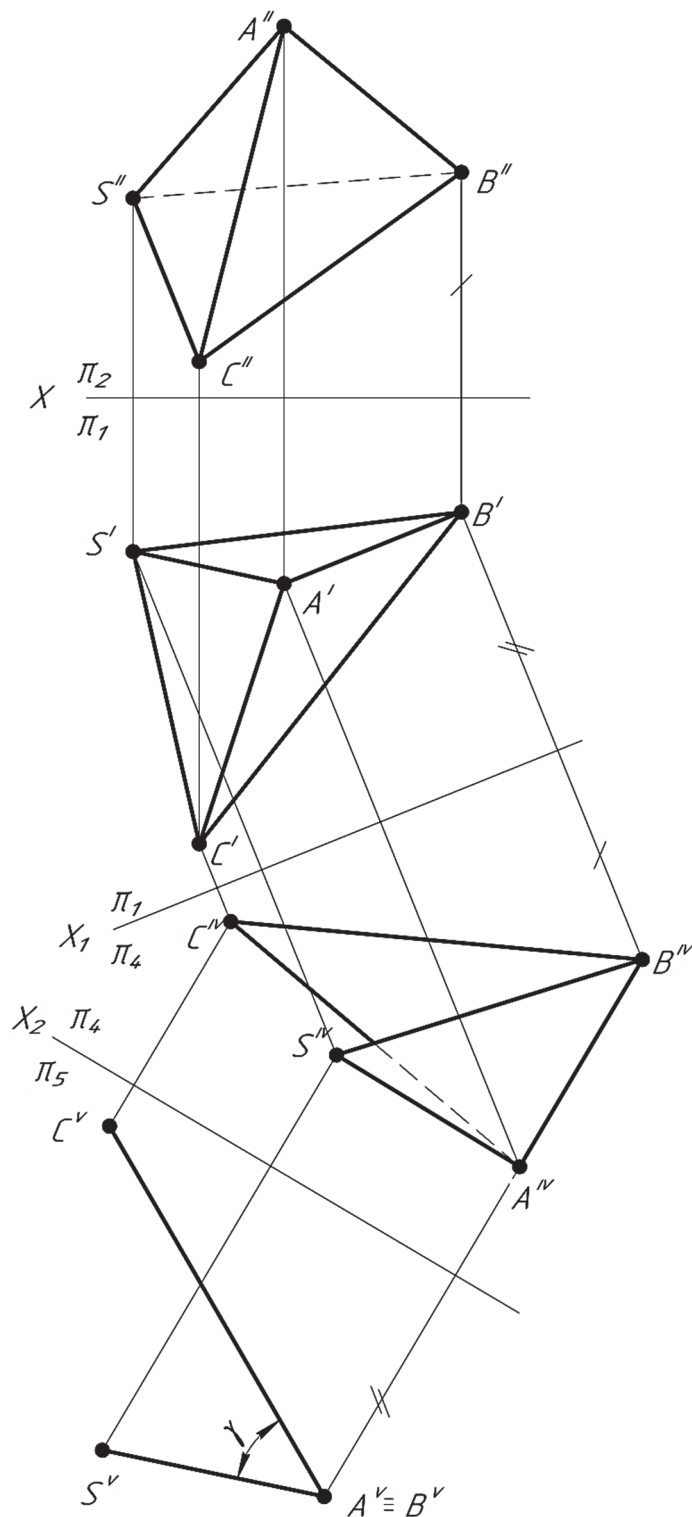


Рис. 5

Для графического решения этой задачи на свободном поле чертежа по заданным координатам строится второй раз исходное условие – горизонтальная и фронтальная проекции пирамиды. После этого показывается замена плоскости π_2 на π_4 , параллельную отрезку AB , затем выполняется замена плоскости π_1 на π_5 , перпендикулярную этому же отрезку AB . В результате ребро AB спроецируется на плоскость π_5 в виде точки ($A^V \equiv B^V$), а грани SAB и SAC будут представлять собой две прямые линии $A^V C^V$ и $A^V S^V$. Угол γ между этими прямыми и определяет действительную величину искомого двугранного угла (рис. 5).

Задача 3. Даны координаты вершин пирамиды $SABC$, те же, что и для задачи 2 (табл. 2). Определить: а) расстояние от вершины S до плоскости основания ABC ; б) угол наклона основания ABC к одной из плоскостей проекций (угол α или β в зависимости от варианта задания в табл. 2); в) действительную (натуральную) величину основания ABC .

Методические указания. Все построения выполняются на листе чертежной бумаги формата А3. Данные для построений выбираются по вариантам из табл. 2. Условие задачи строится по заданным координатам на двух ортогональных проекциях: горизонтальной и фронтальной. Искомый угол наклона основания ABC к горизонтальной плоскости проекций обозначен греческой буквой α , к фронтальной плоскости проекций – β . Задача решается методом плоскопараллельного перемещения и вращением вокруг проецирующих прямых [2].

Основные теоретические сведения к задаче 3. Расстояние от точки до плоскости определяется величиной перпендикуляра, опущенного из этой точки на плоскость. План графического решения этой задачи в общем виде следующий: 1) из вершины пирамиды S (рис. 6) построить перпендикуляр на плоскость основания ABC ; 2) определить точку K пересечения этого перпендикуляра с плоскостью основания ABC ; 3) определить действительную величину отрезка SK .

Во всех вариантах задания пирамида занимает общее положение, т. е. не перпендикулярна и не параллельна ни одной из плоскостей проекций, поэтому проекции составных частей ее будут искажены. Решение задачи значительно упрощается, если выполнить преобразование плоскостей проекций таким образом, чтобы плоскость основания пирамиды заняла проецирующее положение по отношению к одной из плоскостей проекций.

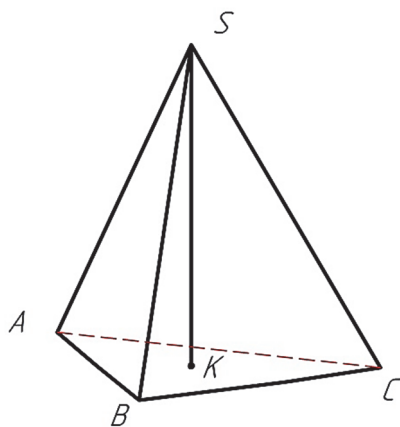


Рис. 6

В этом случае перпендикуляр к плоскости основания спроецируется без искажения на ту плоскость проекций, относительно которой плоскость основания является проецирующей.

Отсюда следует, что для решения задачи нужно преобразовать плоскость основания пирамиды, занимающую произвольное положение в пространстве, в проецирующую. При этом появляется возможность определить еще и угол наклона плоскости основания к одной из плоскостей проекций в соответствии с условием

задачи. Если основание занимает фронтально-проецирующее положение, то определяется угол α – угол наклона к горизонтальной плоскости проекций; если же основание занимает горизонтально-проецирующее положение, то определяется угол β – угол наклона к фронтальной плоскости проекций.

Таким образом, решение задачи может идти по двум направлениям. Рассмотрим первое направление – определим расстояние от точки S до плоскости основания ABC при условии определения угла наклона α плоскости основания к горизонтальной плоскости проекций (рис. 7). Буквами Н.В. на рис. 7 обозначены натуральные величины объектов.

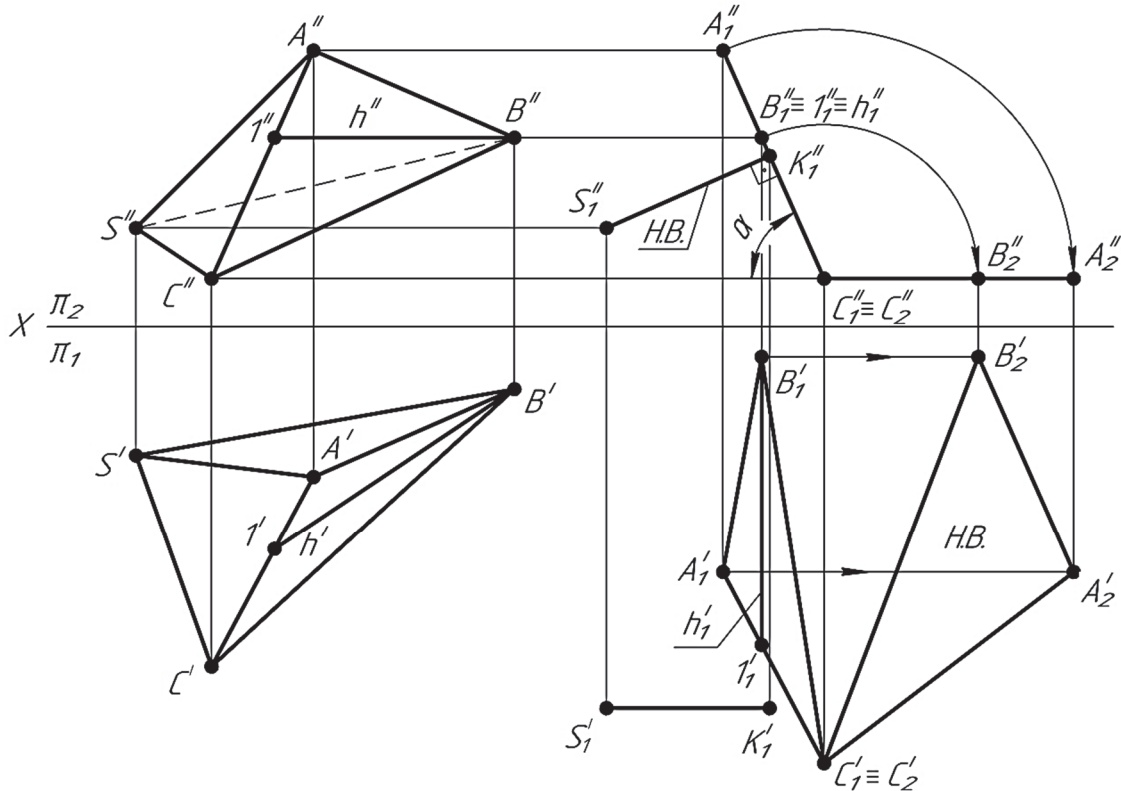


Рис. 7

Плоскость основания ABC методом плоскопараллельного перемещения переводим в положение фронтально-проецирующей плоскости, обозначенной на рис. 7 как $A''_1B''_1C''_1$. Для этого сначала проводим в плоскости треугольника ABC из вершины B горизонталь h (проекции h' , h''). Далее продлеваем ось X вправо, выбираем вдоль ее на горизонтальной плоскости проекций произвольную точку и перпендикулярно этой оси проводим отрезок $B'_1l'_1$, равный по длине горизонтальной проекции горизонтали h' . Относительно этой горизонтали достраиваем методом засечек (с помощью циркуля) новое положение горизонтальной проекции треугольника $A'_1B'_1C'_1$ основания. Перемещаем также в новое положение S'_1 и горизонтальную проекцию вершины пирамиды S , привязав ее к сторонам горизонтальной проекции треугольника $A'B'C'$. Ребра AS , BS и CS после преобразований можно не показывать. Затем с помощью линий проекционной связи определим новые фронтальные проекции треугольника $A''_1B''_1C''_1$ и точки S''_1 , полученные после перемещения. Как видно на рис. 7,

фронтальная проекция $A''_1B''_1C''_1$ отобразится на чертеже в виде отрезка прямой, т. е. будет расположена перпендикулярно фронтальной плоскости проекций.

Перпендикуляр $S''_1K''_1$, опущенный из точки S''_1 на вырожденную в отрезок фронтальную проекцию треугольника $A''_1B''_1C''_1$, определяет искомое расстояние от вершины пирамиды S до плоскости основания ABC .

Следующий параметр, который необходимо определить в соответствии с условием задачи, – это угол между плоскостью основания пирамиды и горизонтальной плоскостью проекций. Дополнительные построения не нужны. Угол между вырожденной фронтальной проекцией $A''_1B''_1C''_1$ и горизонтальной линией, проведенной на рис. 7 через точку C''_1 параллельно оси X , является искомым углом наклона α .

Теперь рассмотрим второе направление решения задачи – найдем расстояние от вершины S до плоскости основания пирамиды ABC и определим угол наклона β этой плоскости к фронтальной плоскости проекций (рис. 8, Н.В. – натуральные величины объектов).

В этом случае сначала в плоскости основания ABC из точки A проводим фронталь f (проекции f', f''). Далее перемещаем фронтальную проекцию фронтали отрезок $A''_1l''_1$ в новое положение $A''_1l''_1$ на фронтальной плоскости проекций перпендикулярно оси X и достраиваем методом засечек новые проекции треугольника ABC (фронтальная $A''_1B''_1C''_1$, горизонтальная $A'_1B'_1C'_1$). После перемещения этот треугольник займет на горизонтальной плоскости проекций положение горизонтально-проецирующей плоскости.

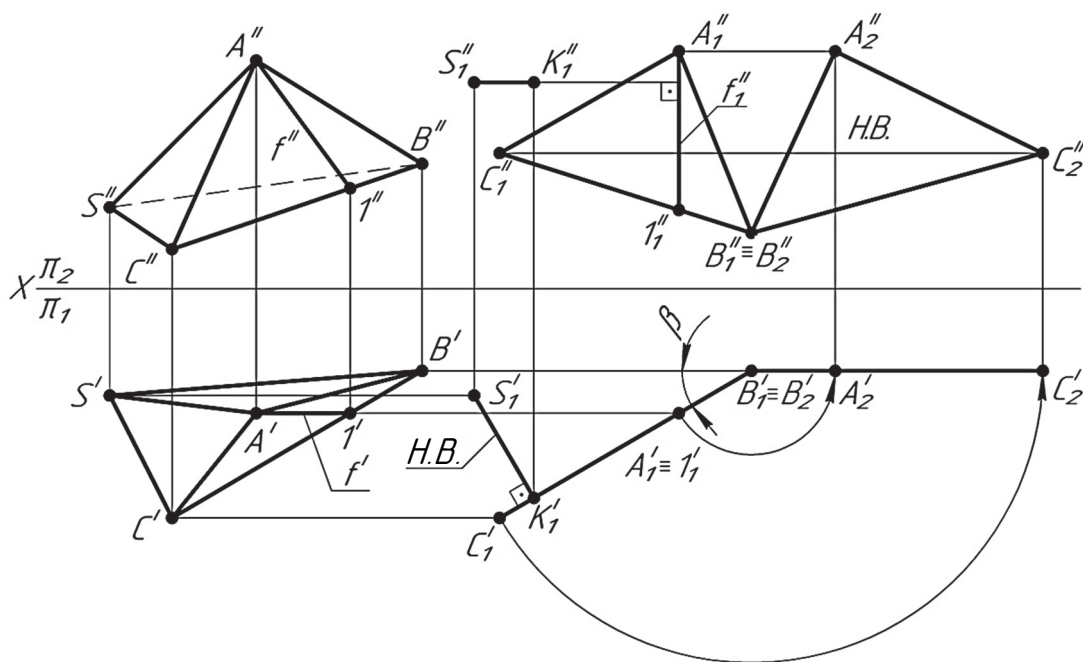


Рис. 8

Все построения аналогичны предыдущему примеру и понятны из рис. 8. Перпендикуляр $S'_1K'_1$, опущенный из точки S'_1 на вырожденную горизонтальную проекцию $A'_1B'_1C'_1$ плоскости основания, определяет искомое расстояние. Угол между проекцией $A'_1B'_1C'_1$ и горизонтальной линией, проведенной через точку B'_1 параллельно оси X , является искомым углом β .

В завершение рассмотрим порядок определения натуральной величины основания пирамиды – треугольника ABC . Плоская фигура проецируется в свою действительную величину, т. е. без искажения, в том случае, если плоскость этой фигуры будет параллельна одной из плоскостей проекций. Поэтому чтобы определить натуральную величину основания ABC , необходимо эту плоскость преобразовать в плоскость уровня.

В приведенных выше примерах эта задача является продолжением уже выполненных построений. В первом случае на рис. 7 показано дальнейшее преобразование методом вращения плоскости ABC , занимающей фронтально-проецирующее положение. Построен поворот фронтальной проекции $A''_1B''_1C''_1$ в горизонтальное положение $A''_2B''_2C''_2$ вокруг точки $C''_1 \equiv C''_2$. Горизонтальная проекция треугольника $A'_2B'_2C'_2$ будет параллельна горизонтальной плоскости проекций, т. е. будет представлять собой на этой плоскости натуральную величину основания пирамиды.

Во втором случае на рис. 8 показано преобразование методом вращения плоскости ABC , занимающей горизонтально-проецирующее положение. Построен поворот горизонтальной проекции $A'_1B'_1C'_1$ в горизонтальное положение $A'_2B'_2C'_2$ вокруг точки $B''_1 \equiv B''_2$. Фронтальная проекция треугольника $A''_2B''_2C''_2$ будет параллельна фронтальной плоскости проекций, т. е. будет представлять собой на этой плоскости натуральную величину основания пирамиды.

Задача 4. Построить горизонтальную и профильную проекции линии пересечения геометрической фигуры проецирующими плоскостями, аксонометрическую проекцию и развертку боковой поверхности.

Методические указания. Построения выполняются на двух листах чертежной бумаги формата А3. На первом листе на левой половине строится условие задачи в масштабе 1 : 1. Здесь же по двум заданным проекциям фигуры строится третья проекция – профильная. Данные по вариантам приведены в прил. 2. Используя методы начертательной геометрии, нужно построить линию сечения заданной фигуры плоскостями на профильной проекции, для некоторых фигур – и на горизонтальной проекции. На правой половине чертежного листа требуется построить аксонометрическую проекцию фигуры в прямоугольной изометрии, соблюдая требования ГОСТ 2.317–2011 «Аксонометрические проекции».

Видимый контур фигуры, включая линию сечения плоскостями, обводится сплошной основной линией. Невидимый контур показывается штриховой линией. Все вспомогательные построения на чертеже сохраняются в тонких линиях.

На втором листе формата А3 строится развертка боковой поверхности.

Основные теоретические сведения к задаче 4. Построение плоской фигуры, получаемой при пересечении геометрического тела плоскостями частного положения, сводится к нахождению точек и линий, принадлежащих заданным поверхностям. Поэтому рассмотрим сначала построение проекций отдельных произвольных точек, принадлежащих поверхностям прямой призмы, пирамиды, прямого кругового цилиндра и конуса.

Построение проекций точек на поверхности призмы. На рис. 9, а изображена трехгранная призма, в основании которой лежит треугольник ABC . Зададим для примера три произвольные точки на поверхности призмы: фронтальную проекцию точки 1 (проекция $1''$) на грани AC (проекция $A''C''$), фронтальную проекцию точки 2 (проекция $2''$) на грани AB (проекция $A''B''$) и фронтальную проекцию точки 3 (проекция $3''$) на ребре C (проекция нижней точки ребра C'').

Так как каждая грань призмы с нижними основаниями AB , BC и AC представляет собой горизонтально-проецирующую плоскость, то горизонтальные проекции точек будут совпадать с треугольником основания ABC : проекция $1'$ – на $A'C'$, проекция $2'$ – на $A'B'$, проекция $3'$ – на ребре C' , т. е. они строятся с помощью линий проекционной связи, проведенных с фронтальной проекции призмы.

Построение проекций точек на поверхности пирамиды. На рис. 9, б изображена четырехугольная пирамида $SABCD$. Возьмем для примера две произвольные точки на поверхности пирамиды: точку 1 (фронтальная проекция $1''$) на грани SAD (фронтальная проекция $S''A''D''$) и точку 2 (фронтальная проекция $2''$) на ребре SD (фронтальная проекция $S''D''$).

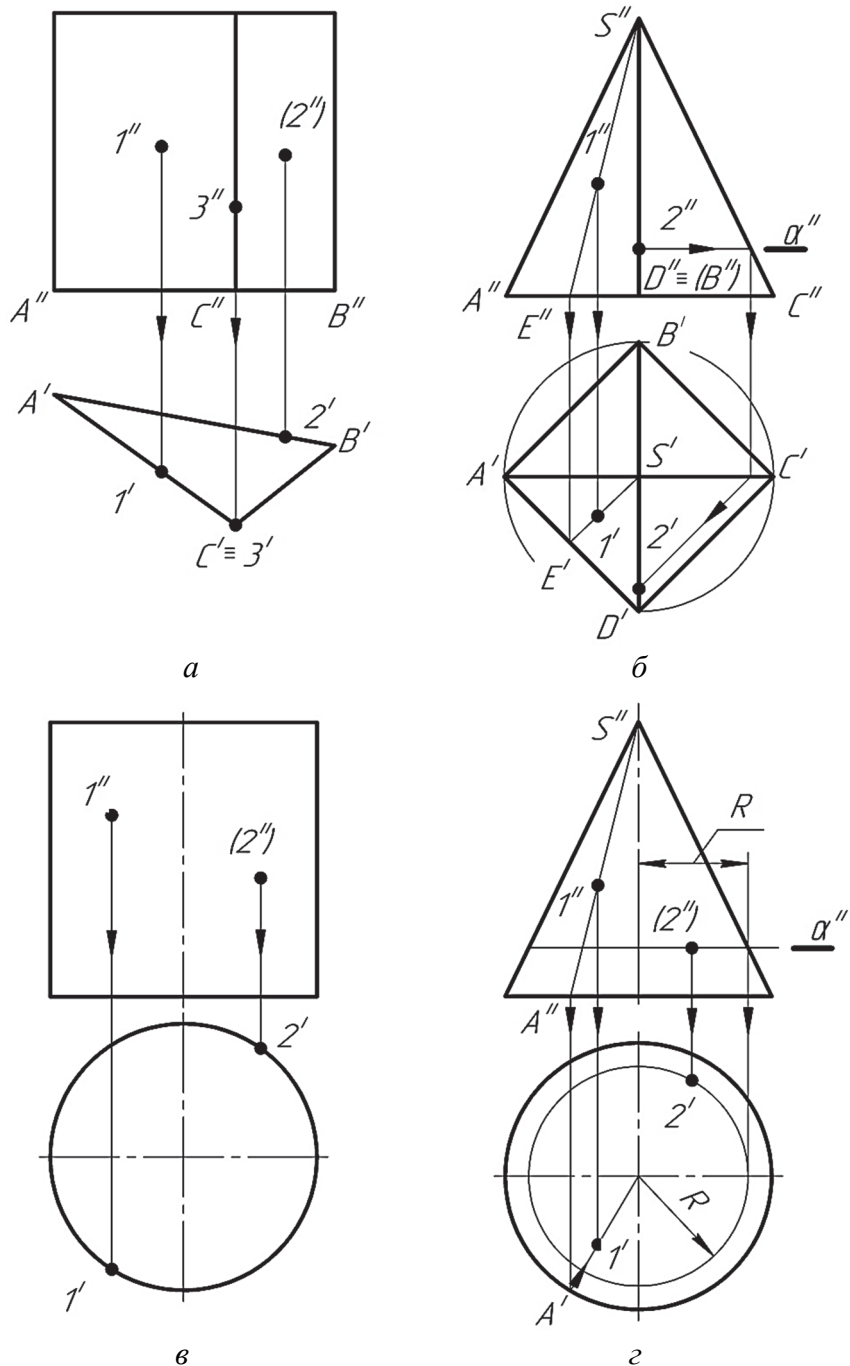


Рис. 9

Построение горизонтальной проекции точки, принадлежащей поверхности пирамиды, можно выполнить двумя способами: либо с помощью вспомогательной прямой, например SE (проекции $S'E'$, $S''E''$), проходящей через точку 1 (проекции $1'$, $1''$), либо с помощью горизонтальной секущей плоскости, например α (фронтальная проекция α''), проходящей через точку 2 (фронтальная проекция $2''$). Горизонтальная проекция точки $1'$ построена с помощью линии проекционной связи на горизонтальной проекции прямой $S'E'$. Горизонтальная проекция точки $2'$ построена с помощью линии проекционной связи на горизонтальной проекции линии пересечения плоскости α (фронтальная проекция α'') с ребром CS пирамиды (см. линии со стрелками в направлении точки $2'$ на рис. 9, б).

Построение проекций точек на поверхности цилиндра. На рис. 9, в изображен прямой круговой цилиндр. Возьмем для примера две произвольные точки на боковой поверхности цилиндра: точка 1 (фронтальная проекция $1''$) – на передней стороне поверхности, точка 2 (фронтальная проекция $2''$) – на обратной стороне. Так как боковая поверхность цилиндра является проецирующей по отношению к горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальные проекции точек $1'$ и $2'$ будут совпадать с окружностью основания цилиндра и строятся на ней с помощью линий проекционной связи.

Построение проекций точек на поверхности конуса. На рис. 9, г изображен прямой круговой конус. Возьмем для примера две произвольные точки на боковой поверхности конуса: точка 1 (фронтальная проекция $1''$) – на передней стороне поверхности, точка 2 (фронтальная проекция $2''$) – на обратной стороне.

Построение горизонтальной проекции точки выполняется так же, как и для пирамиды – двумя способами: 1) с помощью вспомогательной образующей SA (проекция $S'A'$, $S''A''$), проходящей через точку 1 (построение начинается с фронтальной проекции $S''A''$, проходящей через проекцию точки $1''$); 2) с помощью вспомогательной секущей горизонтальной плоскости α (фронтальная проекция α''), проходящей через проекцию точки $2''$.

Горизонтальная проекция точки $1'$ построена на образующей $S'A'$ с помощью линии проекционной связи. Горизонтальная проекция точки $2'$ построена с помощью линии проекционной связи на горизонтальной проекции линии пересечения плоскости α с образующими конуса (окружность радиуса R на рис. 9, г).

Сечение призмы плоскостями. Рассмотрим теперь построение линии пересечения трехгранной призмы фронтально-проецирующими плоскостями (рис. 10, а). На фронтальной проекции видимые участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, обозначены точками $1''-2''$, $2''-3''$, $3''-4''$, $4''-5''$. Горизонтальные проекции указанных точек будут совпадать с треугольником основания призмы, так как каждая грань призмы представляет собой горизонтально-проецирующую плоскость и проецируется в виде отрезков прямых. Профильные проекции линии пересечения (точки $1-2-3-4-5$) могут быть получены с помощью линий проекционной связи, проведенных с горизонтальной и фронтальной проекций призмы.

Приведенная на рис. 10 призма представляет собой симметричную фигуру, поэтому для получения полной фигуры сечения нужно просто достроить те же точки на противоположной стороне, симметрично относительно горизонтальной оси на горизонтальной проекции и симметрично относительно вертикальной оси призмы на профильной проекции.

Построение аксонометрической проекции призмы. Аксонометрическая проекция призмы (на рис. 10, б показана прямоугольная изометрия) строится по точкам, ограничивающим контуры призмы (точки A, B, C) и фигуру сечения (точки $1, 2, 3, 4, 5$). Для удобства чтения аксонометрической проекции, показанной на рис. 10, б, вспомогательные построения показаны не полностью. Нужно иметь в виду, что для построения аксонометрических проекций точек необходимо использовать все три координаты трехмерного пространства. Каждая точка имеет свои координаты X, Y, Z . Эти координаты откладываются по соответствующим осям, что позволяет получить положение точек

относительно заданной системы координат. Аналогично по точкам строится и вторая, симметричная ветвь линии сечения. Построенные точки соединяются сплошной основной линией.

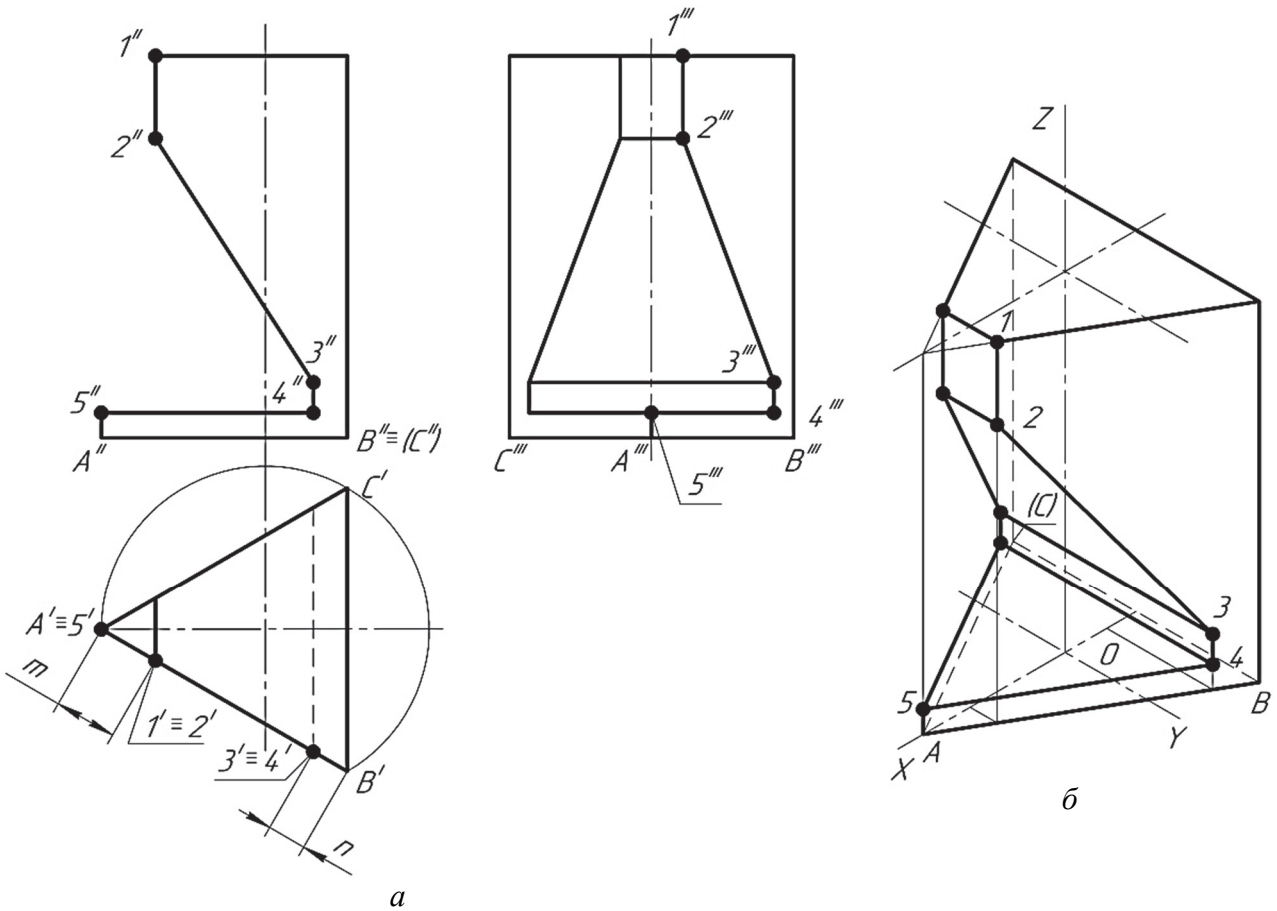


Рис. 10

Построение развертки боковой поверхности призмы. Развертка гранных поверхностей выполняется способом раскатки [1]. Развертка боковой поверхности трехгранной призмы приведена на рис. 11.

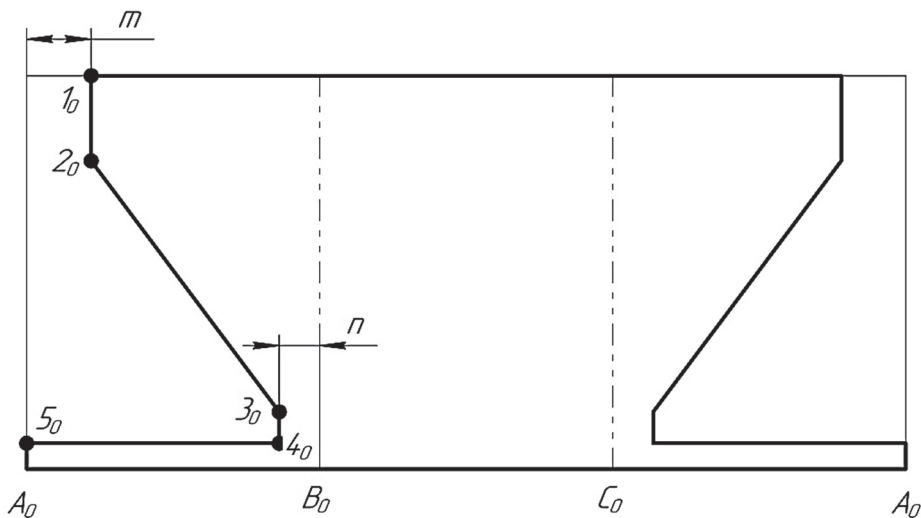


Рис. 11

Призма разрезается по ребру A и все грани последовательно совмещаются с плоскостью листа чертежа. Развертка боковой поверхности призмы представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна периметру основания, а другая – высоте призмы. Затем на грани наносятся точки сечений плоскостями, которые последовательно соединяются основными линиями. На развертке необходимо соблюдать натуральную величину координат всех точек.

Контур развертки усеченной призмы обводится сплошной основной линией. Линии сгиба, расположенные в вершинах основания призмы, изображаются штрихпунктирной линией с двумя точками.

Сечение пирамиды плоскостями. На рис. 12, *a* показано построение линии пересечения правильной шестигранной пирамиды фронтально-проецирующими плоскостями. На фронтальной проекции видимые участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, обозначены точками $1''-2''$, $2''-3''$, $3''-4''$, $4''-5''$. Горизонтальные проекции этих точек могут быть построены одним из приведенных выше способов – либо с помощью вспомогательных прямых, либо с помощью секущих плоскостей.

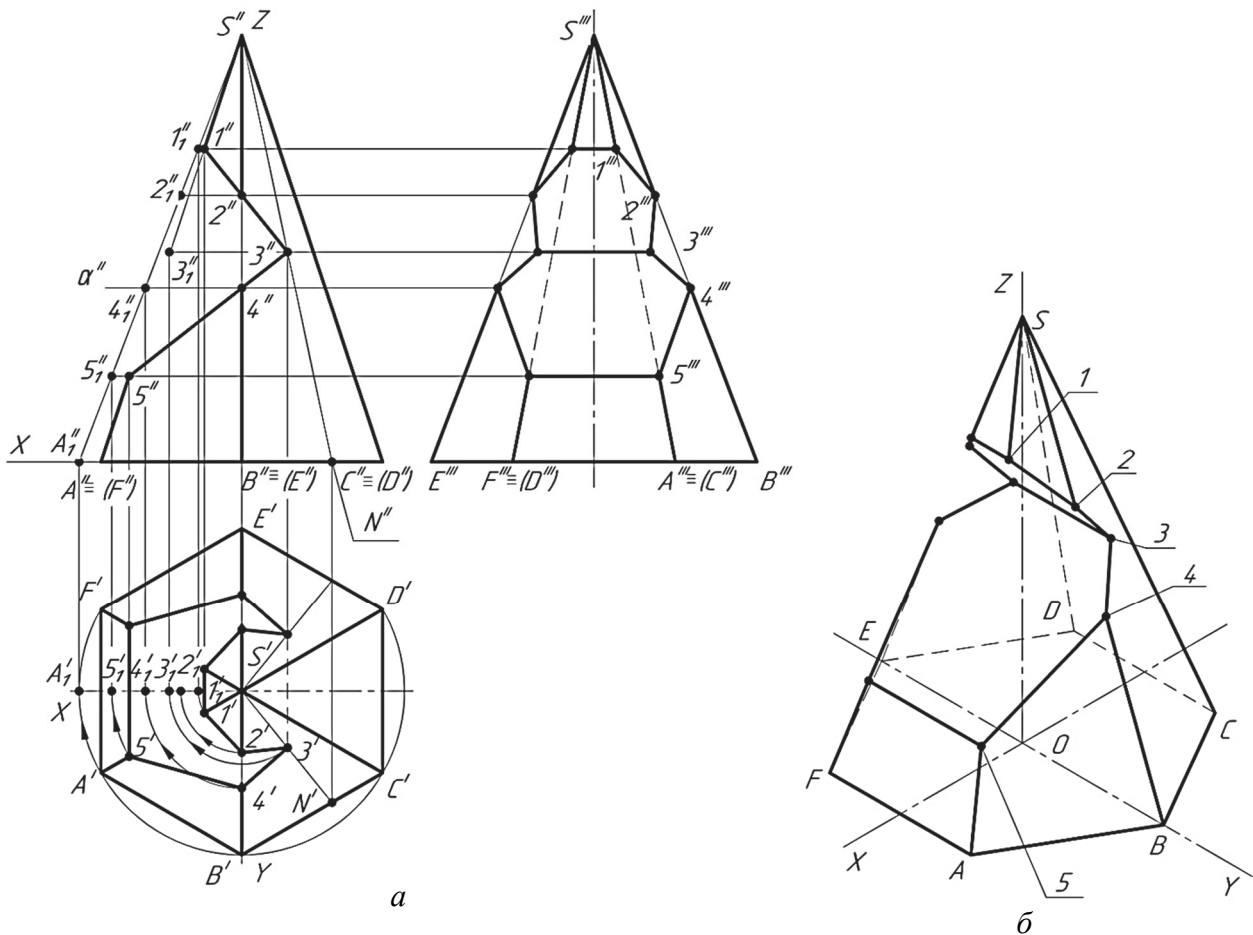


Рис. 12

Как видно из рис. 12, *a*, точки 1 и 5, принадлежащие ребру AS , найдены без дополнительных построений с помощью линий проекционной связи. Точки 2 и 4 могут быть построены с помощью профильной проекции пирамиды или с помощью вспомогательных секущих плоскостей. Точка 3, лежащая на

линии пересечения пирамиды плоскостями, строится с помощью вспомогательной дополнительной прямой SN .

Построение профильной проекции линии пересечения сводится к построению третьей проекции точки по двум заданным с помощью линий проекционной связи.

Приведенная на рис. 12 пирамида представляет собой симметричную фигуру, поэтому для получения полной фигуры сечения нужно просто достроить те же точки на противоположной стороне, симметрично относительно горизонтальной оси на горизонтальной проекции и симметрично относительно вертикальной оси пирамиды на профильной проекции.

Построение аксонометрической проекции пирамиды. Прямоугольная изометрическая проекция пирамиды приведена на рис. 12, б. Сначала строится основание пирамиды – шестиугольник $ABCDEF$. Центр основания пирамиды размещается в точке O пересечения изометрических осей. Для построения точек B и E в направлении оси Y из центра откладываются расстояния, равные половине длины диагонали основания BE (проекция $B'E'$). Для построения точек A, F, C , и D на оси X из центра откладываются расстояния вдоль этой оси до прямых AF и CD , взятые с горизонтальной проекции пирамиды. Из полученных точек (на оси X) проводятся отрезки, параллельные оси Y . Длина этих отрезков равна длине сторон основания AF и CD . Ось X делит эти отрезки пополам.

Для построения вершины пирамиды в направлении оси Z откладывается расстояние OS , равное высоте пирамиды, взятое с фронтальной проекции. Изометрическая проекция фигуры сечения строится по точкам 1–2–3–4–5. Нужно иметь в виду, что для построения аксонометрических проекций точек необходимо использовать все три координаты трехмерного пространства. Каждая точка имеет свои собственные координаты X, Y, Z . Эти координаты откладываются по соответствующим осям, что позволяет получить положение точек относительно заданной системы координат.

Аналогично по точкам строится и вторая, симметричная ветвь линии сечения. Полученные точки соединяются прямыми линиями с использованием чертежных инструментов.

Построение развертки боковой поверхности пирамиды. Развертка боковой поверхности пирамиды приведена на рис. 13. Перед построением развертки необходимо определить натуральные величины всех ребер пирамиды и натуральные величины линий сечений. В данном примере все боковые ребра пирамиды имеют одинаковую величину и равны ребру $S'''B'''$ или $S'''E'''$ на профильной плоскости проекций. Стороны основания имеют натуральную величину на горизонтальной плоскости проекций.

Развертка боковой поверхности строится способом триангуляции (треугольников). Разрезав пирамиду по ребру SA , последовательно соединяем натуральные величины треугольников – граней пирамиды. На рис. 12, а показано определение натуральной величины линий сечения $S''1''_1, S''2''_1, S''3''_1, S''4''_1, S''5''_1$ способом вращения вокруг проецирующих прямых. Натуральные величины отрезков $S2, S4$ измеряются на профильных проекциях $S'''2''', S'''4'''$,

так как ребра $S''E''$, $S''B''$, на которых находятся эти отрезки, спроецировались здесь в натуральную величину. Наносим точки сечений на соответствующие ребра с учетом натуральной величины отрезков. Для построения точки 3 на развертке нужно провести вспомогательную прямую SN . Положение точки N на стороне основания BC (и на стороне DE) определяется по горизонтальной проекции пирамиды.

Полученные точки последовательно соединяются сплошными основными линиями, которые формируют контур развертки усеченной пирамиды. Боковые ребра, которые находятся внутри развертки, изображаются на чертеже специальными линиями сгиба (тонкая штрихпунктирная с двумя точками).

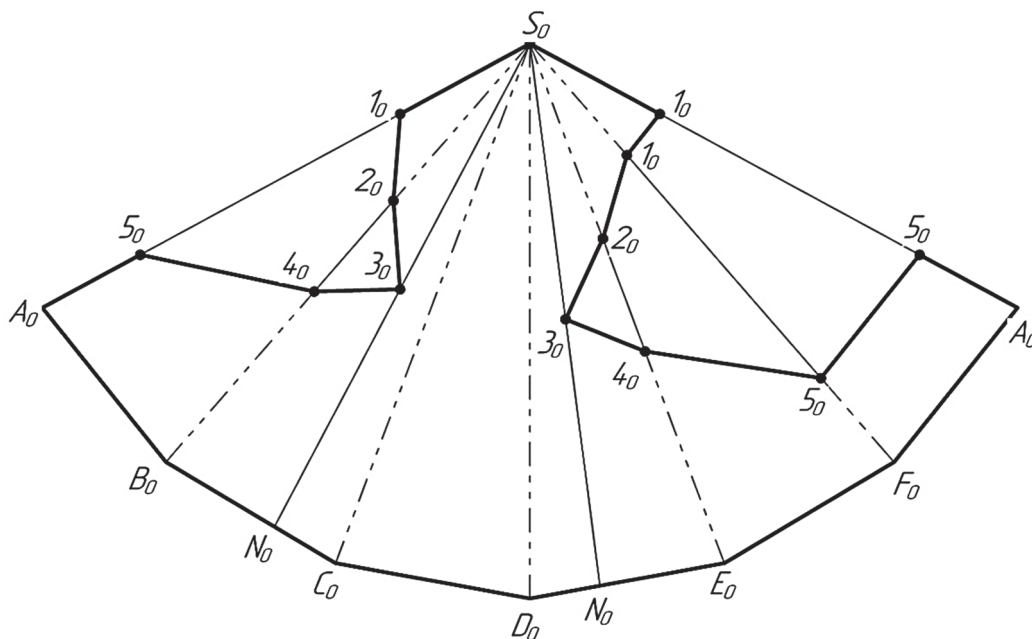


Рис. 13

Сечение цилиндра плоскостями. На рис. 14, а показано построение линии пересечения прямого кругового цилиндра фронтально-проецирующими плоскостями. На фронтальной проекции видимые участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, обозначены точками $1''-2''$, $2''-3''-4''-5''-6''$, $6''-7''$.

Плоскость 1–2 пересекает цилиндр по прямоугольнику, плоскость 2–6 – по эллипсу, плоскость 6–7 – по дуге окружности, равной окружности основания. Для построения проекций эллипса в промежутке между точками 2, 6 применены дополнительные точки 3, 4, 5.

Горизонтальные проекции всех точек будут совпадать с окружностью основания цилиндра. Построение профильной проекции линии пересечения сводится к построению третьей проекции точки по двум заданным с помощью линий проекционной связи.

Приведенный на рис. 14 усеченный цилиндр представляет собой симметричную фигуру, поэтому для получения полной фигуры сечения нужно просто достроить те же точки на противоположной стороне, симметрично относительно горизонтальной оси на горизонтальной проекции и симметрично относительно вертикальной оси цилиндра на профильной проекции.

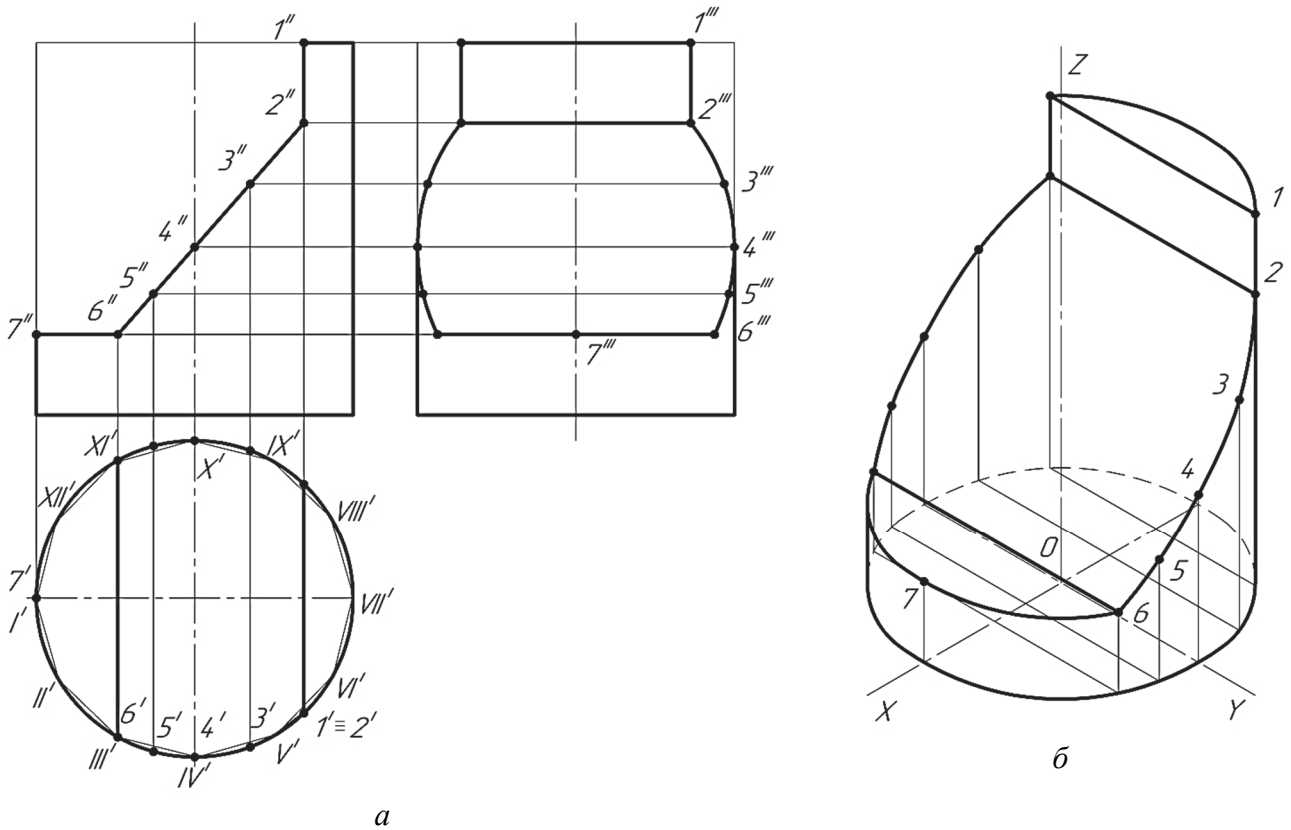


Рис. 14

Построение аксонометрической проекции цилиндра. На рис. 14, б приведена прямоугольная изометрическая проекция прямого кругового цилиндра, усеченного плоскостями. Центр нижнего основания цилиндра размещается в точке O пересечения изометрических осей. На осях X и Y строится эллипс, в который превращается окружность, лежащая в основании цилиндра. Размер большой оси эллипса равен $1,22d$, малой – $0,71d$, где d – диаметр окружности. Способы построения эллипсов подробно рассмотрены в учебном пособии [1]. Изометрическая проекция верхнего основания цилиндра представляет собой часть такого же эллипса, который построен на нижнем основании.

Изометрическая проекция линии сечения цилиндра плоскостями строится по точкам 1–2–3–4–5–6–7. При построении аксонометрических проекций точек необходимо использовать все три координаты трехмерного пространства. Каждая точка имеет свои собственные координаты X, Y, Z , значения которых измеряются на фронтальной и горизонтальной проекциях цилиндра. Эти координаты откладываются по соответствующим осям изометрической проекции цилиндра, что позволяет определить положение точек относительно заданной системы координат.

Аналогично по точкам строится и вторая, симметричная ветвь линии сечения. Полученные точки соединяют линиями. Кривые линии проводятся с помощью лекала.

Построение развертки боковой поверхности цилиндра. Развертка боковой поверхности цилиндра показана на рис. 15. Она представляет собой прямоугольник, одна сторона которого равна длине окружности основания, а вторая – высоте цилиндра. Для упрощения построения развертки боковой

поверхности усеченного цилиндра в него вписана двенадцатигранная призма. Построение развертки в этом случае производится аналогично развертыванию призмы (см. рис. 11 на с. 19).

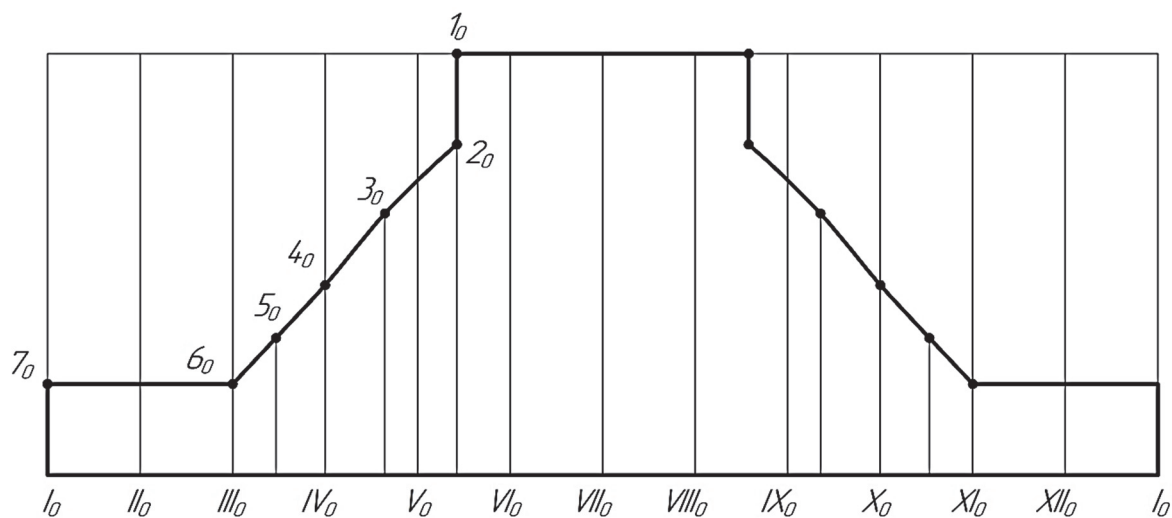


Рис. 15

Сечение конуса плоскостями. На рис. 16, а показано построение линии пересечения конуса фронтально-проецирующими плоскостями. На фронтальной проекции видимые участки плоскостей, которые составляют фигуру сечения, обозначены точками $1''-2''-3''-4''-5''-6''$, $6''-7''-8''$, $8''-9''$. Секущая плоскость 1–6 пересекает конус по эллипсу, профильная секущая плоскость 6–8 – по гиперболе, горизонтальная секущая плоскость 8–9 – по окружности. Горизонтальные проекции выбранных точек, принадлежащих поверхности конуса, могут быть построены либо способом вспомогательных образующих, либо способом вспомогательных горизонтальных секущих плоскостей, горизонтальные проекции которых представляют собой окружности разных радиусов. Горизонтальные и профильные проекции точек 1 и 9, которые лежат на крайних (граничных) образующих конуса, найдены без дополнительных построений с помощью линий связи. Горизонтальная проекция точки 4 построена с помощью профильной проекции конуса.

Приведенный на рис. 16 усеченный конус представляет собой симметричную фигуру, поэтому для получения полной фигуры сечения нужно просто достроить те же точки на противоположной стороне, симметрично относительно горизонтальной оси на горизонтальной проекции и симметрично относительно вертикальной оси конуса на профильной проекции.

Построение аксонометрической проекции конуса. На рис. 16, б приведена прямоугольная изометрическая проекция прямого кругового конуса, усеченного плоскостями. Центр нижнего основания конуса размещается в точке O пересечения изометрических осей. На осях X и Y строится эллипс, в который превращается окружность, лежащая в основании цилиндра. Размер большой оси эллипса равен $1,22d$, малой – $0,71d$, где d – диаметр окружности.

Изометрическая проекция линии сечения конуса плоскостями состоит из нескольких частей и строится отдельно по точкам 1–2–3–4–5–6, 6–7–8, 8–9.

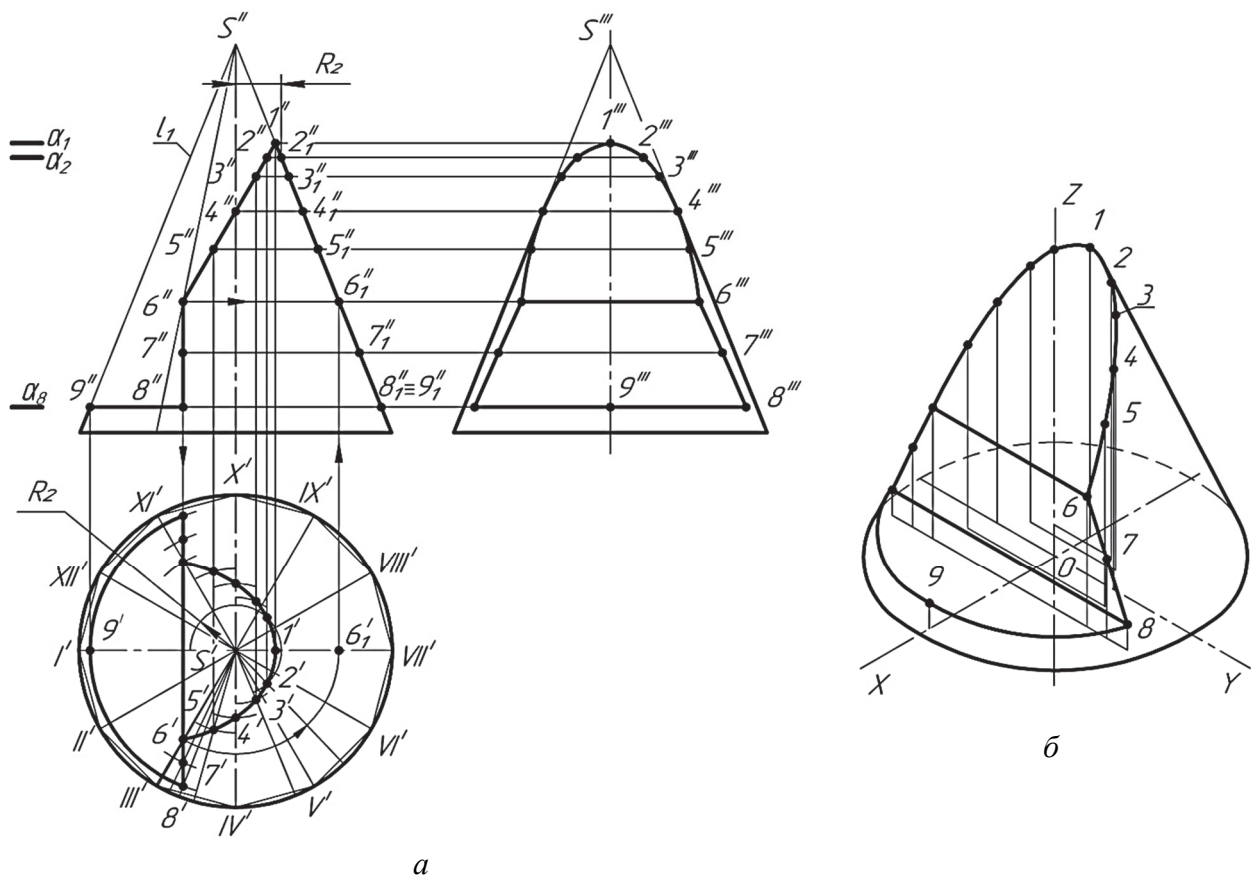


Рис. 16

При построении аксонометрических проекций точек используются все три координаты трехмерного пространства. Каждая точка имеет свои собственные координаты X , Y , Z , значения которых измеряются на фронтальной и горизонтальной проекциях конуса. Эти координаты откладываются по соответствующим осям изометрической проекции конуса, что позволяет получить положение точек относительно заданной системы координат. Аналогично по точкам строится и вторая, симметричная ветвь линии сечения. Построенные точки соединяют линиями. Кривые линии проводятся с помощью лекала.

Построение развертки боковой поверхности конуса. Развертка боковой поверхности конуса показана на рис. 17. Она представляет собой сектор, радиус которого равен натуральной величине длины образующей с углом при вершине φ :

$$\varphi = (D \cdot 180^\circ) / l_1,$$

где D – диаметр основания; l_1 – длина образующей.

Для упрощения построений в поверхность конуса вписана двенадцатиугольная пирамида и разворачивание осуществляется аналогично разворачиванию боковой поверхности пирамиды (см. рис. 13 на с. 22). Перед нанесением на развертку точек фигуры сечения необходимо найти натуральные величины длины отрезков от вершины конуса до точек.

На рис. 16, а показан пример нахождения натуральной величины фронтальной проекции отрезка $S''6''$. Для этого на горизонтальной плоскости проекций проекция точки $6'$ вращением вокруг горизонтально-проецирующей прямой,

помещенной в точку S' , перемещена в точку b'_1 . Полученный после преобразований на фронтальной плоскости проекций отрезок $S''b''_1$ представляет собой натуральную величину расстояния Sb . Эта величина S_0b_0 откладывается на развертке на образующей S_0III_0 (рис. 17).

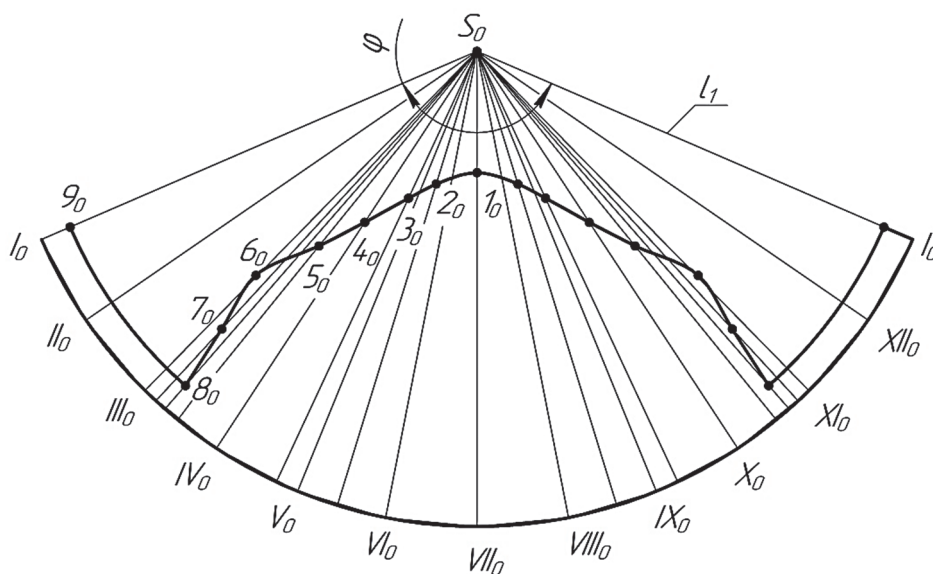


Рис. 17

Аналогично найдены натуральные величины отрезков S_2, S_3, S_5-S_8 . Точки на линии пересечения желательно выбирать таким образом, чтобы эти отрезки из вершины конуса S проходили через вершины вписанного в основание многоугольника. Отрезки S_1 и S_9 проецируются в натуральную величину на фронтальной плоскости проекций и могут быть непосредственно измерены на проекциях $S''1''$ и $S''9''$. Натуральную величину отрезка S_4 можно определить на профильной проекции конуса простым измерением величины $S'''4'''$.

Задача 5. Построить три проекции геометрического тела с двумя сквозными взаимно перпендикулярными отверстиями (двойное проницание). Используя вспомогательные секущие плоскости, построить: 1) линию пересечения, образованную на боковой поверхности тела горизонтальным отверстием; 2) линию пересечения двух взаимно перпендикулярных отверстий внутри геометрического тела с изображением ее на разрезе. Отверстия могут иметь цилиндрическую и призматическую форму.

Методические указания. Задание выполняется на листе чертежной бумаги формата А3 в масштабе 1 : 1, индивидуальные задания выбираются согласно номеру варианта из прил. 3. Используя методы начертательной геометрии, строятся линии пересечения заданных тел на профильной проекции, а для конических, сферических и пирамидальных тел – и на горизонтальной проекции.

Видимый контур фигуры, включая линии пересечения, обводится сплошной основной линией. Невидимый контур показывается штриховой линией. Для отображения внутренней линии пересечения используется разрез.

Все вспомогательные построения на чертеже сохраняются в тонких линиях.

Основные теоретические сведения к задаче 5. Построение чертежа геометрического тела с двумя пересекающимися отверстиями (двойное проницание) сводится к построению точек и линий на поверхности тела и внутри его. Решение задачи осуществляется в следующей последовательности:

- 1) строят три проекции геометрического тела со сквозными отверстиями;
- 2) определяют характер линий взаимного пересечения поверхностей;
- 3) выделяют характерные точки линий взаимного пересечения поверхностей и строят их проекции;
- 4) намечают нужное количество промежуточных точек и строят их проекции;
- 5) соединяют построенные точки между собой в нужной последовательности;
- 6) выполняют целесообразные разрезы.

Вариантов совмещения различных типов поверхностей в одном геометрическом теле достаточно много. Это могут быть цилиндрические, конические, призматические, сферические и другие поверхности. В данном разделе приведены в качестве примеров три наиболее общих случая.

Пример 1. Задан прямой круговой цилиндр с фронтально-проецирующим цилиндрическим и горизонтально-проецирующим призматическим сквозными отверстиями. Построить три проекции данного геометрического тела с изображением линий взаимного пересечения поверхностей (рис. 18).

Проанализируем характер линий пересечения. Две цилиндрические поверхности пересекаются по кривым линиям, фронтальные проекции которых совпадают с фронтальной проекцией цилиндрического отверстия, а горизонтальные проекции – с горизонтальной проекцией цилиндрического тела.

Так как обе кривые одинаковы (на передней и задней сторонах цилиндра) и ветви их симметричны, то на рис. 18 обозначены точки только правой ветви

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

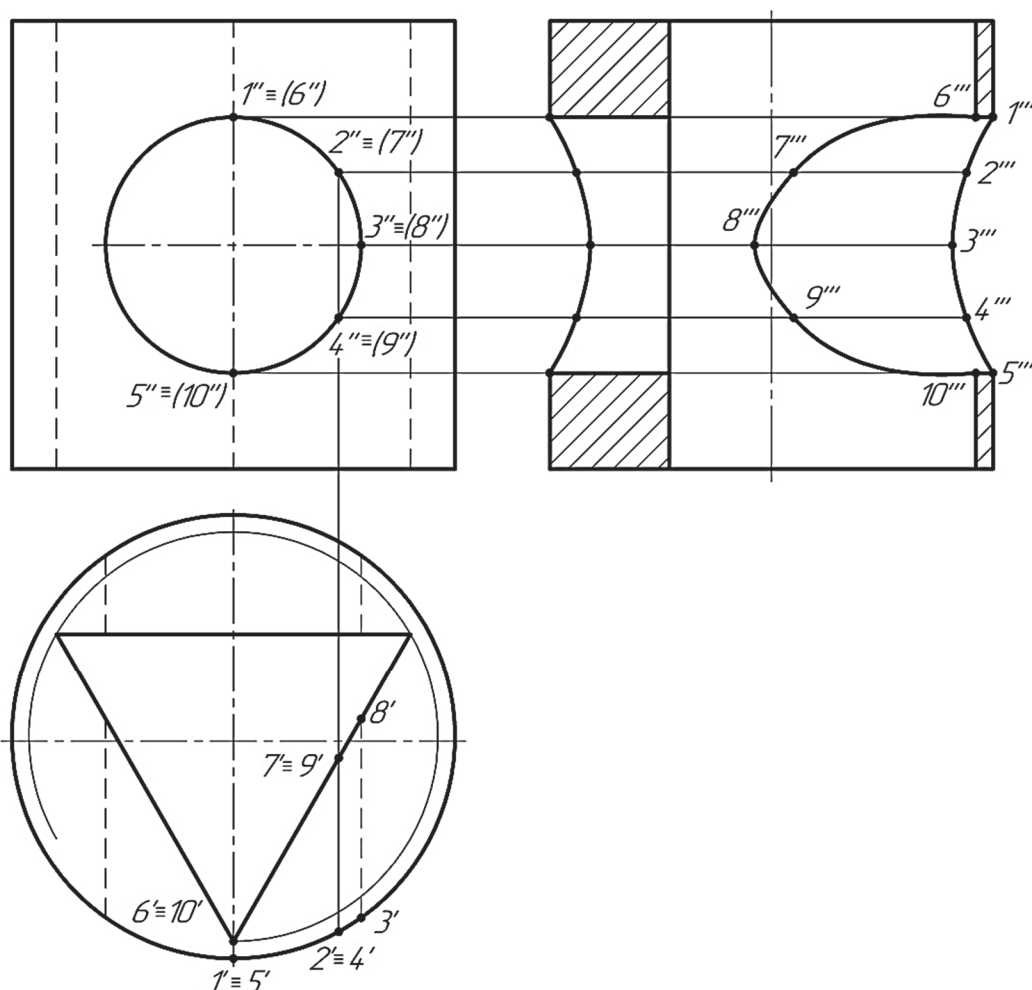


Рис. 18

Призматическое вертикальное отверстие пересекает внутри геометрического тела цилиндрическое горизонтальное отверстие по трем кривым линиям: задняя грань призмы – по окружности, а две боковые грани – по эллиптическим кривым. Фронтальные проекции кривых совпадают с фронтальной проекцией цилиндрического отверстия, а горизонтальные – с горизонтальной проекцией призматического отверстия. Опорными точками являются: точки 6 и 10 пересечения переднего ребра призмы с поверхностью цилиндрического отверстия и точка 8 пересечения крайней правой образующей цилиндрического отверстия с правой боковой гранью призмы. Промежуточные точки 7 и 9 выбраны произвольно. Построение проекций точек производится, как и в предыдущем случае, по линиям проекционной связи.

Для отображения на чертеже профильной проекции линии пересечения призматического и цилиндрического отверстий на рис. 18 использован вертикальный разрез профильной проекции цилиндра.

Пример 2. Задан усеченный прямой круговой конус с горизонтально-проецирующим цилиндрическим и фронтально-проецирующим пятигранным призматическим сквозными отверстиями. Построить три проекции данного геометрического тела с изображением линий взаимного пересечения поверхностей (рис. 19).

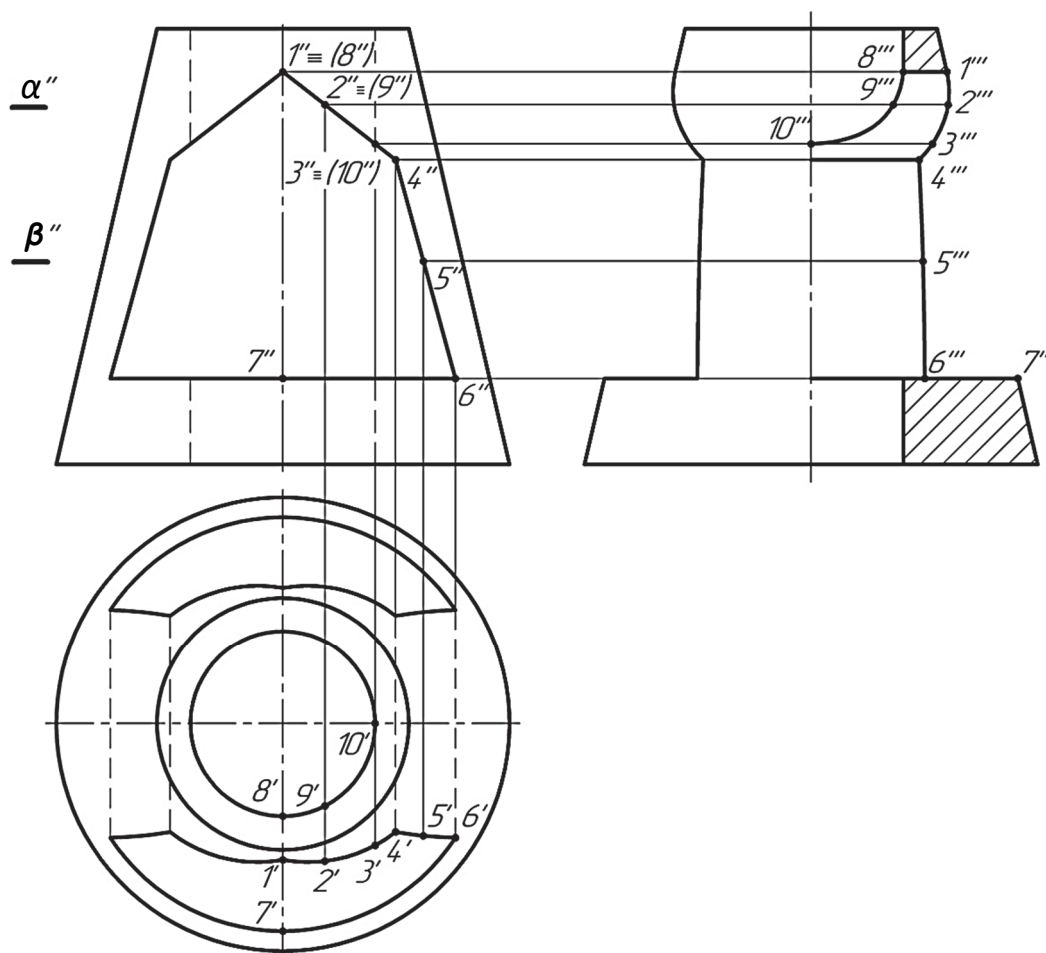


Рис. 19

Сначала построим линию пересечения конической поверхности призматическим отверстием. Отмечаем фронтальные проекции точек линии пересечения 1–2–3–4–5–6–7. Нижняя грань призмы пересекает поверхность конуса по дугам окружности, две верхние и две боковые грани – по эллиптическим кривым. Опорные точки 1, 4, 6 являются точками пересечения ребер призмы с поверхностью конуса; точка 7 характерна тем, что лежит на крайней образующей (главном меридиане) на профильной плоскости проекций; 2, 3 и 5 – промежуточные точки. Горизонтальные проекции точек строим при помощи вспомогательных параллелей (окружностей) конуса, лежащих в горизонтальных секущих плоскостях. На рис. 19 показано построение точек 2 и 5, лежащих в секущих плоскостях α (фронтальная проекция α'') и β (фронтальная проекция β''). Каждая из этих плоскостей дает в сечении конуса окружность своего радиуса. На пересечении этих окружностей с линиями связи, проведенными из точек 2'' и 5'', находим горизонтальные проекции точек 2' и 5' (окружности на рис. 19 не показаны). Профильные проекции точек строим по их фронтальным и горизонтальным проекциям при помощи линий проекционной связи.

Вторая линия пересечения находится внутри геометрического тела и является результатом пересечения взаимно перпендикулярных цилиндрического и призматического отверстий. На рис. 19 эта линия представлена одной ветвью с точками 8, 9 и 10. Точки 8 и 10 являются характерными – лежат на горизонтальной проекции на вертикальной и горизонтальной осях окружности цилиндрического отверстия. Точка 9 является промежуточной. Ее фронтальная проекция $9''$ лежит на верхней грани фронтально-проецирующего гранного отверстия. Горизонтальная проекция точки $9'$ лежит на окружности горизонтально-проецирующего цилиндрического отверстия. Профильная проекция точки $9'''$ построена с помощью линий проекционной связи. Для отображения профильной проекции линии пересечения $8'''-9'''-10'''$ на рис. 19 использован вертикальный поперечный разрез правой половины профильной проекции конуса.

Пример 3. Задана сфера с горизонтально-проецирующим цилиндрическим и фронтально-проецирующим четырехгранным призматическим сквозными отверстиями. Построить три проекции данного геометрического тела с изображением линий взаимного пересечения поверхностей (рис. 20).

Сначала построим линию пересечения сферы и вертикального цилиндрического отверстия. Эти поверхности представляют собой соосные поверхности вращения, которые пересекаются по окружностям. Фронтальные и профильные проекции этих линий пересечения на рис. 20 изображены горизонтальными отрезками прямых в верхней и нижней частях сферы. Горизонтальная проекция линии пересечения представляет собой окружность, совпадающую с горизонтальной проекцией цилиндрического отверстия.

Теперь рассмотрим построение линии пересечения сферы и призматического отверстия. Верхняя и нижняя грани призматического отверстия, параллельные горизонтальной плоскости проекций, пересекают поверхность сферы по дугам окружностей, лежащих в секущих плоскостях α''_1 и α''_n . Поэтому на горизонтальную плоскость проекций эти линии пересечения проецируются проекциями этих же дуг, а на профильную плоскость – горизонтальными отрезками прямых: в верхней части сферы – до точки $1''$, в нижней – до точки $5''$.

Линия пересечения сферы с боковыми гранями этого же призматического отверстия проецируется на горизонтальную и профильную плоскости проекций частями эллипсов. На фронтальной плоскости проекций на рис. 20 отмечена точками $1''-2''-3''-4''-5''$ только правая ветвь линии пересечения сферы с призматическим отверстием. Опорные точки 1 и 5 являются крайними верхней и нижней точками пересечения ребер призмы с поверхностью сферы. Точка 3 также характерная, она лежит на экваторе сферы. На левой стороне сферы эта линия пересечения будет симметрична построенной на рисунке правой ветви.

Точки 2 и 4 этой линии пересечения являются промежуточными. Горизонтальные проекции этих точек строятся с помощью параллелей сферы, лежащих в секущих горизонтальных плоскостях. Например, для построения горизонтальной проекции точки $1'$ проведена секущая плоскость α_1 (фронтальная проекция α''_1).

Горизонтальная проекция точки $1'$ находится на окружности сечения сферы этой плоскостью. Аналогично для нахождения горизонтальной проекции точки 2 проведена еще одна секущая плоскость α_2 (проекция α''_2).

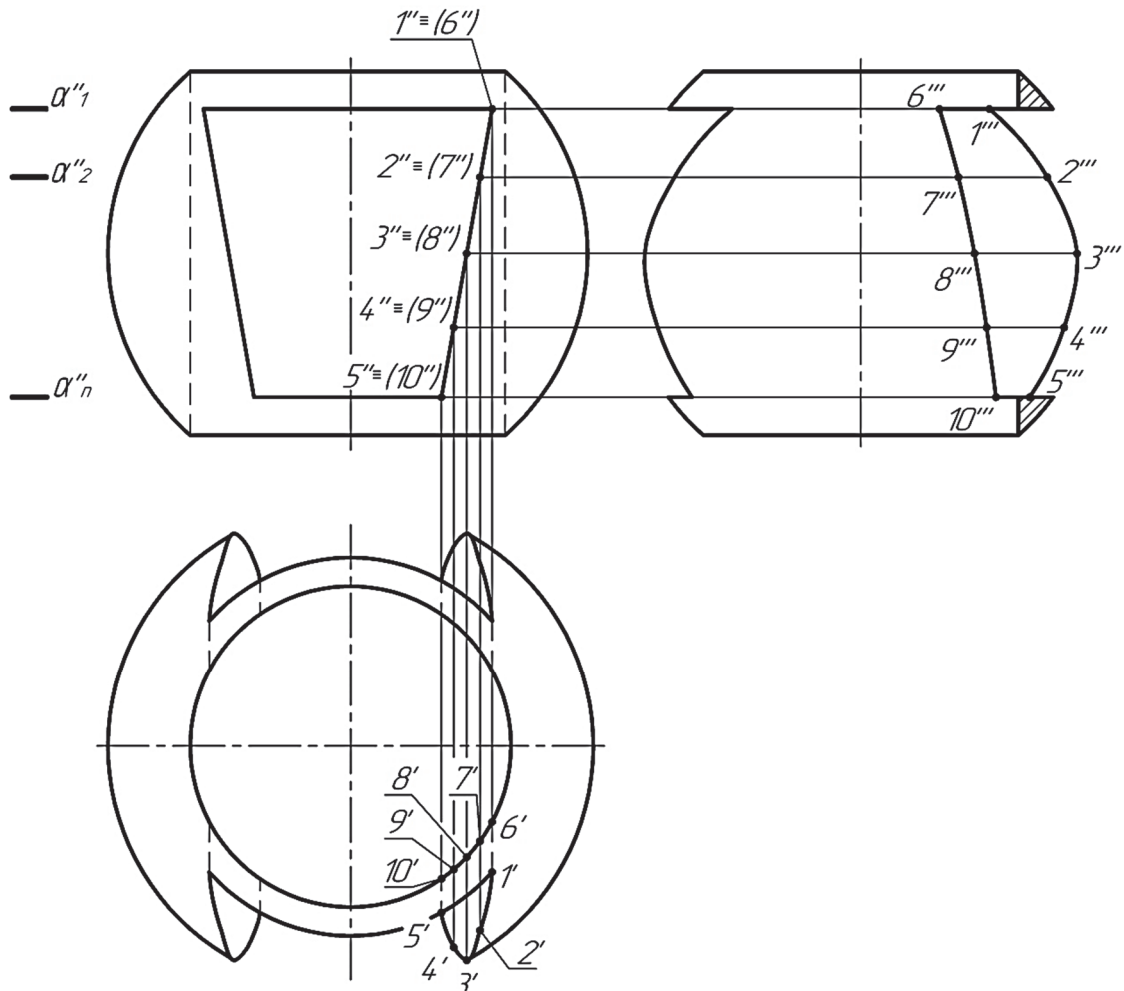


Рис. 20

Горизонтальная проекция точки $2'$ находится с помощью линии проекционной связи на окружности сечения сферы этой плоскостью. Для построения горизонтальных проекций точек 3, 4, 5 нужно также провести на фронтальной проекции сферы секущие плоскости через эти точки, получить линии сечения (окружности) сферы этими плоскостями и по линиям проекционной связи отметить искомые точки. Профильные проекции этих точек строятся с помощью линий проекционной связи.

Теперь рассмотрим построение линии пересечения внутри сферы. Она является результатом пересечения взаимно перпендикулярных горизонтального призматического и вертикального цилиндрического отверстий. Горизонтальные грани призматического отверстия пересекают цилиндрическое отверстие по дугам окружностей, а боковые грани – по эллиптическим кривым. На рис. 20 показано построение одной ветви кривой линии пересечения с точками 6, 7, 8, 9, 10, которые находятся на правой боковой грани призматического отверстия. На горизонтальной проекции сферы эти точки лежат на окружности цилиндрического отверстия (проекция линии $6'-7'-8'-9'-10'$). Профильная проекция линии пересечения отверстий $6'''-7'''-8'''-9'''-10'''$ построена с помощью линий проекционной связи.

Для отображения на чертеже профильной проекции линии пересечения призматического и цилиндрического отверстий сферы на рис. 20 использован вертикальный разрез правой половины профильной проекции сферы.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

Ссылка: <https://belstu.by/userfolder/Кафедра%20инженерной%20графики/titulnik-k-rgz.jpg>

*Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
"Белорусский государственный технологический университет"*

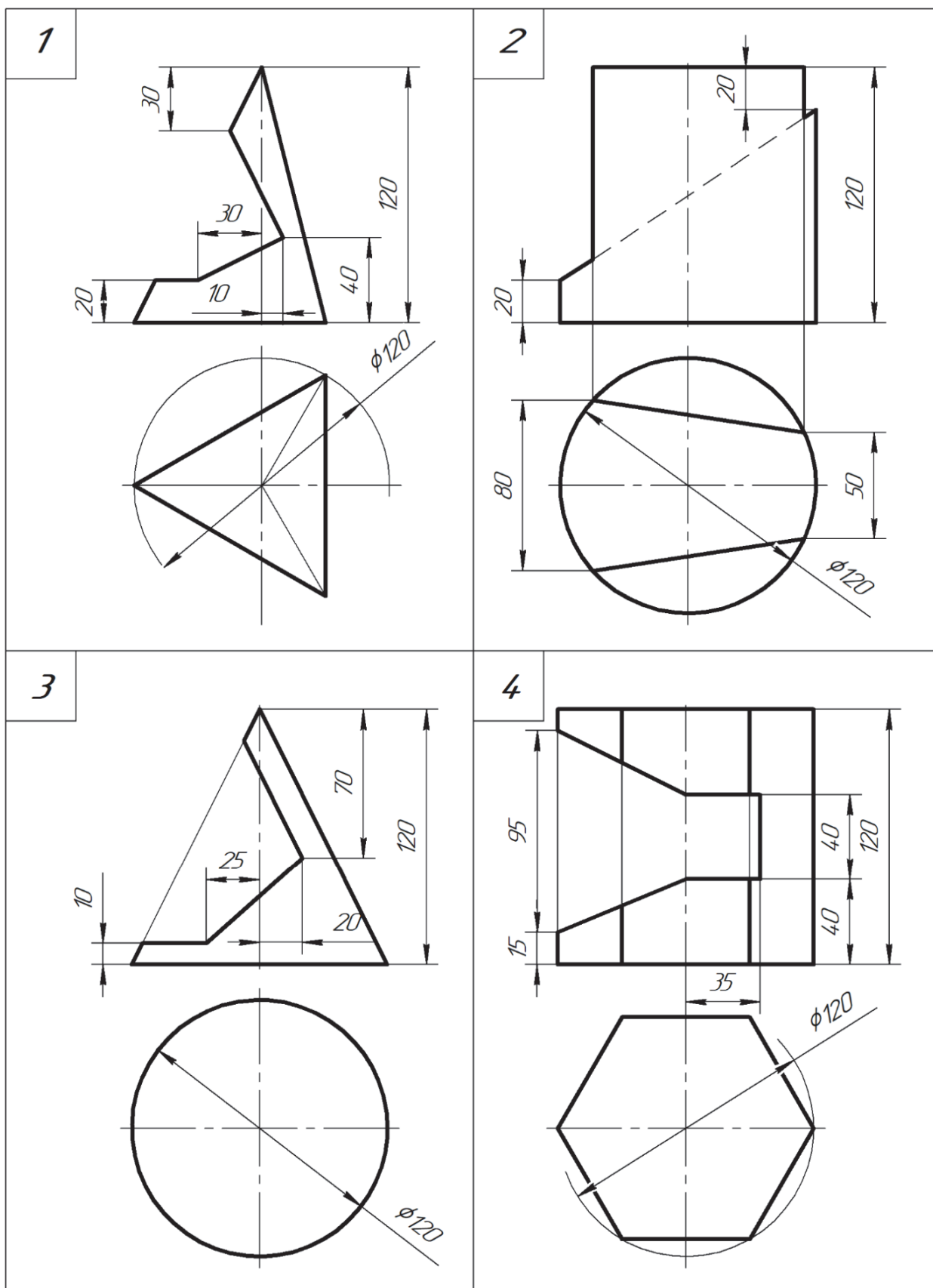
Кафедра инженерной графики

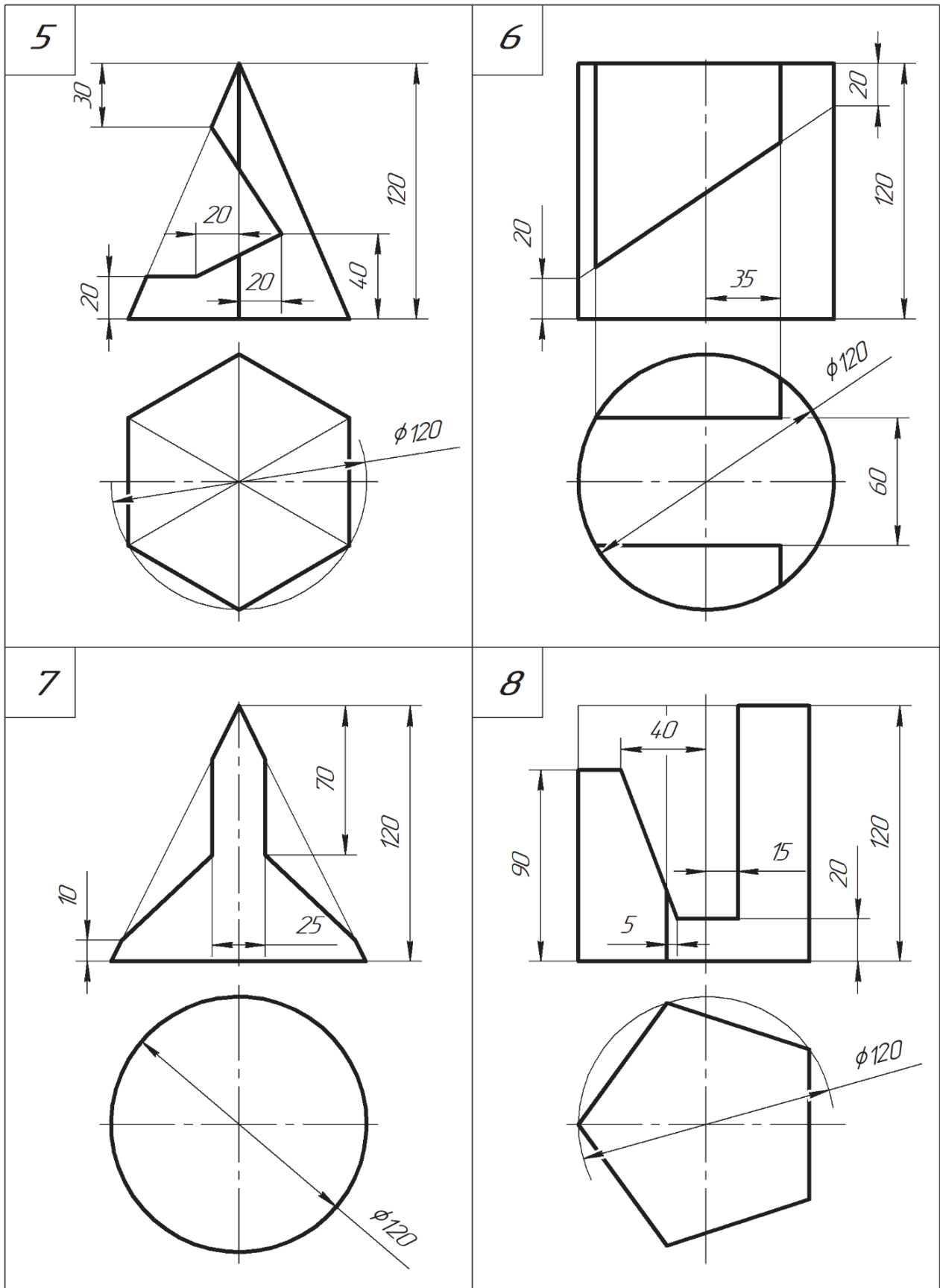
Расчетно-графическая работа № ____

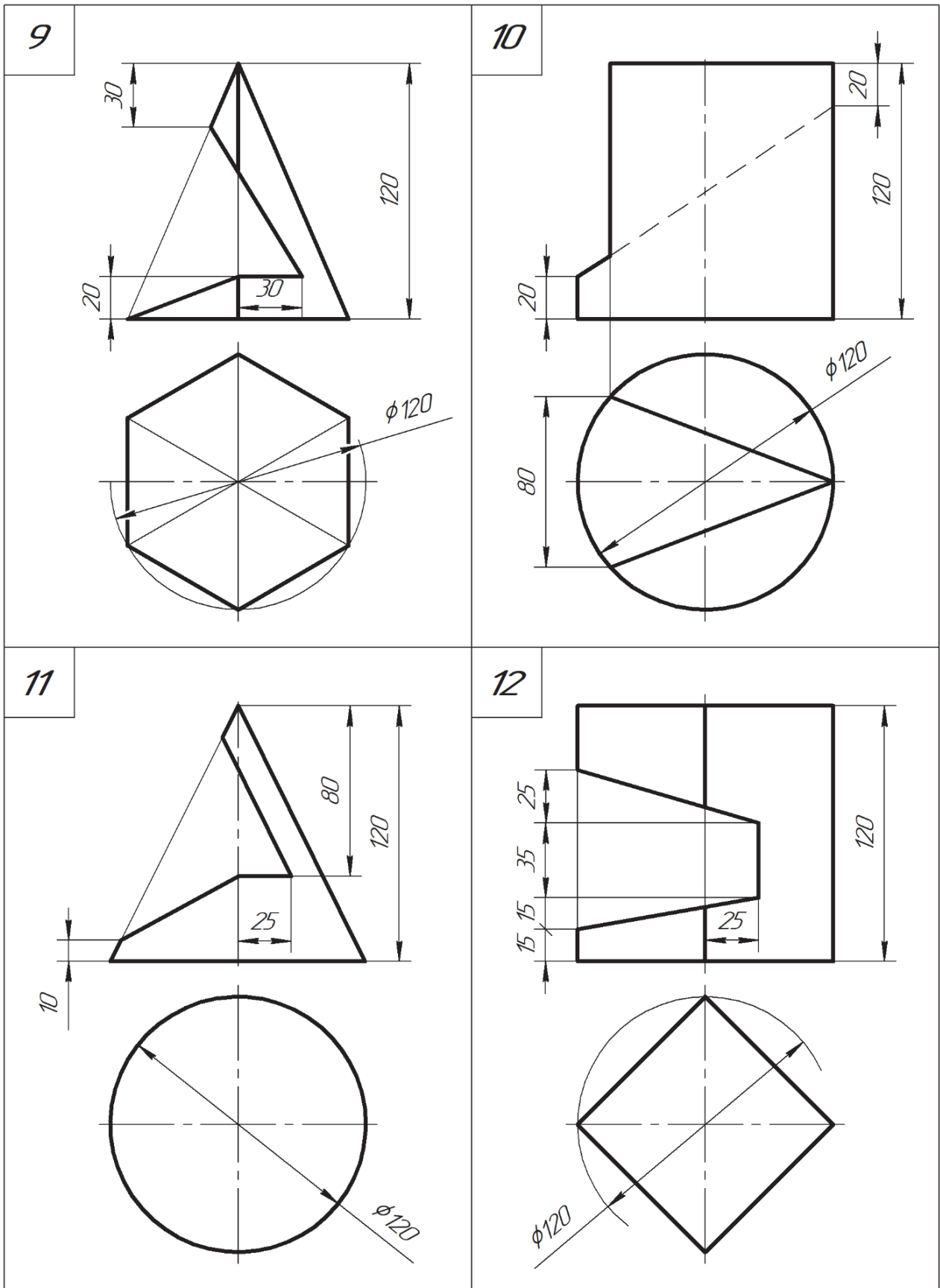
*Выполнил: _____
студент 1 к. ____ гр.
специальность _____
Проверил: _____
преподаватель каф. ИГ*

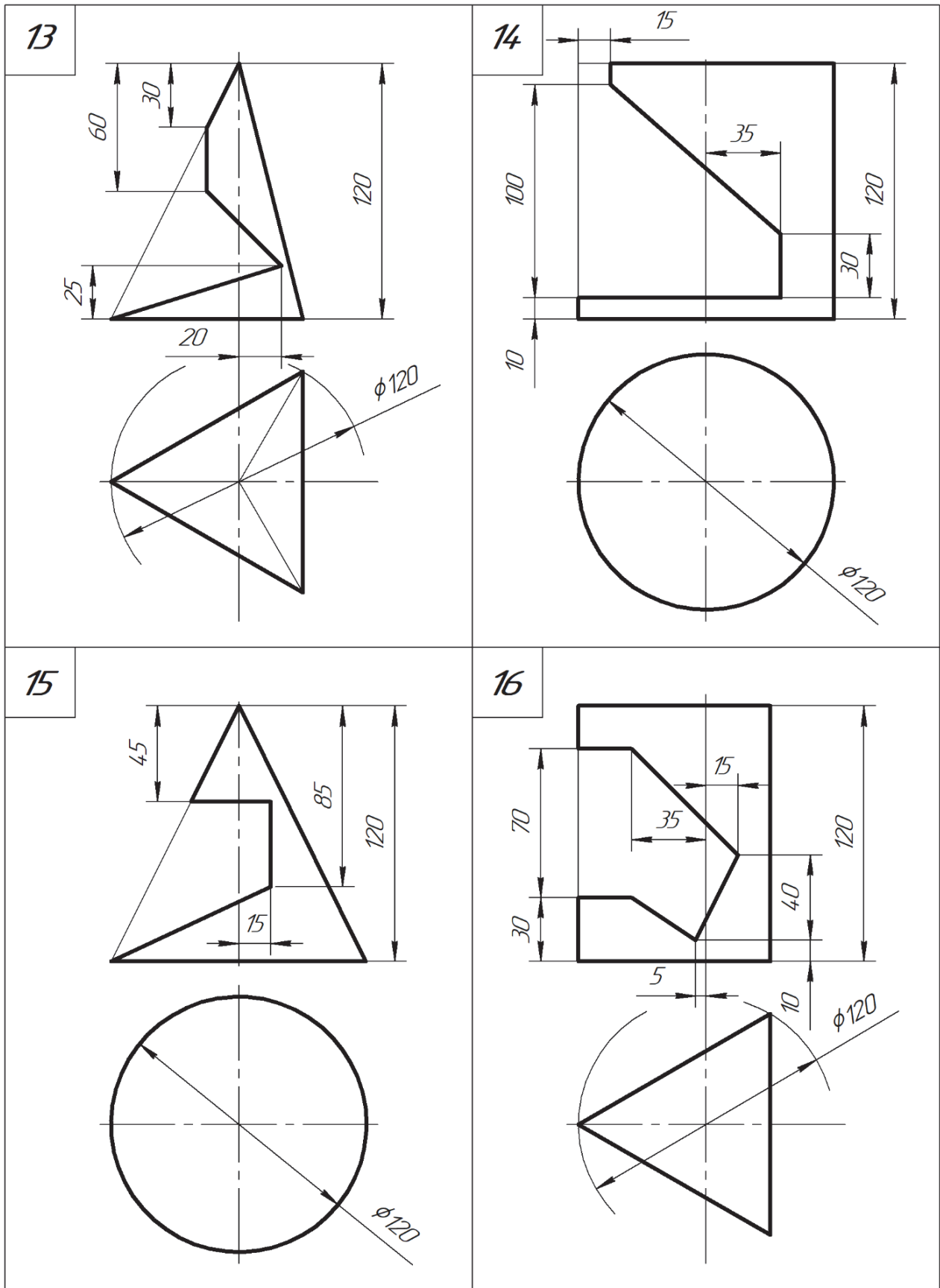
Минск 202_ г.

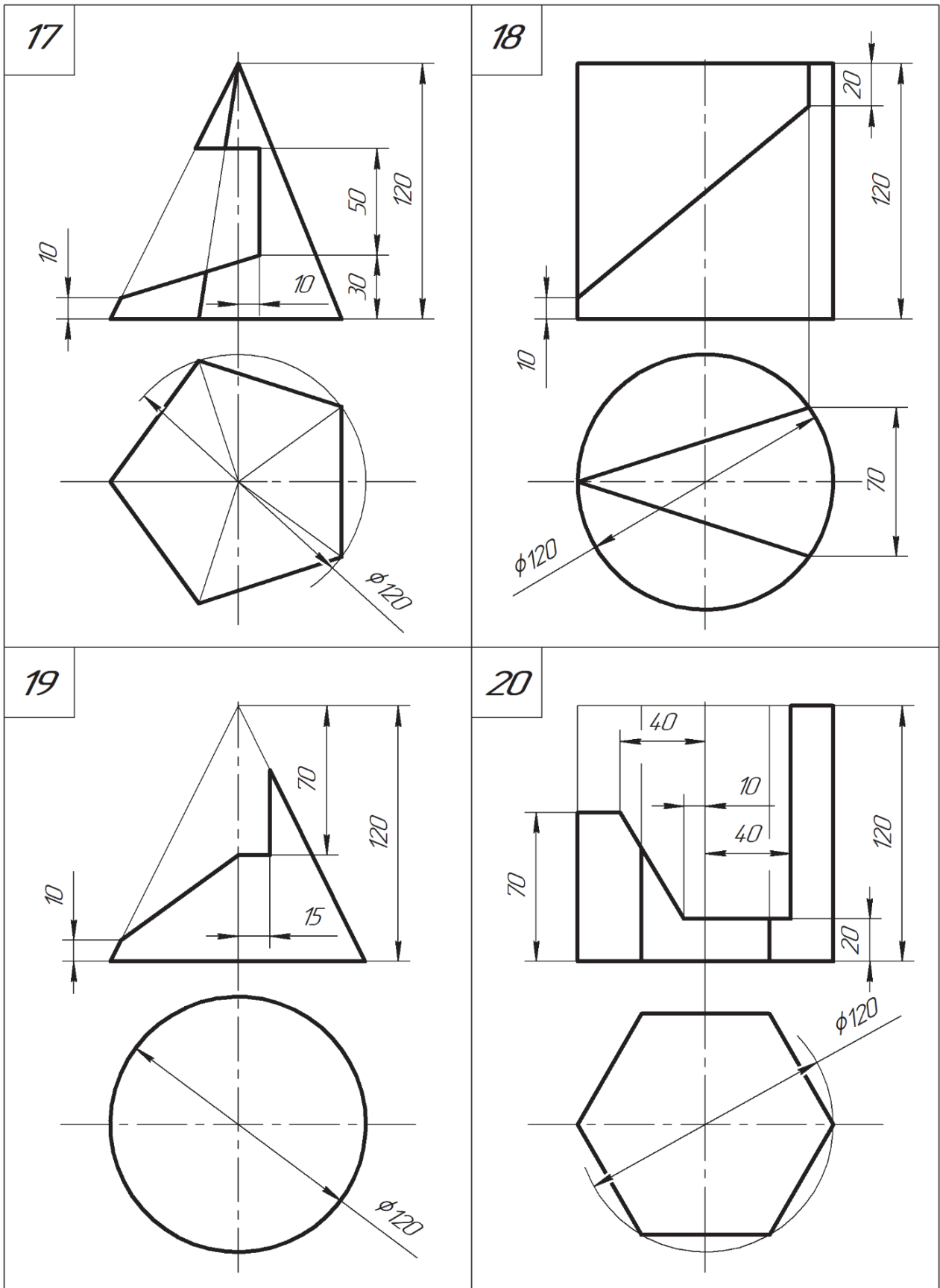
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
 ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 2

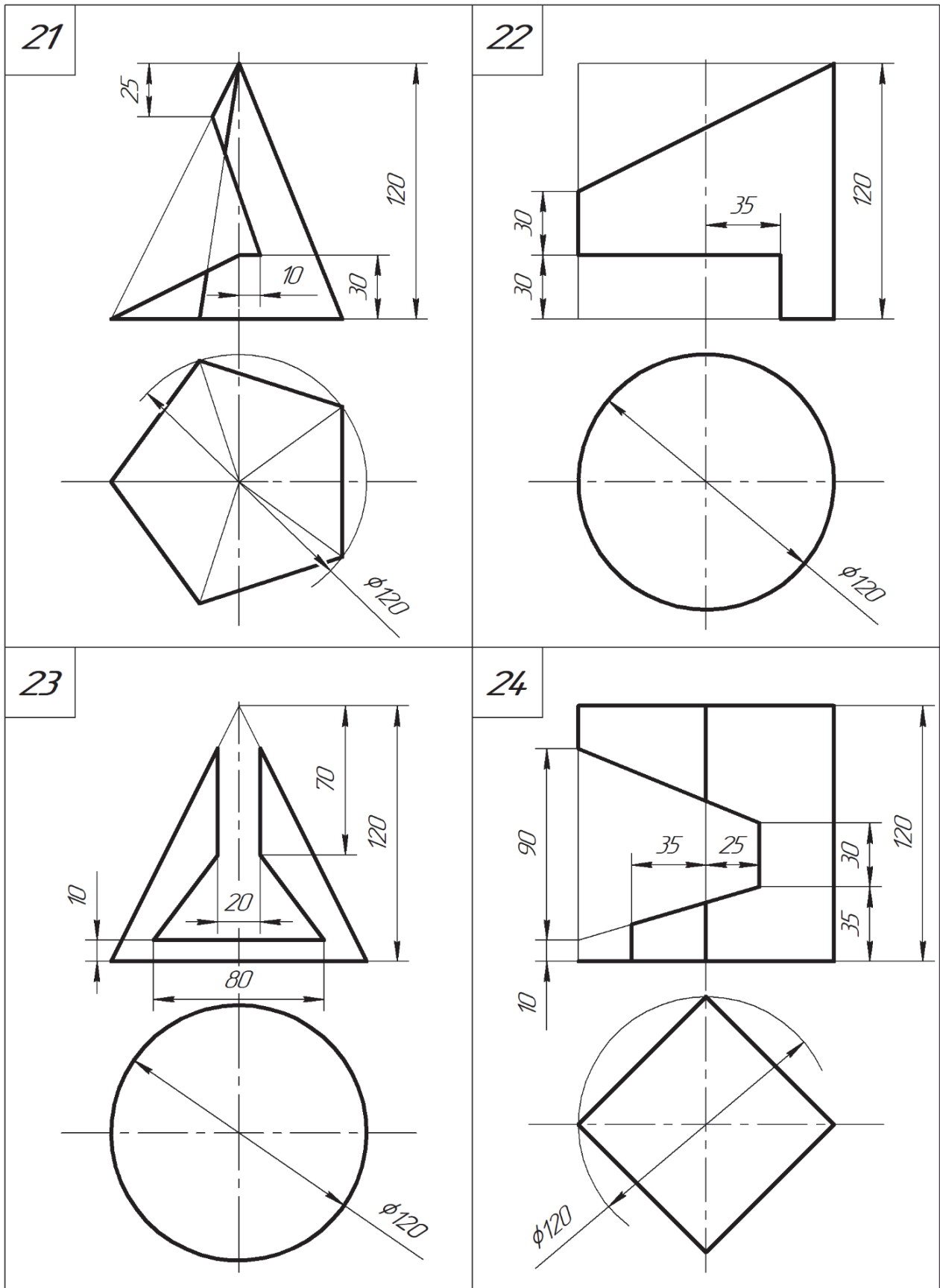


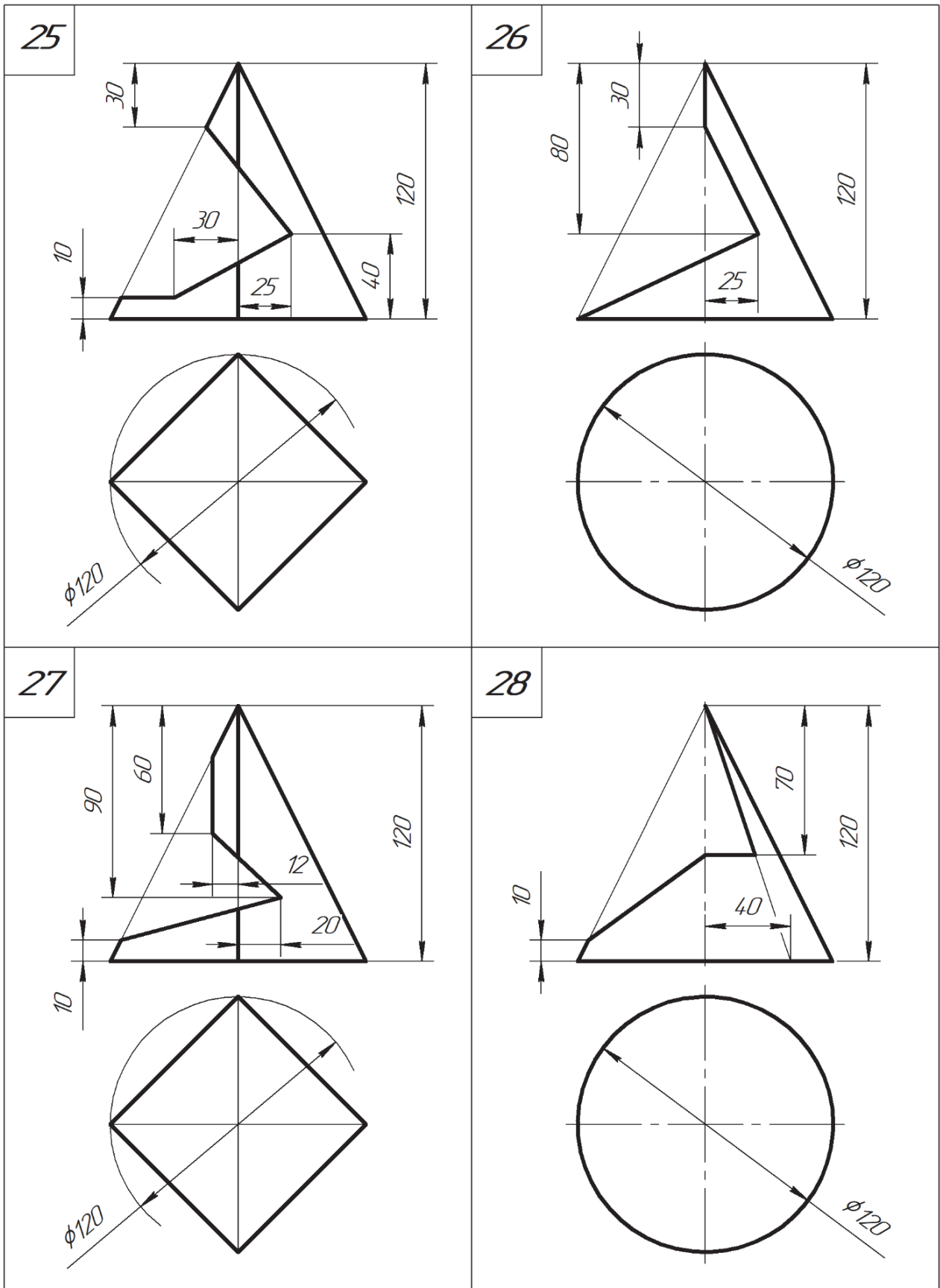




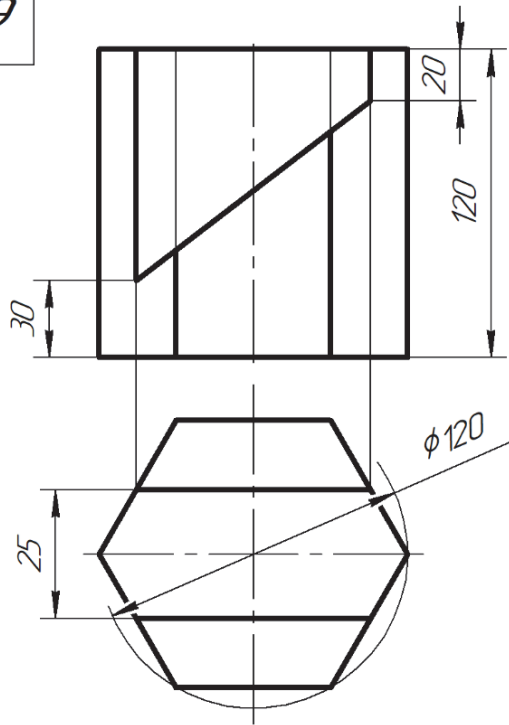




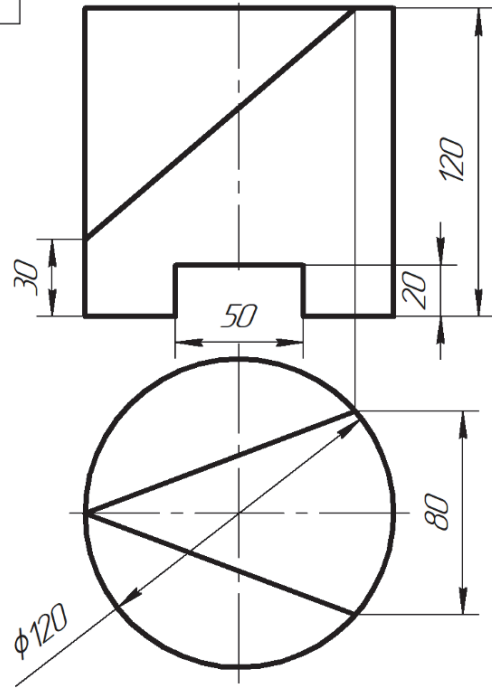




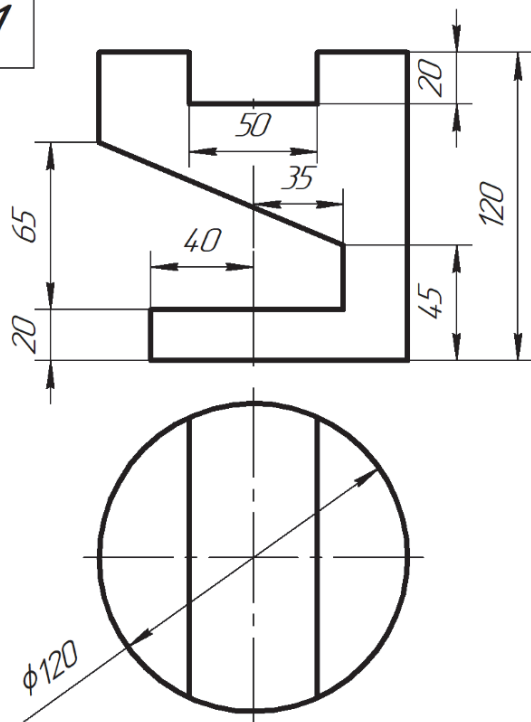
29



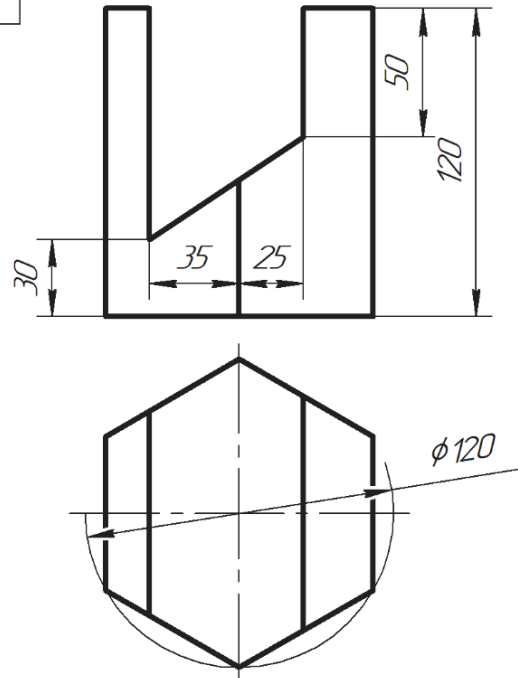
30



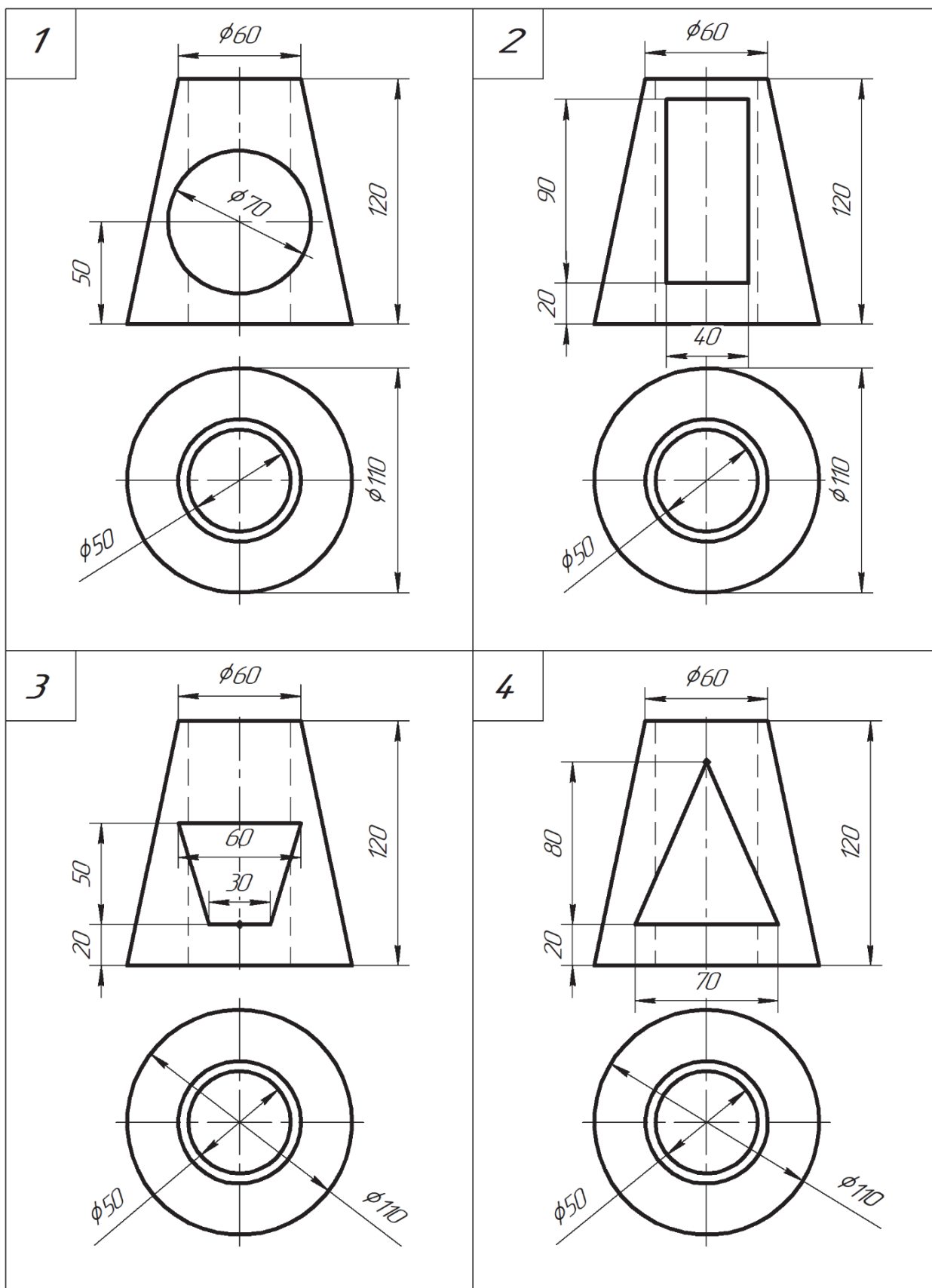
31

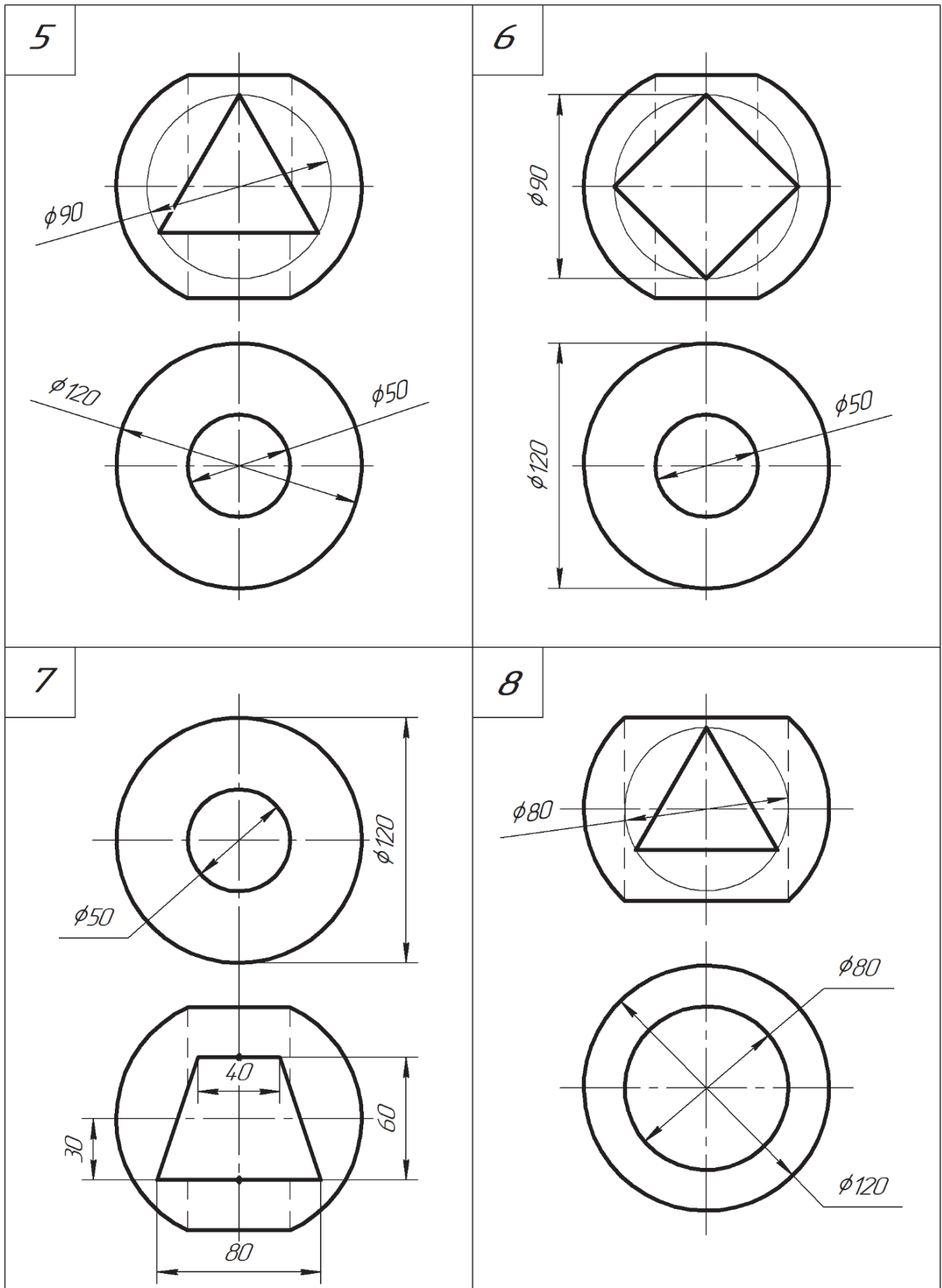


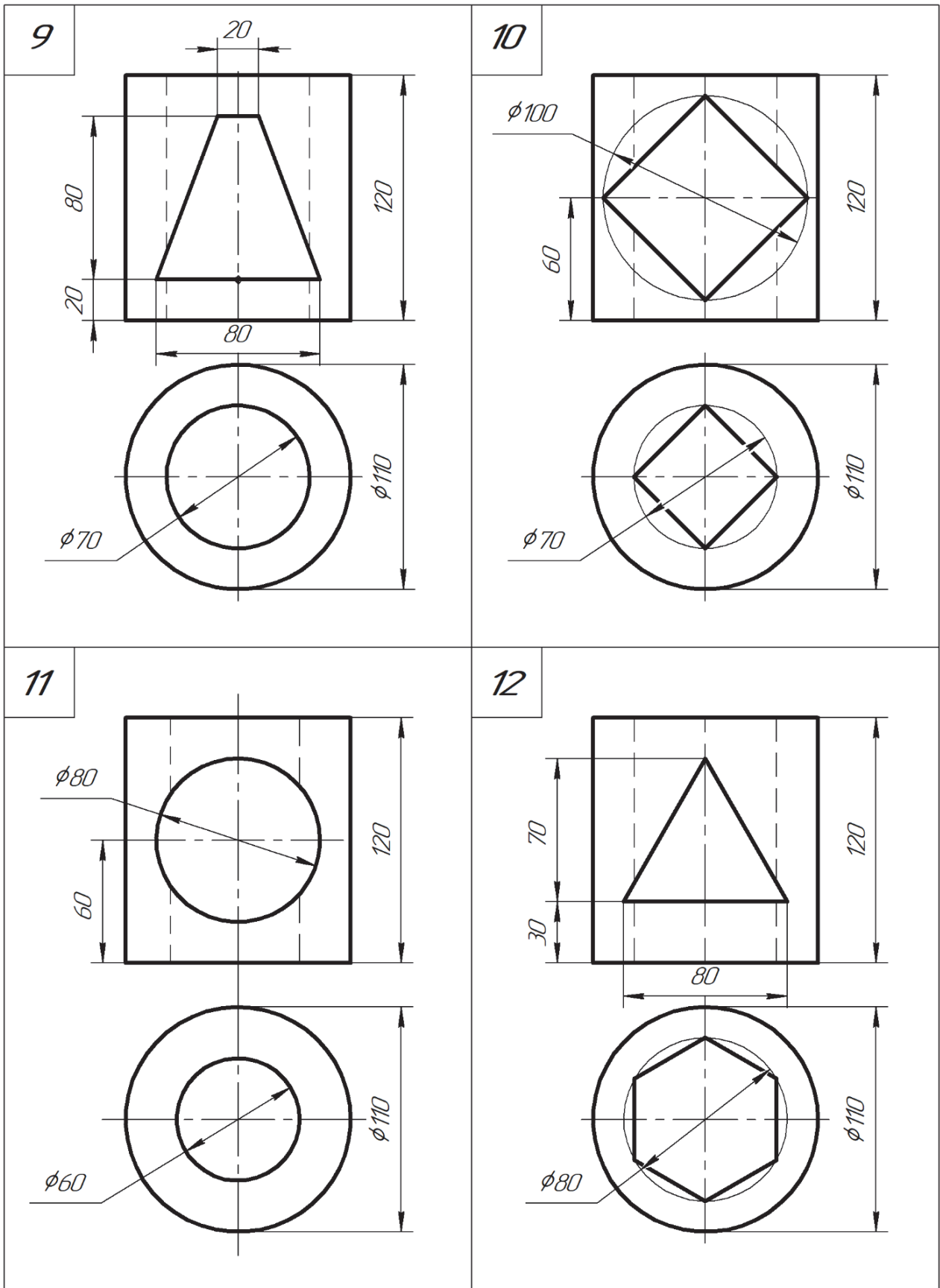
32

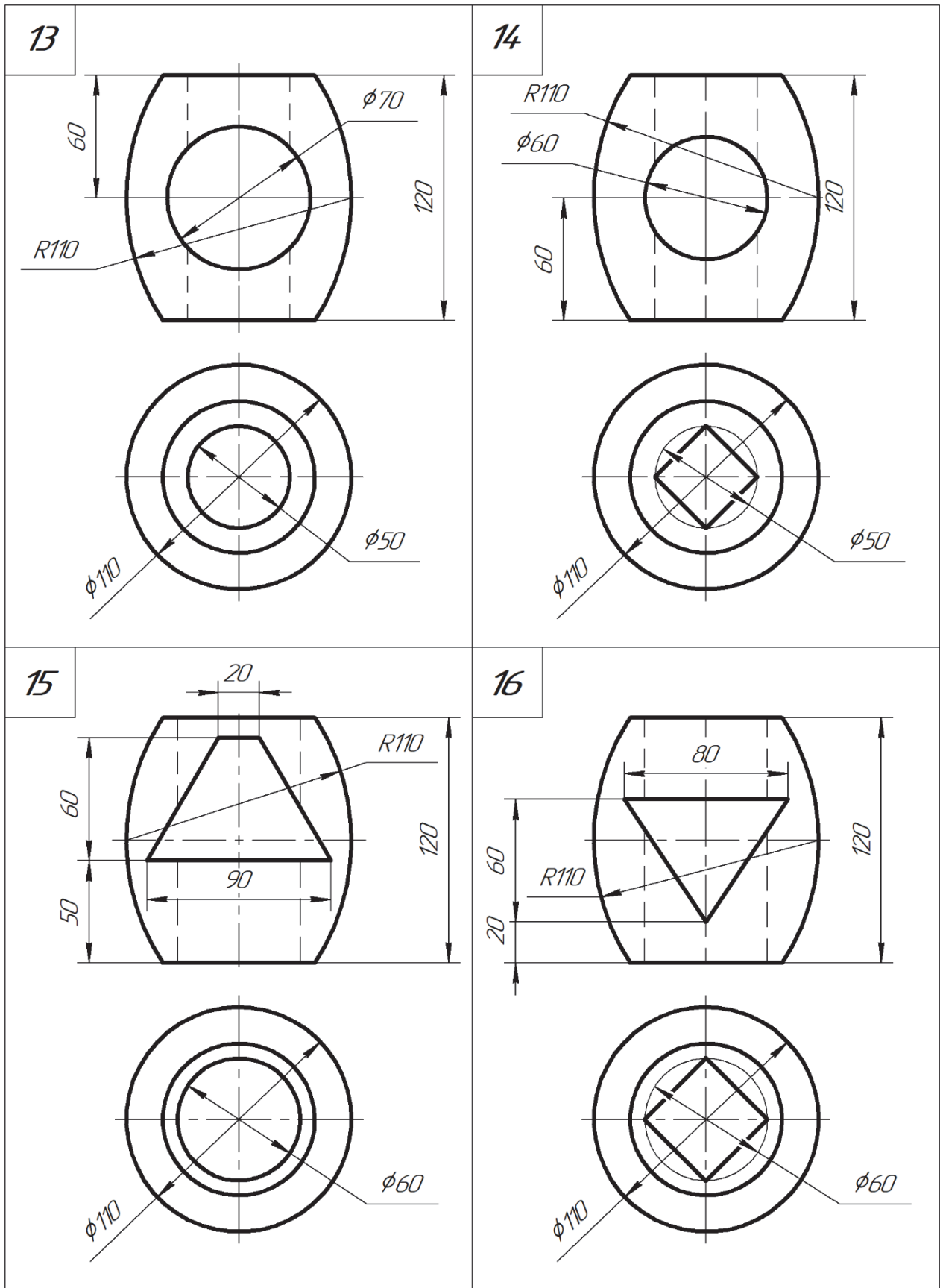


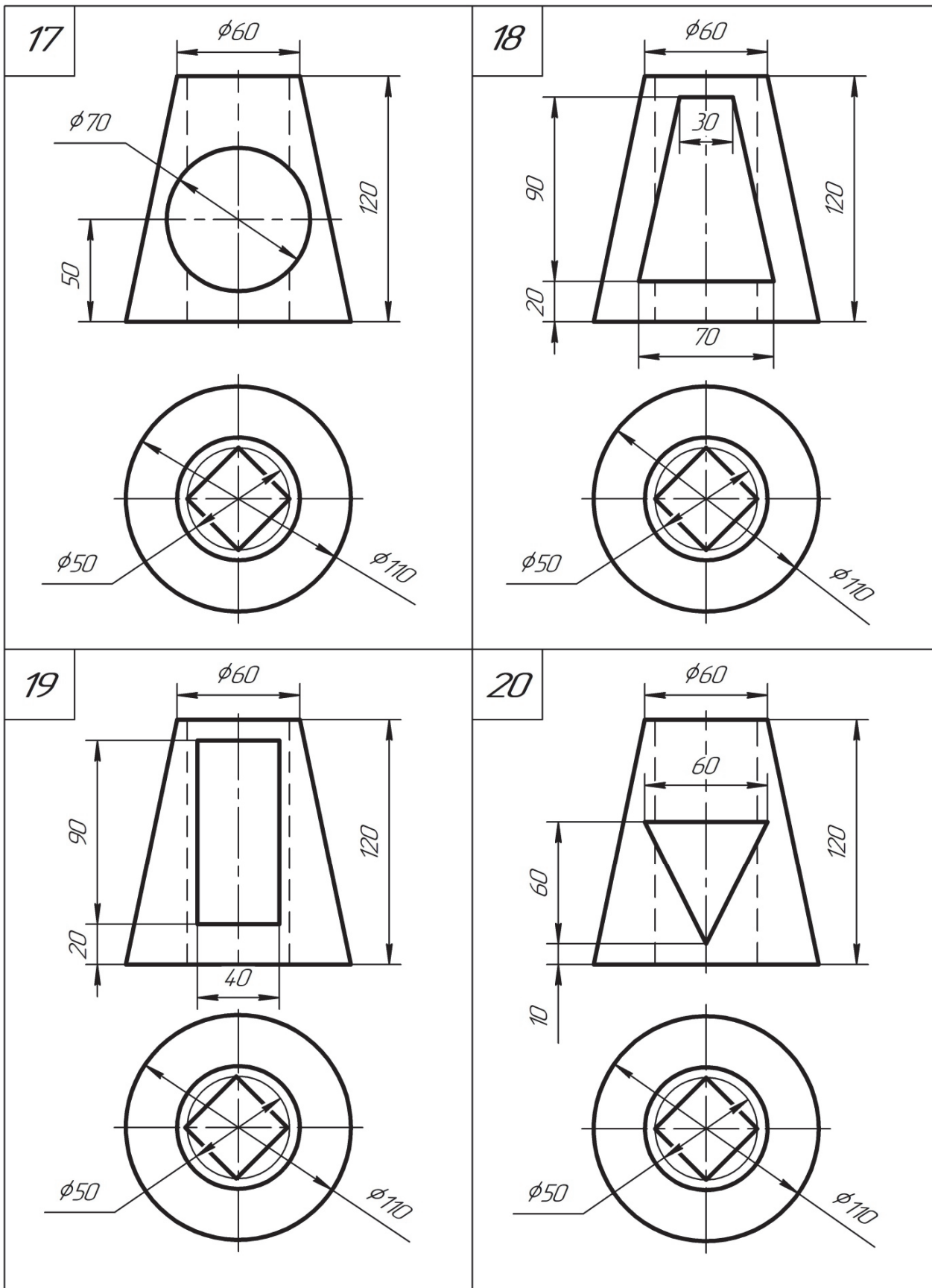
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
 ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ № 3

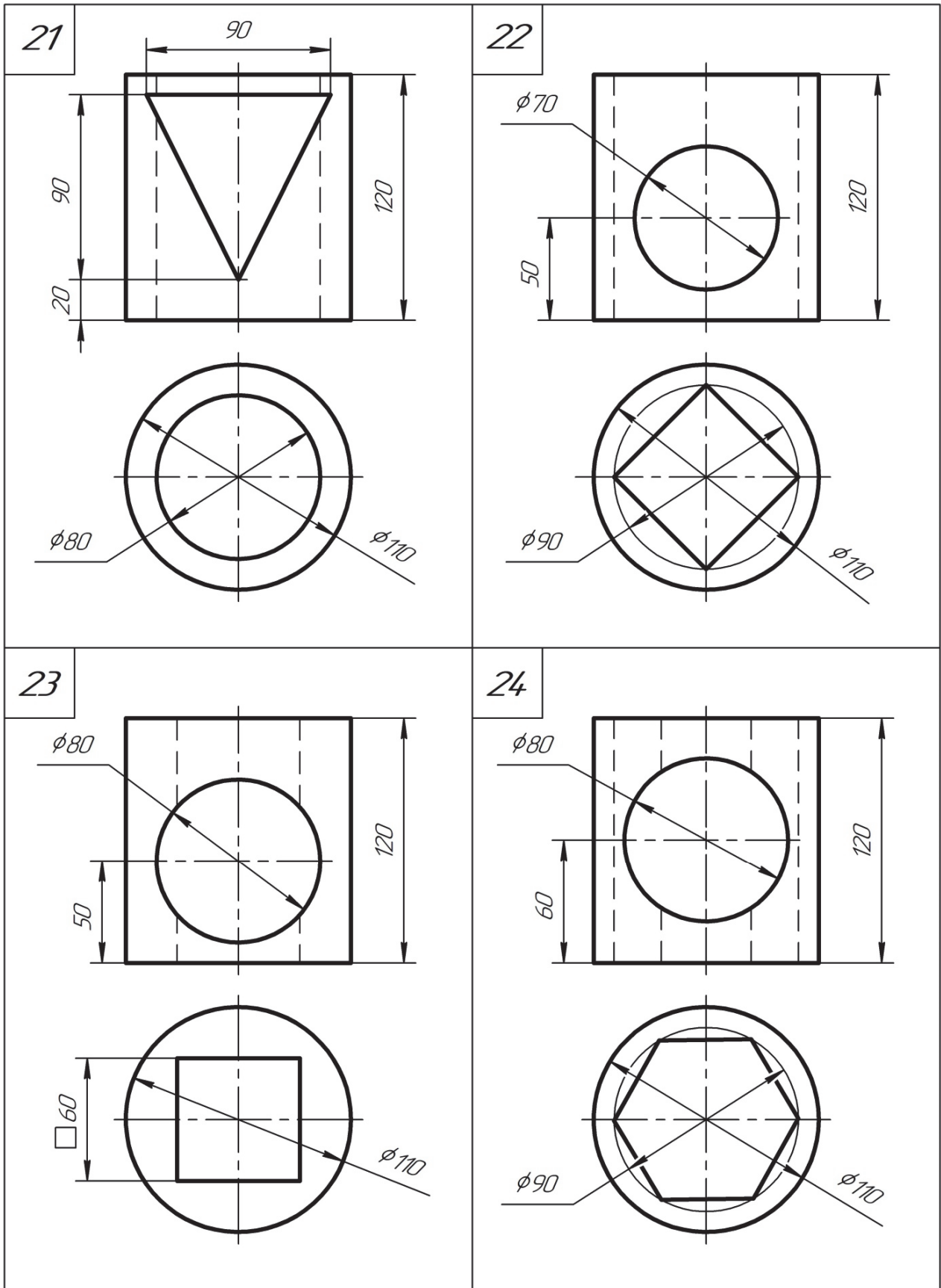


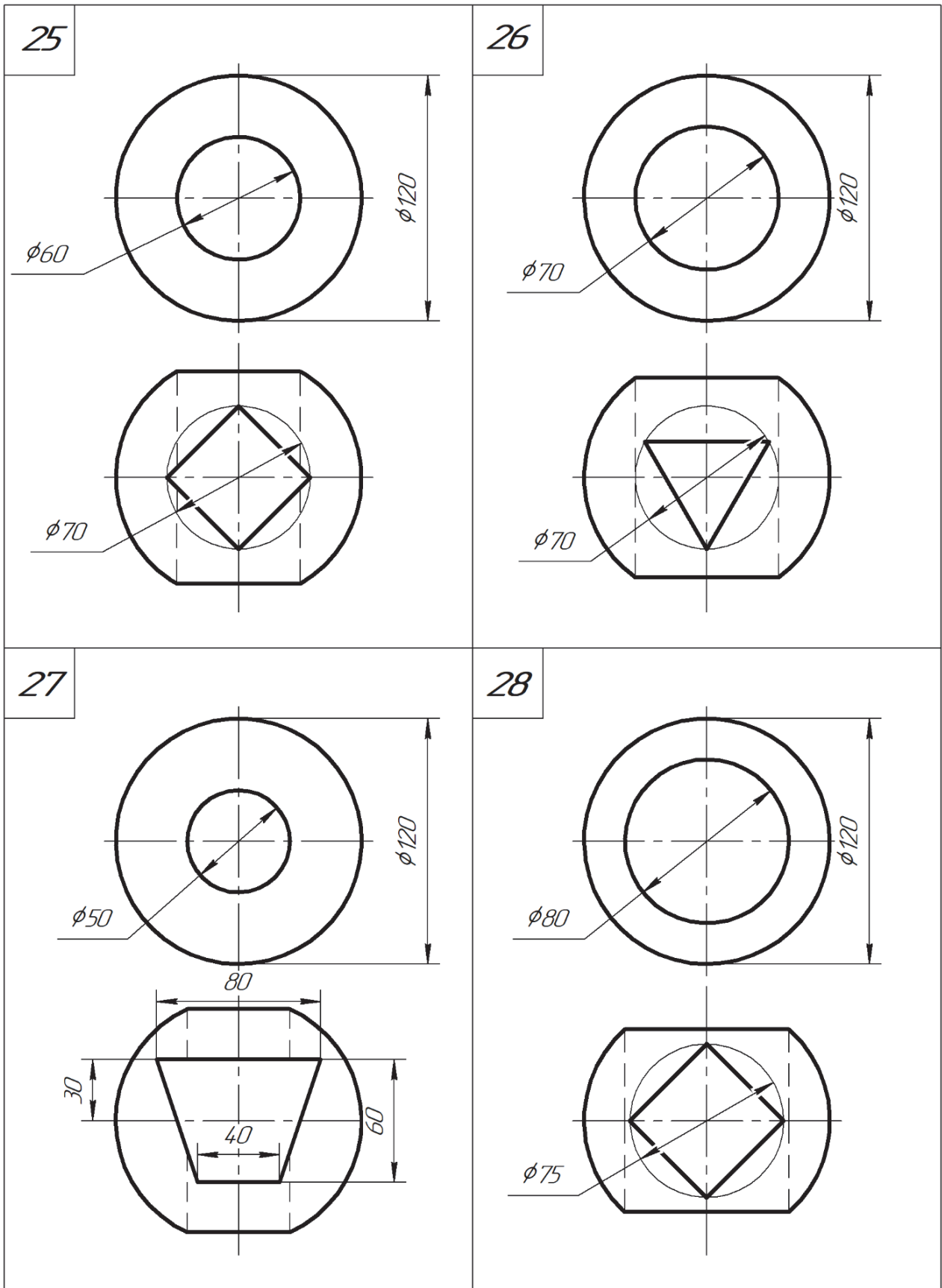


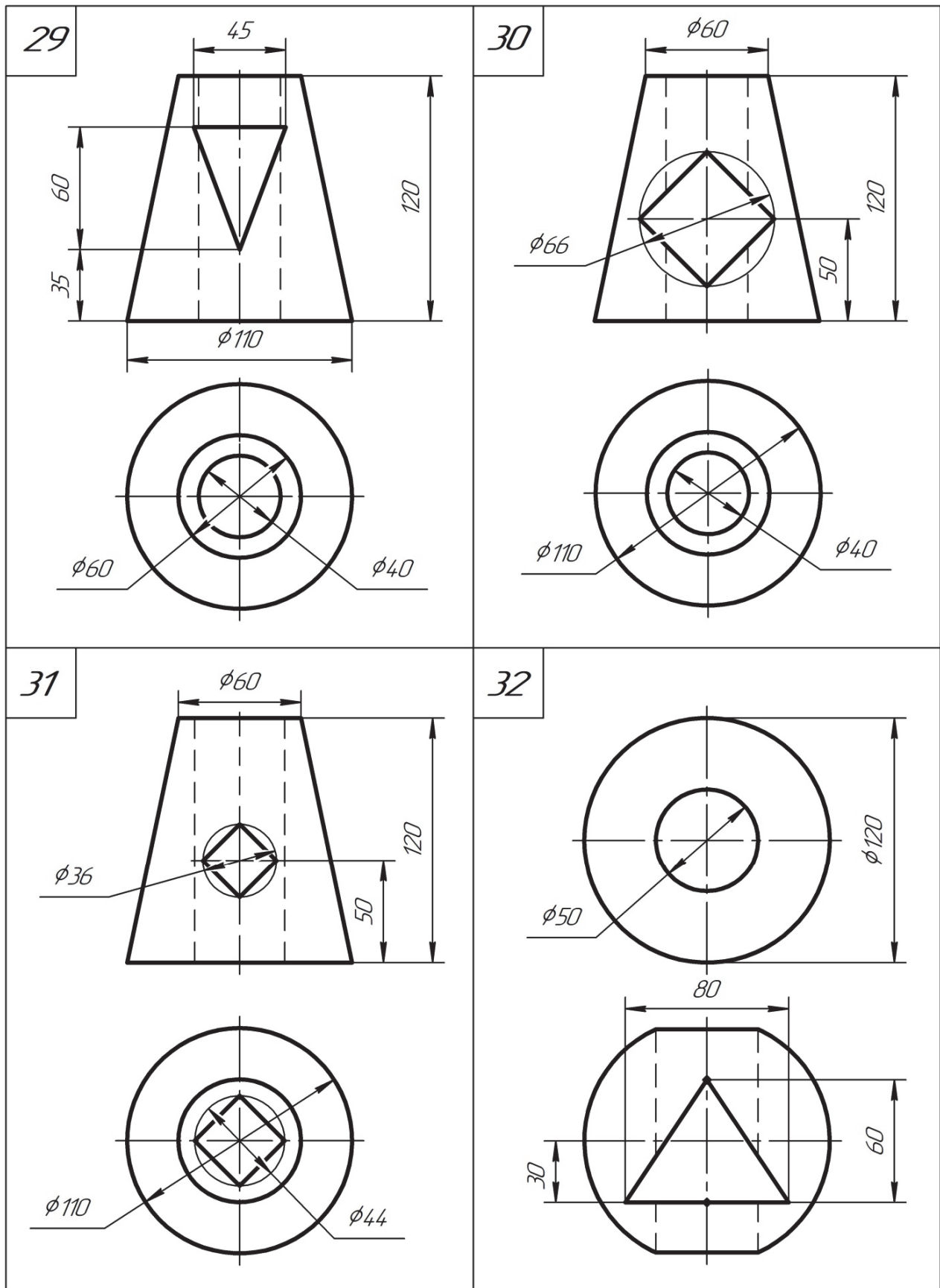












ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии: учеб. пособие / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. – 26-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2004. – 272 с.
2. Жарков, Н. И. Начертательная геометрия: учеб. пособие / Н. И. Жарков, А. Л. Калтыгин, Ю.Н. Мануков. – Минск: БГТУ, 2010. – 150 с.
3. Гордон, В. О. Сборник задач по курсу начертательной геометрии: учеб. пособие / В. О. Гордон, Ю. Б. Иванов, Т. Е. Солнцева; под ред. Ю. Б. Иванова. – 8-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2002. – 320 с.
4. Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика. Примеры решения задач по разделу «Начертательная геометрия» для студентов дневной и заочной форм обучения: учеб.-метод. пособие / В. А. Бобрович [и др.]. – Минск: БГТУ, 2016. – 28 с.

Дополнительная

1. Чекмарев, А. А. Начертательная геометрия и черчение: учебник / А. А. Чекмарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВЛАДОС, 2005. – 471 с.
2. Линии: ГОСТ 2.303–68. – Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 39 с.
3. Шрифты чертежные: ГОСТ 2.304–81. – Введ. 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. Изображения – виды, разрезы, сечения: ГОСТ 2.305–2008. – Введ. 01.07.2009. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 61 с.
5. Аксонометрические проекции: ГОСТ 2.317–2011. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартиформ, 2012. – 13 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Методические указания по выполнению расчетно-графических работ	4
Расчетно-графическая работа № 1	5
Расчетно-графическая работа № 2	16
Расчетно-графическая работа № 3	27
Приложение 1. Пример выполнения титульного листа.....	32
Приложение 2. Индивидуальные задания для расчетно-графической работы № 2.....	33
Приложение 3. Индивидуальные задания для расчетно-графической работы № 3.....	41
Литература	49

Учебное издание

Бобрович Владимир Аркадьевич
Войтеховский Борис Викторович
Гарабажиу Александр Андреевич и др.

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. П. Приходько*
Компьютерная верстка *О. П. Приходько*
Дизайн обложки *Д. А. Полешова*
Корректор *О. П. Приходько*

Подписано в печать 15.03.2024. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 6,0. Уч.-изд. л. 4,0.
Тираж 100 экз. Заказ .

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