

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений
высшего образования по группе специальностей 74 06 Агроинженерия
и специальности 1-36 12 01 Проектирование и производство
сельскохозяйственной техники*

Минск
БГАТУ
2018

УДК 514.18(07)
ББК 22.151.3я7
НЗ6

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *А. Г. Вабищевич*,
старший преподаватель *М. А. Игнатенко-Андреева*,
старший преподаватель *А. Н. Кудинович*,
старший преподаватель *О. В. Мулярова*,
преподаватель *В. Е. Азарушкин*,
старший преподаватель *Н. В. Рутковская*

Рецензенты:

кафедра «Теоретическая механика и инженерная графика» БГСХА
(кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *М. Л. Пархоменко*);
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Инженерная графика машиностроительного профиля» БНТУ *С. В. Гиль*

Начертательная геометрия : учебно-методическое пособие / А. Г. Вабищевич [и др.].
НЗ6 – Минск : БГАТУ, 2018. – 108 с.
ISBN 978-985-519-943-5.

Содержит основные теоретические сведения, методические рекомендации, варианты и примеры выполнения графических работ при самостоятельной работе студентов (2 уровень) и учащихся колледжей (1 уровень).

Для студентов дневной и заочной формы обучения учреждений высшего образования и учащихся учреждений среднего специального и профессионально-технического образования.

УДК 514.18(07)
ББК 22.151.3я7

ISBN 978-985-519-943-5

© БГАТУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Введение | 4 |
| Методические указания по выполнению графических работ | 5 |
| Графическая работа № 1. Перпендикулярность прямой и плоскости | 10 |
| Графическая работа № 2. Способы преобразования чертежа | 16 |
| Графическая работа № 3. Геометрические фигуры и тела в аксонометрии | 28 |
| Графическая работа № 4. Призма | 34 |
| Графическая работа № 5. Пирамида | 39 |
| Графическая работа № 6. Цилиндр | 44 |
| Графическая работа № 7. Конус | 48 |
| Графическая работа № 8. Шар | 53 |
| Графическая работа № 9. Тор | 57 |
| Графическая работа № 10. Взаимное пересечение поверхностей | 70 |
| Графическая работа № 11. Развертки поверхностей | 86 |
| Графическая работа № 12. Винтовая поверхность | 97 |
| Список литературы | 104 |

ВВЕДЕНИЕ

Начертательная геометрия и инженерная графика входят в учебные программы технических вузов и колледжей как обязательная общетехническая дисциплина при обучении специалистов инженерно-технического профиля.

Начертательная геометрия развивает пространственное мышление, необходимое для профессиональной деятельности инженера при решении различных технических задач и выполнении чертежей.

Изучаемые в начертательной геометрии способы построения изображений предметов на чертеже по методу проекций позволяют по чертежу создавать пространственные образы предметов, определять их взаимное расположение и размеры, исследовать и моделировать различные технические формы и конструкции.

Учебно-методическое пособие содержит краткие теоретические сведения, методические рекомендации, варианты и примеры выполнения графических работ при самостоятельной работе студентов (2 уровень) и учащихся колледжей (1 уровень).

Краткие теоретические сведения по каждой теме содержат основной материал, который необходимо знать студенту перед тем, как выполнять графическую работу.

Методика выполнения заданий содержит указания и рекомендации о последовательности выполнения каждой графической работы и по оформлению чертежей. Условия выполнения всех заданий изложены в доступной форме и направлены на выработку грамотного чтения и выполнения графических работ, что поможет студентам применить свои знания на практике.

В каждой работе приведены варианты условий заданий. При составлении заданий упор сделан не только на теоретическую значимость, но и на практическую направленность знаний студентов.

С целью наглядного представления выполняемой работы приведены примеры выполнения графических работ по каждой теме. С помощью пособия студенты смогут реально оценить свои знания, поэтапно проконтролировать себя, обнаружить пробелы в своей подготовке по начертательной геометрии и вовремя устранить их.

Пособие будет полезным как для студентов вузов, так и для учащихся колледжей, поскольку содержит 2-уровневые задания.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

При изучении начертательной геометрии необходимо изучать и усваивать теоретический материал лекций и ЭУМК, а также моделировать изучаемые геометрические сочетания и формы.

Чертежи решенных задач выполняются в масштабе М 1:1 (ГОСТ 2.302–68. Масштабы) в карандаше с использованием линий, установленных ГОСТ 2.303–68. Линии.

Каждая графическая работа выполняется на стандартных листах формата А3 (ГОСТ 2.301–68. Форматы) с размерами сторон внешней рамки 297×420 мм (рис. 1).

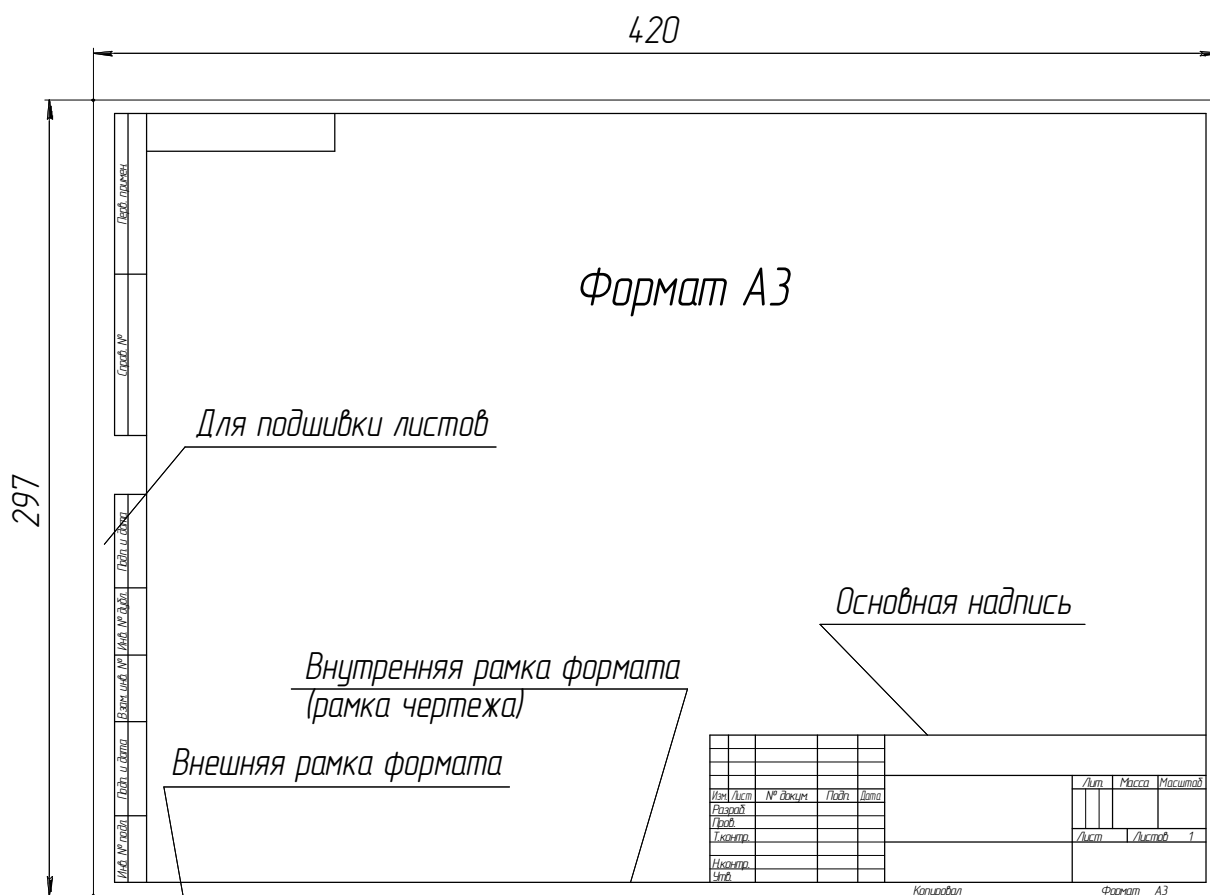


Рис. 1. Размеры формата А3 с расположением основной надписи
вдоль длинной стороны листа

В правом нижнем углу формата выполняется основная надпись по ГОСТ 2.104–2006. Для форматов А4 основная надпись располагается вдоль короткой стороны листа. Для выполнения текста основной надписи следует использовать

стандартные чертежные шрифты № 7 и № 5 типа Б (ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертежные). Основная надпись (рис. 2, 3) выполняется в правом нижнем углу чертежа сплошной толстой линией и примыкает к линиям внутренней рамки формата – рамки чертежа. Для выполнения текста основной надписи следует использовать стандартные чертежные шрифты № 7 и № 5 типа Б (ГОСТ 2.304–81. Шрифты чертежные) [2, 3].

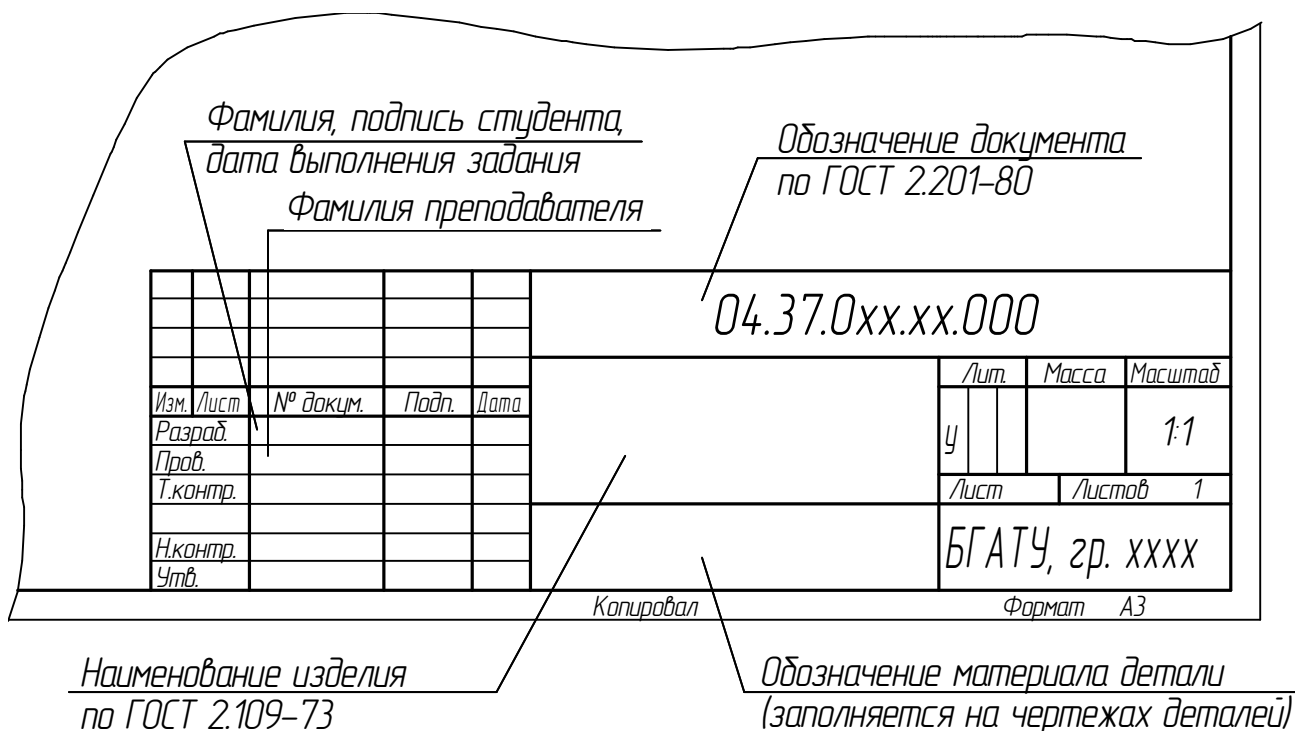


Рис. 2. Основная надпись чертежа

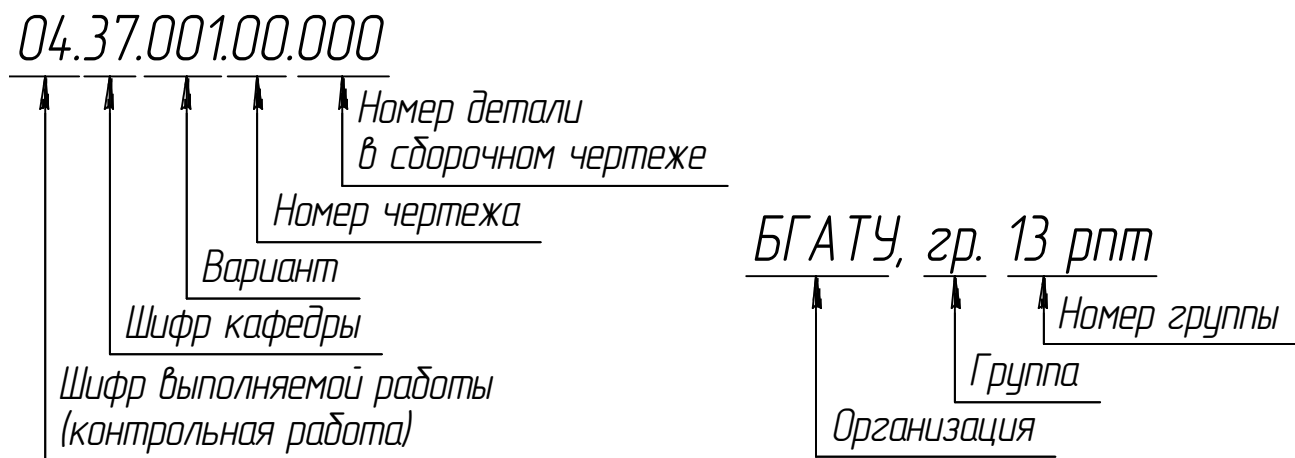


Рис. 3. Расшифровка надписей

К альбому чертежей следует выполнить титульный лист на листе формата А4 с размерами сторон 210×297 мм (рис. 4).

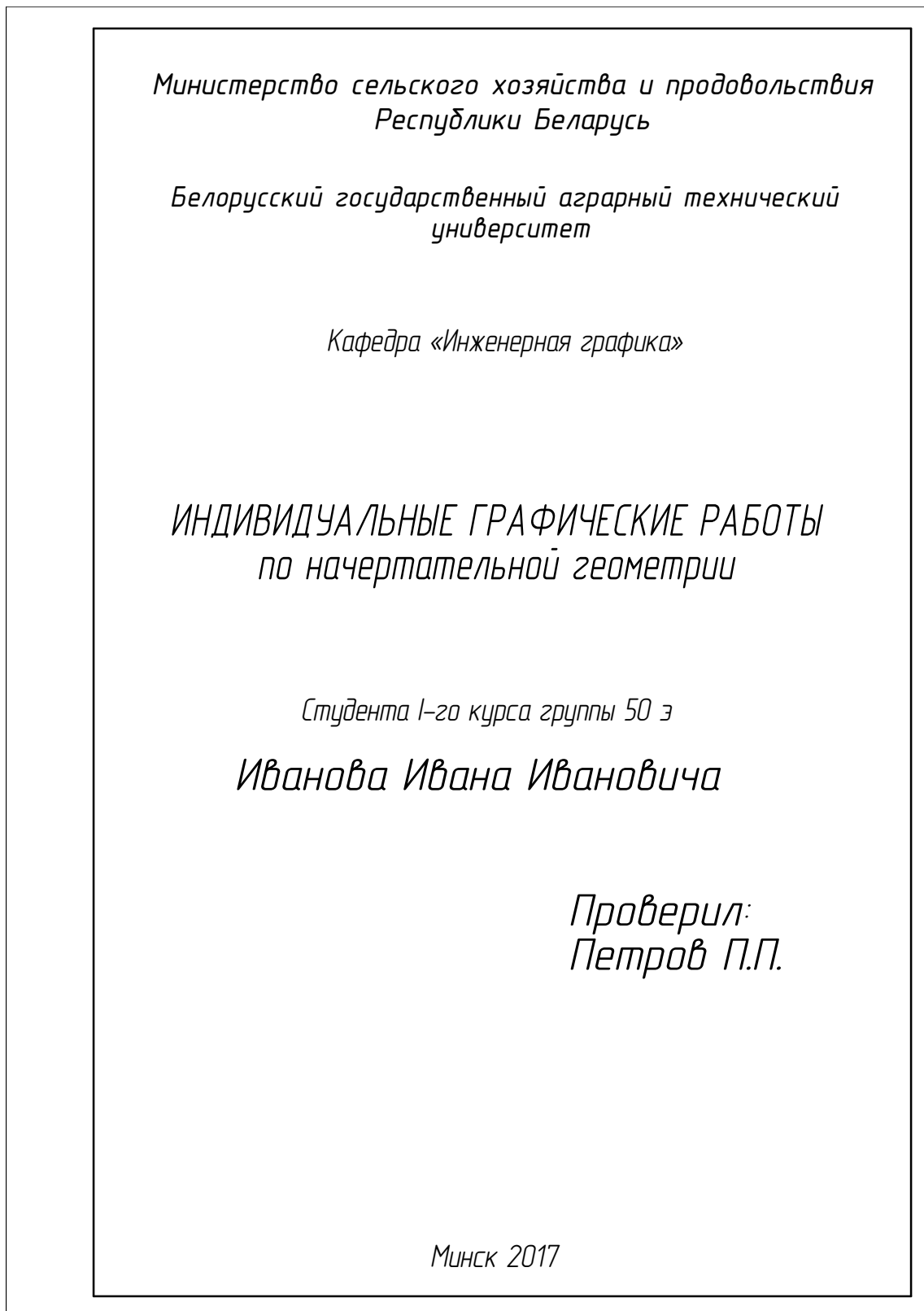


Рис. 4. Пример оформления титульного листа

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

Чертежные материалы, принадлежности и инструменты для выполнения графических работ существенно влияют на качество и трудоемкость выполнения чертежей. При работе над чертежами рекомендуется использовать:

1) чертежную белую бумагу – ватман формата А3 горизонтального расположения – хорошего качества с типографской рамкой чертежа и основной надписью вдоль длинной стороны листа;

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

- линейка должна быть длиной не менее 300 мм;
- можно использовать роликовые рейсшины хорошего качества (длина 220–300 мм) для вычерчивания параллельных линий;
- прямоугольные треугольники (деревянные или пластмассовые с выступающими опорными элементами) должны иметь острые углы в 30° и 60° (или два угла 45°) и прямолинейные гладкие кромки;

3) карандаши с грифелем твердостью «НВ» (твёрдо-мягкий), «ВН» (мягко-твёрдый), «В» (мягкий) и «F» (более мягкий); грифель твердостью «В» или «F» вставляют в головку циркуля;

4) ластик – без абразивных включений (как правило, белого цвета), должен вытирать линию, не размазывая ее и не протирая бумагу.

Экзаменационная работа по курсу начертательной геометрии выполняется на стандартном листе белой чертежной бумаги формата А3 с рамкой чертежа и основной надписью. При нехватке места часть ответов можно перенести на новый лист или на оборотную сторону листа. При оформлении экзаменационного или зачетного заданий необходимо соблюдать требования действующих государственных стандартов ЕСКД.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. Точки в пространстве – прописными буквами латинского алфавита A, B, C, \dots , а также цифрами.
2. При преобразовании чертежа вращением (или совмещением) в новом положении последовательность точек – подстрочными индексами: A_1, A_2, A_3 и т. д.
3. Линии в пространстве – по точкам, определяющим линию, – строчными буквами латинского алфавита a, b, c, \dots
4. Углы в пространстве – строчными буквами греческого алфавита $\mu, \rho, \sigma, \varphi$ и ω .
5. Плоскости – строчными буквами греческого алфавита $\alpha, \beta, \gamma, \delta$.
6. Поверхности – римскими цифрами, а также прописными буквами русского алфавита: цилиндр – Ц, конус – К, сфера – Сф, ...
7. Плоскости проекций – прописной буквой латинского алфавита или строчной буквой греческого алфавита; горизонтальная – H или π_1 , фронтальная – V или π_2 , профильная – W или π_3 .
8. Оси проекций – строчными буквами латинского алфавита: x, y, z . Начало координат – прописной буквой O .
9. Проекция точек:
 - на горизонтальную плоскость H или π_1 – A', B', C', \dots ;
 - на фронтальную плоскость V или π_2 – A'', B'', C'', \dots ;
 - на профильную плоскость W или π_3 – A''', B''', C''', \dots ;
 - совпадение проекций точек – $A' \equiv B', 1' \equiv 2'$ или $A'(B'), 1'(2')$.
10. Проекция линий – по проекциям точек, определяющих линию; кроме того:
 - горизонтальная линия (горизонталь) – буквой h ;
 - фронтальная линия (фронталь) – буквой f ;
 - профильная линия (профиль) – буквой p .
11. Обозначение плоскостей (секущих плоскостей), заданных следами:
 - горизонтальный след плоскости $P_h, T_h, S_h \dots$ или $\alpha', \beta', \gamma', \delta'$;
 - фронтальный след плоскости $P_v, T_v, S_v \dots$ или $\alpha'', \beta'', \gamma'', \delta''$;
 - профильный след плоскости $P_w, T_w, S_w \dots$ или $\alpha''', \beta''', \gamma''', \delta'''$.

Графическая работа № 1

ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Цель работы: закрепить теоретические знания и практические навыки по построению перпендикуляра к плоскости.

Задания:

1. Построить прямую призму с основанием ABC и высотой 80 мм;
2. Построить точку N , симметричную точке K относительно плоскости $\triangle ABC$.

Теоретические сведения

Известны четыре варианта взаимного расположения прямой и плоскости:

1. Прямая принадлежит плоскости.
2. Прямая параллельна плоскости.
3. Прямая пересекает плоскость.
4. Прямая перпендикулярна к плоскости.

В случае, когда прямая пересекает плоскость, нахождение точки пересечения является одной из основных задач начертательной геометрии. Для решения этой задачи применяется метод вспомогательных секущих плоскостей. Вначале проводят проецирующую плоскость через прямую, затем находят линию пересечения двух плоскостей; далее на этой линии пересечения находится точка пересечения прямой с заданной плоскостью. В конце задачи также необходимо определить видимость прямой.

При заданном условии, что прямая перпендикулярна к плоскости, решение задачи вытекает из теоремы о перпендикулярности прямой и плоскости: *«Если прямая перпендикулярна к двум пересекающимся прямым, лежащим в одной плоскости, то она перпендикулярна к этой плоскости»*. Построение перпендикуляра на чертеже следует из теоремы о проецировании прямого угла: *«Если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекции, а другая не перпендикулярна ей, то прямой угол на эту плоскость проецируется в натуральную величину»*.

Плоскость задана треугольником ABC (рис. 1.1). Необходимо провести прямую m перпендикулярно к заданной плоскости. В этой плоскости мы проводим две главные линии плоскости: фронталь и горизонталь, которые пересекаются между собой.

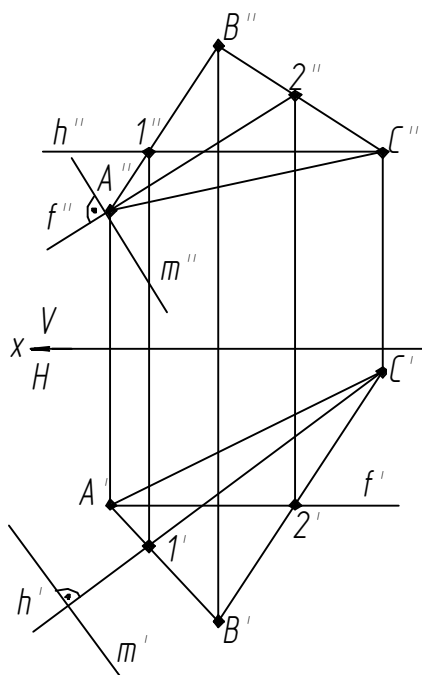


Рис. 1.1. Построение перпендикуляра к плоскости $\triangle ABC$

Исходя из теоремы о проецировании прямого угла, если прямая a перпендикулярна к плоскости треугольника ABC , то горизонтальная проекция этой прямой m' перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали h' , а фронтальная проекция прямой m'' перпендикулярна к фронтальной проекции фронтали плоскости f'' .

Методические рекомендации и последовательность выполнения

Задание выполняется на формате А3 в масштабе 1:1.

Варианты заданий представлены в табл. 1.1.

Образец выполненного задания см. на рис. 1.2.

Задание состоит из двух задач.

Задача 1. Построить прямую призму с основанием ABC и высотой 80 мм.

В прямой призме боковая поверхность перпендикулярна к основаниям, поэтому необходимо построить боковые ребра, перпендикулярные заданному основанию, а затем найти натуральную величину одного из ребер.

1. По координатам точек A , B , C (табл. 1.1) построить две проекции треугольного основания призмы в соответствии с вариантом задания (см. рис. 2).

2. Провести горизонталь h . На фронтальной проекции горизонталь h'' проводим из любой точки параллельно оси x , чтобы она пересекла какую-либо из сторон треугольника. На рис. 1.2 проведена горизонталь h'' из точки B'' , которая пересекает $A''C''$ в точке $1''$. По вертикальной линии связи находим $1'$ на отрезке $A'C'$ и проводим горизонтальную проекцию горизонтали h' , соединив точки B' и $1'$.

3. Аналогично строим фронталь f . На горизонтальной проекции фронталь проводим из любой точки параллельно оси x , чтобы она пересекла какую-либо из сторон треугольника. На рис. 1.2 проведена фронталь f' из точки A' , которая пересекает $B'C'$ в точке $2'$. По вертикальной линии связи находим $2''$ на отрезке $B''C''$ и проводим фронтальную проекцию фронтали f'' , соединив точки A'' и $2''$. Таким образом, мы имеем две пересекающиеся прямые в плоскости треугольника ABC : фронталь и горизонталь.

4. Далее проводим перпендикуляры (боковые ребра призмы) из каждой точки основания. На фронтальной проекции проводим линии перпендикулярно к фронтали f'' из точек A'' , B'' и C'' , а на горизонтальной – перпендикулярно к горизонтали h' из точек A' , B' и C' . Следует установить направление ребер в одну сторону на двух проекциях.

5. На одной из проекций нужно найти натуральную величину ребра 80 мм с помощью правила прямоугольного треугольника. На рис. 1.2 на перпендикуляре из точки B' на некотором расстоянии поставили дополнительную точку $3'$ и по вертикальной линии связи нашли ее фронтальную проекцию $3''$. Из точки $3'$ провели перпендикуляр к отрезку $B'3'$. Величину катета $3'3_0$ замеряем из фронтальной проекции как разницу расстояний концов отрезка $B''3''$ от оси x . Получили прямоугольный треугольник $B'3'3_0$, на гипотенузе которого $B'3_0$ отмерили заданное расстояние 80 мм. Из полученной точки B_0 провели прямую B_0B_1' параллельно $3'3_0$.

6. По полученной проекции одного ребра призмы $B'B_1'$ из точек A' и C' достраиваем верхнее основание на горизонтальной проекции (при этом $B'B_1' = A'A_1' = C'C_1'$), а затем проецируем его на фронтальную проекцию.

7. Исходя из правила конкурирующих точек, определяем видимость ребер. На фронтальной проекции (рис. 1.2) скрещиваются ребра $A''B''$ и $C''C_1''$.

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата.

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата.

Инв. № подл.

000'70'000'LE'70

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | K |
| x | | | | |
| y | | | | |
| z | | | | |

| | | | |
|---------------------------|----------------|-----------|----------|
| 04.37.000.04.000 | | | |
| Изм. / Лист | № докум. | Подп. | Дата |
| Разработ | Крутов М.А. | | 18.10 |
| Проб. | Киданович А.Н. | | 18.10 |
| Т.контр. | | | |
| Н.контр. | | | |
| Утв. | | | |
| Перпендикулярность | | Лист | Листов 1 |
| Копировал | | Формат А3 | |

Рис. 1.2. Пример выполнения задания «Перпендикулярность» (2 уровень)

Пусть точка $4''$ лежит на ребре $C''C_1''$, а точка $5''$ на $A''B''$. По вертикальной линии связи сносим эти точки на горизонтальную проекцию. Определяем, что точка $4'$, лежащая на $C'C_1'$, находится ближе к наблюдателю (дальше точки $5'$ относительно оси x), значит, это ребро на фронтальной проекции $C''C_1''$ будет видимым, и, соответственно, ребро $A''B''$ – невидимым (изображаем его тонкой штриховой линией). Аналогично определяем видимость скрещивающихся ребер $B'C'$ и $A_1'C_1'$ на горизонтальной проекции призмы.

Задача 2. Построить точку N , симметричную точке K относительно плоскости ΔABC .

1. Для решения второй задачи необходимо на свободном месте чертежа построить проекции треугольника ABC и точки K по координатам из табл. 1.1.

2. Очевидно, что для нахождения точки, симметричной плоскости треугольника ABC , необходимо найти кратчайшее расстояние до этой плоскости, что, в свою очередь, является перпендикуляром, проходящим через эту плоскость. По алгоритму построения перпендикуляра к плоскости из задачи 1 выполняем построение пунктов 1, 2, 3 для восстановления перпендикуляра из точки K к плоскости треугольника ABC .

3. С помощью вспомогательной секущей плоскости α'' находим точку пересечения. Для этого заключаем прямую, проходящую через точку K , в фронтально проецирующую плоскость α'' . Очевидно, что фронтально проецирующая плоскость α'' на фронтальной проекции пересекается с плоскостью треугольника $A''B''C''$ по прямой $3''4''$. Проецируем эту прямую на горизонтальную проекцию и находим точку пересечения T' прямой $3'4'$ с перпендикуляром, которая также является точкой пересечения перпендикуляра с плоскостью ΔABC . На перпендикуляре откладываем расстояние $TN = KT$ на двух проекциях.

4. По правилу конкурирующих точек 4 и 5 , определяем видимость скрещивающихся прямых KN и AB .

5. После этого следует обвести основной контур, оставив линии построения тонкими.

6. Вычертить таблицу с исходными данными в соответствии с вариантом.

7. Заполнить штамп основной надписи.

Варианты задания (2 уровень)

| Координата | Вариант | Вариант | | | | Вариант | Вариант | | | | Вариант | Вариант | | | |
|------------|---------|---------|-----|-----|-----|---------|---------|-----|-----|-----|---------|---------|-----|-----|-----|
| | | A | B | C | K | | A | B | C | K | | A | B | C | K |
| x | 1 | 130 | 65 | 30 | 90 | 11 | 80 | 30 | 0 | 15 | 21 | 100 | 40 | 65 | 50 |
| y | | 75 | 45 | 100 | 120 | | 35 | 5 | 70 | 10 | | 45 | 10 | 60 | 65 |
| z | | 55 | 110 | 80 | 110 | | 0 | 60 | 30 | 0 | | 70 | 55 | 5 | 60 |
| x | 2 | 90 | 50 | 0 | 20 | 12 | 125 | 20 | 75 | 60 | 22 | 0 | 80 | 25 | 5 |
| y | | 115 | 50 | 85 | 110 | | 10 | 20 | 60 | 60 | | 0 | 10 | 40 | 20 |
| z | | 65 | 100 | 50 | 95 | | 75 | 30 | 20 | 60 | | 55 | 100 | 100 | 100 |
| x | 3 | 90 | 50 | 5 | 15 | 13 | 120 | 80 | 35 | 120 | 23 | 80 | 20 | 0 | 35 |
| y | | 10 | 10 | 65 | 15 | | 50 | 110 | 95 | 110 | | 105 | 45 | 130 | 70 |
| z | | 20 | 70 | 5 | 40 | | 30 | 50 | 10 | 0 | | 105 | 105 | 40 | 45 |
| x | 4 | 80 | 35 | 0 | 60 | 14 | 30 | 0 | 80 | 15 | 24 | 70 | 0 | 20 | 35 |
| y | | 50 | 10 | 60 | 20 | | 60 | 30 | 0 | 0 | | 10 | 80 | 10 | 5 |
| z | | 35 | 70 | 5 | 10 | | 110 | 60 | 90 | 110 | | 95 | 110 | 40 | 95 |
| x | 5 | 100 | 20 | 60 | 55 | 15 | 50 | 120 | 65 | 85 | 25 | 100 | 50 | 30 | 20 |
| y | | 80 | 20 | 45 | 110 | | 40 | 90 | 10 | 15 | | 40 | 110 | 40 | 95 |
| z | | 120 | 50 | 90 | 90 | | 10 | 50 | 90 | 40 | | 55 | 75 | 5 | 55 |
| x | 6 | 100 | 25 | 55 | 30 | 16 | 55 | 30 | 0 | 10 | 26 | 125 | 65 | 40 | 60 |
| y | | 120 | 100 | 50 | 55 | | 130 | 35 | 95 | 130 | | 40 | 50 | 110 | 20 |
| z | | 65 | 30 | 0 | 55 | | 75 | 120 | 45 | 110 | | 80 | 120 | 45 | 70 |
| x | 7 | 3 | 80 | 120 | 85 | 17 | 65 | 30 | 120 | 75 | 27 | 50 | 120 | 80 | 60 |
| y | | 100 | 45 | 100 | 70 | | 105 | 70 | 50 | 5 | | 115 | 45 | 115 | 60 |
| z | | 30 | 0 | 70 | 70 | | 75 | 10 | 50 | 30 | | 5 | 40 | 80 | 45 |
| x | 8 | 60 | 90 | 0 | 35 | 18 | 50 | 90 | 120 | 100 | 28 | 50 | 95 | 125 | 60 |
| y | | 0 | 60 | 45 | 10 | | 100 | 110 | 50 | 110 | | 120 | 120 | 40 | 70 |
| z | | 60 | 115 | 75 | 110 | | 115 | 35 | 75 | 105 | | 110 | 35 | 75 | 70 |
| x | 9 | 75 | 0 | 60 | 20 | 19 | 70 | 120 | 55 | 110 | 29 | 0 | 65 | 35 | 45 |
| y | | 50 | 70 | 110 | 110 | | 5 | 85 | 45 | 15 | | 75 | 110 | 55 | 35 |
| z | | 110 | 55 | 55 | 100 | | 30 | 40 | 110 | 80 | | 50 | 60 | 115 | 65 |
| x | 10 | 80 | 130 | 35 | 100 | 20 | 110 | 90 | 40 | 100 | 30 | 0 | 35 | 50 | 50 |
| y | | 60 | 25 | 10 | 10 | | 45 | 105 | 90 | 105 | | 75 | 35 | 110 | 75 |
| z | | 0 | 65 | 15 | 0 | | 25 | 70 | 0 | 10 | | 80 | 10 | 50 | 80 |

Контрольные вопросы

1. Перечислите возможные варианты взаимного расположения прямой и плоскости.
2. Сформулируйте теорему о перпендикулярности прямой и плоскости.
3. Сформулируйте теорему о проецировании прямого угла.
4. Как построить перпендикуляр к плоскости по двум теоремам?
5. Каким образом можно найти точку пересечения прямой и плоскости?

Графическая работа № 2

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА

Цель работы: научиться применять способы преобразования чертежа для решения метрических задач.

Задания:

1. Определить угол между плоскостями ABC и BCS способом замены плоскостей проекций.
2. Определить натуральную величину основания $\triangle ABC$:
 - а) способом плоскопараллельного перемещения;
 - б) способом вращения вокруг линии уровня.
3. Определить натуральную величину ребра SA способом вращения вокруг проецирующих осей.

Теоретические сведения

Цель способов преобразования чертежа – приведение геометрических фигур в частное положение (параллельное или проецирующее) относительно плоскостей проекций для обеспечения большей наглядности изображения и упрощения решения позиционных и метрических задач.

Способы преобразования можно классифицировать, исходя из основных составляющих аппарата проецирования:

– изменение положения фигур относительно основной системы координат (*способ вращения относительно различных осей; способ плоскопараллельного перемещения*);

– изменение положения плоскостей проекций (*способ замены плоскостей проекций*).

Способ вращения. Сущность способа вращения заключается в том, что прямую линию, плоскую фигуру или пространственную форму поворачивают вокруг выбранной оси до частного положения, при этом система плоскостей проекций не изменяется.

В зависимости от выбранного положения оси вращения по отношению к плоскостям проекций различают:

- 1) вращение вокруг проецирующих прямых;

2) вращение без указания положения оси вращения (плоскопараллельное перемещение);

3) вращение вокруг линии уровня (горизонтали, фронтали).

Вращение вокруг проецирующих прямых. При вращении точки вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей проекций, точка в пространстве описывает окружность; при этом одна ее проекция перемещается по окружности, а вторая – по прямой, параллельной осям координат (рис. 2.1).

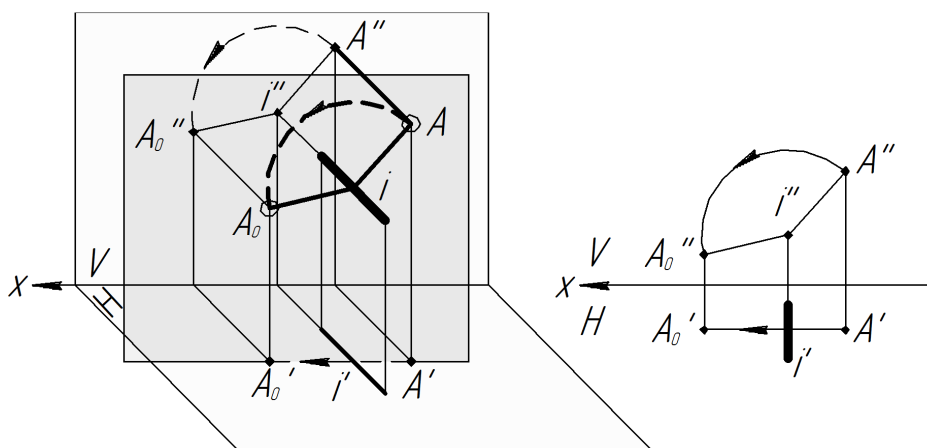


Рис. 2.1. Вращение точки вокруг проецирующей прямой

При вращении отрезка прямой вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей проекций, проекция отрезка на этой плоскости проекций не изменяет своей величины, а изменяется лишь ее положение относительно оси проекций. Вторая проекция отрезка при его вращении изменяет величину и положение (исключение – вращение на 180°) (рис. 2.2).

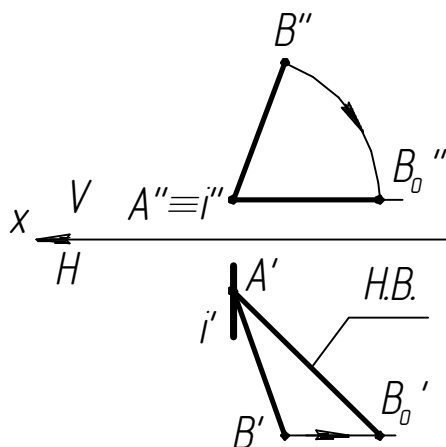


Рис. 2.2. Вращение отрезка вокруг проецирующей прямой

Если плоскость задана на проекционном комплексном чертеже одним из известных способов, то вращение плоскости вокруг оси осуществляется поворотом на один и тот же угол в одном и том же направлении точек и прямых, которыми задана плоскость.

На рис. 2.3 показано преобразование плоскости треугольника ABC способом вращения вокруг проецирующей прямой. Для начала в плоскости необходимо построить линию уровня (горизонталь $C''I''$ и $C'I'$). Далее через точку прохождения линии уровня (точка C'') провести ось вращения (i_1'', i_1'), перпендикулярную горизонтальной плоскости проекций. Вращать треугольник ABC следует до момента, когда горизонталь $C'I'$ станет перпендикулярна к оси проекций (ось x). На фронтальной проекции проводим горизонтальные линии движения от всех точек треугольника ABC до пересечения с вертикальными линиями связи с горизонтальной проекции. После первого преобразования треугольник ABC занимает фронтально-проецирующее положение (линия $A_1''C_1''B_1''$ и треугольник $A_1'C_1'B_1'$). Теперь вводим вторую ось вращения (i_2'', i_2'), перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Вращаем все точки треугольника ABC до положения, параллельного горизонтальной плоскости ($B_2''C_2''A_2''$). На горизонтальной проекции проводим линии направления движения до пересечения с линиями связи с фронтальной проекции. Треугольник $A_2'C_2'B_2'$ есть натуральная величина треугольника ABC .

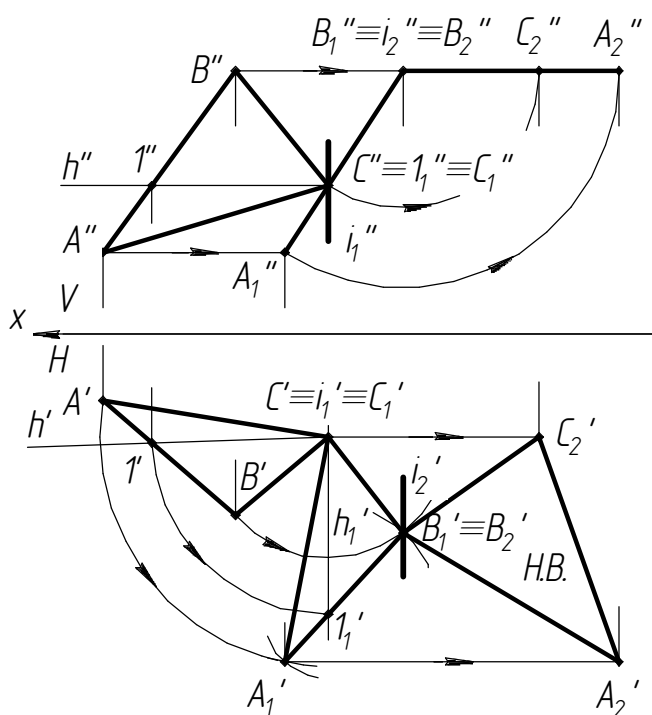


Рис. 2.3. Нахождение натуральной величины ΔABC вокруг проецирующих прямых

Вращение без указания положения оси вращения (плоскопараллельное перемещение). Так как при вращении объектов вокруг оси, перпендикулярной одной из плоскостей проекций, их проекции на данную плоскость не изменяют своей формы и величины, то можно производить вращение, не указывая положения оси вращения (рис. 2.4, 2.5).

На рис. 2.4 изображен отрезок AB в общем положении, ни одна из его проекций не отображает натуральной величины. Способ вращения подразумевает изменение положения объекта из общего в частное, поэтому рядом с исходным изображением проводим на фронтальной проекции линию, параллельную горизонтальной проекции (или оси x), и, отмечая на ней длину проекции $A''B''$, получаем новую проекцию $A_1''B_1''$, от которой проводим линии связи. От горизонтальной проекции $A'B'$ проводим линии параллельного переноса до пересечения с вертикальными линиями связи, в местах пересечения получаем точки для новой проекции $A_1'B_1'$. Проекция $A_1'B_1'$ есть натуральная величина отрезка AB .

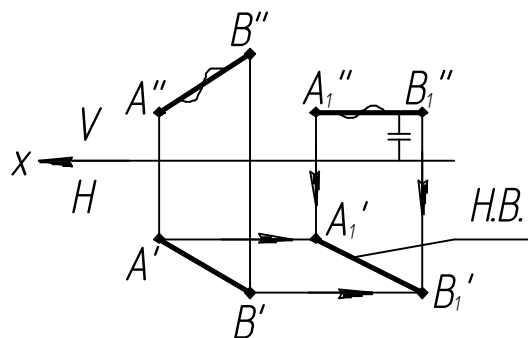


Рис. 2.4. Нахождение натуральной величины отрезка без указания оси вращения (плоскопараллельное перемещение)

При преобразовании чертежа плоскости способом плоскопараллельного перемещения все действия с проекциями плоскости повторяются аналогично преобразованию способом вращения вокруг проецирующей линии.

На рис. 2.5 дана плоскость ABC в общем положении. На фронтальной проекции проводится линия уровня (горизонталь $C''I''$) и проецируется на горизонтальную проекцию $C'I'$. Далее, на горизонтальной проекции рядом с основным изображением вычерчивается новая горизонтальная проекция $A_1'B_1'C_1'$ плоскости ABC перпендикулярно к фронтальной плоскости проекций (горизонталь $C'I'$ должна быть перпендикулярна оси x). От нее проводятся линии связи, а от фронтальной проекции плоскости ABC – линии параллельного переноса до пересечения с линиями связи.

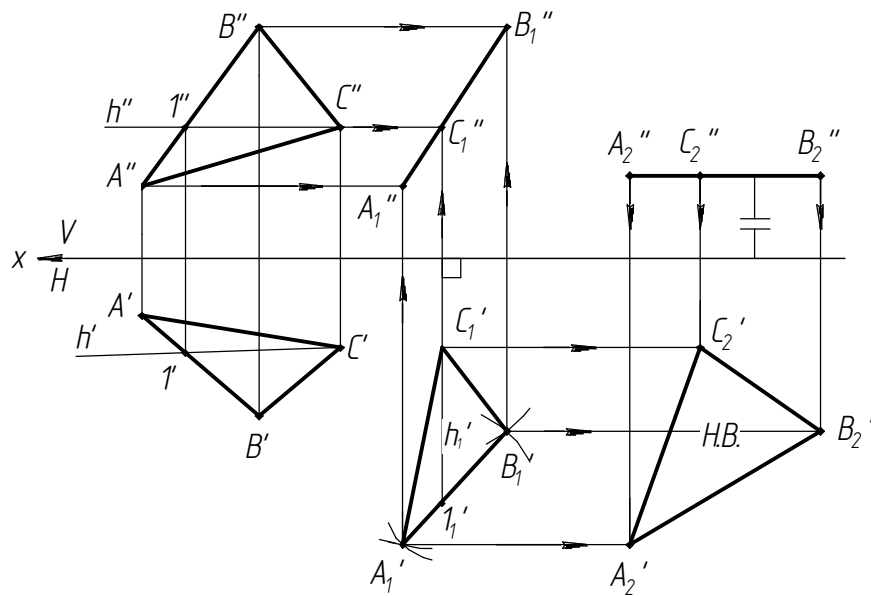


Рис. 2.5. Нахождение натуральной величины плоскости ΔABC без указания оси вращения (плоскопараллельное перемещение)

На фронтальной плоскости проекций плоскость ABC преобразовывается в прямую линию $A_1''C_1''B_1''$. На фронтальной проекции строим новую проекцию $A_2''C_2''B_2''$ плоскости ABC параллельно горизонтальной плоскости проекций (параллельно оси x), от нее проводим линии связи на горизонтальную плоскость проекций. На горизонтальной плоскости проводим линии параллельного переноса от предыдущей проекции $A_1'B_1'C_1'$ плоскости ABC до пересечения с линиями связи. Горизонтальная проекция $A_2'C_2'B_2'$ есть натуральная величина плоскости ABC .

Вращение вокруг линии уровня (горизонтали, фронтали). Вращение вокруг линии уровня применяется в случаях, когда необходимо получить натуральную величину фигуры, в положении, параллельном той или иной плоскости проекций.

На рис. 2.6 показан способ вращения вокруг линии уровня для нахождения натуральной величины треугольника ABC . Для этого проводим фронталь $C'I'$, $C''I''$. Опускаем перпендикуляр из точки A'' к фронтали. Отмечаем точку O'' (прямая $A''O''$ является радиусом вращения точки A вокруг фронтали $C'I'$). Определяем натуральную величину радиуса $A''O''$ методом прямоугольного треугольника. Поворачиваем точку A_0 относительно точки O'' до пересечения с продолжением перпендикуляра $A''O''$. Отмечаем точку A , из которой проводим прямую через точку I'' . Из точки B'' проводим перпендикуляр к фронтали $C''I''$. В месте пересечения отмечаем точку B . Соединяем точки A , B , C . Натуральная величина треугольника ABC найдена.

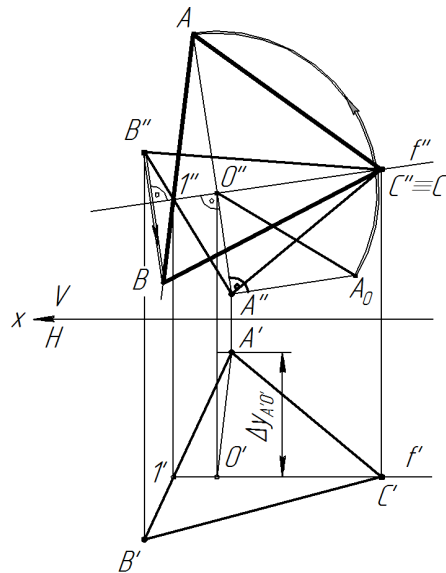


Рис. 2.6. Нахождение натуральной величины плоскости ΔABC вращением вокруг линии уровня

Способ замены плоскостей проекций. Суть способа замены плоскостей проекций заключается в выборе такой системы плоскостей проекций, при которой объект преобразования оказался бы в частном положении (рис. 2.7).

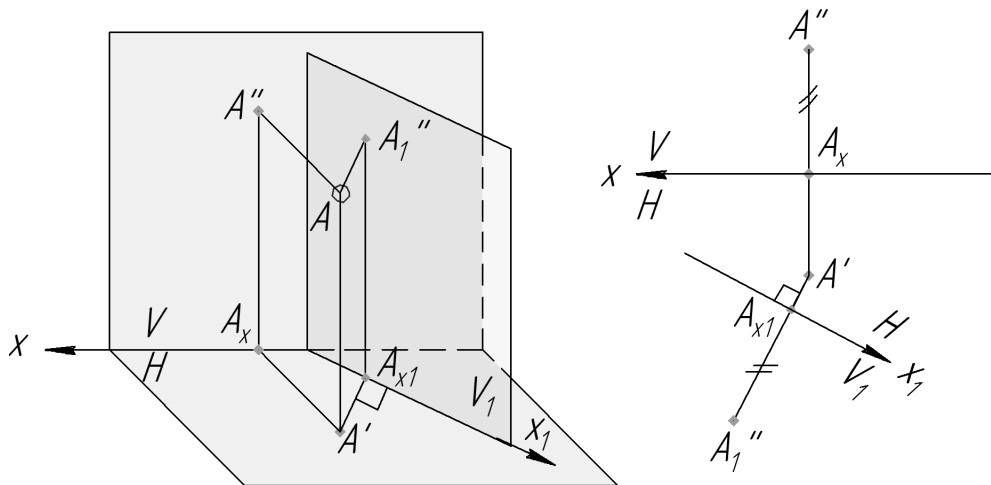


Рис. 2.7. Способ замены плоскостей проекций

На рис. 2.8 показано преобразование отрезка AB способом замены плоскостей. Даны две проекции $A'B'$ и $A''B''$ отрезка общего положения AB . Нужно ввести новую систему координат таким образом, чтобы отрезок AB находился в частном положении (для нахождения натуральной величины отрезок должен быть параллельным одной из плоскостей проекций). Для этого введем новую фронтальную плоскость V_1 так, чтобы отрезок AB стал ей параллелен (новая ось x_1 должна быть параллельна горизонтальной проекции $A'B'$).

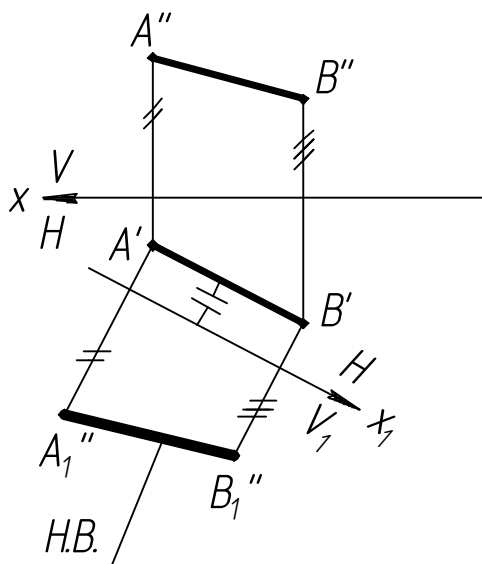


Рис. 2.8. Нахождение натуральной величины отрезка способом замены плоскостей проекций

Далее проводим линии связи на новую фронтальную плоскость проекций V_1 (линии связи перпендикулярны к оси x_1). По этим линиям связи откладываем расстояние от оси x до точек A'' и B'' . Полученная проекция $A_1''B_1''$ есть натуральная величина отрезка AB .

На рис. 2.9 показано преобразование плоскости общего положения $\triangle ABC$ способом замены плоскостей проекций.

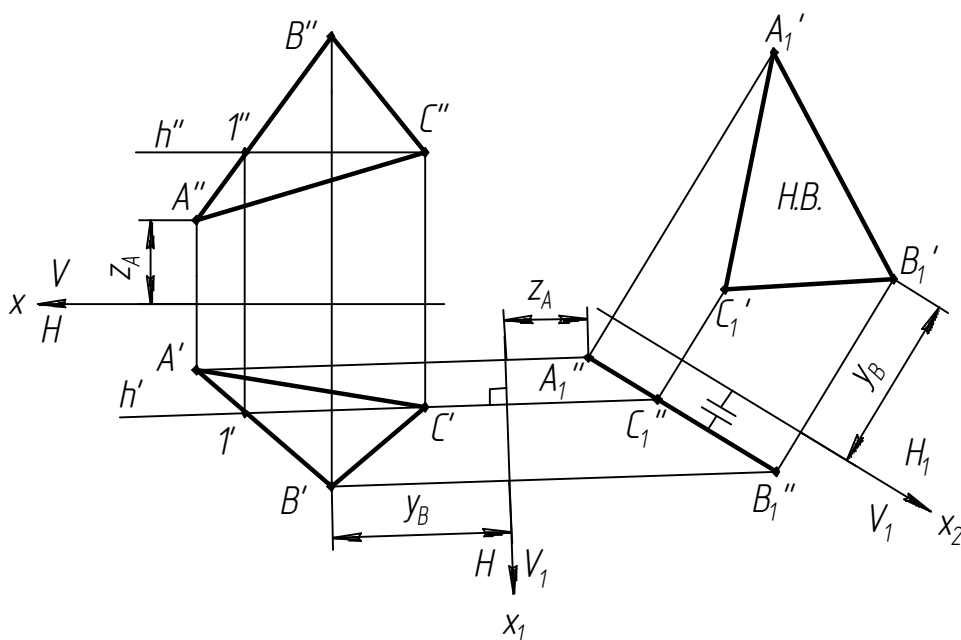


Рис. 2.9. Нахождение натуральной величины треугольника $\triangle ABC$ способом замены плоскостей проекций

На фронтальной проекции проводится линия уровня (горизонталь $C''I''$) и проецируется на горизонтальную проекцию $C'I'$. Далее на горизонтальной проекции вводится новая фронтальная плоскость V_1 таким образом, чтобы новая ось x_1 была перпендикулярна к горизонтали $C'I'$. Проводим линии связи на новую фронтальную плоскость проекций V_1 (линии связи перпендикулярны к оси x_1). По этим линиям связи откладываем расстояние от оси x_1 до точек A'' , B'' и C'' . На фронтальной плоскости проекций V_1 $\triangle ABC$ преобразовывается в прямую линию $A_1''C_1''B_1''$. На фронтальной плоскости проекций V_1 вводим новую горизонтальную плоскость проекций H_1 таким образом, чтобы фронтальная проекция $A_1''C_1''B_1''$ была ей параллельна ($A_1''C_1''B_1''$ должна быть параллельна новой оси x_2). Далее проводим линии связи на новую горизонтальную плоскость проекций H_1 (линии связи перпендикулярны оси x_2). По этим линиям связи откладываем расстояние от оси x_1 до точек A' , B и C' . Горизонтальная проекция $A_1'B_1'C_1'$ есть натуральная величина плоскости $\triangle ABC$.

Методические рекомендации и последовательность выполнения работы

1. Для выполнения графического задания необходимо изучить способы преобразования комплексного чертежа.

Работу начать с построения по заданным координатам треугольника ABC , основания пирамиды. Определить угол между плоскостями ABC и BCS , используя две замены плоскостей проекций. Примеры выполнения задания – рис. 2.10, 2.11.

2. Рекомендуется придерживаться расположения изображений согласно образцу. Однако при определении натуральных величин основания пирамиды ABC и ребра AS необходимо самостоятельно выбрать положение осей вращения так, чтобы в итоге получилось не только правильное, но и наглядное решение задачи.

3. Оформить графическую работу в соответствии с образцом (рис. 2.10, 2.11).

Данные для выполнения задания взять из табл. 2.1, 2.2.

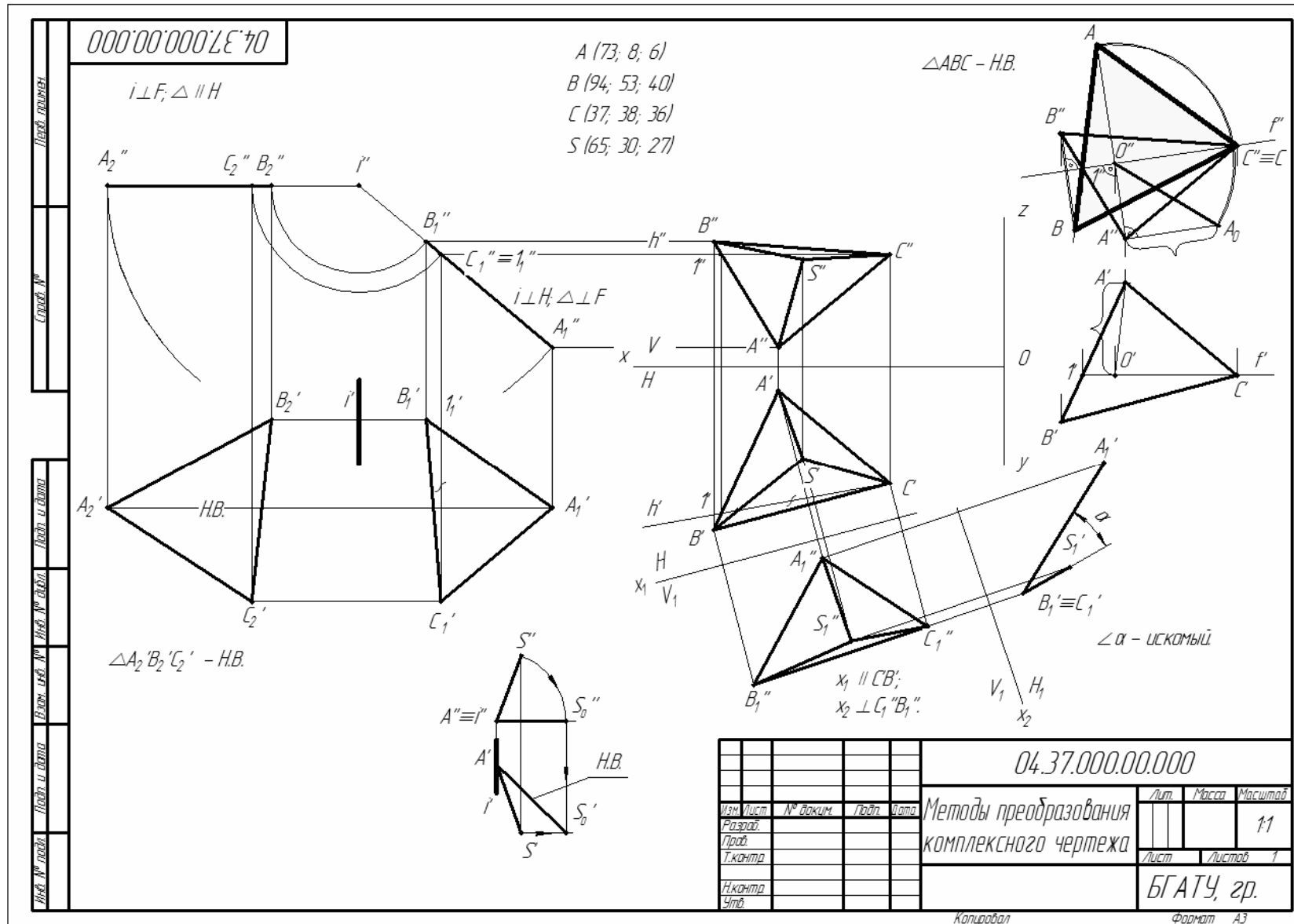
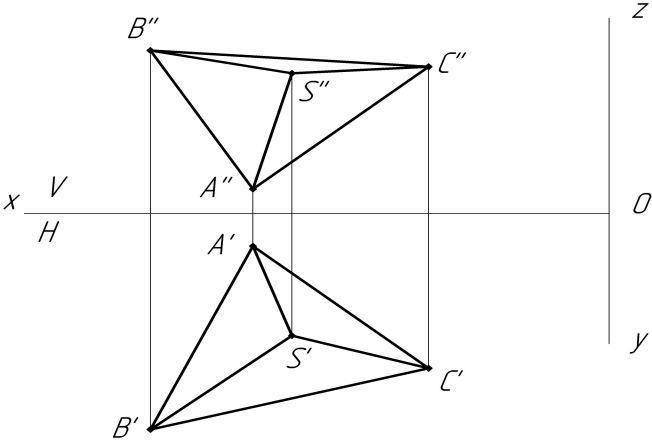


Таблица 2.1

Исходные данные (1 уровень)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|----|-----|----|-----|------------|-----------|---|----|----|----|
| Вариант 1 | Задание 1 | A | 65 | 55 | 10 | Вариант 9 | Задание 1 | A | 70 | 45 | 25 |
| | | B | 10 | 5 | 40 | | | B | 15 | 15 | 5 |
| | Задание 2 | A | 95 | 5 | 15 | | Задание 2 | A | 43 | 6 | 35 |
| | | B | 70 | 20 | 55 | | | B | 13 | 21 | 55 |
| | | C | 45 | 35 | 50 | | | C | 28 | 66 | 45 |
| D | 20 | 50 | 25 | D | 58 | 56 | 25 | | | | |
| E | 35 | 41 | 10 | E | 73 | 31 | 15 | | | | |
| Вариант 2 | Задание 1 | A | 65 | 55 | 10 | Вариант 10 | Задание 1 | A | 10 | 15 | 50 |
| | | B | 10 | 5 | 40 | | | B | 90 | 25 | 10 |
| | Задание 2 | A | 95 | 5 | 15 | | Задание 2 | A | 35 | 75 | 40 |
| | | B | 70 | 20 | 55 | | | B | 15 | 45 | 10 |
| | | C | 45 | 35 | 50 | | | C | 25 | 20 | 25 |
| D | 20 | 50 | 25 | D | 45 | 5 | 55 | | | | |
| E | 35 | 41 | 10 | E | 55 | 15 | 70 | | | | |
| Вариант 3 | Задание 1 | A | 70 | 25 | 10 | Вариант 11 | Задание 1 | A | 80 | 60 | 15 |
| | | B | 15 | 5 | 55 | | | B | 20 | 10 | 50 |
| | Задание 2 | A | 51 | 36 | 66 | | Задание 2 | A | 50 | 42 | 15 |
| | | B | 96 | 7 | 31 | | | B | 35 | 62 | 35 |
| | | C | 66 | 27 | 11 | | | C | 20 | 72 | 55 |
| D | 36 | 46 | 16 | D | 0 | 32 | 80 | | | | |
| E | 6 | 67 | 51 | E | 50 | 12 | 15 | | | | |
| Вариант 4 | Задание 1 | A | 15 | 10 | 60 | Вариант 12 | Задание 1 | A | 15 | 15 | 5 |
| | | B | 75 | 50 | 10 | | | B | 70 | 60 | 15 |
| | Задание 2 | A | 51 | 36 | 66 | | Задание 2 | A | 5 | 15 | 12 |
| | | B | 96 | 7 | 31 | | | B | 15 | 90 | 27 |
| | | C | 66 | 27 | 11 | | | C | 45 | 70 | 72 |
| D | 36 | 46 | 16 | D | 50 | 5 | 87 | | | | |
| E | 6 | 67 | 51 | E | 25 | 0 | 42 | | | | |
| Вариант 5 | Задание 1 | A | 10 | 30 | 55 | Вариант 13 | Задание 1 | A | 65 | 50 | 30 |
| | | B | 65 | 10 | 10 | | | B | 10 | 10 | 10 |
| | Задание 2 | A | 16 | 21 | 10 | | Задание 2 | A | 30 | 75 | 35 |
| | | B | 26 | 96 | 25 | | | B | 50 | 45 | 5 |
| | | C | 56 | 76 | 70 | | | C | 40 | 20 | 20 |
| D | 66 | 11 | 85 | D | 30 | 5 | 36 | | | | |
| E | 105 | 65 | 144 | E | 20 | 15 | 50 | | | | |
| Вариант 6 | Задание 1 | A | 80 | 35 | 15 | Вариант 14 | Задание 1 | A | 80 | 35 | 20 |
| | | B | 20 | 10 | 50 | | | B | 25 | 5 | 65 |
| | Задание 2 | A | 73 | 15 | 15 | | Задание 2 | A | 85 | 5 | 15 |
| | | B | 63 | 85 | 30 | | | B | 60 | 20 | 55 |
| | | C | 33 | 70 | 75 | | | C | 35 | 35 | 50 |
| D | 23 | 5 | 90 | D | 10 | 50 | 25 | | | | |
| E | 53 | 0 | 45 | E | 25 | 41 | 10 | | | | |
| Вариант 7 | Задание 1 | A | 80 | 15 | 70 | Вариант 15 | Задание 1 | A | 20 | 10 | 10 |
| | | B | 30 | 35 | 5 | | | B | 75 | 50 | 40 |
| | Задание 2 | A | 60 | 30 | 82 | | Задание 2 | A | 15 | 5 | 23 |
| | | B | 10 | 10 | 17 | | | B | 40 | 20 | 63 |
| | | C | 10 | 40 | 17 | | | C | 65 | 35 | 58 |
| D | 25 | 60 | 37 | D | 90 | 50 | 33 | | | | |
| E | 40 | 70 | 57 | E | 75 | 41 | 19 | | | | |
| Вариант 8 | Задание 1 | A | 5 | 30 | 5 | Вариант 16 | Задание 1 | A | 75 | 50 | 10 |
| | | B | 60 | 15 | 65 | | | B | 15 | 5 | 35 |
| | Задание 2 | A | 45 | 60 | 55 | | Задание 2 | A | 60 | 34 | 63 |
| | | B | 65 | 35 | 80 | | | B | 15 | 5 | 28 |
| | | C | 65 | 5 | 80 | | | C | 45 | 25 | 8 |
| D | 15 | 10 | 15 | D | 75 | 44 | 13 | | | | |
| E | 30 | 50 | 35 | E | 105 | 65 | 48 | | | | |

Исходные данные (2 уровень)



| | | | | | | | | |
|----|----------------|----------------|----|-----------------|----------------|----|-----------------|-----------------|
| 1 | A (35; 20; 5) | C (15; 45; 40) | 11 | A (70; 47; 24) | C (33; 20; 3) | 21 | A (90; 16; 0) | C (47; 53; 42) |
| | B (77; 60; 48) | S (65; 0; 68) | | B (14; 80; 34) | S (55; 27; 65) | | B (108; 48; 25) | S (75; 38; 60) |
| 2 | A (76; 0; 17) | C (33; 37; 57) | 12 | A (90; 47; 38) | C (53; 20; 13) | 22 | A (55; 5; 10) | C (35; 31; 45) |
| | B (94; 26; 53) | S (53; 12; 79) | | B (34; 80; 43) | S (80; 28; 65) | | B (97; 45; 53) | S (70; 33; 72) |
| 3 | A (94; 40; 21) | C (60; 15; 0) | 13 | A (80; 43; 29) | C (43; 15; 8) | 23 | A (52; 8; 5) | C (18; 50; 46) |
| | B (40; 70; 30) | S (84; 64; 61) | | B (25; 75; 40) | S (51; 77; 26) | | B (80; 36; 41) | S (47; 28; 70) |
| 4 | A (54; 26; 0) | C (27; 51; 35) | 14 | A (51; 18; 0) | C (8; 54; 42) | 24 | A (90; 0; 18) | C (47; 37; 58) |
| | B (88; 65; 42) | S (66; 8; 63) | | B (68; 42; 24) | S (44; 36; 50) | | B (108; 23; 49) | S (82; 45; 42) |
| 5 | A (25; 5; 12) | C (8; 31; 45) | 15 | A (42; 17; 0) | C (24; 42; 35) | 25 | A (70; 17; 0) | C (27; 55; 40) |
| | B (68; 50; 55) | S (32; 60; 36) | | B (84; 54; 41) | S (50; 70; 26) | | B (87; 41; 35) | S (63; 62; 25) |
| 6 | A (52; 5; 12) | C (10; 43; 52) | 16 | A (85; 9; 17) | C (43; 52; 60) | 26 | A (65; 8; 8) | C (21; 46; 50) |
| | B (70; 30; 46) | S (45; 50; 38) | | B (102; 33; 50) | S (78; 28; 78) | | B (83; 35; 31) | S (52; 34; 70) |
| 7 | A (55; 0; 11) | C (37; 25; 50) | 17 | A (35; 11; 6) | C (17; 35; 40) | 27 | A (60; 0; 17) | C (41; 24; 52) |
| | B (97; 37; 69) | S (61; 53; 43) | | B (76; 50; 48) | S (55; 39; 68) | | B (104; 39; 60) | S (87; 13; 35) |
| 8 | A (50; 16; 0) | C (31; 40; 35) | 18 | A (63; 52; 28) | C (6; 71; 15) | 28 | A (96; 41; 13) | C (30; 54; 16) |
| | B (92; 55; 42) | S (60; 38; 64) | | B (32; 26; 57) | S (12; 32; 65) | | B (52; 15; 48) | S (71; 21; 44) |
| 9 | A (85; 55; 12) | C (27; 74; 0) | 19 | A (70; 18; 54) | C (85; 62; 7) | 29 | A (85; 30; 51) | C (110; 68; 25) |
| | B (40; 30; 40) | S (65; 80; 50) | | B (25; 45; 23) | S (65; 70; 30) | | B (40; 58; 13) | S (74; 46; 31) |
| 10 | A (97; 22; 50) | C (108; 70; 7) | 20 | A (46; 14; 0) | C (11; 44; 18) | 30 | A (73; 8; 6) | C (37; 38; 36) |
| | B (54; 46; 22) | S (70; 0; 72) | | B (74; 72; 37) | S (42; 40; 54) | | B (94; 53; 40) | S (65; 30; 27) |

Контрольные вопросы

1. В чем сущность способа преобразования чертежа?
2. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?
3. Какое условие должно быть соблюдено при введении новой плоскости проекции?
4. Какие четыре основные задачи решаются способом замены плоскостей проекций?
5. В чем сущность способа вращения вокруг проецирующей оси?
6. В чем сущность способа плоскопараллельного перемещения?
7. Какое основное условие должно быть соблюдено при плоскопараллельном перемещении фигуры?
8. Переведите плоскость общего положения в положение плоскости уровня.

Графическая работа № 3

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФИГУРЫ И ТЕЛА В АКСОНОМЕТРИИ

Цель работы: научиться строить геометрические фигуры и тела в аксонометрии.

Задания:

1. Построить три проекции окружности, вписанные в грани куба, в аксонометрии (прямоугольной изометрии).
2. Построить правильные многогранники в аксонометрии (прямоугольной изометрии и косоугольной фронтальной диметрии).
3. Построить геометрические тела в аксонометрии (призму, пирамиду, цилиндр и конус).

Теоретические сведения

Аксонометрия – это раздел черчения, в котором рассматривается способ получения наглядных объемных изображений предмета на плоскости.

Аксонометрические проекции представляют собой наглядное и достаточно точное изображение предметов (рис. 3.1).

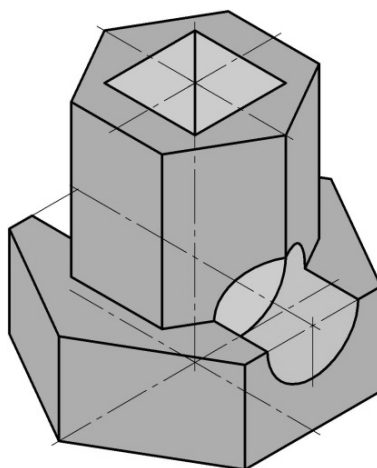


Рис. 3.1. Аксонометрия модели

Существуют несколько типов аксонометрических проекций. Если проецирующие прямые перпендикулярны аксонометрической плоскости проекции, то такая проекция называется прямоугольной аксонометрической проекцией. К прямоугольным относятся изометрическая и диметрическая проекции.

Если проецирующие прямые направлены не под углом 90° к аксонометрической плоскости проекций, то получают косоугольную аксонометрическую проекцию. К косоугольным относится фронтальная диметрическая проекция.

К изучению предложены два вида аксонометрических проекций – изометрическая (рис. 3.2) и косоугольная фронтальная диметрическая (рис. 3.3), так как они самые простые и часто применяемые.

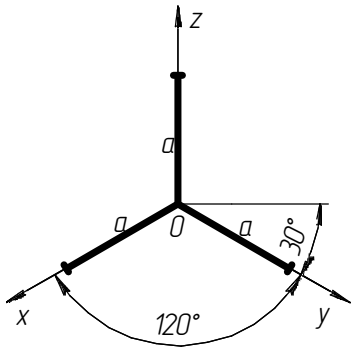


Рис. 3.2. Прямоугольная изометрическая проекция

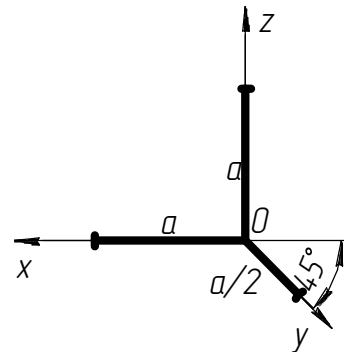


Рис. 3.3. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция

Преимущество прямоугольной изометрической проекции в том, что по всем трем осям координаты не искажаются. Именно поэтому проекция была названа греческим словом «изометрия», что в переводе означает «равное измерение по осям». При построении этой аксонометрической проекции по осям x , y , z (или линиям, параллельным им) откладываются действительные (натуральные) размеры длины, ширины и высоты предмета.

Для косоугольной фронтальной диметрической проекции коэффициент искажения по оси y – $0,5$; по оси x и z искажения нет. При построении этой аксонометрической проекции размеры длины и высоты предмета (отмеряемые по осям x и z либо по прямым, параллельным им) откладываются действительные (натуральные). Размеры ширины предмета (отмеряемые по оси y либо по прямым, параллельным ей) наносятся с уменьшением их величины в два раза.

Получают аксонометрическую проекцию следующим образом. Перед аксонометрической плоскостью (плоскость, на которую проецируют) располагают предмет, помещенный в систему координатных осей. Затем задают направление проецирования и через все точки предмета мысленно проводят проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекции.

Помещают объект (куб) в координатный угол, располагают его с одинаковым наклоном граней к аксонометрической плоскости проекций. Через все точки объекта проводят воображаемые параллельные проецирующие лучи под прямым углом к плоскости до пересечения с ней (рис. 3.4).

Перед плоскостью располагают объект (например куб) так, чтобы его передняя грань была параллельна плоскости проекций, т. е. фронтально.

Параллельные между собой проецирующие лучи направляют под острым углом к плоскости проекций. На аксонометрической плоскости проекций получают изображения координатных осей и косоугольную фронтальную диметрическую проекцию куба (рис. 3.5).

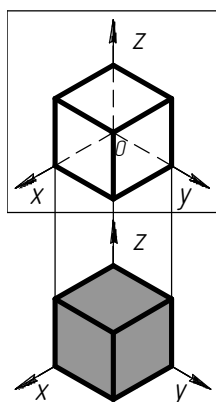


Рис. 3.4. Получение прямоугольной изометрической проекции

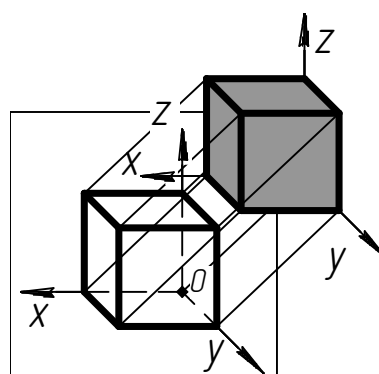


Рис. 3.5. Получение косоугольной фронтальной диметрической проекции

В аксонометрических проекциях окружности изображаются с искажениями в виде овалов (рис. 3.6).

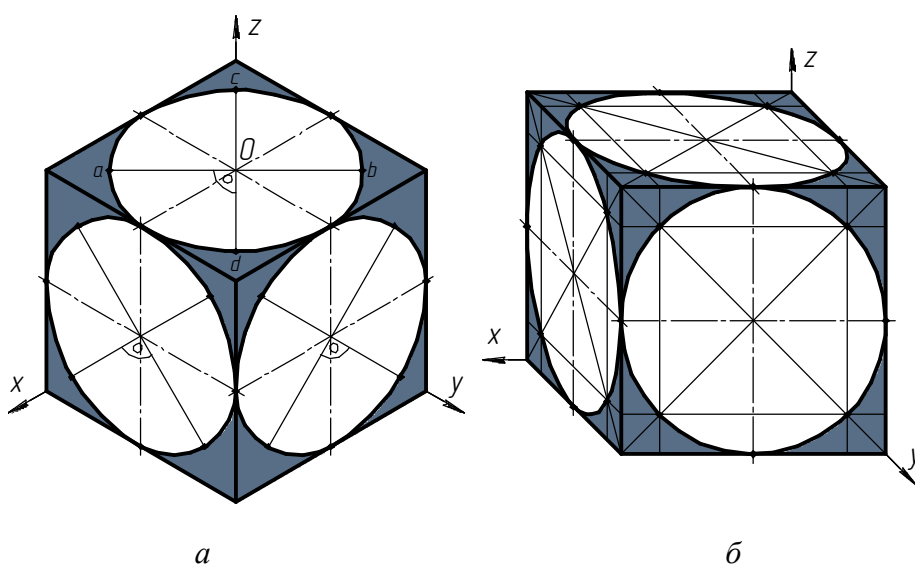


Рис. 3.6. Изображение окружностей в аксонометрии:
a – в прямоугольной изометрии; *б* – косоугольной диметрии

Этапы построения овала (рис. 3.7):

1. Выполняется построение осей аксонометрической проекции.
2. Выполняется аксонометрическое изображение квадрата, описанного вокруг окружности (сторона квадрата равна диаметру окружности).

3. Вписываются в аксонометрию квадрата две дуги, принадлежащие овалу, с помощью циркуля.

4. Выполняются дополнительные построения для нахождения центров и проведения двух других дуг.

5. Производится обводка прямоугольной аксонометрической проекции окружности.

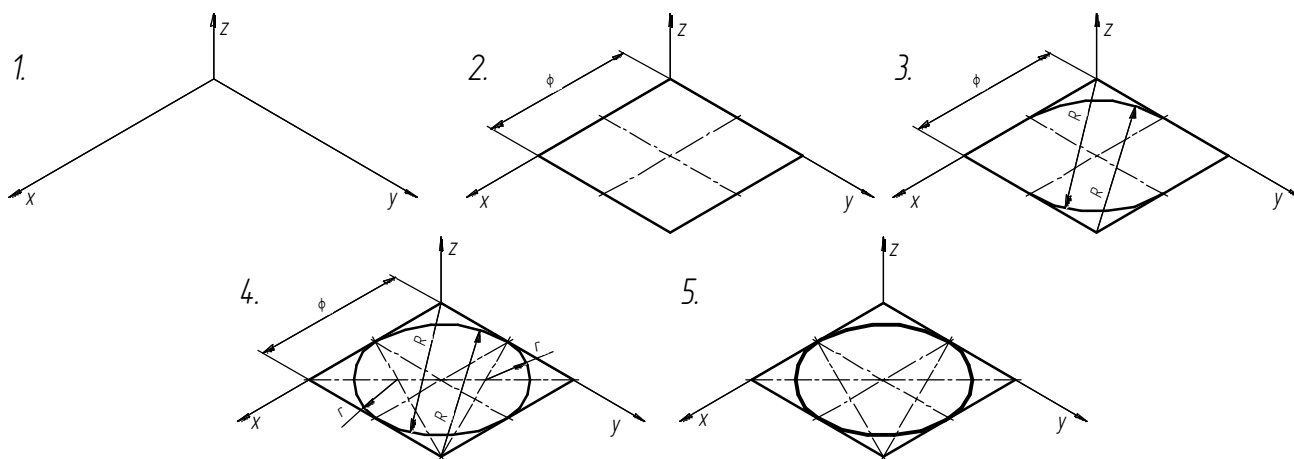


Рис. 3.7. Этапы построения овала

Методические рекомендации и порядок выполнения

Для выполнения графического задания требуется изучить построение аксонометрических проекций геометрических фигур и тел.

Работу начать с построения аксонометрии окружности по заданным размерам. Исходные данные и пример выполнения находятся на рис. 3.8.

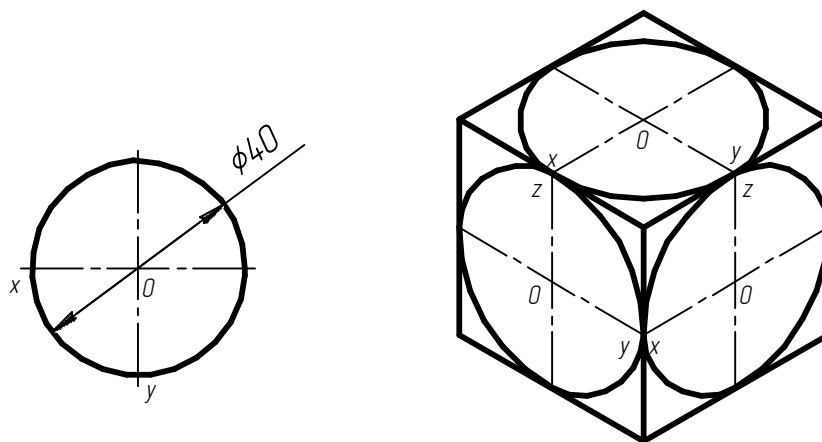
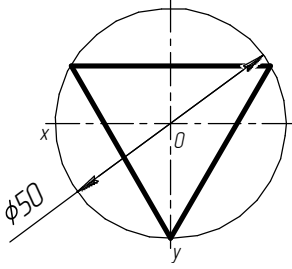
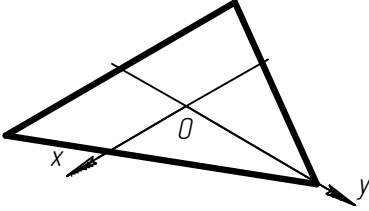
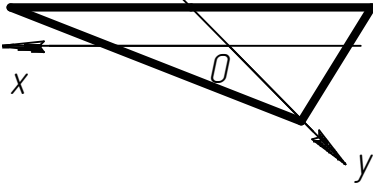
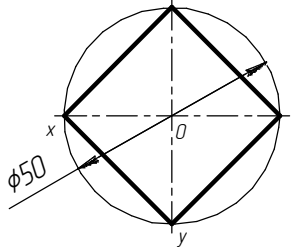
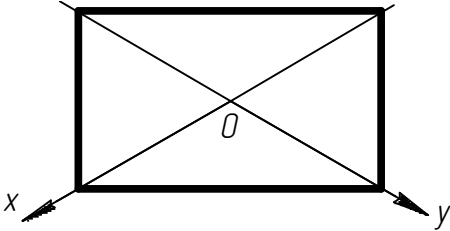
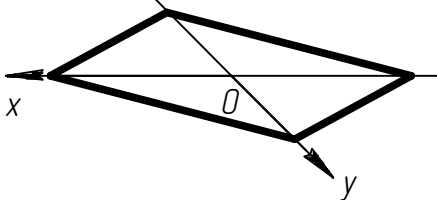
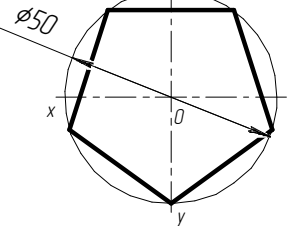
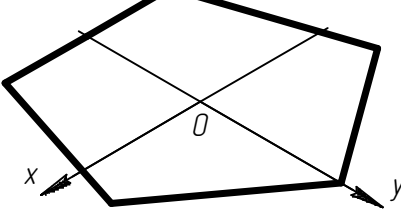
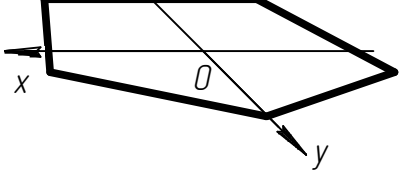
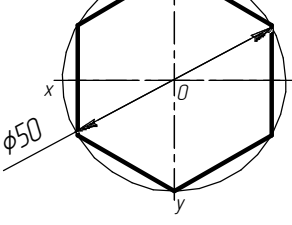
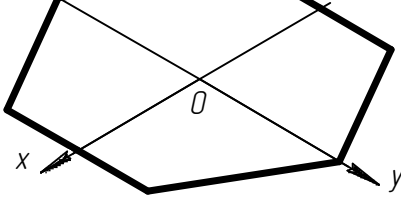
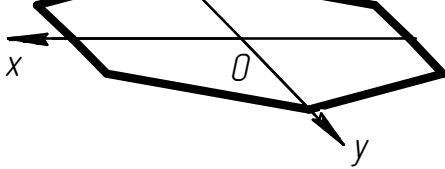


Рис. 3.8. Исходные данные и пример выполнения аксонометрии окружности

Построение аксонометрии плоских фигур выполнить в виде таблицы.
 Пример оформления – табл. 3.1.

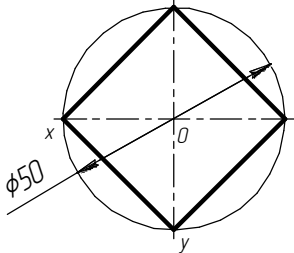
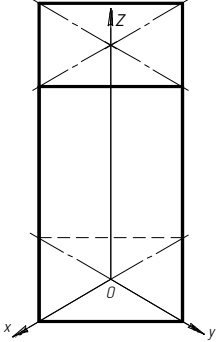
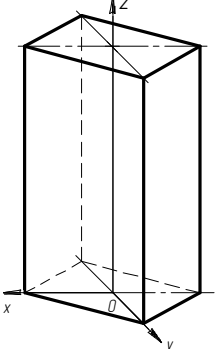
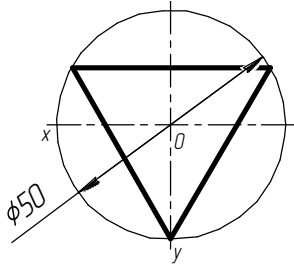
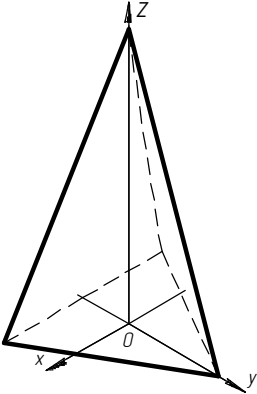
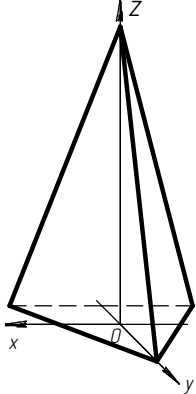
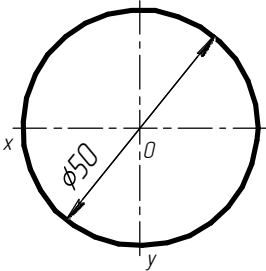
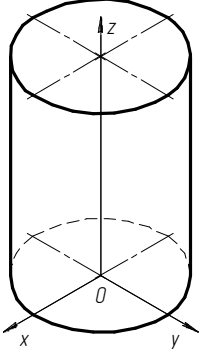
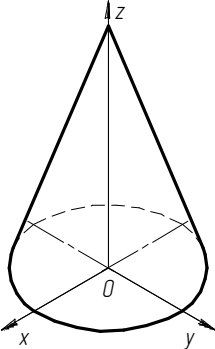
Таблица 3.1

Исходные данные и пример выполнения аксонометрии правильных многоугольников

| Правильный многоугольник | Прямоугольная изометрия | Косоугольная диметрия |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Построение аксонометрии геометрических тел выполнить в виде таблицы.
 Пример оформления – табл. 3.2.

Исходные данные и пример выполнения аксонометрии геометрических тел

| Основание геометрического тела | Прямоугольная изометрия | Косоугольная диметрия |
|---|---|---|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

Контрольные вопросы

1. В чем заключается суть аксонометрического проецирования?
2. Дайте характеристику прямоугольной изометрии.
3. Дайте характеристику фронтальной диметрии.
4. Как разделить окружность на три, четыре, пять, шесть равных частей?
5. Опишите построение овалов и эллипсов.
6. В какой аксонометрии нагляднее вычерчивать квадрат, треугольник?

Графическая работа № 4

ПРИЗМА

Цель работы: развить навыки изображения призмы, пересеченной проецирующими плоскостями на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию призмы со срезами.

Теоретические сведения

Проанализируем чертеж правильной прямой четырехугольной призмы с вырезом по плоскостям α и β со стороны верхнего основания (рис. 4.1).

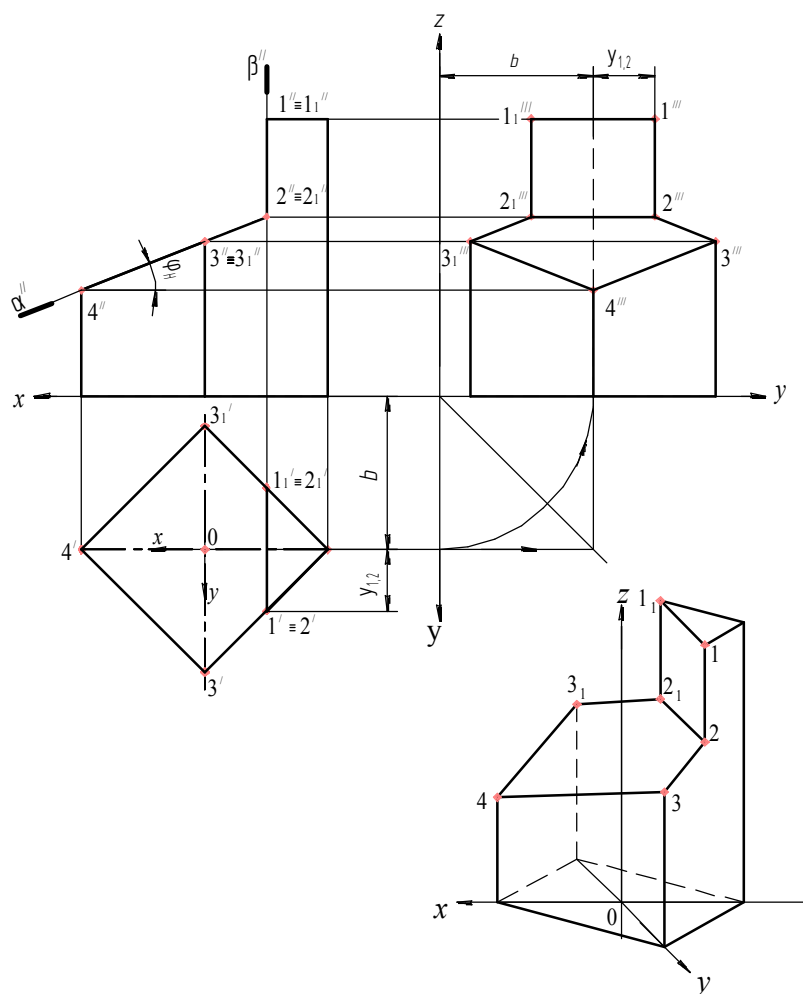


Рис. 4.1. Построение ПКЧ и аксонометрии правильной четырехугольной призмы

Нижнее основание расположено в горизонтальной плоскости. Призма имеет одну общую плоскость симметрии, проходящую на расстоянии b от фронтальной плоскости проекций, которая будет служить точкой отсчета для координат y . Представим точку зрения в этой плоскости в направлении \perp профильной плоскости проекции.

Можно представить форму призмы в виде каркасной модели (проволочной), образованной боковыми ребрами и ребрами в основании призмы, а также отрезками, полученными в пересечении боковых граней и верхнего основания с секущими плоскостями. Тогда каркасная модель призмы включает шесть вертикальных отрезков, шесть горизонтальных, два перпендикулярных к фронтальной плоскости и четыре отрезка в общем расположении ($2-3$, $3-4$, $4-3_1$, 3_1-2_1). Если представить поверхностную модель призмы, то она образована четырьмя вертикальными плоскостями (боковые грани), двумя параллельными горизонтальными (основания), одной наклонной α , перпендикулярной к фронтальной плоскости, и одной профильной β // профильной плоскости проекций, которая, как следствие, \perp фронтальной и горизонтальной. Рекомендуется изобразить каждую прямую и плоскость призмы тремя проекциями. Отметим, что умение начертить каждую отдельную прямую или плоскость на комплексном чертеже свидетельствует о доскональном представлении формы призмы. Фронтальная и горизонтальная проекции призмы позволяют представить фигуру в объеме и визуализировать ее в аксонометрии. В данном случае – косоугольной фронтальной диметрии, как наиболее наглядной. И только после того, как по заданным проекциям будет представлена форма фигуры в пространстве, можно переходить к сознательному построению профильной проекции.

Для начала, в соответствии с условием задачи (основание призмы расположено в горизонтальной плоскости проекции), строим оси x , y и z после совмещения координатных плоскостей в одну из них, xOz – фронтальная плоскость. Тогда плоскость симметрии призмы на профильной проекции будет проходить на расстоянии b от оси z , в которой расположена точка зрения в направлении \perp профильной плоскости проекций.

Профильную проекцию призмы можно построить, получив профильные проекции каждого отрезка, снимая координаты y относительно фронтальной плоскости проекции. Однако в чертежной практике используется так называемый *безосный чертеж*, когда положение осей не указывается, а отсчет координат y ведется от предметной (локальной) системы координат, которая связана непосредственно с проецируемым объектом. Опираясь на свойство параллельного проецирования о том, что параллельный перенос объекта проецирования

относительно плоскости проекции или плоскости проекции относительно объекта проецирования не влияет на величину и форму самой проекции, можно утверждать, что расстояния между проекциями устанавливаются исходя из размера формата листа, на котором выполняется чертеж, обеспечения места для нанесения размеров и надписей.

Методические рекомендации

1. Изучить случаи пересечения призмы различными плоскостями.
2. Достроить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции призмы.

Варианты задания «Призма» приведены в табл. 4.1.

Пример выполнения задания «Призма» приведен на рис. 4.2.

Таблица 4.1

Варианты задания «Призма»

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| <p>1</p> | <p>2</p> | <p>3</p> | <p>4</p> |
| <p>5</p> | <p>6</p> | <p>7</p> | <p>8</p> |

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <p>9</p> | <p>10</p> | <p>11</p> | <p>12</p> |
| <p>13</p> | <p>14</p> | <p>15</p> | <p>16</p> |

Контрольные вопросы

1. Дайте определение призмы как геометрического тела.
2. Какая плоская фигура может располагаться в основании правильной призмы?
3. Как располагаются основания призмы, расположенные параллельно горизонтальной плоскости проекций, относительно фронтальной плоскости проекций?
4. Каков принцип построения точек на поверхности призмы?
5. Сколько граней и ребер в пятиугольной призме?

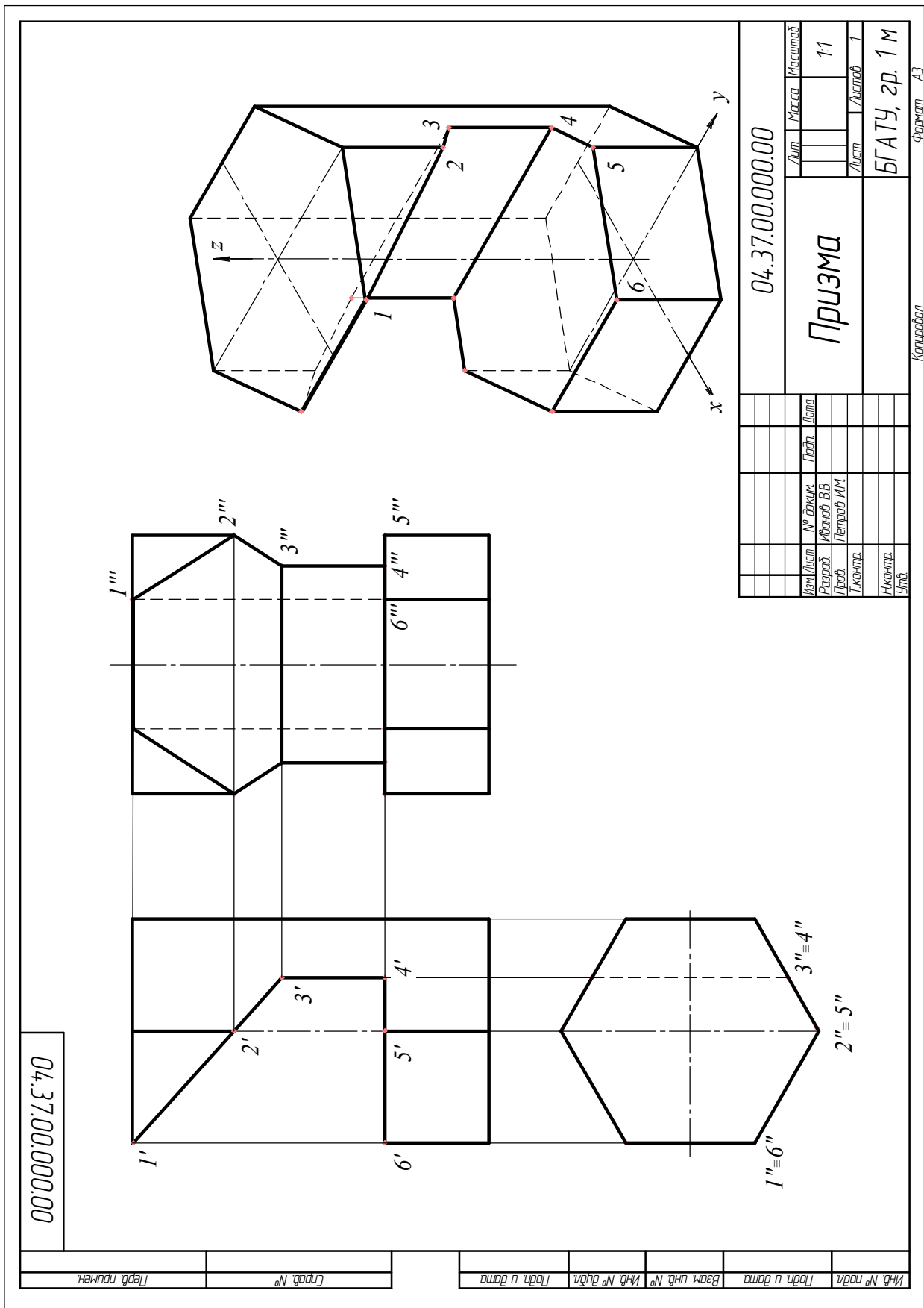


Рис. 4.2. Пример выполнения задания «Призма»

Графическая работа № 5

ПИРАМИДА

Цель работы: развить навыки изображения пирамиды, пересеченной проецирующими плоскостями на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию пирамиды со срезами.

Теоретические сведения

На рис. 5.1 дано построение трех проекций пирамиды с вырезом по фронтально-проецирующим плоскостям α и β .

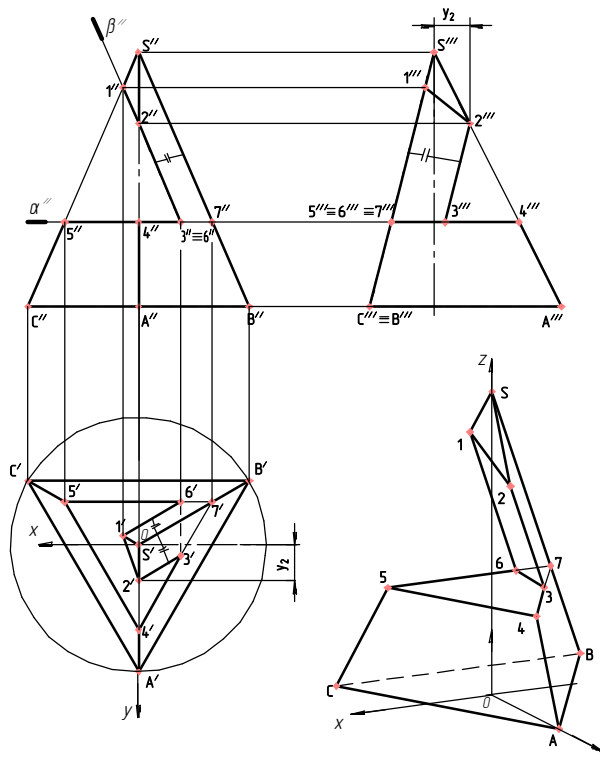


Рис. 5.1. Построение ПКЧ и аксонометрии пирамиды

Для анализа решения задачи напомним следующую теорему: *плоскость, проведенная параллельно основанию пирамиды, пересекает ее по фигуре, подобной основанию с соответственно параллельными сторонами.*

Сначала проанализируем форму заданной пирамиды. Дана правильная прямая треугольная пирамида, основание которой расположено горизонтально. Задняя грань SBC перпендикулярна к профильной плоскости проекции.

Вырез образован горизонтальной плоскостью α и наклонной плоскостью $\beta // SB$. На основании приведенной теоремы, строим из точки 5 треугольник 547 с соответственно параллельными сторонами ($5-4 // CA$, $4-7 // AB$, $7-5 // BC$) треугольнику в основании ABC . Затем по линиям связи находим точки $3'$ и $6'$.

Точку $1'$ отмечаем на ребре $S'C'$, а точку $2'$, используя координату y_2 , определяем на профильной проекции. Строим профильную проекцию, обратив внимание на то, что грань SBC на профильной проекции вырождается в отрезок прямой, на которой расположены профильные проекции точек 1, 5, 6, 7 как принадлежащие этой грани. Профильные проекции точек 2 и 4, строим, исходя из их принадлежности ребру SA .

Обратим внимание на параллельность отрезков 2-3 и 1-6 ребру SB (по условию задачи), которые, соответственно, будут параллельны и на проекциях.

Методические рекомендации

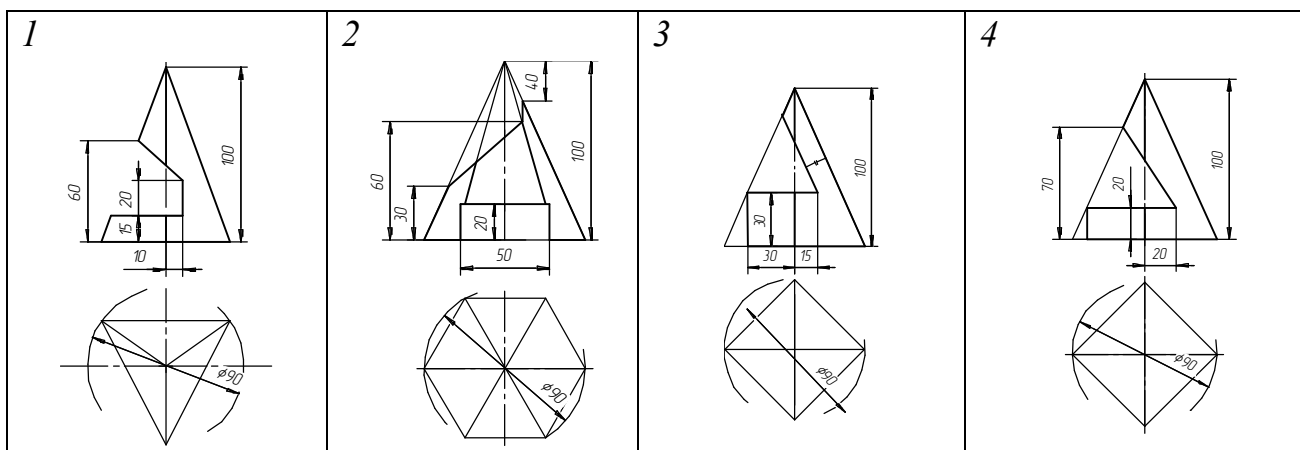
1. Изучить случаи пересечения пирамиды различными плоскостями.
2. Достроить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции.

Варианты задания «Пирамида» приведены в табл. 5.1.

Пример выполнения задания «Пирамида» приведен на рис. 5.2.

Таблица 5.1

Варианты задания «Пирамида»



| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <p>5</p> | <p>6</p> | <p>7</p> | <p>8</p> |
| <p>9</p> | <p>10</p> | <p>11</p> | <p>12</p> |
| <p>13</p> | <p>14</p> | <p>15</p> | <p>16</p> |

Последовательность выполнения

1. Перечертить фронтальную и достроить горизонтальную проекции пирамиды и построить профильную проекцию.
2. Нанести характерные и промежуточные точки на поверхности.
3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию. Нанести на аксонометрии точки построения.
4. Оформить чертеж в соответствии с правилами выполнения чертежей.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение пирамиды как геометрического тела.
2. По какой фигуре рассекает пирамиду плоскость, проведенная параллельно ее основанию?
3. Сколько граней у шестиугольной правильной пирамиды?
4. Чем отличается призма от пирамиды?
5. Каков принцип построения точек на поверхности пирамиды?

Графическая работа № 6

ЦИЛИНДР

Цель работы: развить навыки изображения цилиндра, пересеченного проецирующими плоскостями на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию цилиндра со срезами.

Теоретические сведения

Прямой круговой цилиндр образуется вращением прямоугольника вокруг одной из его сторон, ограничен боковой цилиндрической поверхностью вращения и двумя параллельными кругами – основаниями. На рис. 6.1 представлен такой цилиндр с вырезом, образованным фронтально проецирующими плоскостями α , β и γ . Если представить плоскости неограниченными, то плоскость α пересекает боковую поверхность цилиндра по эллипсу, который на фронтальную плоскость проекций проецируется в отрезок, на горизонтальную – в виде окружности, на профильную – в виде эллипса; плоскость β – по двум прямым (4–5), плоскость γ – по окружности. Построение точек этих линий пересечения хорошо устанавливается из комплексного чертежа и аксонометрии цилиндра.

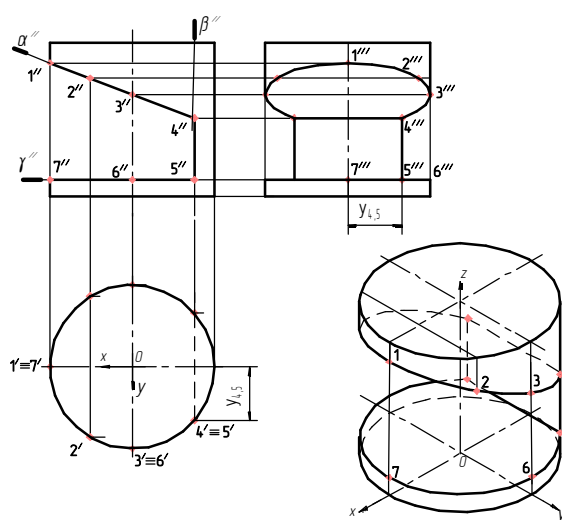


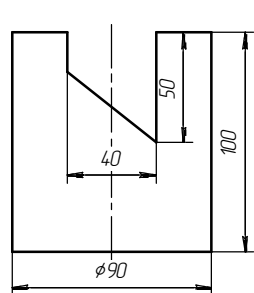
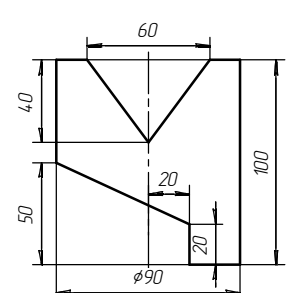
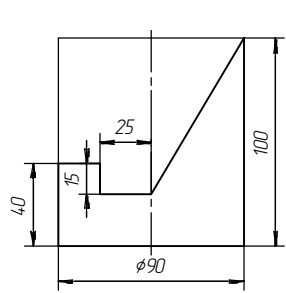
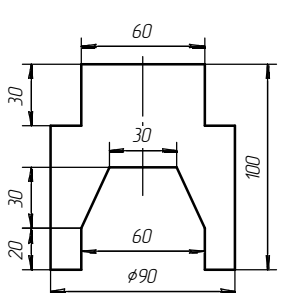
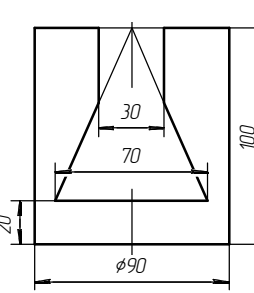
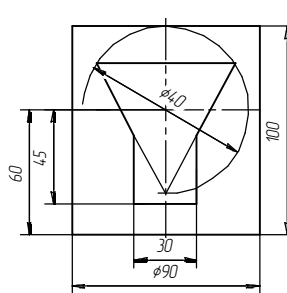
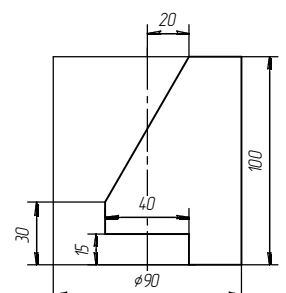
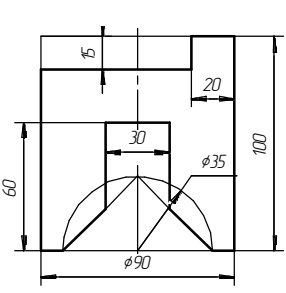
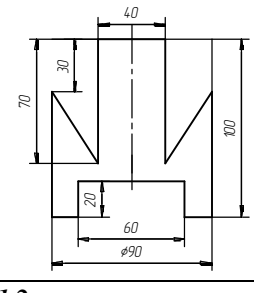
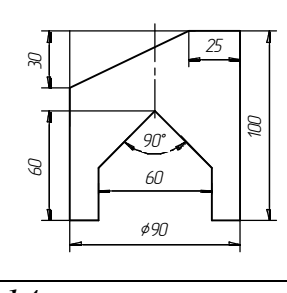
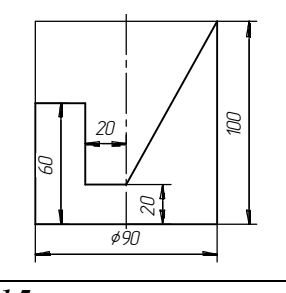
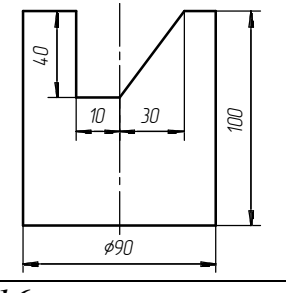
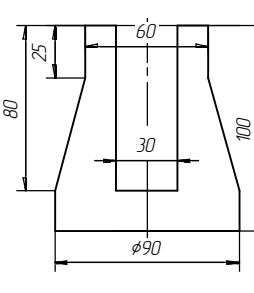
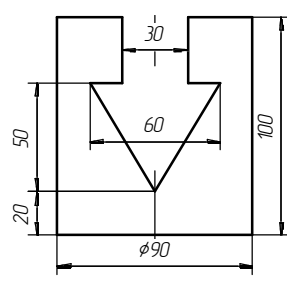
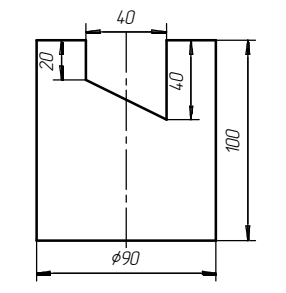
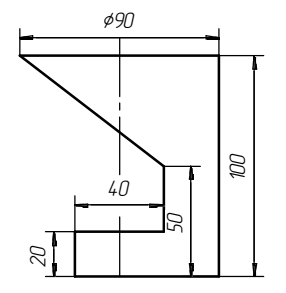
Рис. 6.1. Построение ПКЧ и аксонометрии прямого кругового цилиндра

Методические рекомендации

1. Изучить случаи пересечения цилиндра различными плоскостями.
 2. Построить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции.
- Варианты задания «Цилиндр» приведены в табл. 6.1.
 Пример выполнения задания «Цилиндр» приведен на рис. 6.2.

Таблица 6.1

Варианты задания «Цилиндр»

| | | | |
|--|--|---|--|
| 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10  | 11  | 12  |
| 13  | 14  | 15  | 16  |

Последовательность выполнения

1. Перечертить фронтальную и достроить горизонтальную проекции цилиндра и построить профильную проекцию.
2. Нанести характерные и промежуточные точки на поверхности.
3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию. Нанести на аксонометрии точки построения.
4. Оформить чертеж в соответствии с правилами выполнения чертежей.

Контрольные вопросы

1. Как образуется прямой круговой цилиндр?
2. Каков принцип построения точек на поверхности цилиндра?
3. В какую плоскую фигуру спроецируется основание прямого кругового цилиндра при построении прямоугольной изометрической проекции?
4. Какая фигура образуется в сечении, если секущая плоскость параллельна образующей цилиндра?
5. Как расположены относительно друг друга основания прямого кругового цилиндра?
6. Какая фигура образуется при пересечении цилиндра наклонной секущей плоскостью, проходящей через часть верхнего основания?

Графическая работа № 7

КОНУС

Цель работы: развить навыки изображения конуса, пересеченного проецирующими плоскостями на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию конуса со срезами.

Теоретические сведения

Прямой круговой конус образуется вращением прямоугольного треугольника, у которого один катет является осью вращения, а образующей боковой поверхности является гипотенуза, каждая точка которой описывает в пространстве окружность. Рассмотрим сечение конуса различными плоскостями и его представление на комплексном чертеже.

На рис. 7.1 плоскость α перпендикулярна к оси вращения и пересекает боковую поверхность конуса по окружности, которая на горизонтальную плоскость проецируется окружностью радиусом R_α , а на фронтальной и профильной плоскости – в виде отрезка прямой. Плоскость β пересекает боковую поверхность по отрезку прямой SA и SB .

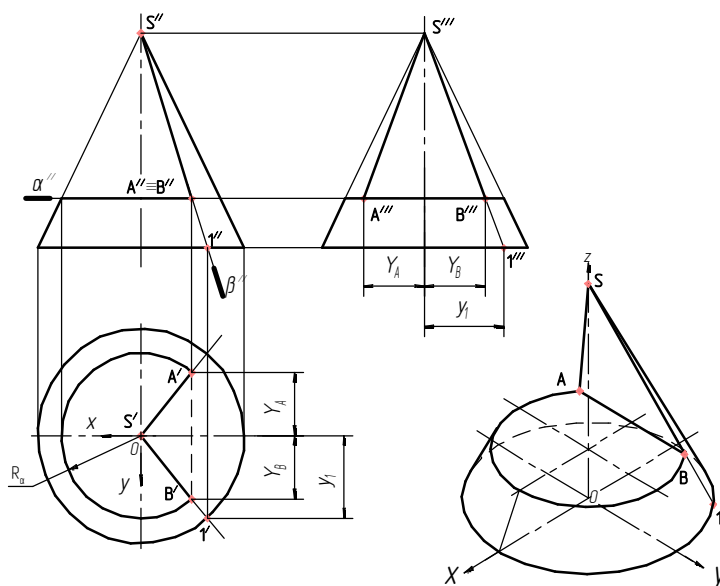


Рис. 7.1. Построение ПКЧ и аксонометрии прямого кругового конуса (сечение по окружности и треугольнику)

На рис. 7.2 плоскость α образует с осью вращения острый угол и пересекает боковую поверхность по эллипсу, большая ось которого $4-1$, малая – $3-3_1$. Характерные точки 3 и 3_1 строим, используя вспомогательную окружность как результат пересечения плоскости β с боковой поверхностью конуса.

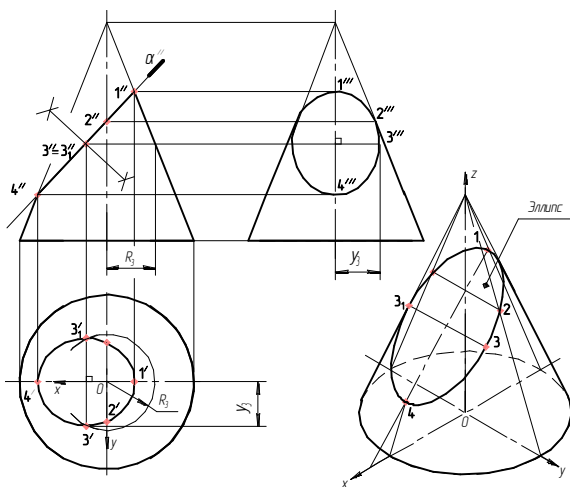


Рис. 7.2. Построение ПКЧ и аксонометрии прямого кругового конуса (сечение по эллипсу)

На рис. 7.3 изображен конус, у которого секущая плоскость α параллельна оси вращения или двум образующим и пересекает коническую поверхность вращения по гиперболе, которая на профильной проекции изображается в натуральную величину, а на фронтальной и горизонтальной – в виде отрезков прямых.

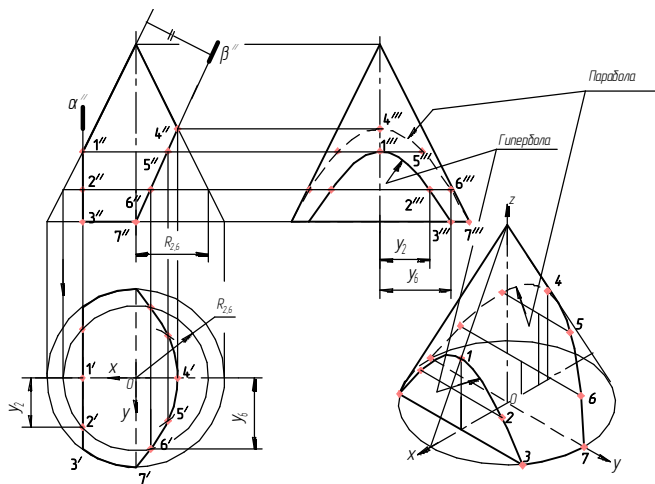


Рис. 7.3. Построение ПКЧ и аксонометрии прямого кругового конуса (сечение по гиперболе и параболе)

Плоскость β параллельна одной образующей – боковую поверхность конуса пересекает по параболе, которая хорошо видна на горизонтальной и профильной проекциях, а на фронтальной – проецируется в виде отрезка прямой.

Методические рекомендации

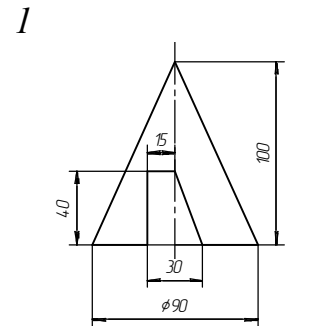
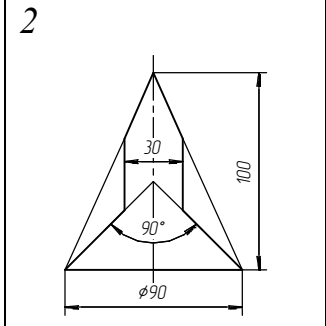
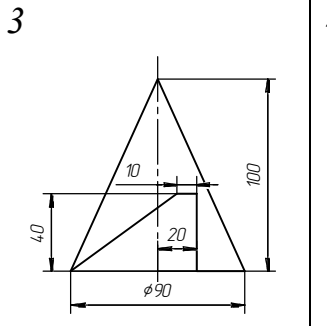
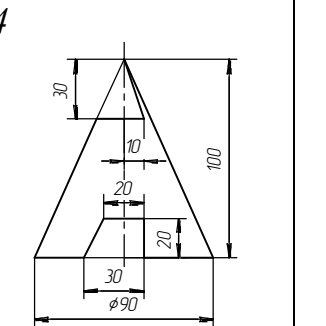
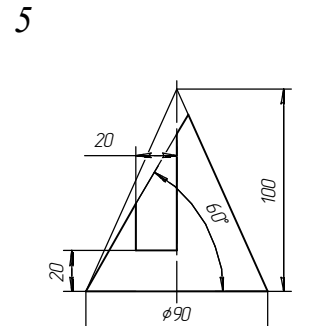
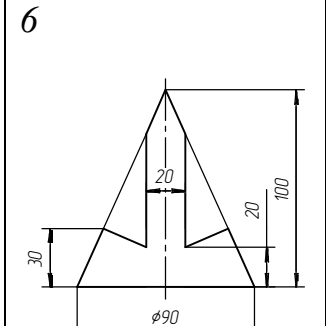
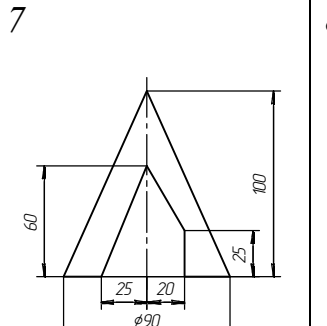
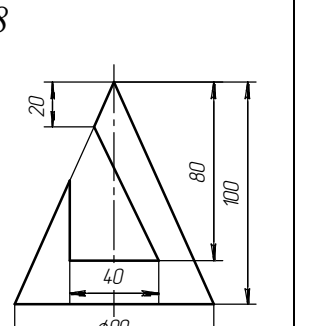
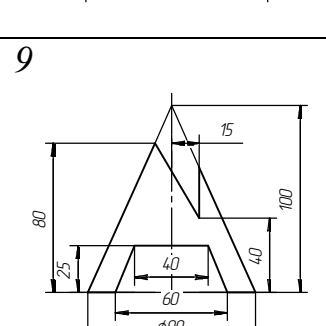
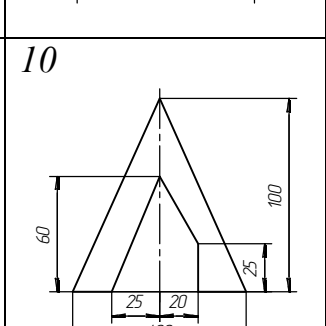
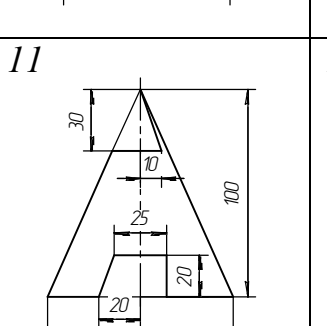
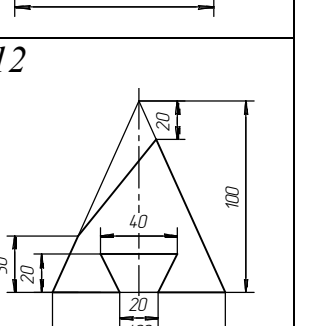
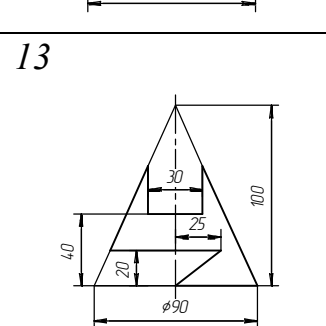
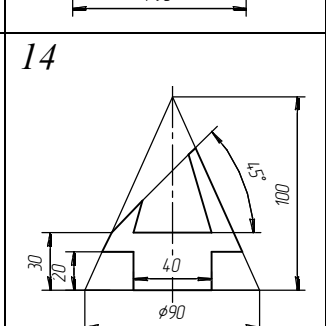
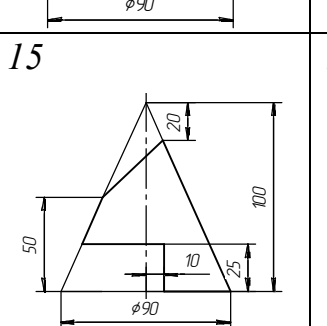
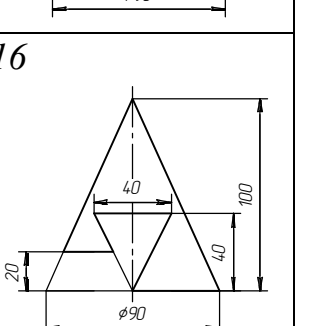
1. Изучить случаи пересечения конуса различными плоскостями.
2. Достроить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции.

Варианты задания «Конус» приведены в табл. 7.1.

Пример выполнения задания «Конус» приведен на рис. 7.4.

Таблица 7.1

Варианты задания «Конус»

| | | | |
|--|--|---|--|
| 1  | 2  | 3  | 4  |
| 5  | 6  | 7  | 8  |
| 9  | 10  | 11  | 12  |
| 13  | 14  | 15  | 16  |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|------------------|-------|----------|-------|------|-----|------|-------------|------|--|--|---|-------------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|------|--|--|------------------|
| 00:0000:00:75:70 | | 04.37.00.0000.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Идб. № подл. | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Иванов А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Лавров М.Т.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>И.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Удб.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | Иванов А.А. | | | | | Лавров М.Т. | | | | | Т.контр. | | | | | И.контр. | | | | | Удб. | | | 04.37.00.0000.00 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Иванов А.А. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Лавров М.Т. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Т.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Удб. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подп. и дата | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">Масса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table> | Лист | Масса | Масштаб | | | 1:1 | Лист | Лист | Лист | | | 1 | Конус | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Масса | Масштаб | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Лист | Лист | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Идб. № подл. | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Иванов А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Лавров М.Т.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>И.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Удб.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | Иванов А.А. | | | | | Лавров М.Т. | | | | | Т.контр. | | | | | И.контр. | | | | | Удб. | | | БГАТУ. зр. 1 тс |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Иванов А.А. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Лавров М.Т. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Т.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Удб. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Взак. инб. № | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">Масса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table> | Лист | Масса | Масштаб | | | 1:1 | Лист | Лист | Лист | | | 1 | Формат А3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Масса | Масштаб | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Лист | Лист | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Идб. № подл. | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Иванов А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Лавров М.Т.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>И.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Удб.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | Иванов А.А. | | | | | Лавров М.Т. | | | | | Т.контр. | | | | | И.контр. | | | | | Удб. | | | Копирован |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Иванов А.А. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Лавров М.Т. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Т.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Удб. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Подп. и дата | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">Масса</td> <td style="width: 10%;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1:1</td> </tr> <tr> <td>Лист</td> <td>Лист</td> <td>Лист</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table> | Лист | Масса | Масштаб | | | 1:1 | Лист | Лист | Лист | | | 1 | Формат А3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Масса | Масштаб | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1:1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лист | Лист | Лист | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Идб. № подл. | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Изм.</td> <td style="width: 10%;">Лист</td> <td style="width: 10%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Подп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Иванов А.А.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Лавров М.Т.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>И.контр.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Удб.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | Иванов А.А. | | | | | Лавров М.Т. | | | | | Т.контр. | | | | | И.контр. | | | | | Удб. | | | Формат А3 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Иванов А.А. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Лавров М.Т. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Т.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | И.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Удб. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рис. 7.4. Пример выполнения задания «Конус»

Последовательность выполнения

1. Перечертить фронтальную и достроить горизонтальную проекции конуса и построить профильную проекцию.
2. Нанести характерные и промежуточные точки на поверхности.
3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию. Нанести на аксонометрии точки построения.
4. Оформить чертеж в соответствии с правилами выполнения чертежей.

Контрольные вопросы

1. Как образуется прямой круговой конус?
2. Как проходит секущая плоскость, если в сечении образуется треугольник?
3. Как проходит секущая плоскость, если в сечении образуется гипербола?
4. Как проходит секущая плоскость, если в сечении образуется эллипс?

Графическая работа № 8

ШАР

Цель работы: развить навыки изображения шара, пересеченного проецирующими плоскостями на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию шара со срезами.

Теоретические сведения

Шар – твердотельная фигура, ограниченная сферической поверхностью, которая образуется вращением окружности вокруг одного из своих диаметров. Окружность максимального радиуса, расположенная в горизонтальной плоскости, называется *экватором*, проекция которой на H дает горизонтальный очерк. Плоскость экватора делит шар на видимую и не видимую части. Это следует учитывать при определении видимости точек и линий, расположенных на поверхности шара. Любое сечение шара есть круг, который может проецироваться как в натуральную величину, если секущая плоскость параллельна плоскости проекции (рис. 8.1), так и в виде эллипса (рис. 8.2).

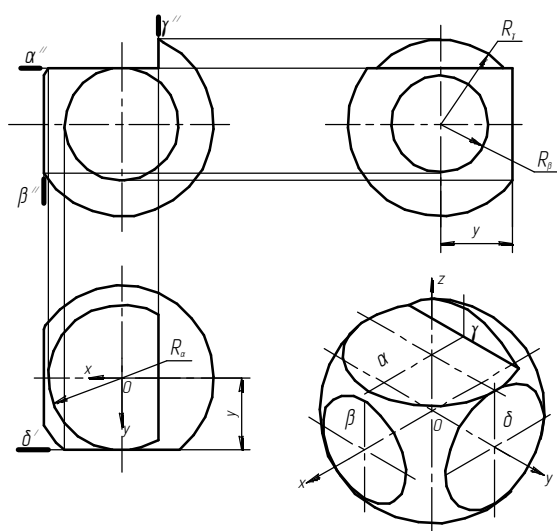


Рис. 8.1. Построение ПКЧ и аксонометрии шара, когда секущая плоскость параллельна плоскости проекции

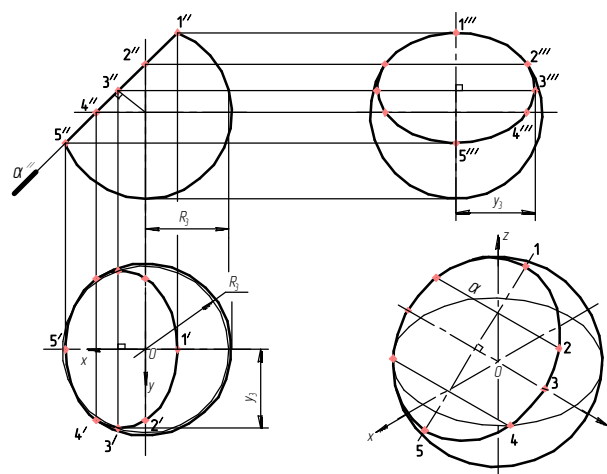


Рис. 8.2. Построение ПКЧ и аксонометрии шара

Методические рекомендации

1. Изучить случаи пересечения шара различными плоскостями.
 2. Построить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции.
- Варианты задания «Шар» приведены в табл. 8.1.
 Пример выполнения задания «Шар» приведен на рис. 8.3.

Таблица 8.1

Варианты задания «Шар»

| | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> |
| <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> | <i>12</i> |
| <i>13</i> | <i>14</i> | <i>15</i> | <i>16</i> |

| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 04.37.00.000.00 | | | |
| Инд. № подл. | Инд. № подл. | Инд. № подл. | Инд. № подл. |
| Подп. и дата | Подп. и дата | Подп. и дата | Подп. и дата |
| Взам. инд. № | Взам. инд. № | Взам. инд. № | Взам. инд. № |
| Инд. № докум. | Инд. № докум. | Инд. № докум. | Инд. № докум. |
| Лист | Лист | Лист | Лист |
| 04.37.00.000.00 | 04.37.00.000.00 | 04.37.00.000.00 | 04.37.00.000.00 |
| Шар | Шар | Шар | Шар |
| БГАТУ, 1 мс | БГАТУ, 1 мс | БГАТУ, 1 мс | БГАТУ, 1 мс |

Рис. 8.3. Пример выполнения задания «Шар»

Последовательность выполнения

1. Перечертить фронтальную и достроить горизонтальную проекции шара и построить профильную проекцию.
2. Нанести характерные и промежуточные точки на поверхности.
3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию. Нанести на аксонометрии точки построения.
4. Оформить чертеж в соответствии с правилами выполнения чертежей.

Контрольные вопросы

1. Как образуется поверхность шара?
2. Какая плоская фигура образуется при рассечении шара различными плоскостями?
3. Каков принцип нахождения точек на поверхности шара?
4. Где расположен экватор на поверхности шара?
5. Какова последовательность построения аксонометрической проекции шара?

Графическая работа № 9

ТОР

Цель работы: развить навыки изображения тора, пересеченного проецирующими плоскостями, на проекционном комплексном чертеже и аксонометрии.

Задание

По заданному условию выполнить проекционный комплексный чертеж и аксонометрию тора со срезами.

Теоретические сведения

Тор – твердое тело, ограниченное торовой поверхностью, которая образуется вращением окружности вокруг прямой, расположенной в плоскости этой окружности и не проходящей через ее центр. Если расстояние от центра образующей окружности до оси вращения больше, чем радиус образующей окружности, то имеем открытый тор; если равно – закрытый; если меньше – самопересекающийся. Центр образующей окружности описывает в пространстве окружность, которая называется *центральной* окружностью тора.

На рис. 9.1 представлен тор с вырезом плоскостями α и β на комплексном чертеже и в аксонометрии, ось которого перпендикулярна к фронтальной плоскости проекции. Плоскость α пересекает поверхность тора по дугам окружности радиуса R_1 и R_2 .

На рис. 9.2 показан характер изменения линии пересечения торовой поверхности с плоскостью в зависимости от ее положения относительно оси вращения. Если плоскость проходит через ось вращения δ , то в сечении имеем две окружности.

Плоскость γ пересекает поверхность тора по самопересекающейся кривой типа «восьмерка», которая называется лемниской Бернулли – кривой четвертого порядка. Порядок кривой графически определяется числом точек ее пересечения с прямой. Плоскость α дает сечение в виде овала.

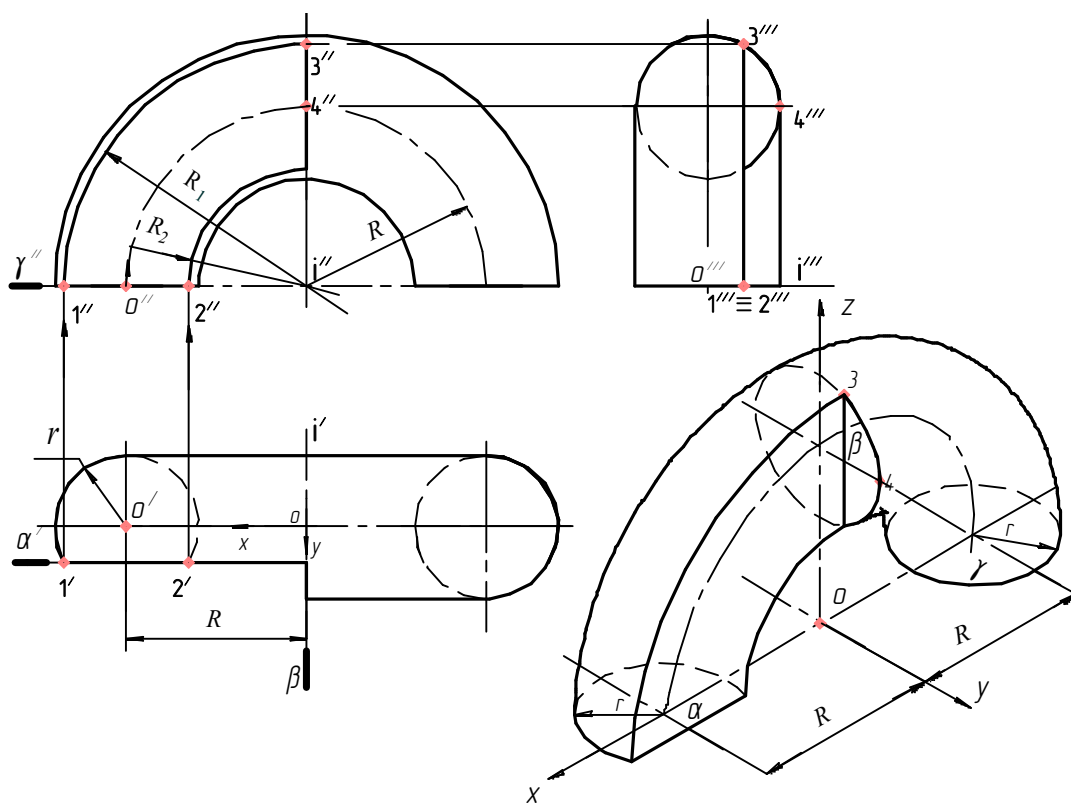


Рис. 9.1. Построение ПКЧ и аксонометрии тора (сечение горизонтально-проецирующими плоскостями)

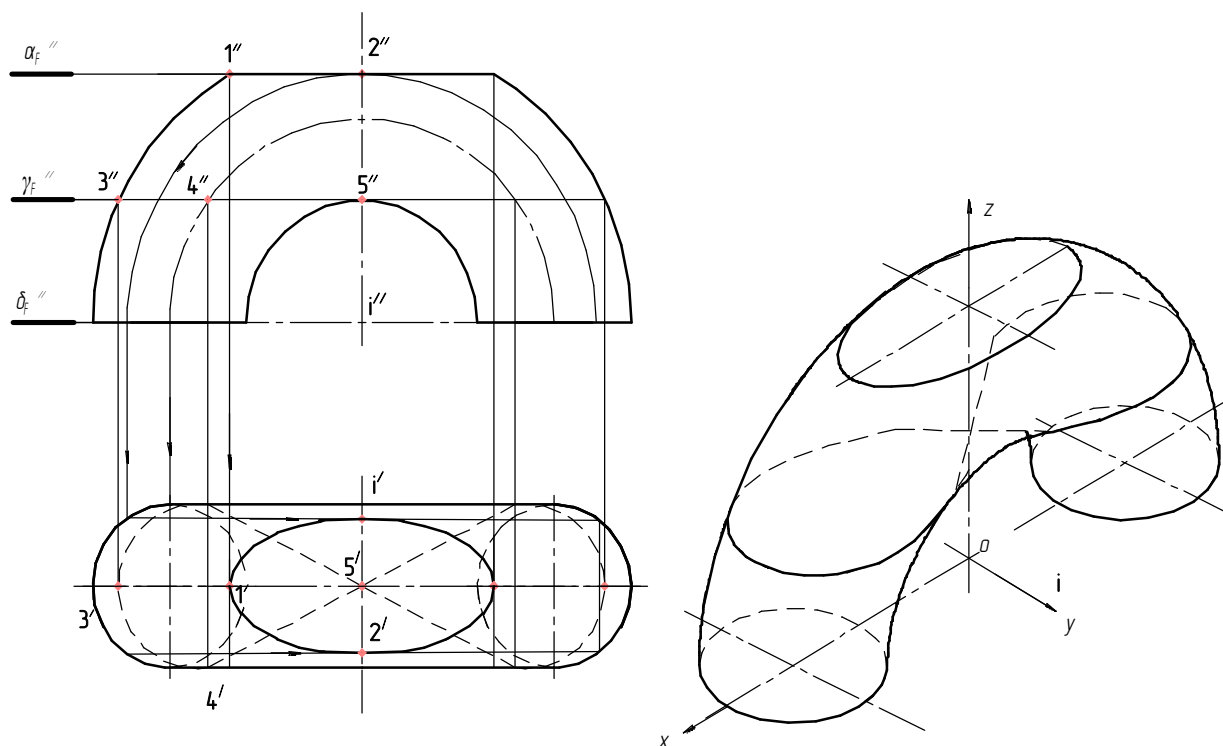


Рис. 9.2. Построение ПКЧ и аксонометрии тора (сечение по самопересекающейся кривой и овалу)

Методические рекомендации

1. Изучить случаи пересечения тора различными плоскостями.
 2. Достроить горизонтальную, профильную и аксонометрическую проекции.
- Варианты задания «Тор» приведены в табл. 9.1.
 Пример выполнения задания «Тор» приведен на рис. 9.3.

Таблица 9.1

Варианты задания «Тор»

| | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| | |
| 3 | 4 |
| | |
| 5 | 6 |
| | |
| 7 | 8 |
| | |

| | |
|-----------|-----------|
| <p>9</p> | <p>10</p> |
| <p>11</p> | <p>12</p> |
| <p>13</p> | <p>14</p> |
| <p>15</p> | <p>16</p> |

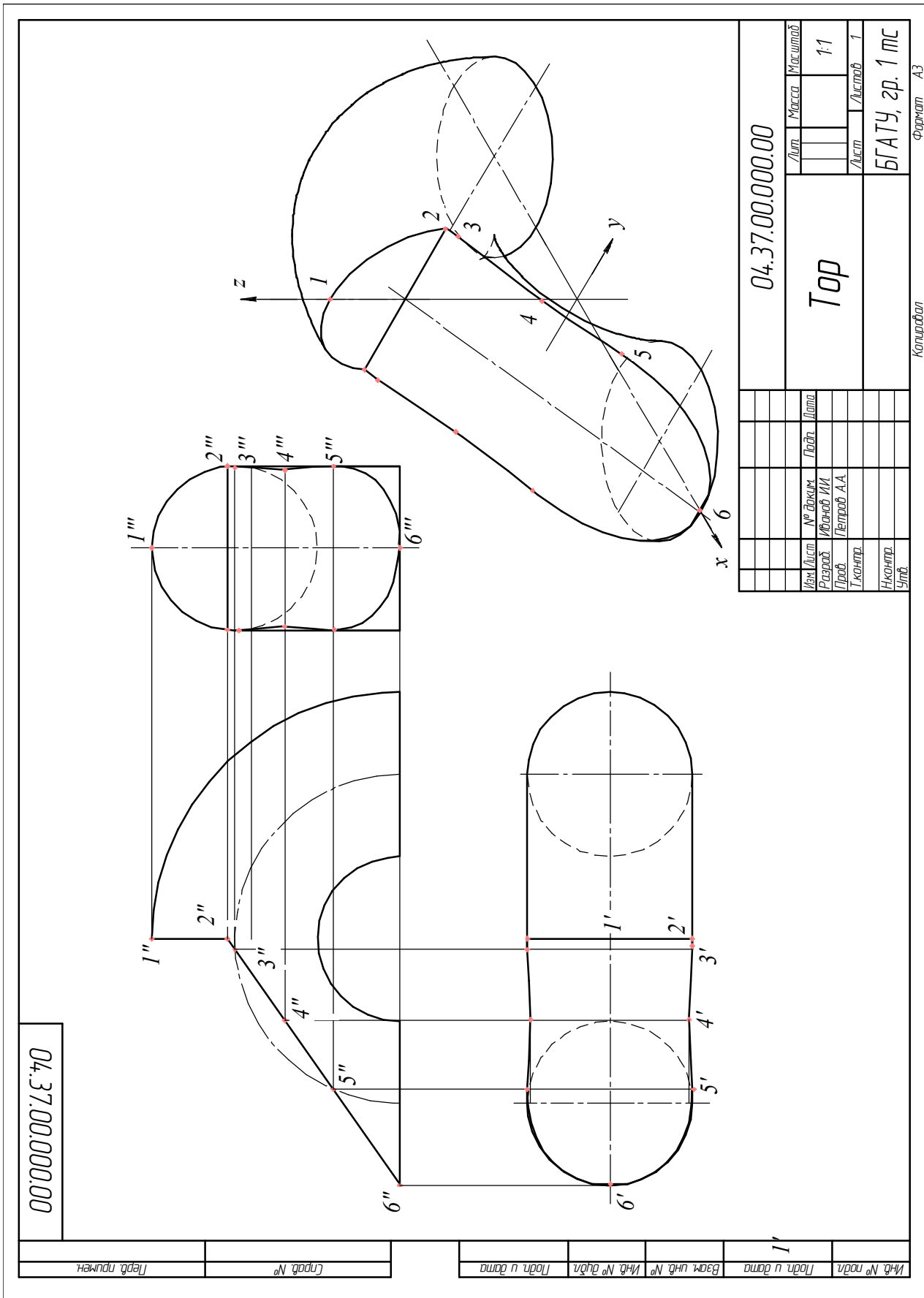


Рис. 9.3. Пример выполнения задания «Тор»

Последовательность выполнения

1. Перечертить фронтальную и достроить горизонтальную проекции тора и построить профильную проекцию.
2. Нанести характерные и промежуточные точки на поверхности.
3. Построить прямоугольную изометрическую проекцию. Нанести на аксонометрию точки построения.
4. Оформить чертеж в соответствии с правилами выполнения чертежей.

Контрольные вопросы

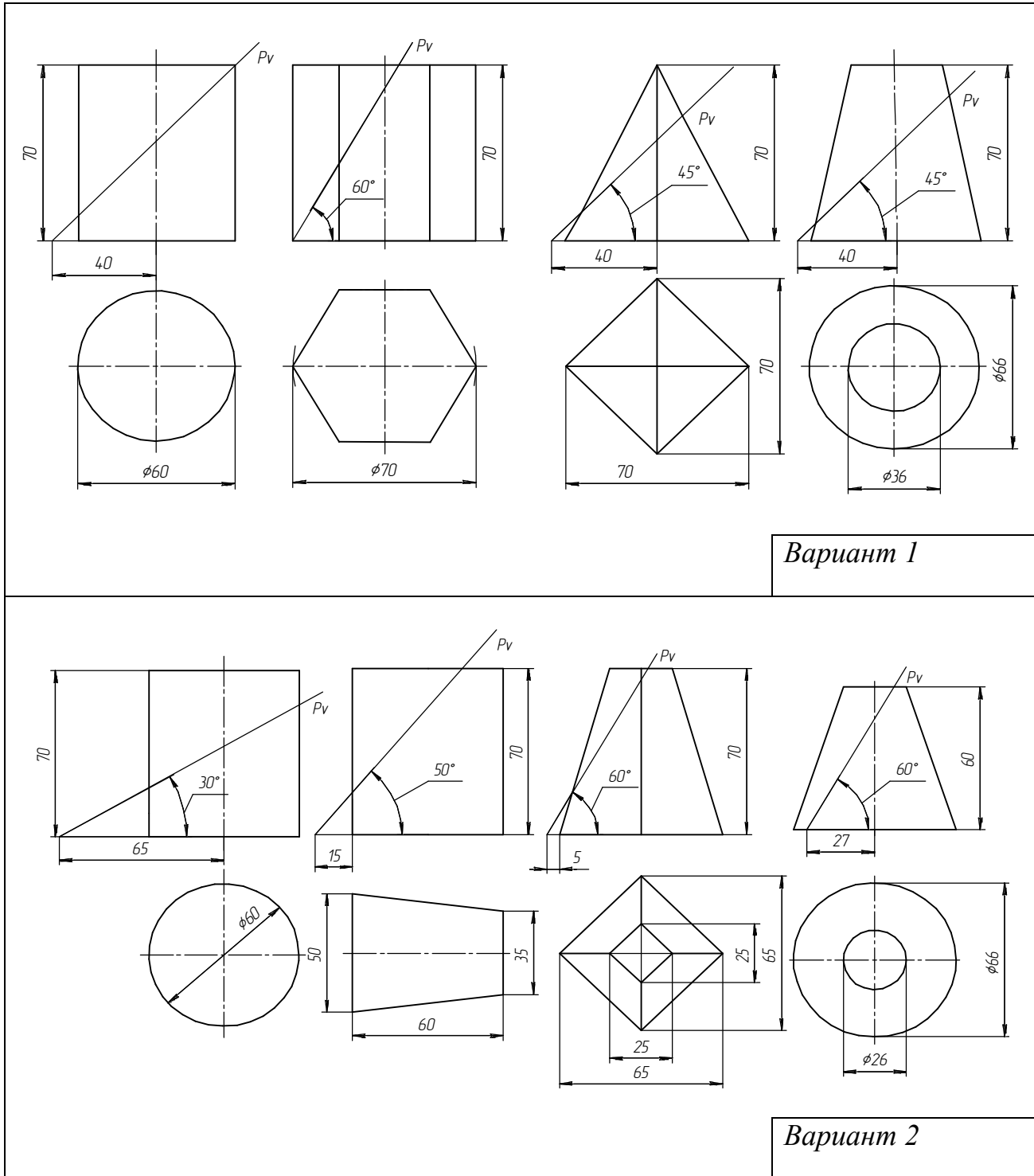
1. Как образуется поверхность тора?
2. Каков принцип нахождения точек на поверхности тора?
3. Какие плоские фигуры образуются на поверхности тора, если секущая плоскость проходит через ось вращения?
4. Как образуется лемниската Бернулли?
5. Как расположена секущая плоскость, которая пересекает поверхность тора по дугам окружностей?

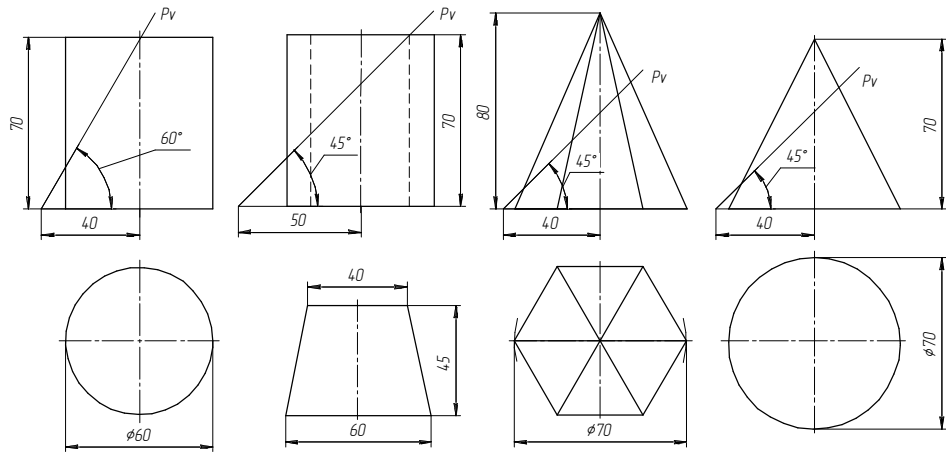
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА (1 уровень)

Варианты заданий геометрических тел и примеры их выполнения для 1 уровня приведены в табл. 9.2 и на рис. 9.4, 9.5.

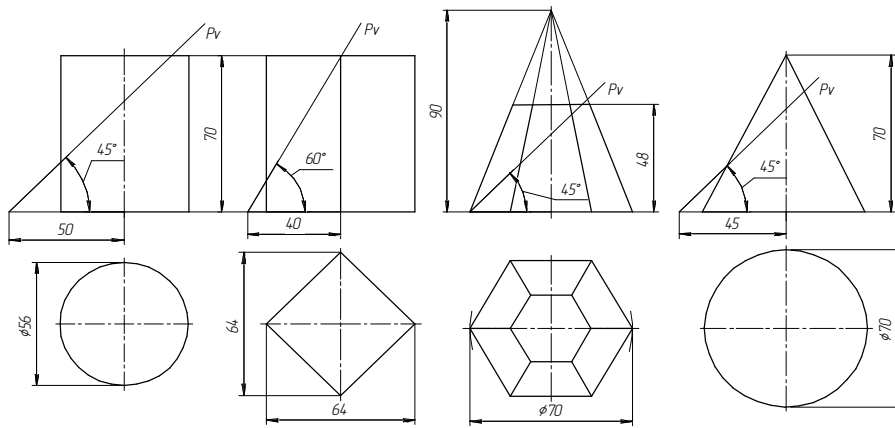
Таблица 9.2

Варианты заданий геометрических тел (1 уровень)

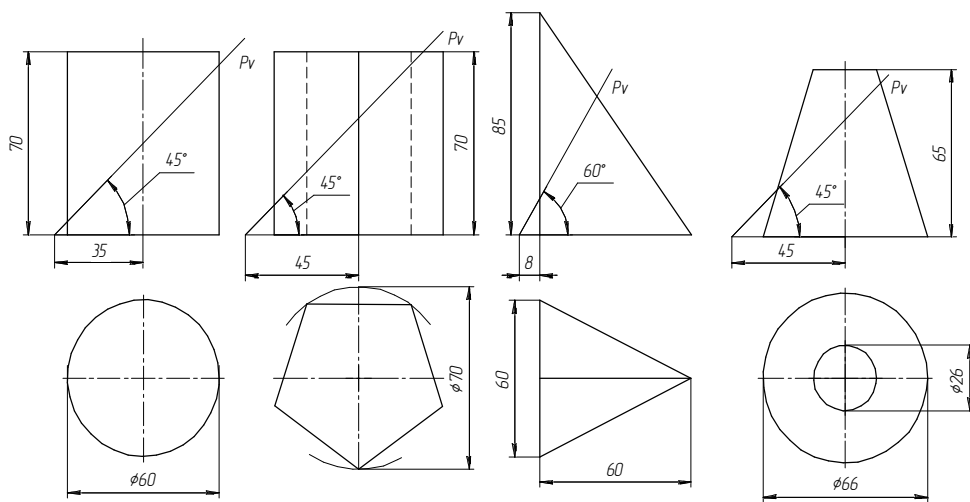




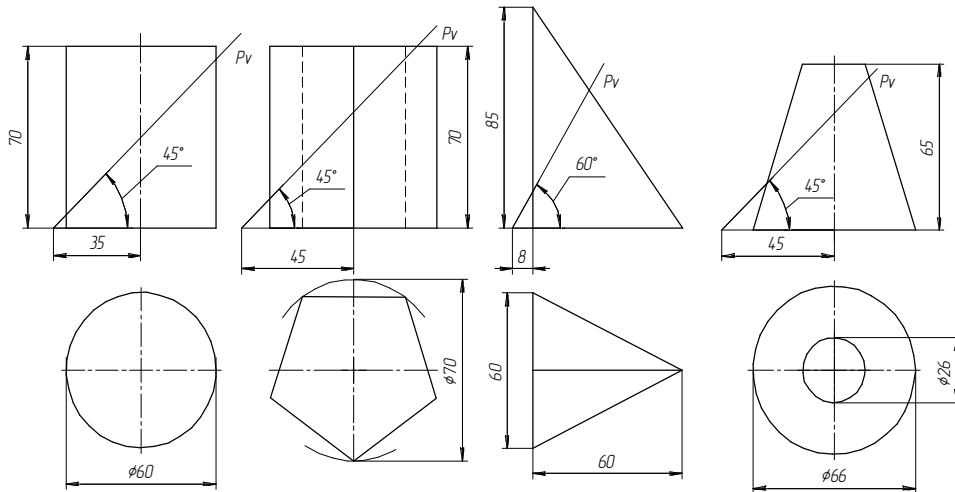
Вариант 3



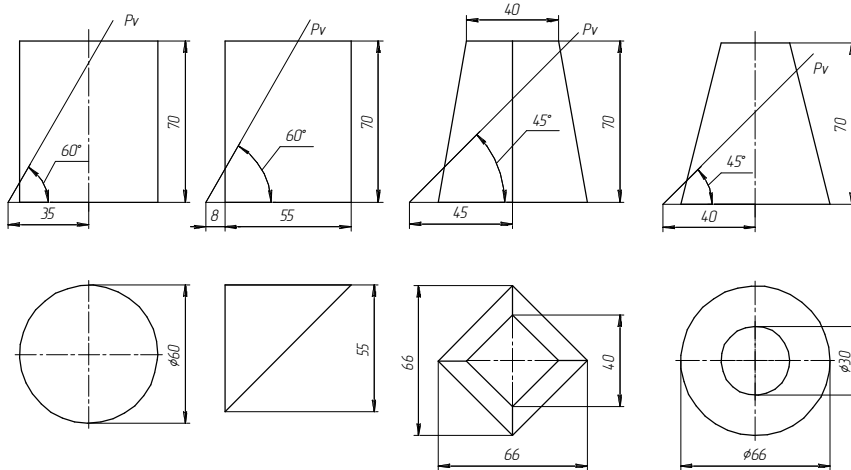
Вариант 4



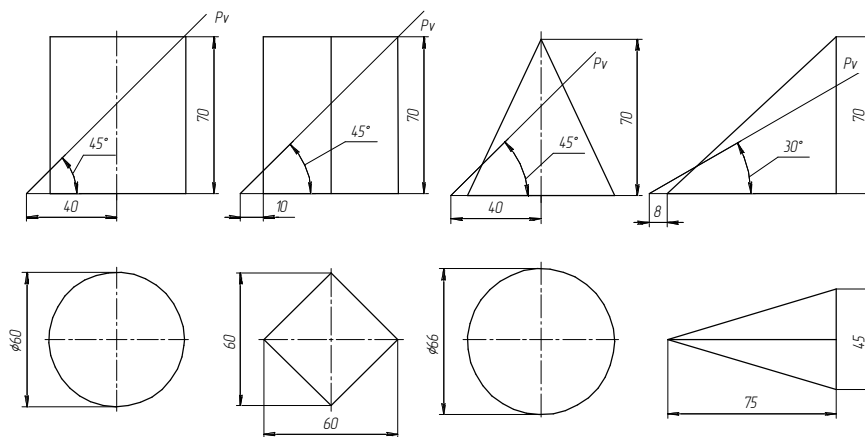
Вариант 5



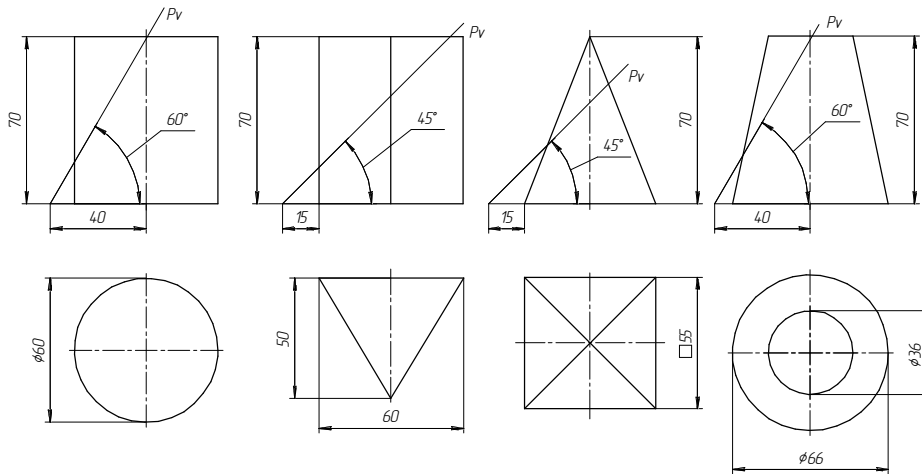
Вариант 6



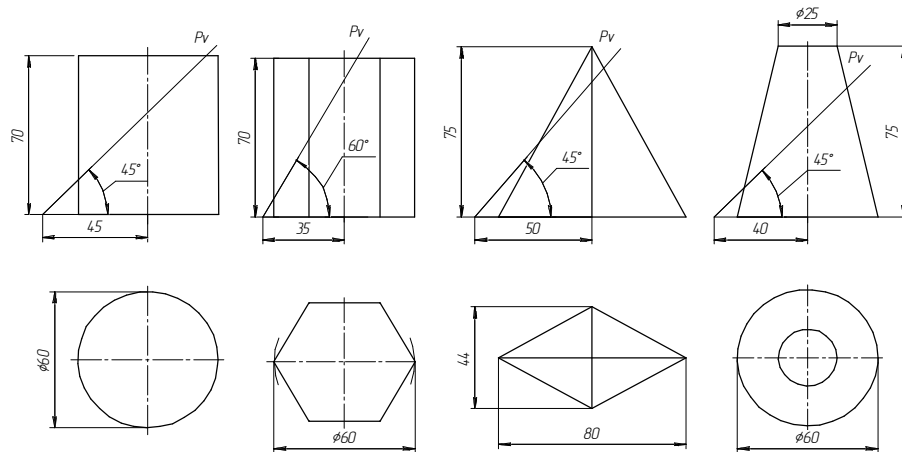
Вариант 7



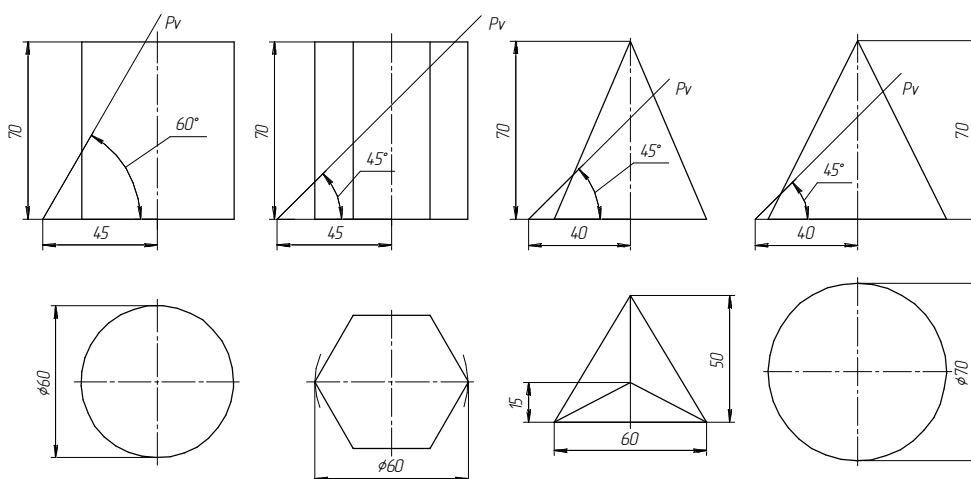
Вариант 8



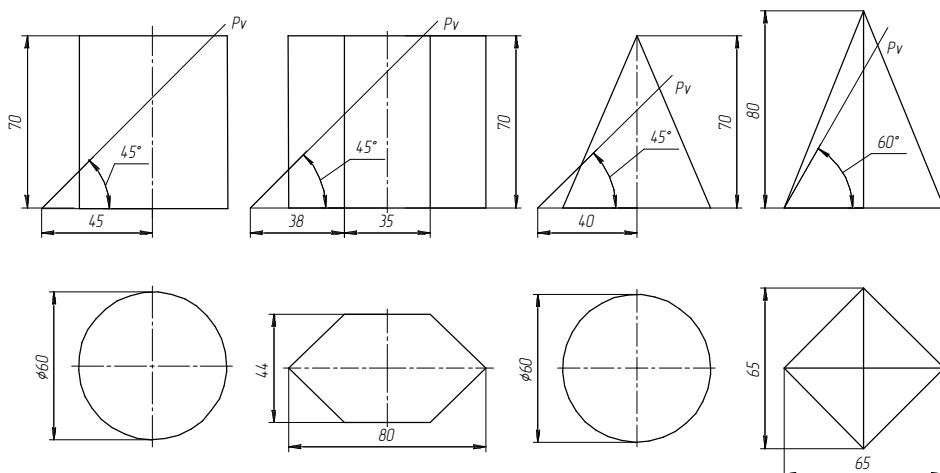
Вариант 9



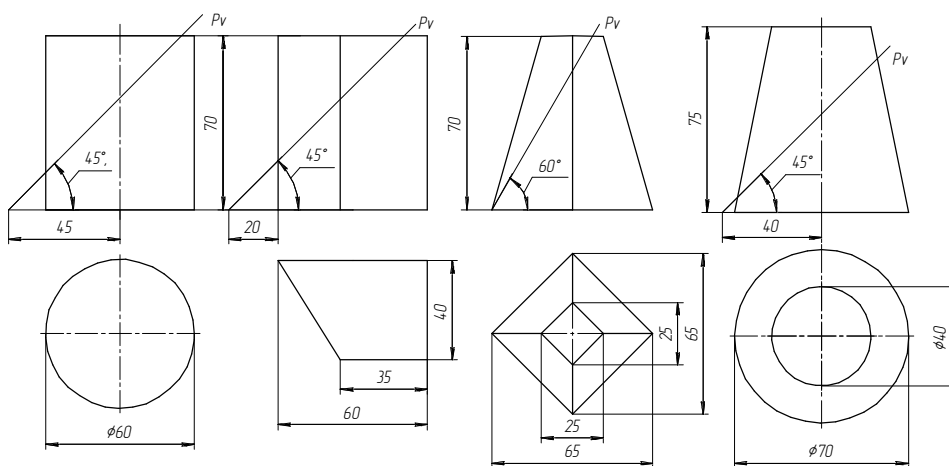
Вариант 10



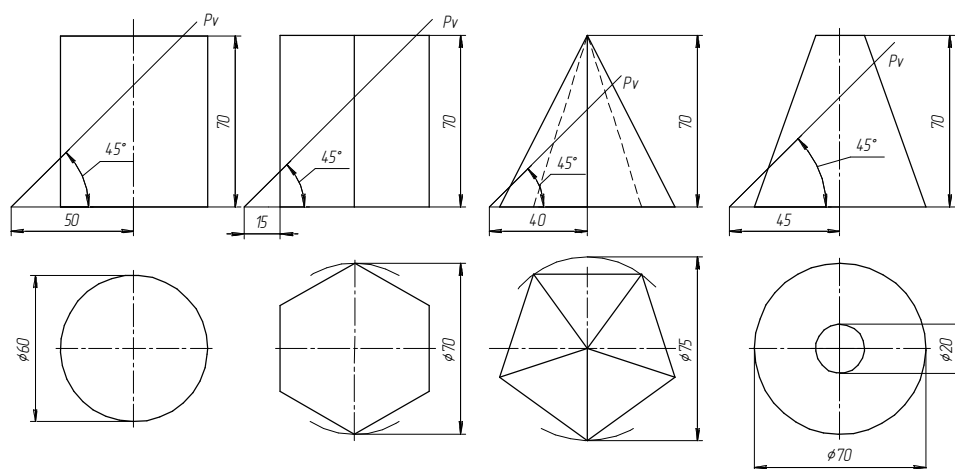
Вариант 11



Вариант 12



Вариант 13



Вариант 14

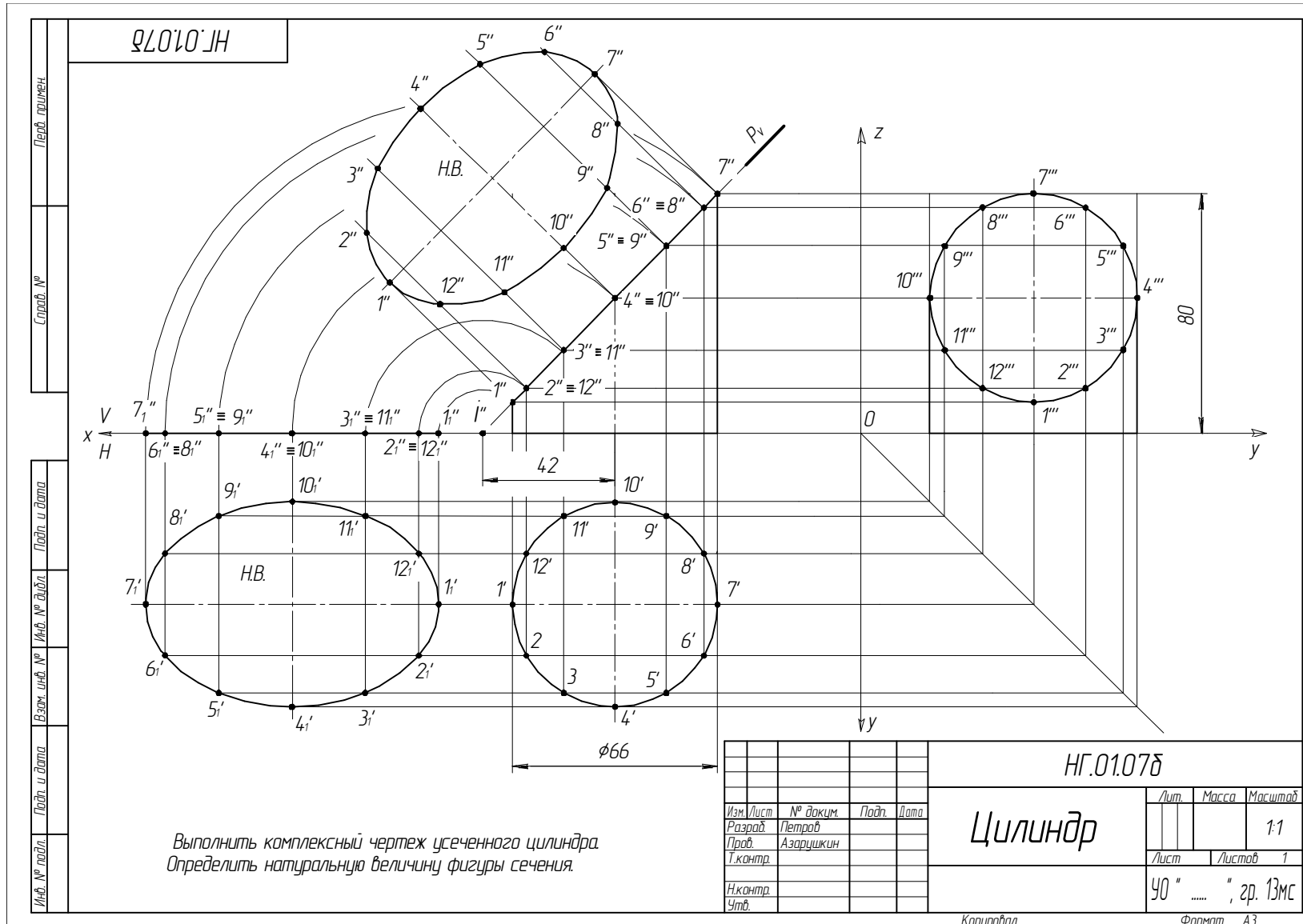


Рис. 9.4. Пример выполнения задания «Цилиндр» (1 уровень)

Перв. примен.

Строч. №

Лист и дата

Взам. инв. №

Инв. № дддл.

Лист и дата

Инв. № лист

НГ.01.07а

Выполнить комплексный чертёж усеченной пирамиды.
 Определить натуральную величину фигуры сечения.

| | | | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|-------|-----------|----------|------------------------|--------|---------|
| | | | | НГ.01.07а | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Пирамида | Лит. | Масса | Масштаб |
| Разработ. | Петров | | | | | | | 1:1 |
| Проект. | Азарушкин | | | | | Лист | Листов | 1 |
| Т.контр. | | | | | | 40 " ", зр. 13мс | | |
| И.контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

Копировал

Формат А3

Рис. 9.5. Пример выполнения задания «Пирамида» (1 уровень)

Графическая работа № 10

ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: овладеть знаниями построения линий пересечения поверхностей на проекционном комплексном чертеже; развить навыки выполнения видов, разрезов, сечений.

Задания:

1. По заданным размерам вычертить геометрические тела в трех проекциях.
2. Построить линию пересечения.
3. Определить видимость.

Теоретические сведения

Поверхности в пространстве пересекаются по кривой или ломаной линии, которую называют *линией пересечения*. Линия пересечения находится по точкам, которые строятся при помощи вспомогательных секущих поверхностей (посредников). В качестве вспомогательных секущих поверхностей применяются плоскости (уровня и проецирующие) или другие поверхности, например сферические.

Вспомогательные секущие плоскости располагают с таким расчетом, чтобы в пересечении с поверхностями получились простые и удобные для построения линии – прямые или окружности.

Следует отметить, что при пересечении двух плоскостей получается прямая линия, двух многогранников – *ломанная пространственная линия*, двух тел вращения – *кривая плоская*, или *пространственная линия*, тела вращения с многогранником – *плоская кривая* и *прямая линии*. Для построения точек строят линию пересечения каждого заданного тела с посредником и находят точки искомой линии пересечения. Определяют ее видимость.

Рассмотрим четыре случая пересечения поверхностей (рис. 10.1).

Для лучшего восприятия линии пересечения – общего элемента двух пересекающихся поверхностей – в качестве примера приведем извлечение горизонтального цилиндра из вертикального.

Рассмотрим характер линии пересечения поверхностей в зависимости от их взаимного расположения.

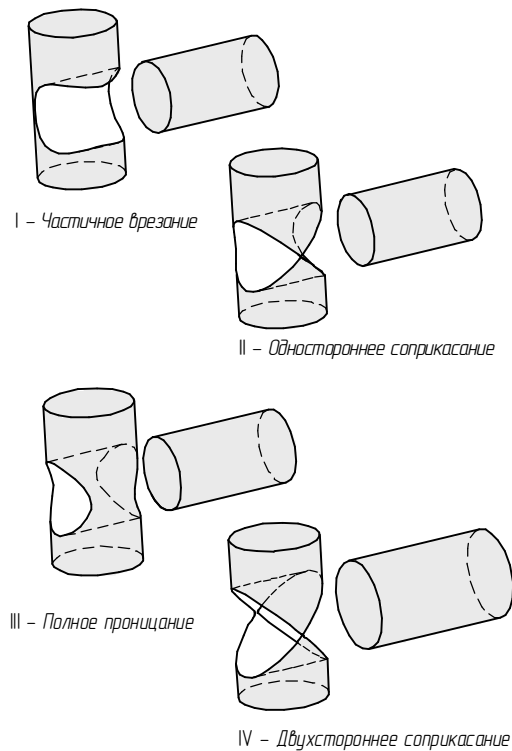


Рис. 10.1. Характер линии пересечения поверхностей геометрических тел в зависимости от их взаимного расположения (на примере цилиндров)

I – *частичное врезание* (линия пересечения есть некоторая замкнутая пространственная линия);

II – *одностороннее соприкосновение*, когда две поверхности имеют общую касательную плоскость (линия пересечения есть замкнутая линия, которая один раз самопересекается в виде восьмерки);

III – *полное проникание* (линия пересечения распадается на две замкнутые линии);

IV – *двухстороннее соприкосновение* – поверхности имеют две общие касательные плоскости (линия пересечения есть некоторая пространственная линия, которая дважды самопересекается).

Методические рекомендации

Задание выполняется на листе формата А3.

Варианты задания представлены в табл. 10.1, 10.2.

Пример выполнения задания представлен на рис. 10.2, 10.4, 10.5.

Поэтапное выполнение задания приведено на рис. 10.3.

Для выполнения задания необходимо обратить внимание на следующие вопросы: точка и линия на поверхности; сечение поверхности плоскостью; способы построения линии взаимного пересечения поверхностей.

Последовательность выполнения задания

В предложенных задачах одна из поверхностей пересечения обязательно гранная и находится в частном положении.

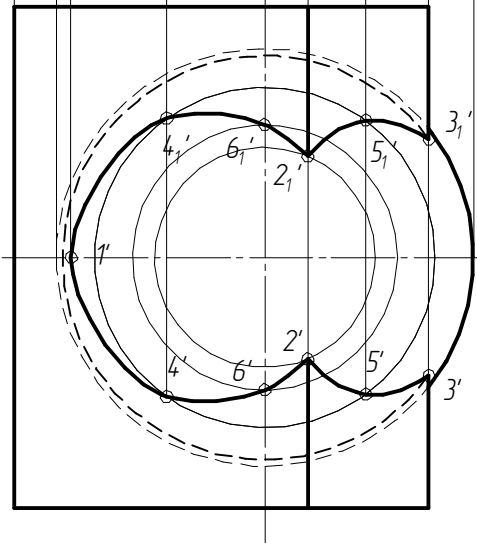
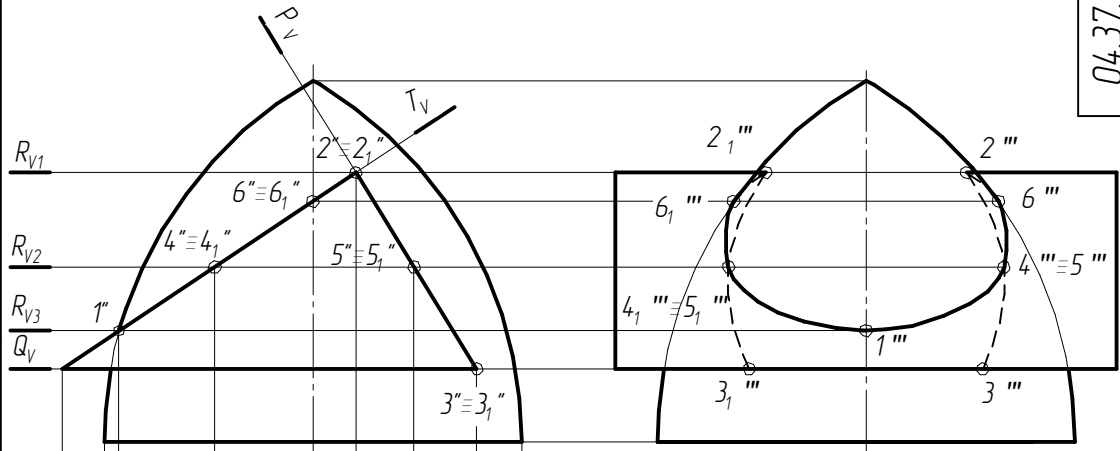
Известно, что все поверхности частного положения обладают собирательным свойством, поэтому линия пересечения и совпадает с проецирующей частью гранной поверхности.

Рассмотрим построение линии пересечения двух поверхностей на примере гранной поверхности с поверхностью вращения (рис. 10.2) *способом вспомогательных секущих плоскостей*.

В пересечении двух тел участвуют трехгранная фронтально проецирующая призма и тор. Поскольку призма проецирующая, то линия пересечения будет совпадать с частью ее фронтальной проекции. Поэтому необходимо построить лишь горизонтальную и профильную ее проекции. Если грани призмы рассматривать как секущие плоскости, то, перегадав ее следами P_v , T_v , Q_v , увидим, что P_v , T_v пересекают тор по эллипсам, третья горизонтальная (Q_v) – по окружности.

Анализ условия показывает, что для решения задачи целесообразно использовать дополнительные горизонтальные секущие плоскости R , пересекающие тор по окружности, а призму – по прямым. С помощью этих плоскостей построены все точки линии пересечения, кроме точки I , у которой I'' лежит на очерковой линии тора; значит, горизонтальная проекция I' будет находиться на его оси. Самой высокой точкой линии пересечения является точка 2 ($2''$, $2_I''$), самой низкой – 3 ($3''$, $3_I''$). Для построения горизонтальной проекции точки 2 ($2'$, $2_I'$) воспользуемся вспомогательной секущей плоскостью R_{VI} , пересекающей тор по окружности, при этом горизонтальная проекция I' будет находиться на пересечении этой окружности с верхним ребром призмы. Чтобы построить горизонтальные проекции точек 3 ($3'$, $3_I'$), воспользуемся вспомогательной секущей горизонтальной плоскостью Q_v . Остальные промежуточные точки 4, 5, 6 строятся для получения более точного характера кривой. Все построенные точки на горизонтальной и профильной проекциях соединяем плавной кривой с учетом видимости. На рис. 10.2 приведен результат построения линии пересечения поверхностей тора и призмы на трех плоскостях проекции. На рис. 10.3 приведен алгоритм (последовательность) построения линии пересечения горизонтальной 3-гранной призмы и полусферы.

04.37.05.07.000



| | |
|---------------|--------------|
| Перв. примен. | |
| Справ. № | |
| Подп. и дата | |
| Взам. инв. № | Инв. № дудл. |
| Подп. и дата | |
| Инв. № подл. | |

| | | | | | | |
|-----------|-------------|-------|------|--------------------------------------|----------------|----------|
| | | | | 04.37.05.07.000 | | |
| Изм./Лист | № докум. | Подп. | Дата | Взаимное пересечение поверхностей | Лист | Масштаб |
| Разраб. | Иванов В.В. | | | | у | 1:1 |
| Проб. | Петров А.А. | | | | Лист | Листов 1 |
| Т.контр. | | | | | БГАТУ, гр 3 зз | |
| Н.контр. | | | | | Копировал | |
| Утв. | | | | | Формат А3 | |

Рис. 10.2. Пример выполнения задания на взаимное пересечение поверхностей

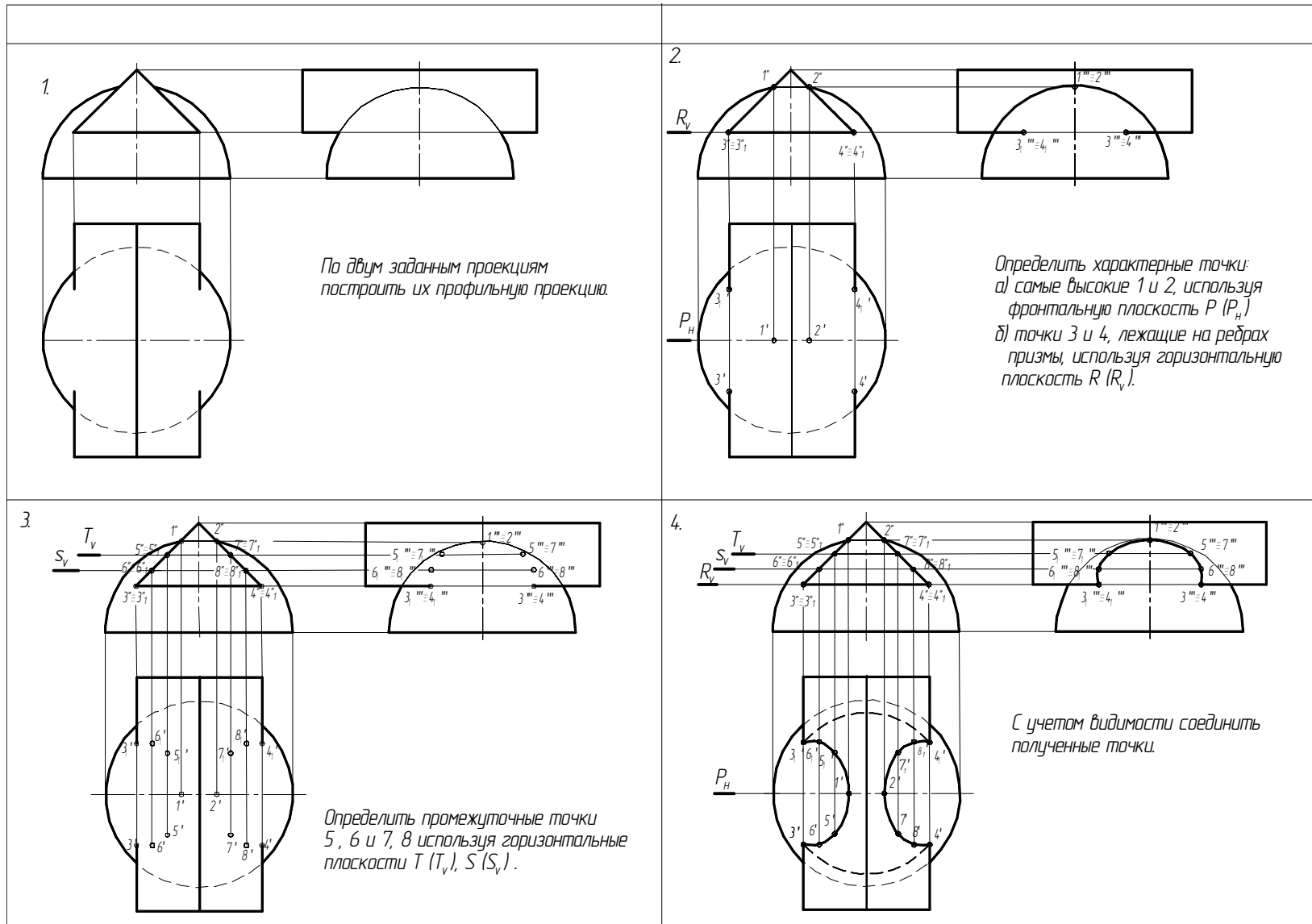


Рис. 10.3. Поэтапное решение задачи на пересечение поверхностей

Изм. № подл.

Лист

Листов

№

Дата

Провер.

Иванов В.В.

Петров А.А.

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Лист

Листов

№

Дата

Стор. №

Перф. промен

04.37.06.07.000

S_v

T_v

R_v

P_H

04.37.06.07.000

| Изм./Лист | № докум. | Подп. | Дата | Взаимное пересечение поверхностей | Лист | Масса | Масштаб |
|-----------|-------------|-------|------|-----------------------------------|----------------|--------|---------|
| Разраб. | Иванов В.В. | | | | у | | |
| Провер. | Петров А.А. | | | | Лист | Листов | 1 |
| Н.контр. | | | | | БГАТУ, гр 3 зз | | |
| Утв. | | | | | Формат А3 | | |

Копировал

Рис. 10.4. Пример выполнения задания «Пересечение поверхностей» (2 уровень)

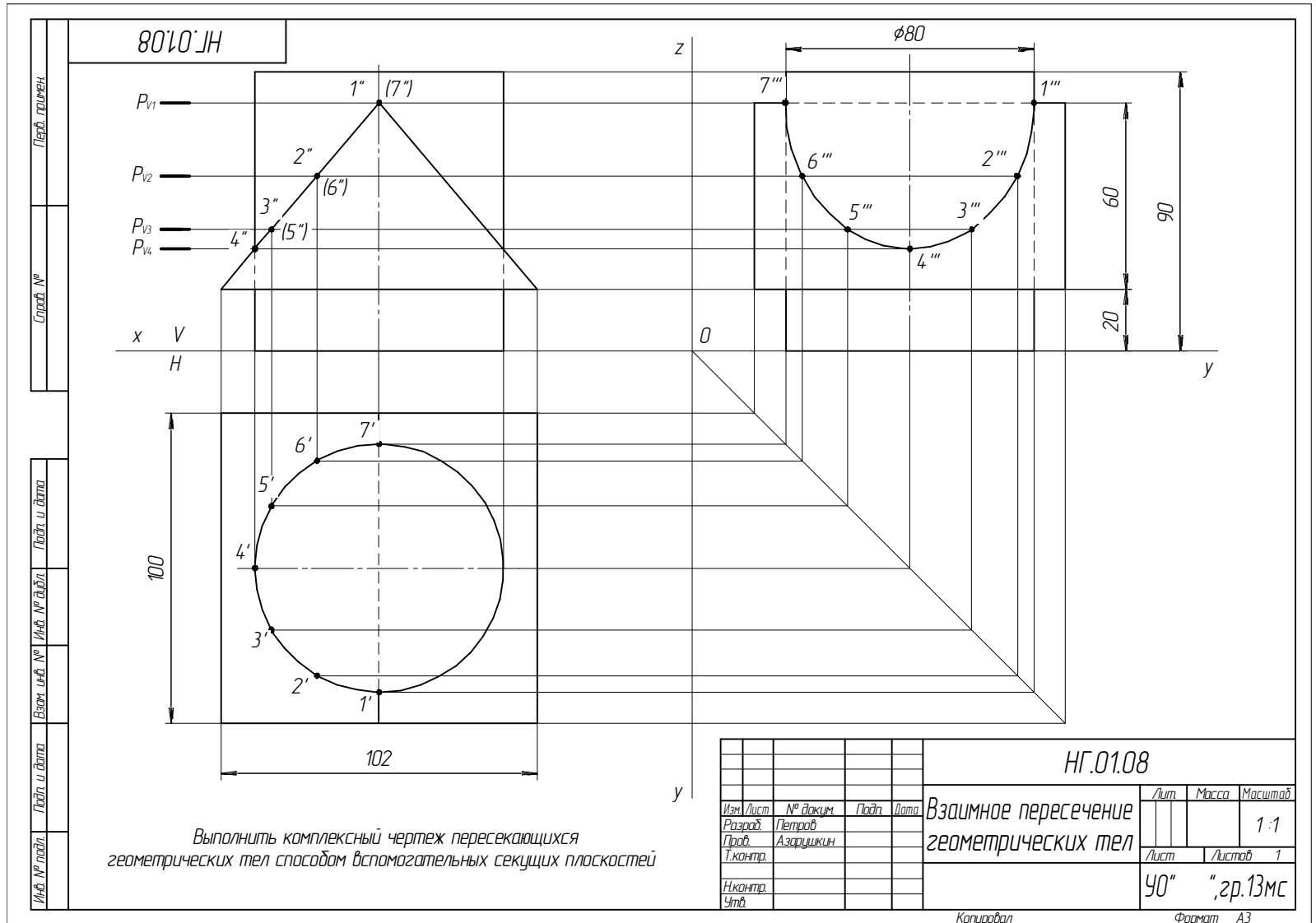
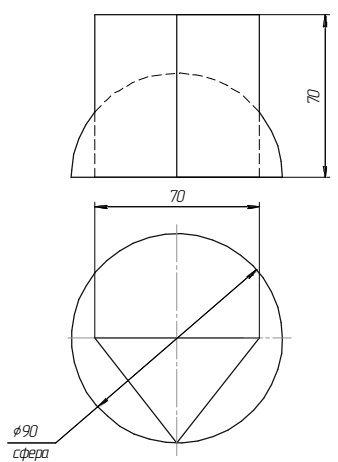
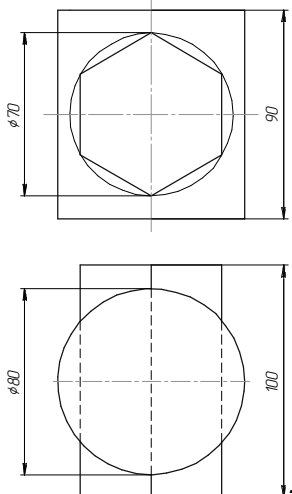
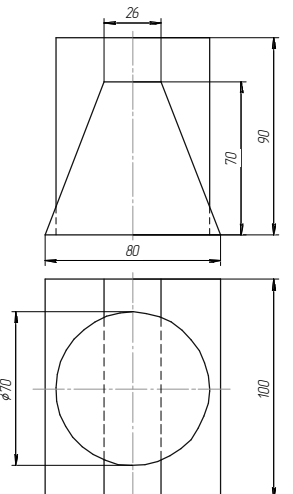
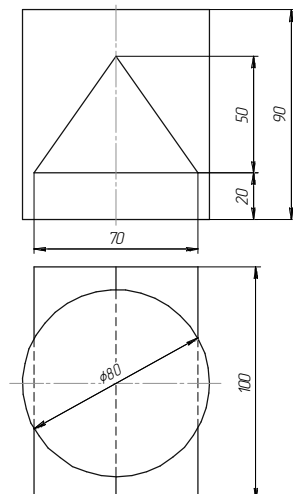
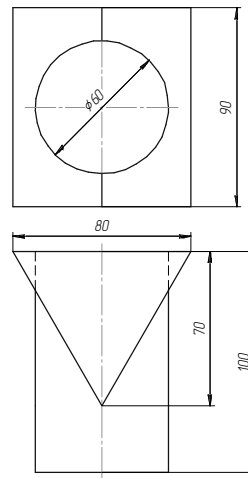
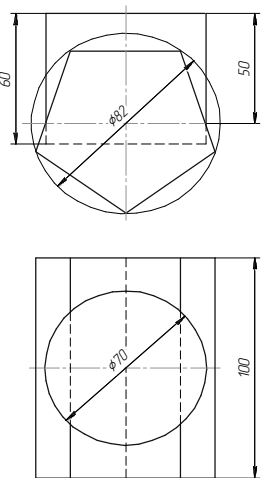
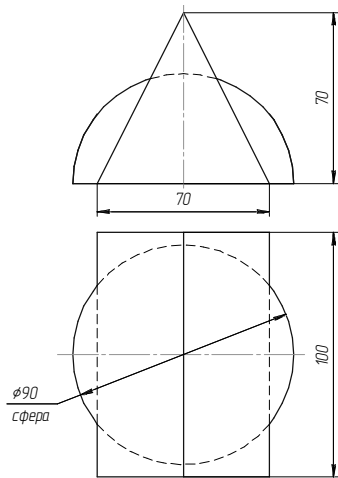
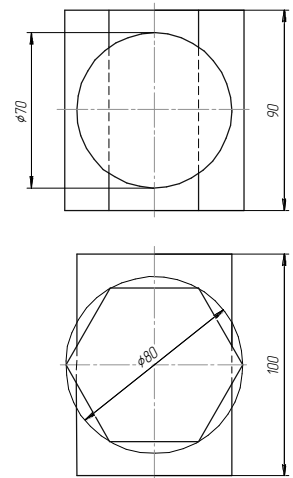
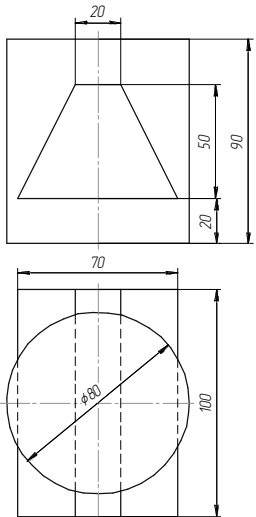
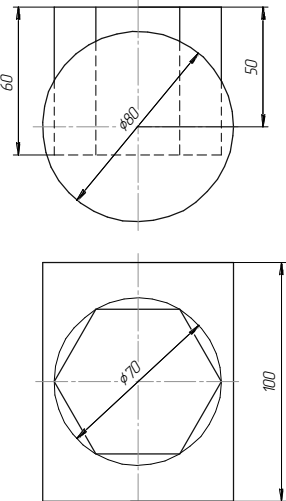
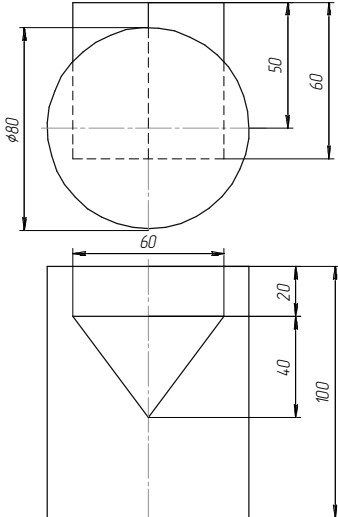
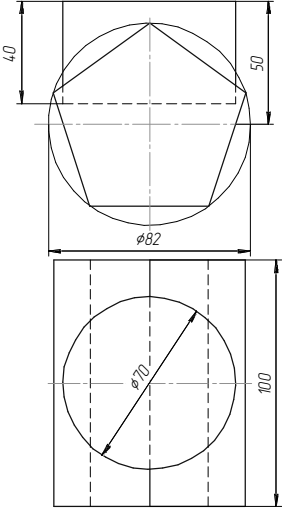
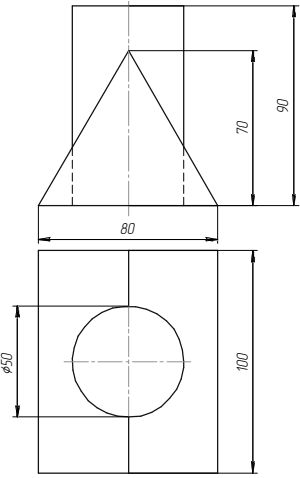
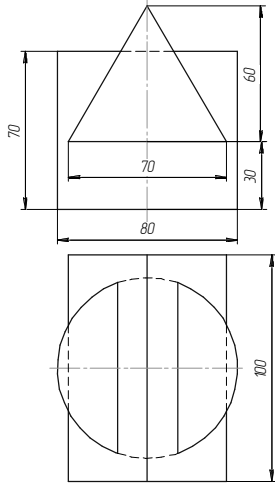
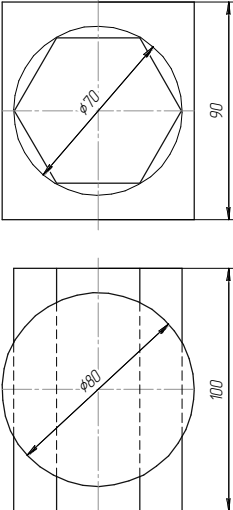
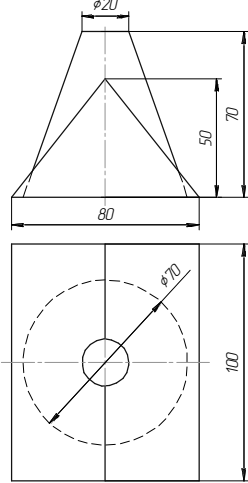


Рис.10.5. Пример выполнения задания «Пересечение поверхностей» (1 уровень)

Варианты заданий (1 уровень)

77

| | | | |
|---|--|---|---|
|  <p>Вариант 1</p> |  <p>Вариант 2</p> |  <p>Вариант 3</p> |  <p>Вариант 4</p> |
|  <p>Вариант 5</p> |  <p>Вариант 6</p> |  <p>Вариант 7</p> |  <p>Вариант 8</p> |

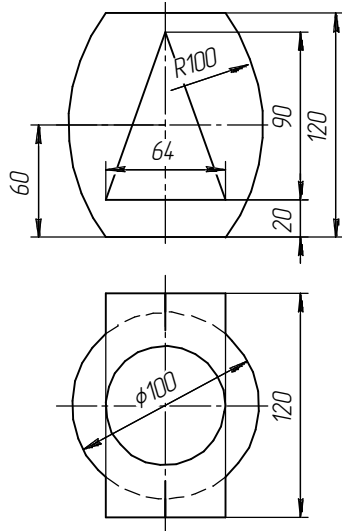
| | | | |
|---|--|---|---|
|  <p>Вариант 9</p> |  <p>Вариант 10</p> |  <p>Вариант 11</p> |  <p>Вариант 12</p> |
|  <p>Вариант 13</p> |  <p>Вариант 14</p> |  <p>Вариант 15</p> |  <p>Вариант 16</p> |

Варианты заданий (2 уровень)

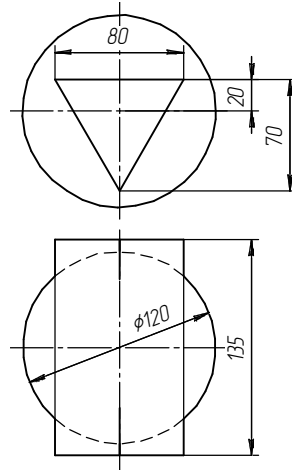
79

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| <p>1</p> | <p>2</p> | <p>3</p> | <p>4</p> |
| <p>5</p> | <p>6</p> | <p>7</p> | <p>8</p> |

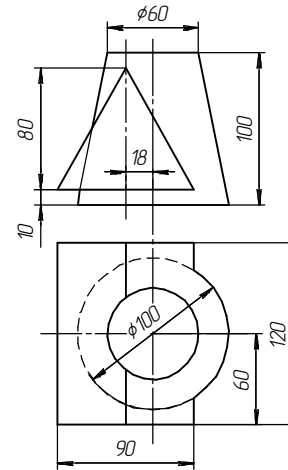
9



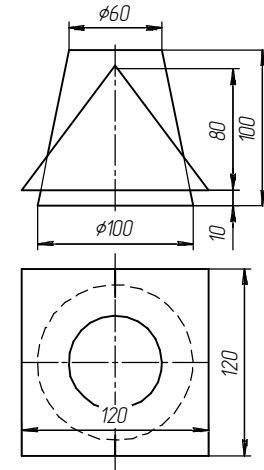
10



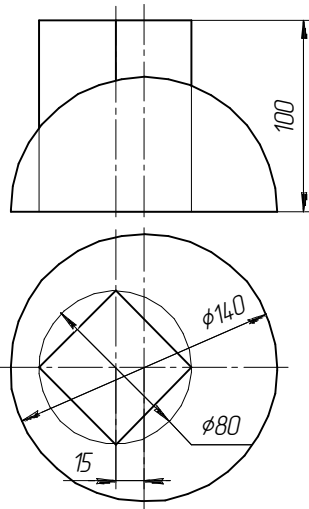
11



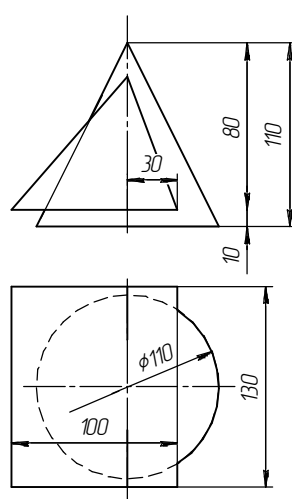
12



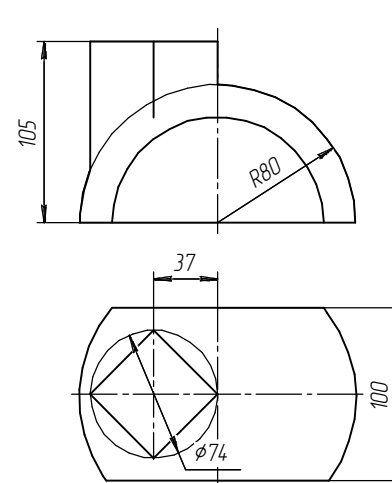
13



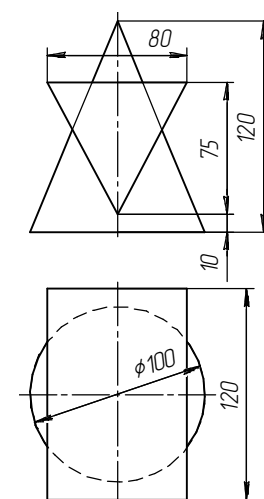
14



15



16



Способ вспомогательных секущих сфер

Задания:

1. По заданным размерам вычертить геометрические тела в двух проекциях.
2. Построить линию пересечения.
3. Определить видимость.

Методические рекомендации

Задание может выполняться на листе формата А4.

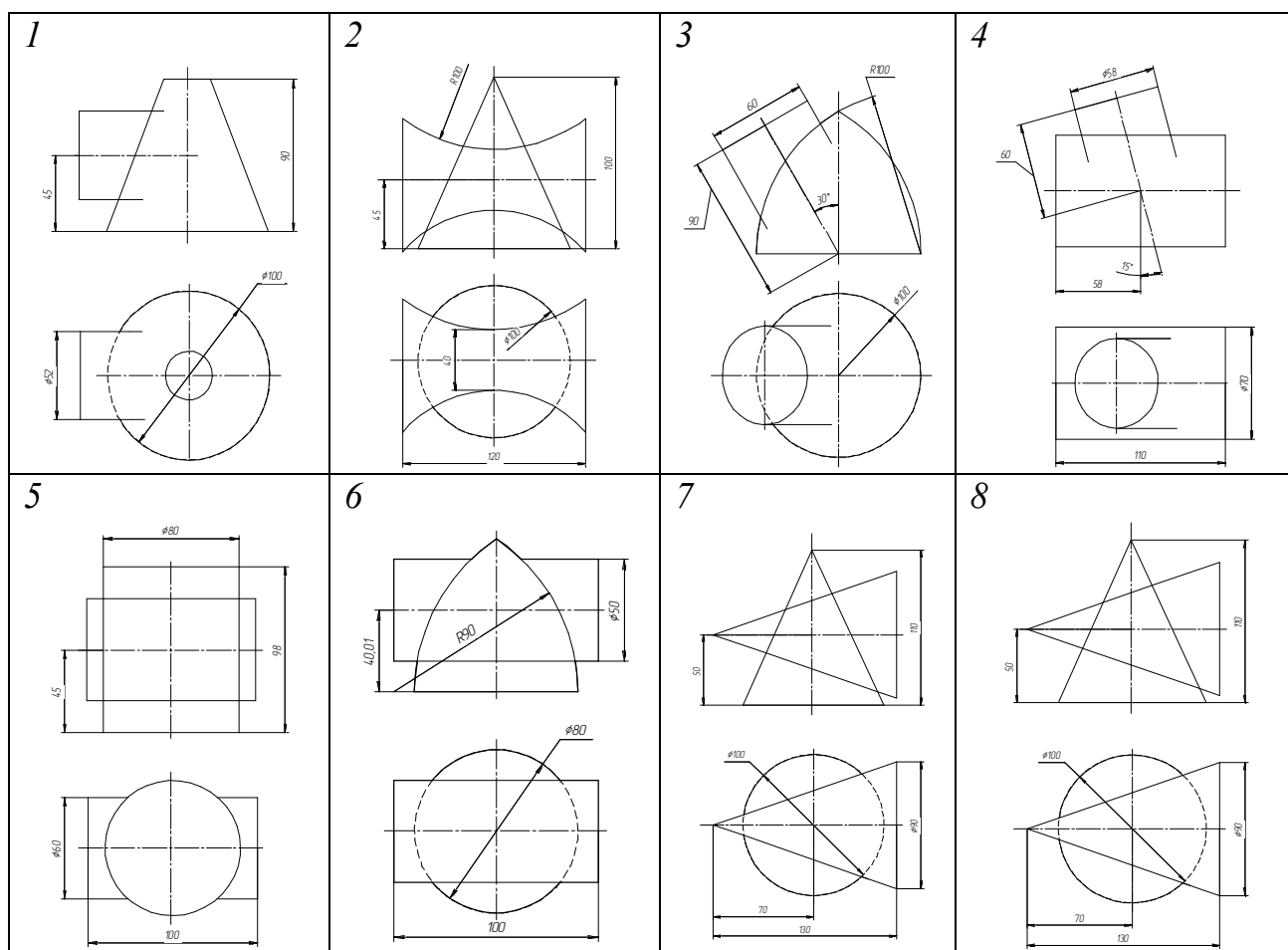
Варианты задания представлены в табл. 10.3.

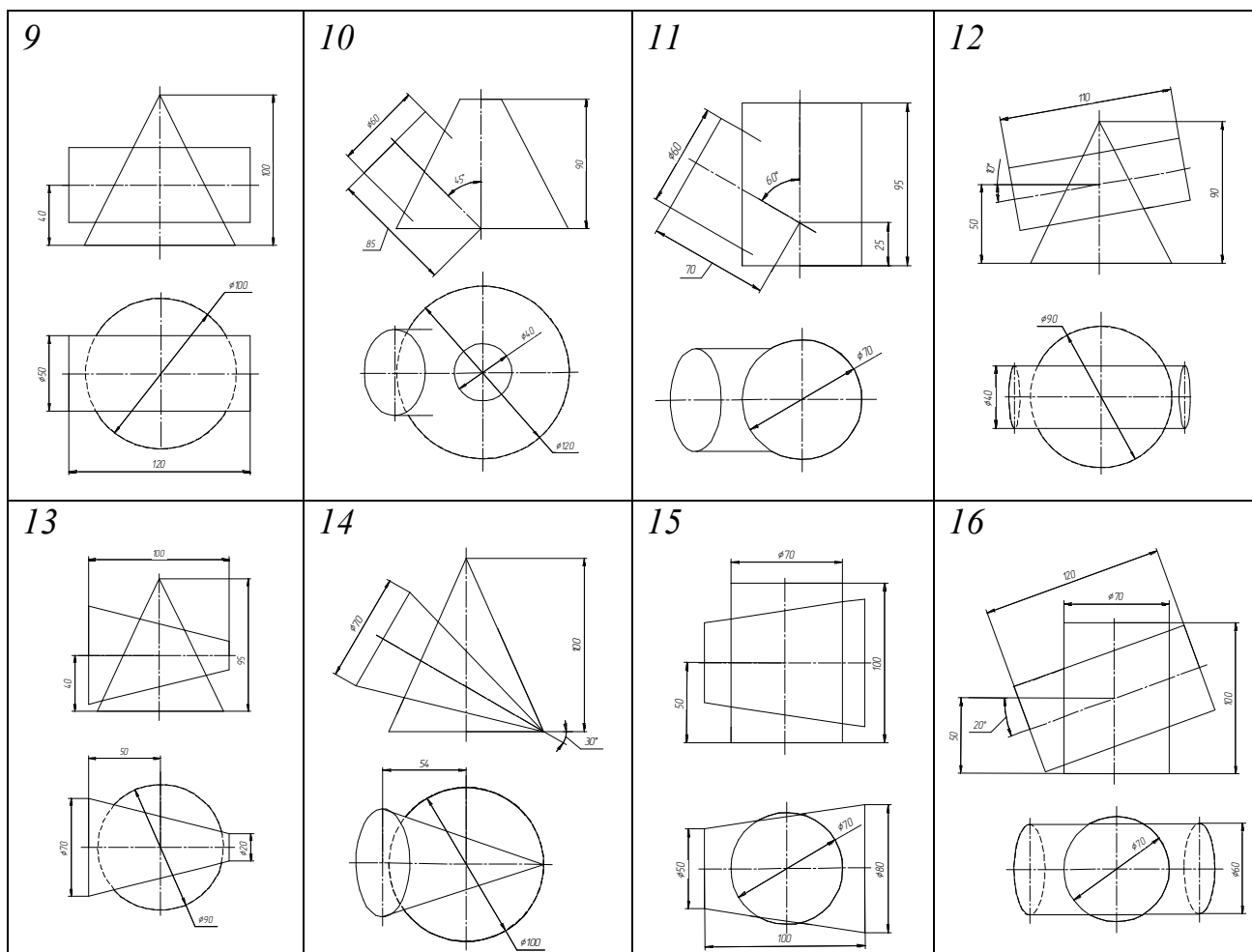
Пример выполнения задания представлен на рис. 10.6.

Для выполнения задания необходимо рассмотреть следующие теоретические вопросы: точка и линия на поверхности; сечение поверхности плоскостью; способы построения линии взаимного пересечения поверхностей.

Таблица 10.3

Варианты задания





Последовательность выполнения задания

При построении линии пересечения поверхностей вращения не всегда удается подобрать секущие плоскости так, чтобы они пересекали поверхности по линиям, проекции которых были бы прямыми или окружностями. В некоторых случаях в качестве секущих поверхностей (посредников) целесообразно применять сферы. Этот способ основан на свойстве сферы пересекаться с любой поверхностью вращения, ось которой проходит через центр сферы по окружности.

Чтобы сфера одновременно пересекала две поверхности по окружностям, проецирующимся в прямые линии, необходимо соблюсти условия:

- оси поверхностей вращения должны пересекаться (точку пересечения принимают за центр вспомогательных концентрических сфер);
- оси поверхностей вращения должны располагаться параллельно какой-либо плоскости проекций.

Пример. Построить проекции линии пересечения поверхностей конуса и цилиндра (рис. 10.7).

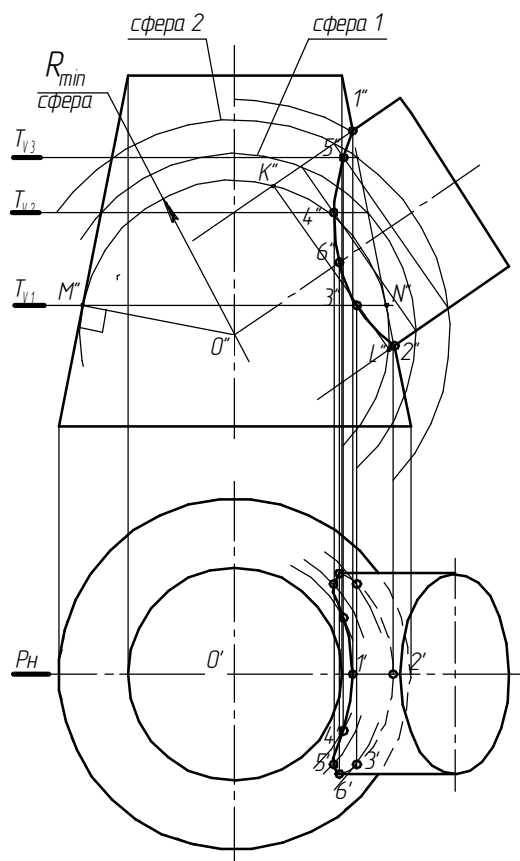


Рис. 10.7. Построение линии пересечения конуса и цилиндра

Заданы прямой усеченный конус и наклонный цилиндр – тела вращения. Их оси параллельны фронтальной плоскости проекций и пересекаются в точке O (O' , O''), т. е. соблюдены условия метода сфер.

Как и в предыдущих задачах, найдем проекции характерных точек. Точка 1 ($1''$) – самая высокая, точка 2 ($2''$) – самая низкая. Чтобы убедиться в этом, проведем через оси тел вспомогательную фронтальную плоскость P (P_H). Эта плоскость пересекает рассматриваемые тела по крайним очерковым образующим, которые на фронтальную плоскость проекции проецируются без искажения и, пересекаясь между собой, образуют искомые точки $1''$, $2''$. С помощью вспомогательных концентрических сфер найдем другие точки линии пересечения заданных поверхностей. Для определения радиуса наименьшей сферы из центра O (O'') проведем две нормали, перпендикулярные очерковым образующим конуса и цилиндра, и большей нормалью (к конусу) выполним сферу радиуса R_{\min} . Эта сфера будет наименьшей R_{\min} , проведенной касательно к поверхности конуса. Линия пересечения этой сферы и конуса проецируется на фронтальной плоскости проекций в виде отрезка $M''N''$.

Поверхность наклонного цилиндра пересекается со сферой по окружности, фронтальная проекция которой также проецируется в прямую линию $K''L''$. При пересечении прямых $K''L''$ и $M''N''$ получим точку $3''$ линии пересечения. Аналогично точке $3''$ находим необходимые промежуточные точки $4''$, $5''$. Для этого проводим дополнительные секущие сферы 1 и 2 . Учитывая, что сфера минимального радиуса всегда касается той поверхности, которая пронизывается другой, соединим найденные фронтальные проекции плавной кривой. Получим фронтальную проекцию линии пересечения. В нашем случае сфера радиусом R_{\min} касается поверхности конуса, значит, поверхность цилиндра пронизывает поверхность конуса.

Построим горизонтальную проекцию линии пересечения. Так как точки $1''$, $2''$ лежат на очерковой образующей конуса, то горизонтальные проекции этих точек $1'$, $2'$ находятся на оси конуса, т. е. на горизонтальной проекции этой образующей. Для нахождения горизонтальных проекций точек $3'$, $4'$, $5'$ воспользуемся горизонтальными плоскостями T_{v1} , T_{v2} , T_{v3} , проведенными через эти точки соответственно. Каждая плоскость рассекает поверхность конуса по окружности, которая на горизонтальной плоскости проекций не искажается. По линиям связи найдем горизонтальные проекции точек $3'$, $4'$, $5'$. Для правильного соединения точек определим их видимость. Границей видимости на горизонтальной плоскости является точка $6''$, лежащая на осевой линии фронтальной проекции цилиндра. Горизонтальные проекции точки ($6'$) находятся на очерковых образующих цилиндра. Соединив плавной кривой найденные точки, получим горизонтальную проекцию линии пересечения рассматриваемых тел с учетом видимости.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность построения линии пересечения поверхностей способом вспомогательных секущих плоскостей?
2. В чем сущность построения линии пересечения поверхностей способом вспомогательных концентрических сфер?
3. Какие условия необходимы для решения задач способом вспомогательных концентрических сфер?
4. Что является линией пересечения двух кривых поверхностей?
5. Что является линией пересечения многогранной и кривой поверхности?
6. Что является линией пересечения двух многогранных поверхностей?
7. В каких случаях две поверхности вращения пересекаются по плоским кривым?

Графическая работа № 11

РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Цель работы: закрепить теоретические знания по развертке поверхностей и освоить практические навыки их построения.

Задание

Построить развертку по условиям задания темы «Геометрические тела».

Теоретические сведения

Разверткой называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью (без наложения граней или иных элементов поверхности друг на друга). Линия сгиба (по ГОСТ 2.303–68. Линии) изображается тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. Развертки бывают:

- точные (при развертывании на поверхность не дают ни складок, ни разрывов),
- приближенные (развертки, полученные с помощью геометрических преобразований),
- условные (развертки не развертывающихся поверхностей).

Требования к разверткам: периметр развертки должен быть минимальным; обеспечение наиболее рационального раскроя листового материала.

Основные свойства разверток:

- 1) длины двух соответствующих линий поверхности и ее развертки равны между собой;
- 2) угол между линиями на поверхности равен углу между соответствующими им линиями на развертке;
- 3) прямой на поверхности соответствует также прямая на развертке;
- 4) параллельным прямым на поверхности соответствуют также параллельные прямые на развертке;
- 5) если линии, принадлежащей поверхности и соединяющей две точки поверхности, соответствует прямая на развертке, то эта линия является геодезической.

Построение развертки возможно при наличии натуральной величины основания, ребер или образующей для тел вращения.

Способы построения развертки многогранных поверхностей:

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

Способ раскатки наиболее распространен. Его используют для построения развертки призмы и цилиндра в том случае, когда их основания параллельны какой-либо одной плоскости проекции, а боковые ребра и образующие отображаются в натуральную величину на другой плоскости проекций (рис. 11.1, 11.2).

Развертка призмы *способом нормального сечения* выполняется в следующей последовательности. Пересекая призму вспомогательной плоскостью, перпендикулярной ее боковым ребрам (нормальное сечение), строят проекции фигуры нормального сечения, а затем определяют истинную величину этого сечения. В дальнейшем строят отрезок, равный периметру нормального сечения. Через точки сечения проводят перпендикулярные прямые, на которых откладывают соответствующие отрезки боковых ребер призмы.

При построении развертки «Пирамида» применяется *способ треугольников*. Развертка боковой поверхности пирамиды представляет собой плоскую фигуру, состоящую из треугольников – граней пирамиды и многоугольника – основания (рис. 11.3). Поэтому построение развертки пирамиды сводится к определению натуральной величины основания и ребер пирамиды.

Развертка трехгранной призмы способом раскатки

Задание выполняется на листе формата А3 в масштабе 1:1 или 1:2.

Примеры выполненных заданий приведены на рис. 11.1, 11.2, варианты заданий даны в табл. 11.1.

Методические рекомендации и последовательность выполнения

1. Перечертить горизонтальную и фронтальную проекции фигуры.
2. Внимательно рассмотреть изображения и определить те грани и ребра, натуральную величину которых можно увидеть на имеющихся проекциях.

Для этого необходимо проанализировать их положение относительно плоскостей проекций. Например, натуральная величина плоскости основания $A-5-13$ и $C-9-10$ определяется по горизонтальной проекции, т. к. эти плоскости являются горизонтальными плоскостями уровня. Натуральная величина ребер $A-1$, $2-7$, $C-C_1$ определяется по фронтальной проекции, т. к. они являются фронтальными прямыми уровня (рис. 11.1).

3. Натуральная величина сечения наклонной плоскостью $1-2-3-4$ найдена способом замены плоскостей проекций и способом вращения вокруг проецирующей прямой. Если в варианте присутствуют несколько наклонных сечений, то для каждого из них выбрать один из способов.

4. Начинаем построение развертки боковой поверхности призмы с задней грани $A-13-12-11-10-C-C_1-4-1$, т. к. натуральная величина имеется на фронтальной плоскости проекции. На свободном месте чертежа по горизонтальным линиям связи с фронтальной проекции перечерчиваем данную грань ($A-13 = A''-13''$, $13-12 = 13''-12''$ и т. д.). К ней справа и слева достраиваем оставшиеся две грани боковой поверхности, ширину которых берем из горизонтальной проекции. Заметим, что два основания призмы и сечение $6-7-8-11-12$ параллельны горизонтальной плоскости проекции, следовательно, натуральные величины необходимых отрезков замеряем именно с их горизонтальных проекций ($A-5 = A'-5'$, $C-9 = C'-9'$ и т. д.).

5. К развертке боковой поверхности вверху по линии перегиба $1-4$ пристраиваем натуральную величину наклонного сечения $1-2-3-4$ и оставшуюся часть верхнего основания C_1-3-4 .

6. Развертку нижнего основания строим отдельно снизу боковой поверхности. По горизонтальным линиям связи с горизонтальной проекции переносим многоугольник $6-7-8-11-12$. К нему справа и слева пристраиваем боковые прямоугольники сквозного паза, натуральную величину высоты которых замеряем с фронтальной проекции.

7. С целью более рационального раскроя листового материала две части нижнего основания (прямоугольные треугольники $A-5-13$ и $C-9-10$) пристраиваем справа и слева к полученной развертке поверхности сквозного паза.

8. Оформить линии чертежа по ГОСТ 2.303-68.

Заполнить штамп основной надписи.

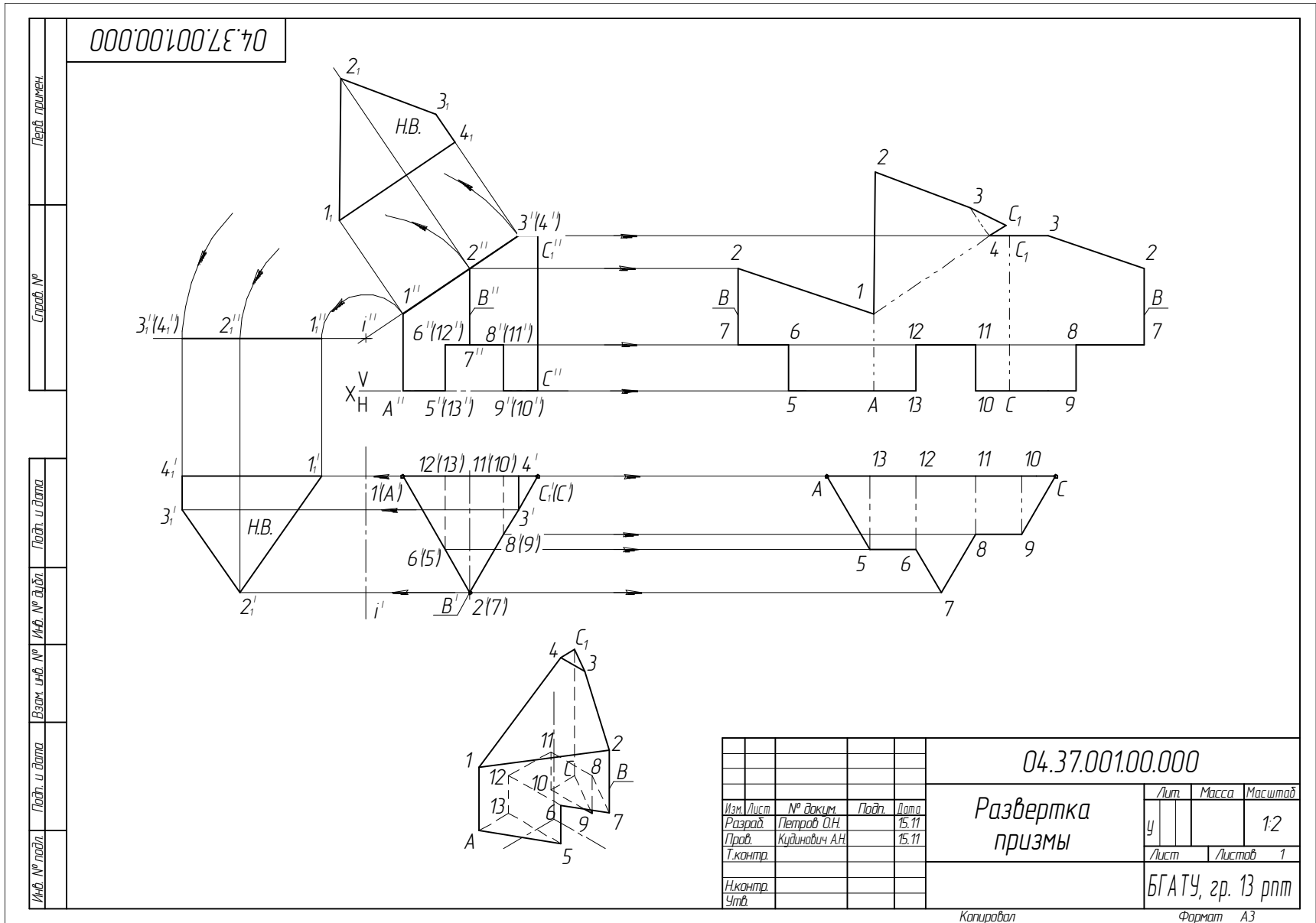
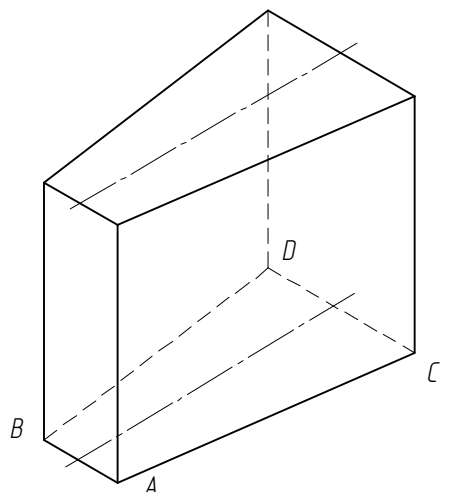
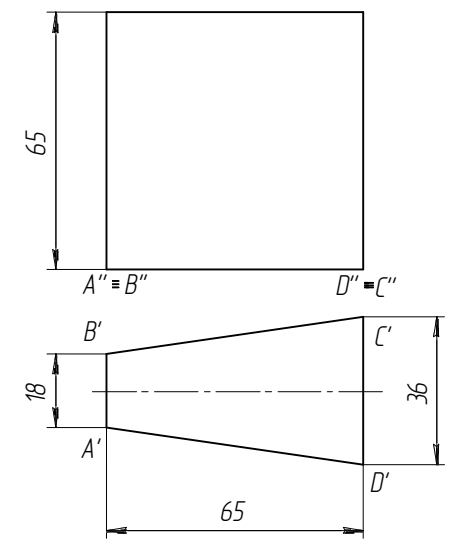
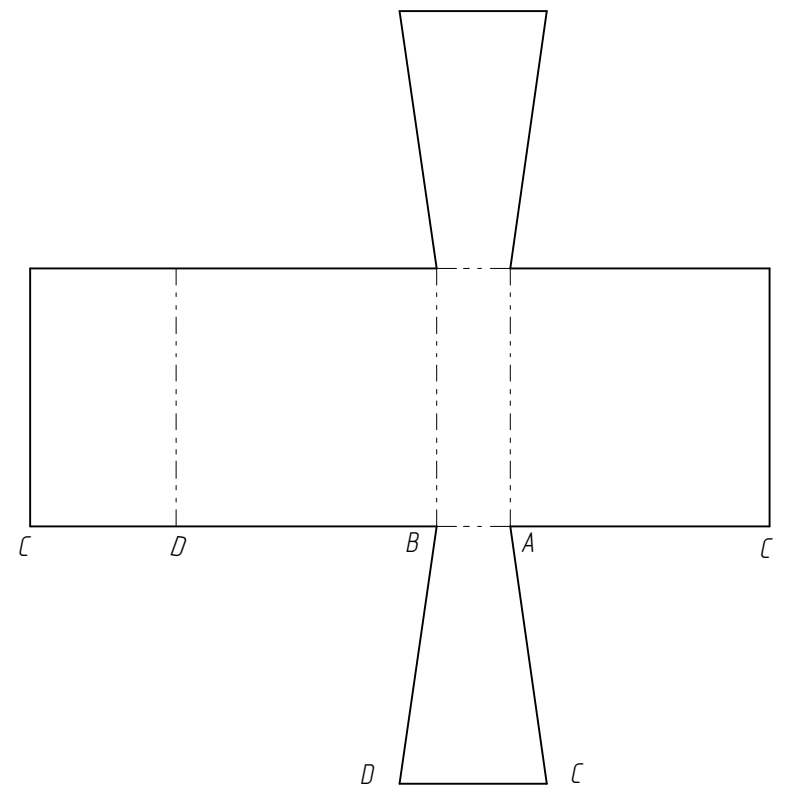


Рис. 11.1. Пример выполнения задания «Развертка призмы» (2 уровень)

| | | | | | |
|---------------|--|-----------|--|--|--|
| Перв. примен. | | HG.01.06a | | | |
| Строч. № | | | | | |
| Инд. № подл. | | | | | |
| Взам. инв. № | | | | | |
| Подп. и дата | | | | | |
| Инд. № дубл. | | | | | |
| Подп. и дата | | | | | |
| Инд. № подл. | | | | | |







Построить аксонометрическую проекцию и развертку призмы по двум имеющимся проекциям

| | | | | | | | | |
|----------|------------|----------|-------|-----------|---------------------------------|---------------------|--------|---------|
| | | | | HG.01.06a | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Аксонометрия и развертка призмы | Лит | Масса | Масштаб |
| Разраб. | Петров | | | | | | | 1:1 |
| Проб. | Азарцишкин | | | | | Лист | Листов | 1 |
| Т.контр. | | | | | | 40" ... ", зр. 13мс | | |
| И.контр. | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | |

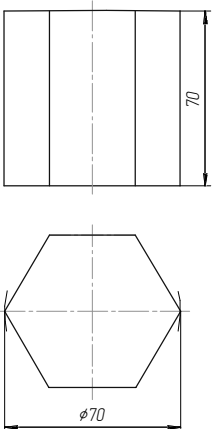
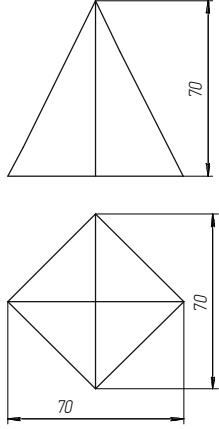
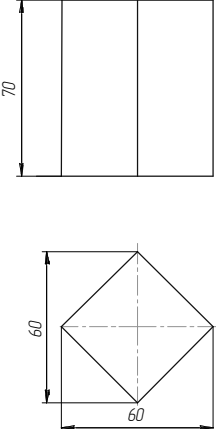
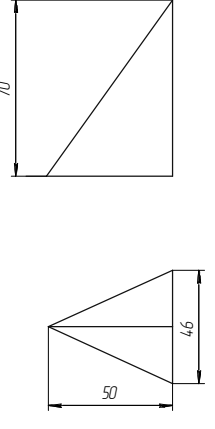
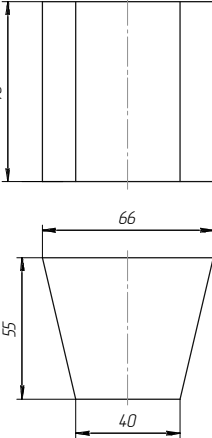
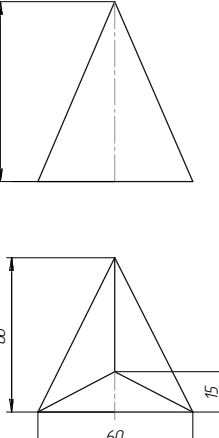
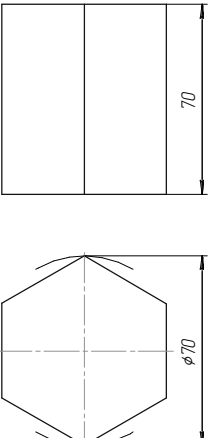
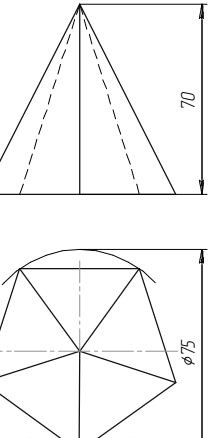
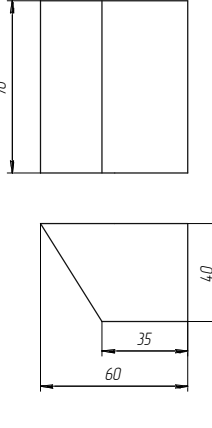
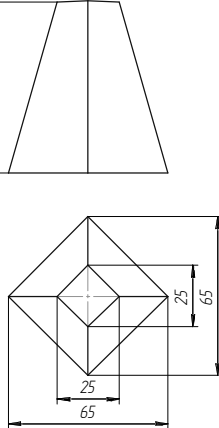
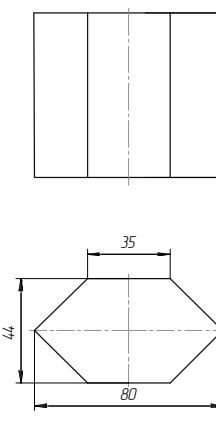
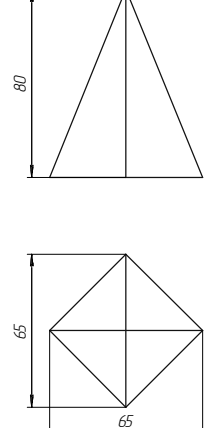
Копировал _____ Формат А3

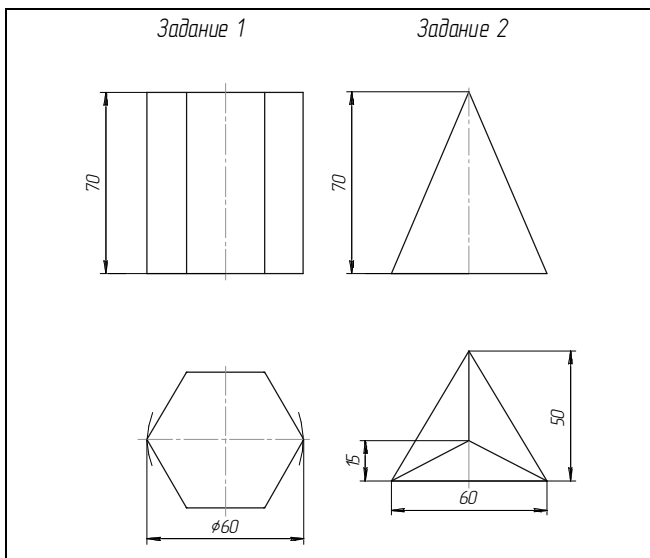
Рис. 11.2. Пример выполнения задания «Развертка призмы» (1 уровень)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------|---|-----------|-----------------------------------|---------------------|-------|---------|------|----------|-------|------|-----------------------------------|------|-------|---------|---------|--------|-----------|--|--|-----|------|--------|---|-------|--|--|--|--|--|---------------------|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Пред. примен. Справ. № | Подп. и дата Инф. № дробл. Взам. инф. № Подп. и дата Инф. № подл. | HG.01.06Д | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Построить аксонометрическую проекцию и развертку пирамиды по двум имеющимся проекциям</p> | | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">HG.01.06Д</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Изм.</td> <td style="font-size: small;">Лист</td> <td style="font-size: small;">№ докум.</td> <td style="font-size: small;">Подп.</td> <td style="font-size: small;">Дата</td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> Аксонометрия и развертка пирамиды </td> <td style="font-size: small;">Лит.</td> <td style="font-size: small;">Масса</td> <td style="font-size: small;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Разраб.</td> <td style="font-size: small;">Петров</td> <td style="font-size: small;">Азарцшкин</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="font-size: small;">Лист</td> <td style="font-size: small;">Листов</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Проб.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">40" ... ", зр. 13мс</td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: small;">Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table> | HG.01.06Д | | | | Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Аксонометрия и развертка пирамиды | Лит. | Масса | Масштаб | Разраб. | Петров | Азарцшкин | | | 1:1 | Лист | Листов | 1 | Проб. | | | | | | 40" ... ", зр. 13мс | | | Т.контр. | | | | | | | | | Н.контр. | | | | | | | | | Утв. | | | | | | | | |
| HG.01.06Д | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата | Аксонометрия и развертка пирамиды | Лит. | Масса | Масштаб | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разраб. | Петров | Азарцшкин | | | | 1:1 | Лист | Листов | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Проб. | | | | | | 40" ... ", зр. 13мс | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Т.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Н.контр. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Утв. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Копировал Формат А3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

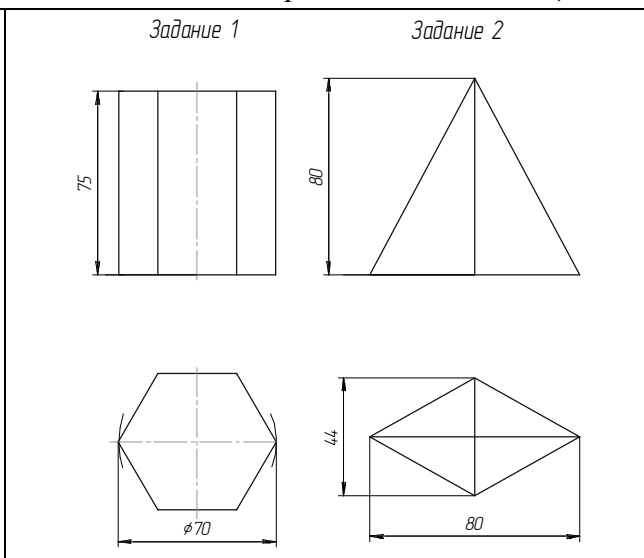
Рис. 11.3. Пример выполнения задания «Развертка пирамиды» (1 уровень)

Варианты заданий (1 уровень)

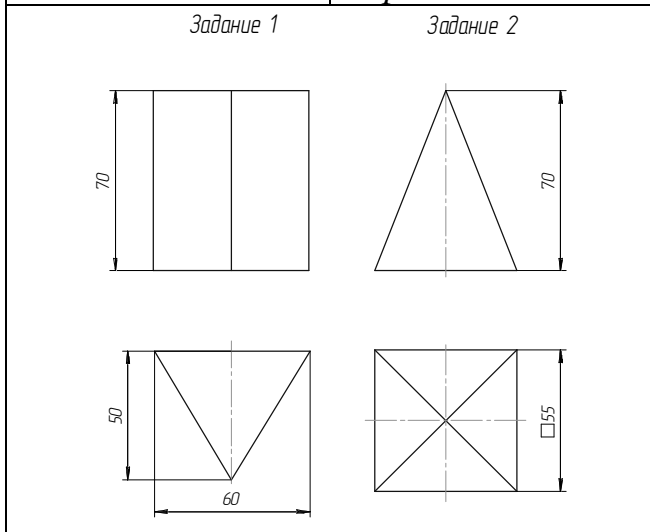
| | |
|---|--|
| <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  | <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  |
| <p>Вариант 1</p> | <p>Вариант 2</p> |
| <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  | <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  |
| <p>Вариант 3</p> | <p>Вариант 4</p> |
| <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  | <p><i>Задание 1</i></p>  <p><i>Задание 2</i></p>  |
| <p>Вариант 5</p> | <p>Вариант 6</p> |



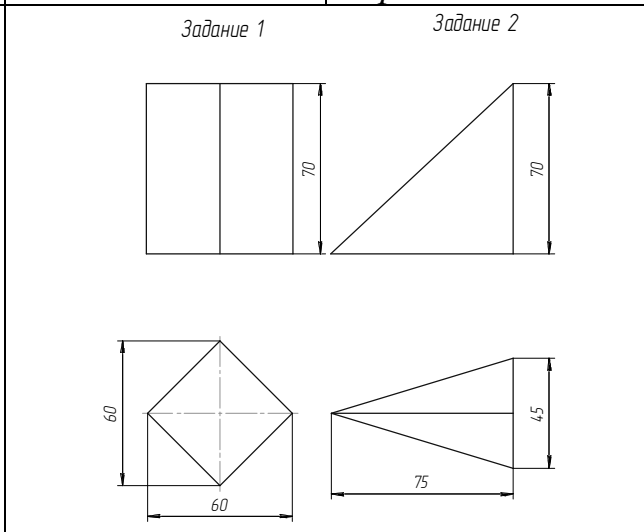
Вариант 7



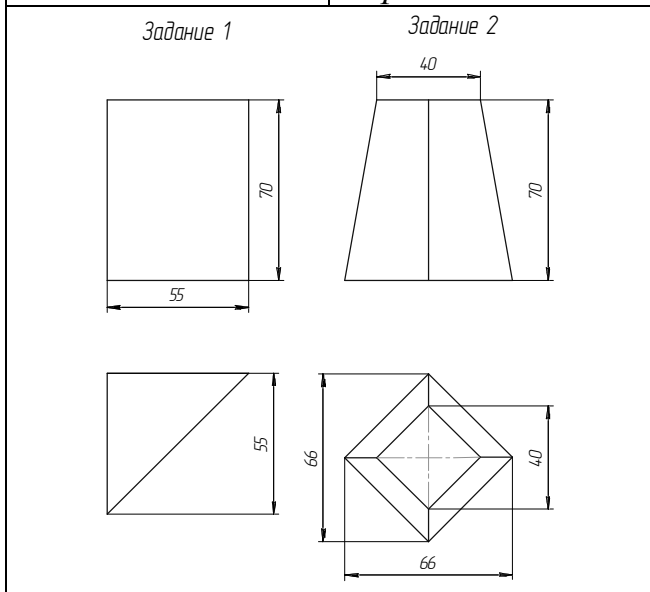
Вариант 8



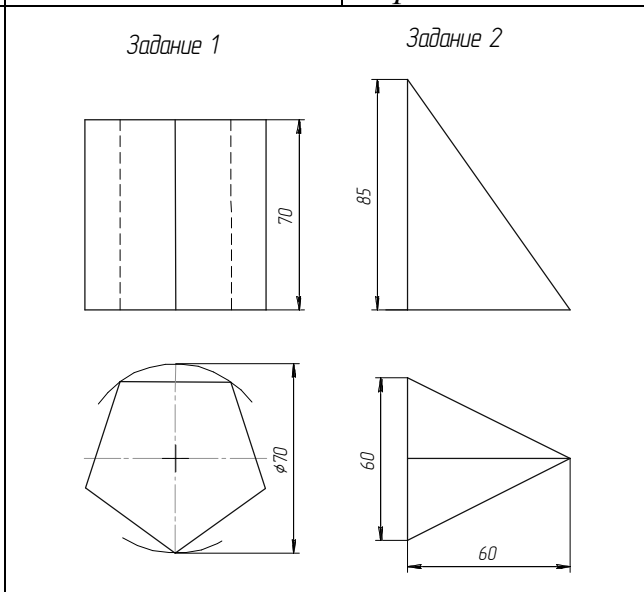
Вариант 9



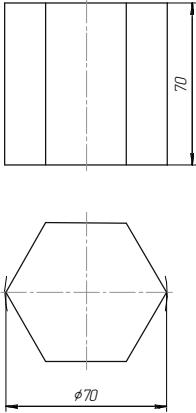
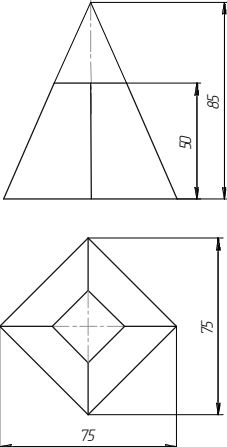
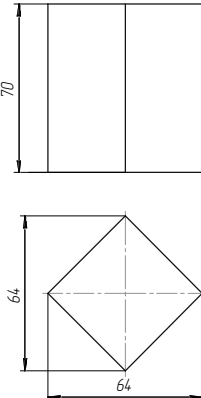
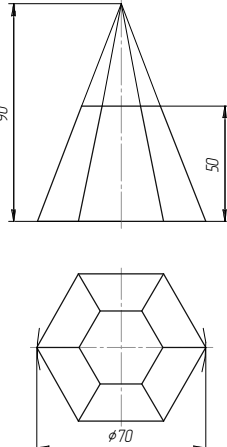
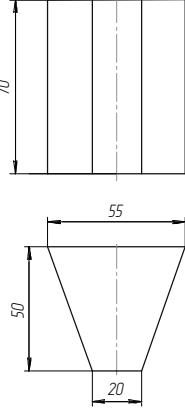
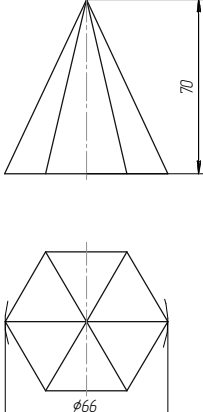
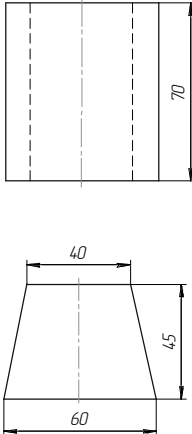
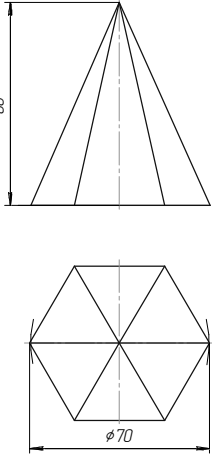
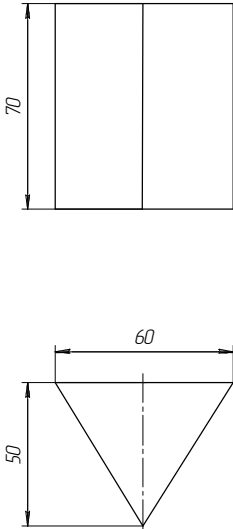
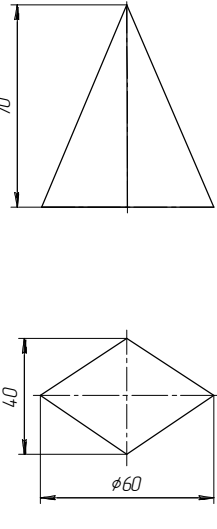
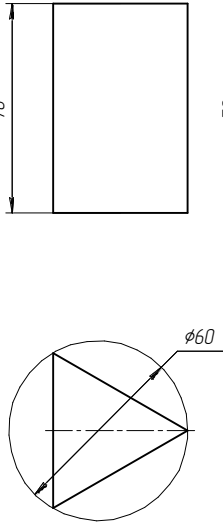
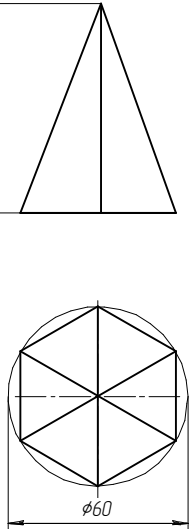
Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12

| | |
|---|--|
| <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  | <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  |
| Вариант 13 | Вариант 14 |
| <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  | <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  |
| Вариант 15 | Вариант 16 |
| <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  | <p>Задание 1</p>  <p>Задание 2</p>  |
| Вариант 17 | Вариант 18 |

Развертка цилиндрической поверхности

Развертка цилиндрической поверхности выполняется аналогично развертке призмы. Построение полной развертки усеченного цилиндра приведено на рис. 11.4.

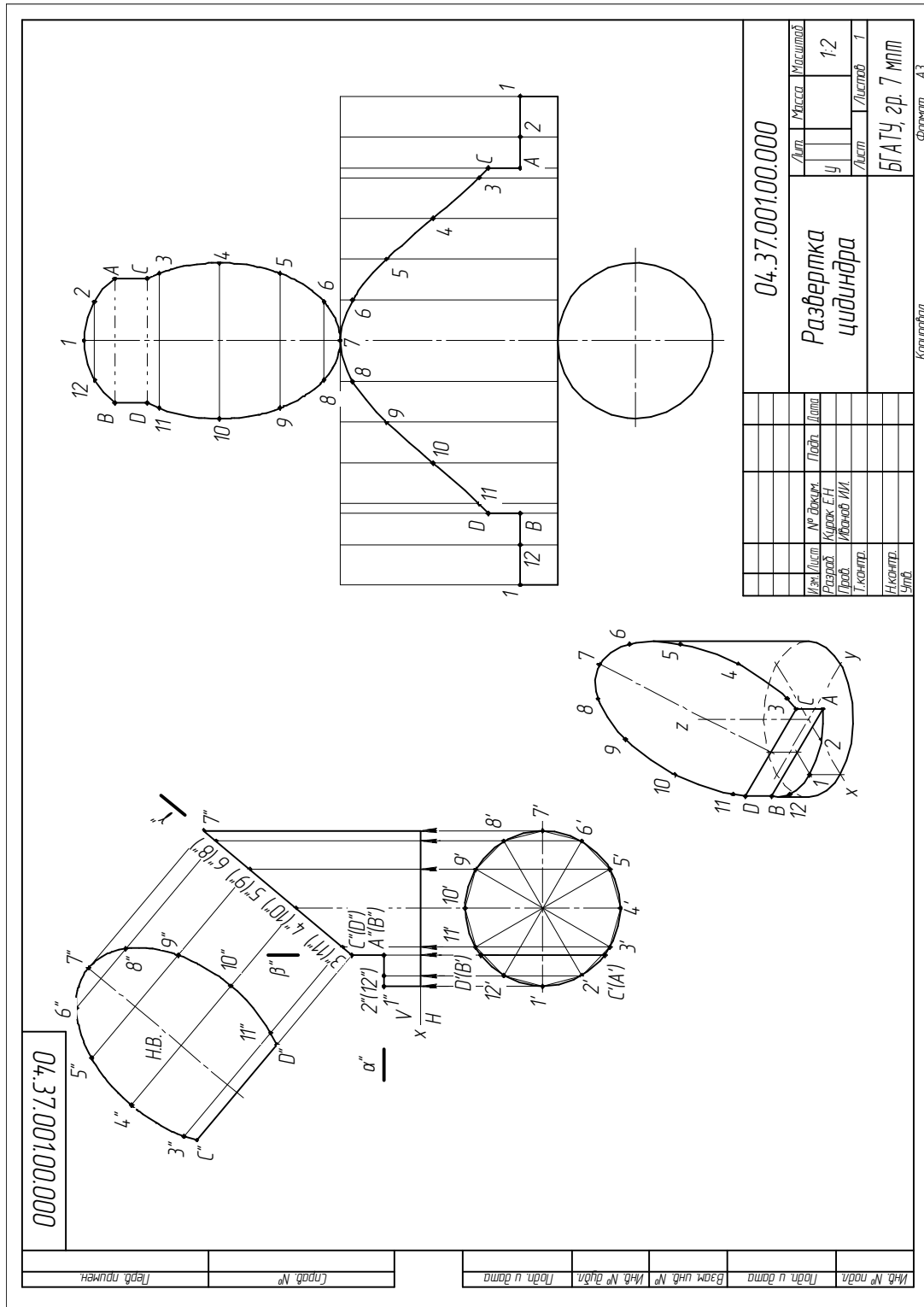


Рис. 11.4. Пример выполнения задания «Развертка цилиндра» (2 уровень)

Методические рекомендации и последовательность выполнения

1. Предварительно в заданный цилиндр вписывают n -угольную призму (в нашем примере окружность основания цилиндра разбита на 12 равных частей – рис. 11.4 – от вписанной 12-гранной призмы). Чем больше частей, тем точнее развертка (при $n \rightarrow \infty$ призма преобразуется в цилиндр).

2. Для построения развертки боковой поверхности на горизонтальной прямой откладывают длину окружности основания, равную πd , которую делят на 12 равных частей. С определенной степенью точности вместо $1/12$ длины окружности можно откладывать длину соответствующей хорды. Из точек деления проводят перпендикуляры к длине основания и на них откладывают длины образующих от основания до секущих плоскостей α, β, γ .

3. Для построения точек A и B на развертке использовано расположение этих точек на горизонтальной проекции цилиндра (от точек деления откладывают длины хорд $2-A$ и $12-B$). Точки $1, A, C$ и $1, B, D$ соединены прямыми линиями, а точки $C, 3...11, D$ соединены плавной линией.

4. Внизу к развертке боковой поверхности цилиндра пристраивают окружность основания, а сверху – натуральные величины сечений: часть эллипса, прямоугольник, сегмент окружности.

5. Обвести основной контур развертки цилиндрической поверхности, оставив линии построения тонкими.

6. Заполнить штамп основной надписи.

Контрольные вопросы

1. Что называют разверткой поверхности?

2. Какие есть способы построения развертки?

3. Какой линией изображается линия сгиба?

4. Каким способом удобнее строить развертку прямой (наклонной) призмы?

Кратко опишите последовательность действий.

5. Каким способом удобнее строить развертку прямого кругового цилиндра?

Кратко опишите последовательность действий.

6. Для каких типов деталей необходимо строить развертку? Приведите примеры.

Графическая работа № 12

ВИНТОВАЯ ПОВЕРХНОСТЬ

Цель работы: научиться применять теоретические знания на построении кривых линий и поверхностей.

Задания:

1. По заданным размерам построить винтовую поверхность в двух проекциях.
2. Построить срез винтовой поверхности профильной плоскостью.
3. Найти точку K на винтовой поверхности.
4. Построить отверстие $KLMN$ на винтовой поверхности.

Теоретические сведения

Цилиндрическая винтовая линия – это линия, описываемая точкой, совершающей одновременно равномерно поступательное движение вдоль образующей цилиндра и равномерно – вращательное с постоянной угловой скоростью вокруг оси цилиндра (рис. 12.1).

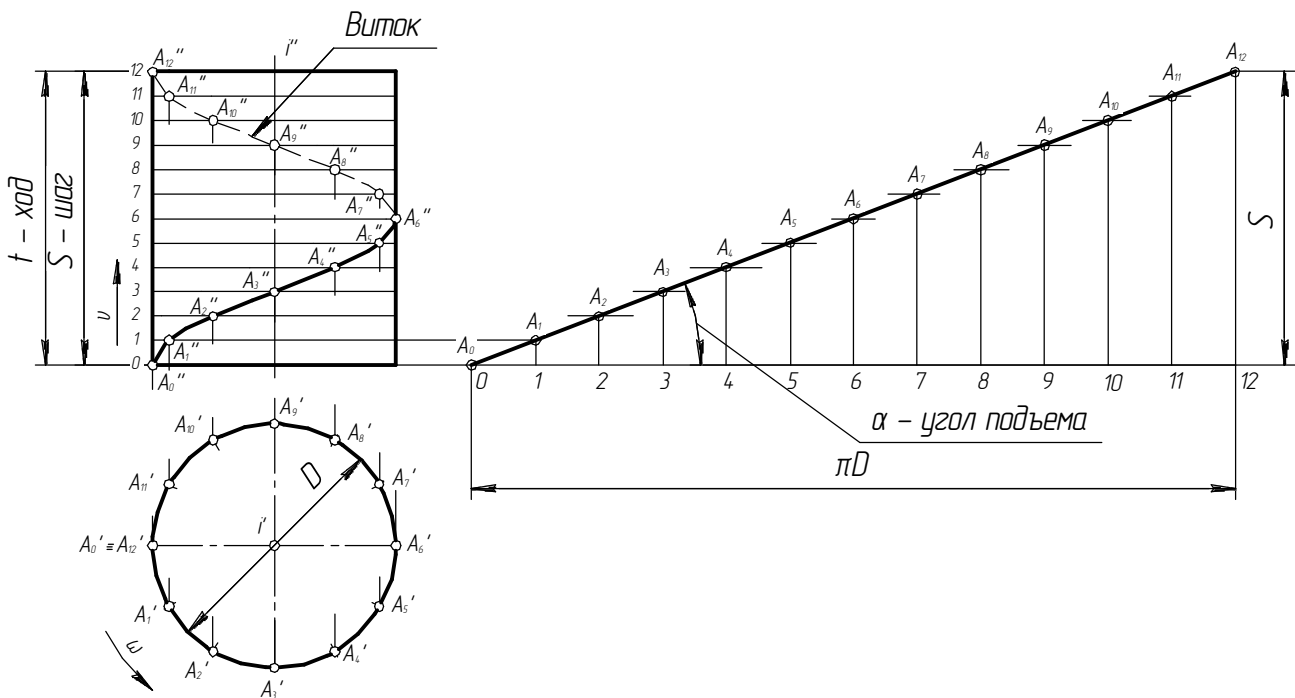


Рис. 12.1. Винтовая линия

Винтовые цилиндрические линии могут быть: левые и правые; наружные и внутренние; одноходовые и многоходовые.

У винтовых линий (см. рис. 12.1) различают следующие элементы:

виток – часть винтовой линии, описываемая точкой за один оборот образующей вокруг оси цилиндра;

ход (t) – расстояние между начальной и конечной точками витка, измеренное вдоль образующей цилиндра;

шаг (S) – расстояние между смежными витками, измеренное вдоль образующей цилиндра, т. е. расстояние, на которое перемещается точка за один оборот вдоль образующей цилиндра.

Угол подъема винтовой линии α – угол, определяемый выражением:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{S}{\pi D}.$$

Винтовые поверхности образуются совокупностью двух движений образующей: поступательного (вдоль оси) и вращательного (вокруг той же оси).

Прямой геликоид образуется вращением и перемещением прямолинейной образующей под прямым углом к оси вращения.

Косой геликоид (рис. 12.2) образован вращением и перемещением образующей под некоторым углом к оси вращения по направляющим линиям M и N . Спирали Архимеда получены сечением винтовой поверхности плоскостями α и β .

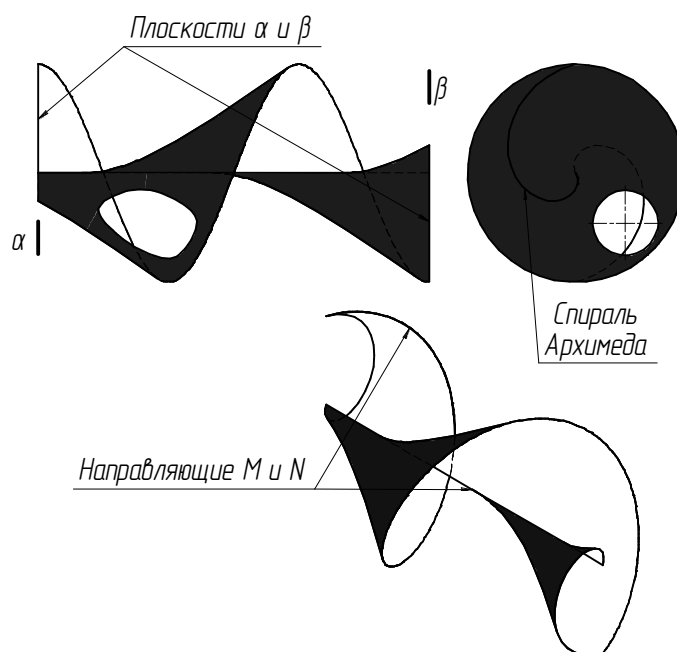


Рис. 12.2. Косой геликоид

Методические рекомендации и последовательность выполнения

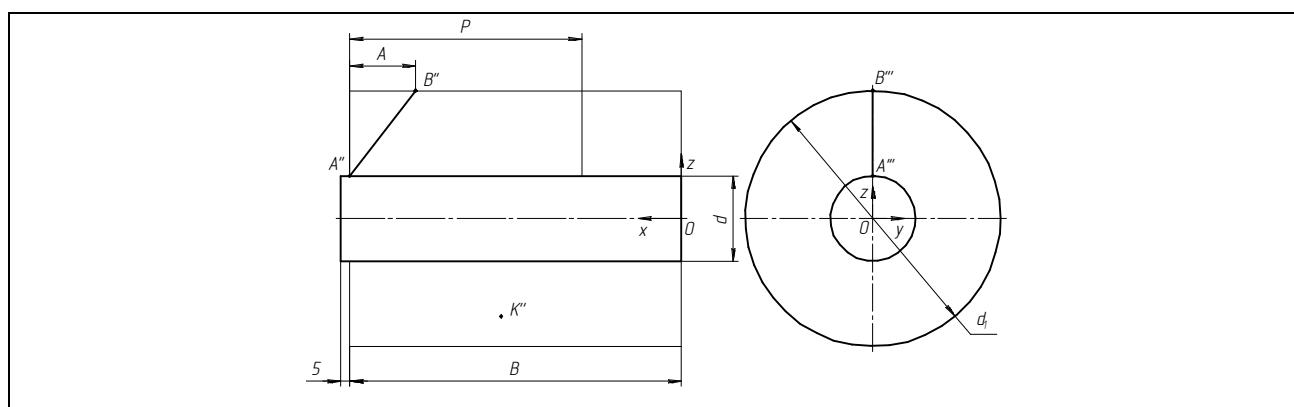
Для выполнения задания изучить вопросы построения цилиндрических винтовых линий и винтовых поверхностей.

Оформить графическую работу по примеру (рис. 12.3).

Исходные данные выбрать в табл. 12.1. 12.2 согласно своему варианту.

Таблица 12.1

Исходные данные



| Вариант | d | d_1 | P | A | B | Направление | Вариант | d | d_1 | P | A | B | Направление |
|---------|-----|-------|-----|-----|-----|-------------|---------|-----|-------|-----|-----|-----|-------------|
| 1 | 40 | 140 | 120 | 40 | 180 | правое | 16 | 50 | 155 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 2 | 30 | 125 | 120 | 40 | 180 | правое | 17 | 45 | 140 | 132 | 44 | 198 | левое |
| 3 | 35 | 130 | 120 | 40 | 180 | правое | 18 | 40 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 4 | 45 | 145 | 132 | 44 | 198 | правое | 19 | 40 | 135 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 5 | 50 | 150 | 144 | 48 | 216 | правое | 20 | 45 | 145 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 6 | 45 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое | 21 | 30 | 140 | 132 | 44 | 198 | правое |
| 7 | 40 | 135 | 132 | 44 | 198 | левое | 22 | 35 | 135 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 8 | 30 | 120 | 120 | 40 | 180 | левое | 23 | 40 | 140 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 9 | 35 | 135 | 132 | 44 | 198 | левое | 24 | 30 | 145 | 132 | 44 | 198 | правое |
| 10 | 50 | 155 | 132 | 44 | 198 | левое | 25 | 30 | 140 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 11 | 50 | 165 | 132 | 44 | 198 | правое | 26 | 40 | 135 | 120 | 40 | 180 | левое |
| 12 | 45 | 150 | 144 | 48 | 216 | правое | 27 | 35 | 125 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 13 | 35 | 135 | 120 | 40 | 180 | правое | 28 | 30 | 135 | 120 | 40 | 180 | левое |
| 14 | 30 | 135 | 132 | 44 | 198 | правое | 29 | 35 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 15 | 48 | 140 | 132 | 44 | 198 | правое | 30 | 45 | 145 | 132 | 44 | 198 | левое |

Работу необходимо начинать с построения двух проекций цилиндрических поверхностей (диаметры d и d_1) и образующей AB по исходным данным и заданным размерам. Затем построить две винтовые линии на цилиндрических поверхностях от точек A и B при заданном шаге P . Для этого окружности

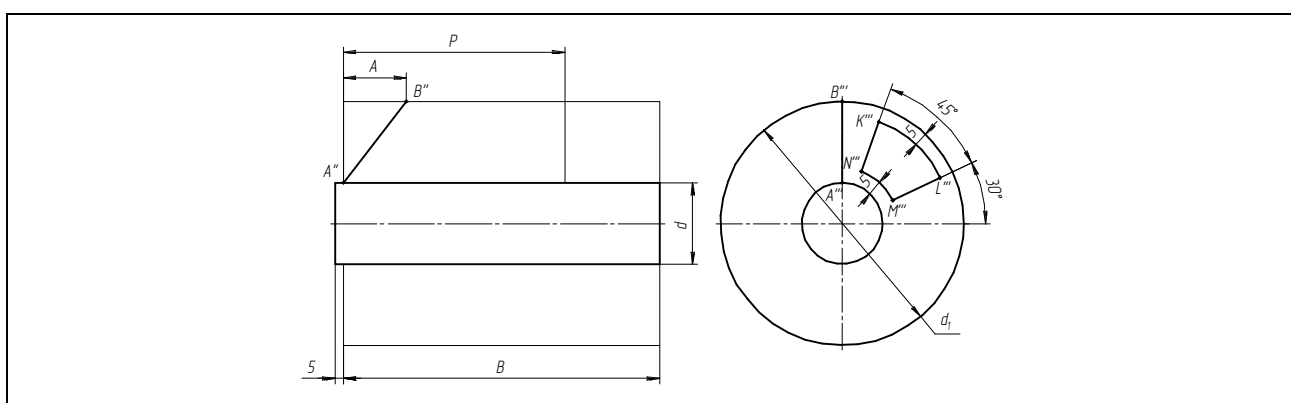
цилиндров и шаг разделить на 12 равных частей. Построить образующие винтовой поверхности, соединив последовательно соответствующие точки винтовых линий на большой и малой цилиндрических поверхностях. Построить очерк винтовой поверхности на фронтальной проекции.

Винтовую поверхность следует строить слева на малом цилиндре на расстоянии 5 мм от торца, заканчивать справа по длине размером B , построить линию среза винтовой поверхности профильной плоскостью S .

Линию среза строить по точкам $14, 15_I, 16_I, 17_I, 18$ (см. рис. 12.3, 12.4), профильная проекция точки 15_I строится при помощи деления отрезка в заданном отношении.

Таблица 12.2

Исходные данные (НИСПО)



| Вариант | d | d_1 | P | A | B | Направление | Вариант | d | d_1 | P | A | B | Направление |
|---------|-----|-------|-----|-----|-----|-------------|---------|-----|-------|-----|-----|-----|-------------|
| 1 | 40 | 140 | 120 | 40 | 180 | правое | 16 | 50 | 155 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 2 | 30 | 125 | 120 | 40 | 180 | правое | 17 | 45 | 140 | 132 | 44 | 198 | левое |
| 3 | 35 | 130 | 120 | 40 | 180 | правое | 18 | 40 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 4 | 45 | 145 | 132 | 44 | 198 | правое | 19 | 40 | 135 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 5 | 50 | 150 | 144 | 48 | 216 | правое | 20 | 45 | 145 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 6 | 45 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое | 21 | 30 | 140 | 132 | 44 | 198 | правое |
| 7 | 40 | 135 | 132 | 44 | 198 | левое | 22 | 35 | 135 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 8 | 30 | 120 | 120 | 40 | 180 | левое | 23 | 40 | 140 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 9 | 35 | 135 | 132 | 44 | 198 | левое | 24 | 30 | 145 | 132 | 44 | 198 | правое |
| 10 | 50 | 155 | 132 | 44 | 198 | левое | 25 | 30 | 140 | 144 | 48 | 216 | правое |
| 11 | 50 | 165 | 132 | 44 | 198 | правое | 26 | 40 | 135 | 120 | 40 | 180 | левое |
| 12 | 45 | 150 | 144 | 48 | 216 | правое | 27 | 35 | 125 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 13 | 35 | 135 | 120 | 40 | 180 | правое | 28 | 30 | 135 | 120 | 40 | 180 | левое |
| 14 | 30 | 135 | 132 | 44 | 198 | правое | 29 | 35 | 140 | 144 | 48 | 216 | левое |
| 15 | 48 | 140 | 132 | 44 | 198 | правое | 30 | 45 | 145 | 132 | 44 | 198 | левое |

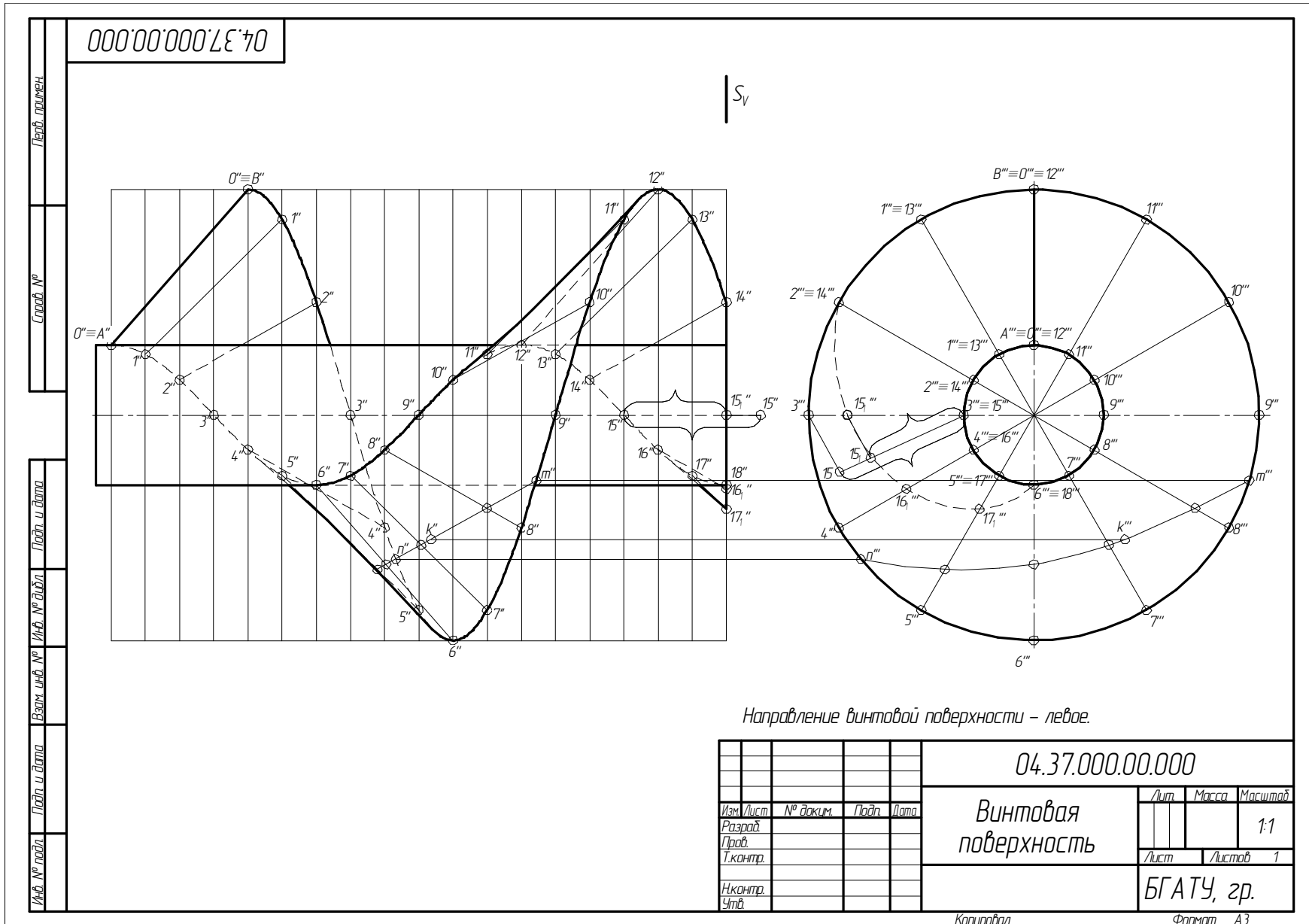


Рис. 12.3. Пример выполнения задания «Винтовая поверхность»

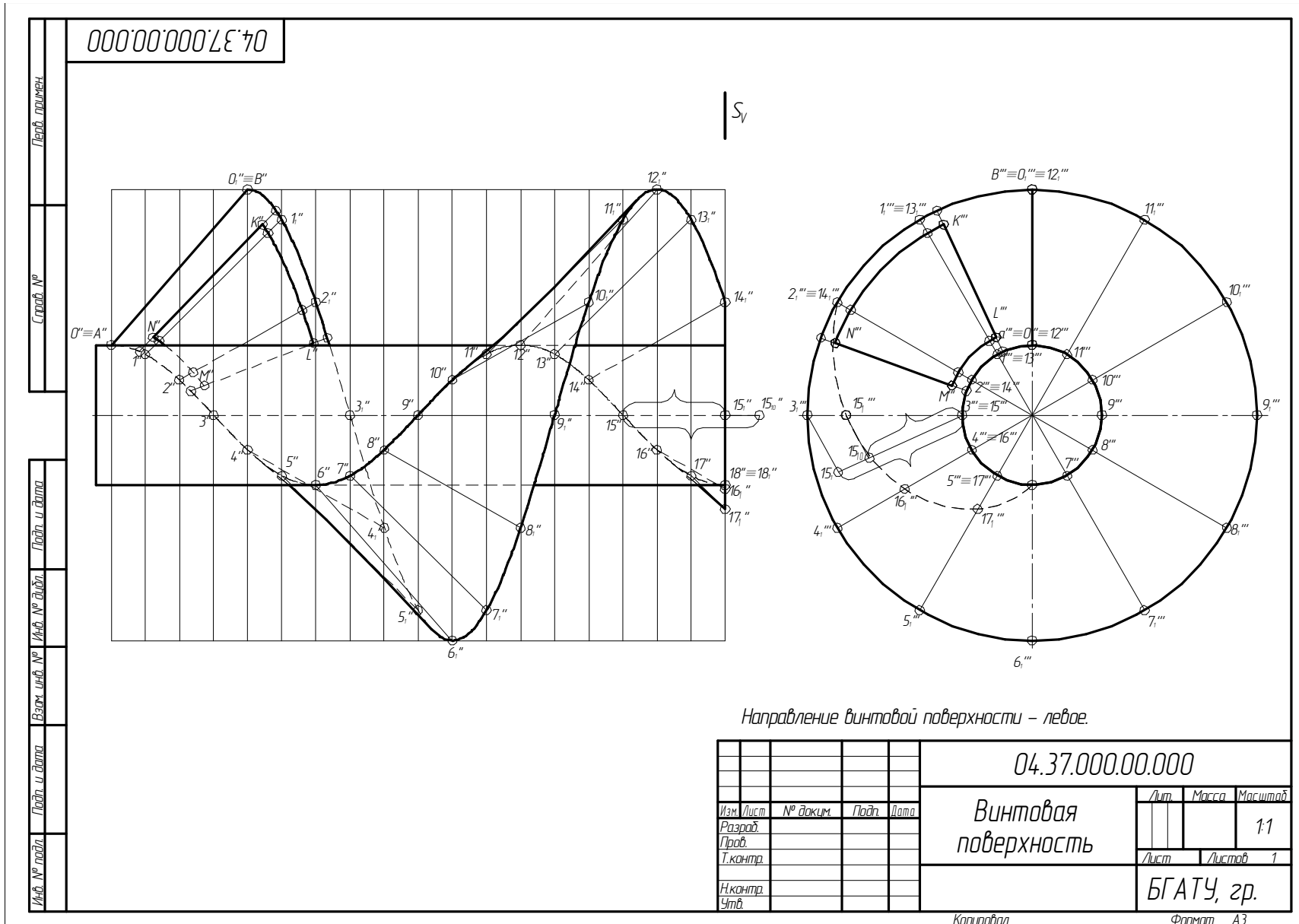


Рис. 12.4. Пример выполнения задания «Винтовая поверхность» (НИСПО)

Для построения профильной проекции точки K'' с координатами $(90, \dots, -40)$ следует провести через нее образующую до пересечения с винтовыми линиями, построить профильную проекцию этой прямой и найти на ней точку K' .

Для построения фронтальной проекции отверстия $K'L'M'N'$ (рис. 12.4) провести через прямые $K''N''$ и $L''M''$ образующие до пересечения с винтовыми линиями. Отметить на фронтальной проекции точки отверстия $K'L'M'N'$ и вспомогательные точки от пересечения отверстия с основными образующими. Соединить полученные точки линией с учетом видимости отверстия на винтовой поверхности. Обвести изображение с учетом видимости поверхности.

Контрольные вопросы

1. В чем различие между плоской и пространственной кривой?
2. Перечислите плоские кривые.
3. Как образуется цилиндрическая винтовая линия?
4. Как образуется коническая винтовая линия?
5. Как образуется винтовая поверхность?
6. Перечислите линейчатые поверхности (развертывающиеся и не развертывающиеся).
7. Как образуются поверхности с плоскостью параллелизма (цилиндроида, коноид, косая плоскость)?
8. Как образуются линейчатые винтовые поверхности (геликоиды)? Дайте им название.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белякова, Е. И. Начертательная геометрия : учебное пособие для студентов вузов по техническим специальностям / Е. И. Белякова, П. В. Зеленый ; под ред. П. В. Зеленого. – 3-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 264 с.
2. Зеленый, П. В. Инженерная графика. Практикум по чертежам сборочных единиц : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям / П. В. Зеленый, Е. И. Белякова, О. Н. Кучура ; под ред. П. В. Зеленого. – Минск : Новое знание, 2016; М. : ИНФРА-М, 2016. – 128 с.
3. Боголюбов, С. К. Черчение : учебник / С. К. Боголюбов. – М. : Машиностроение, 1989. – 332 с.
4. ГОСТ 2.301–68. Единая система конструкторской документации. Форматы. – Взамен ГОСТ 3450–60 ; введ. 1971-01-01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 8 с.
5. ГОСТ 2.302–68. Единая система конструкторской документации. Масштабы. – Взамен ГОСТ 3451–59 ; введ. 1971-01-01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 8 с.
6. ГОСТ 2.303–68. Единая система конструкторской документации. Линии. – Взамен ГОСТ 3456–59 ; введ. 1971-01-01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 12 с.
7. ГОСТ 2.304–81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные. – Взамен ГОСТ 2.304–68 ; введ. 1982-01-01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 24 с.
8. ГОСТ 2.305–2008. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения. – Взамен ГОСТ 2.305–68 ; введ. 2010-01-01. – Минск : Госстандарт, 2009. – 8 с.
9. ГОСТ 2.001–2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.001–93 ; введ. 2016-09-01. – Минск : Госстандарт, 2016. – 8 с.
10. ГОСТ 2.307–2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Взамен ГОСТ 2.307–68 ; введ. 2012-01-01. – М. : Стандартиформ, 2012. – 36 с.
11. ГОСТ 2.317–2011. Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции. – Взамен ГОСТ 2.317–69 ; введ. 2012-01-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 12 с.
12. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей : сборник. – М. : Издательство стандартов, 2014. – 240 с.
13. Инженерная графика : пособие / О. В. Ярошевич, Н. Ф. Кулащик, Н. В. Рутковская ; под общ. ред. О. В. Ярошевича. – Минск : БГАТУ, 2011. – 148 с.

14. Фролов, С. А. Начертательная геометрия : учебник / С. А. Фролов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 288 с.

15. Чекмарев, А. А. Инженерная графика : учебник / А. А. Чекмарев. – 3-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2000. – 366 с.

16. Инженерная графика : учебно-методический комплекс : в 3 ч. / Л. С. Шабека [и др.] ; под ред. Л. С. Шабеки. – Минск : БГАТУ, 2009. – Ч. 1 : Основы проекционного комплексного чертежа. – 164 с.

17. Начертательная геометрия и инженерная графика [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» для группы специальностей 74 06 Агроинженерия и направлений специальностей 1-53 01 01-09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство), 1-54 01 01-06 Метрология, стандартизация и сертификация (аграрно-промышленный комплекс) / сост.: А. Г. Вабищевич [и др.]. – Электронные данные (79 МБ). – Минск : БГАТУ, 2015.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

Вабищевич Антон Григорьевич,
Игнатенко-Андреева Марьяна Анатольевна,
Кудинович Алеся Николаевна др.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *А. Г. Вабищевич*
Корректор *Т. В. Каркоцкая*
Компьютерная верстка *Е. А. Хмельницкой, Т. В. Каркоцкой*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 16.10.2018 г. Формат 60×84¹/₈.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 12,55. Уч.-изд. л. 4,91. Тираж 99 экз. Заказ 130.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.