

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

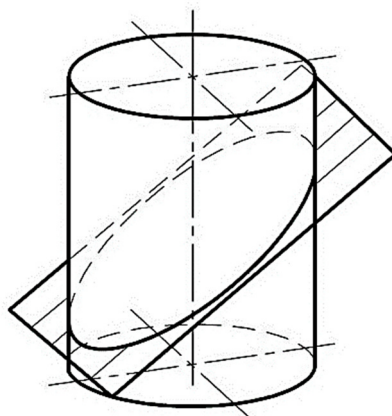
Кафедра «Общеинженерные дисциплины»

СЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

***Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по
начертательной геометрии и инженерной графике***

для студентов очного и заочного обучения
по направлениям подготовки:

35.03.06 Агроинженерия,
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов,
20.03.01 Техносферная безопасность,
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства,
44.03.04 Профессиональное обучение



Казань - 2021

УДК 514.18
ББК 22.151.3

Составители: Салахов И.М., Пикмуллин Г.В., Вагизов Т.Н.

Рецензенты:

Шайхутдинов Р.Р., к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»;

Галимова Н.Я., к.т.н., доцент кафедры «Машиноведения и инженерной графики» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Практикум утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» «12» января 2021 года (протокол № 7).

Практикум обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» «21» января 2021 года (протокол № 5).

Салахов, И.М. Сечение поверхностей плоскостью: Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И.М. Салахов, Г.В. Пикмуллин, Т.Н. Вагизов. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2021. – 20 с.

В практикуме приведены краткие сведения по начертательной геометрии, примеры решения типовых задач, вопросы для самостоятельного изучения и индивидуальные задания для выполнения самостоятельной графической работы.

Практикум может быть использован студентами очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 35.03.06 Агроинженерия, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства, 44.03.04 Профессиональное обучение.

УДК 514.18
ББК 22.151.3

© Казанский государственный аграрный университет, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	4
Общие сведения	4
Сечение многогранника проецирующей плоскостью	4
Сечение многогранника плоскостью общего положения	6
Сечение поверхности конуса проецирующей плоскостью	7
Содержание и оформление самостоятельной графической работы	8
Примерные вопросы при защите самостоятельной графической работы	15
Вопросы для самостоятельного изучения	15
Список литературы	15
Приложение 1 – Индивидуальные задания для выполнения самостоятельной графической работы	16

Введение

Настоящий практикум разработан в соответствии с рабочей программой дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» и призван помочь студентам при изучении темы «Сечение поверхностей плоскостью» и выполнении самостоятельной графической работы по этой теме.

Цель самостоятельной графической работы. Приобретение студентами навыков построения проекций поверхностей и фигур сечения на чертеже, натуральной величины фигуры сечения, изучение правил и развитие навыков построения стандартных аксонометрических проекций по ГОСТ 2.317-2011.

Общие сведения

При пересечении какой-либо поверхности или геометрического тела плоскостью образуется некоторого вида плоская фигура, называемая **сечением**.

Контур сечения кривой поверхности с плоскостью в общем случае – плоская кривая линия. Для ее построения используется *способ вспомогательных плоскостей*.

Для построения линии пересечения линейчатой поверхности с плоскостью определяем точки искомой кривой, как пересечения ряда образующих поверхности с данной плоскостью.

Если секущая плоскость проецирующая, то одна проекция сечения вырождается в прямую линию, совпадающую с главным следом плоскости, а остальные проекции определяем из условия принадлежности точек поверхностям.

При пересечении проецирующих поверхностей (прямой цилиндр и прямая призма) проецирующей плоскостью задача сводится к построению третьей проекции фигуры сечения. Например, при пересечении горизонтально-проецирующей поверхности фронтально-проецирующей плоскостью задача сводится к нахождению профильной проекции сечения, т.к. фронтальная проекция сечения совпадает со следом фронтально-проецирующей плоскости и вырождается в прямую линию, а горизонтальная проекция сечения совпадает с горизонтальным очерком поверхности.

Рассмотрим примеры построения линии пересечения различных поверхностей с плоскостью.

Сечение многогранника проецирующей плоскостью

Рассмотрим поэтапное выполнение построения проекции сечения пирамиды проецирующей плоскостью (рисунок 1).

Этап 1. Построение трехпроекционного чертежа пирамиды.

Этап 2. Построение проекций сечения пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью α .

Фронтальная проекция сечения – прямая, совпадающая с фронтальным следом плоскости α . Обозначив фронтальные проекции точек пересечения ребер пирамиды с плоскостью α ($1''$, $2''$, $3''$, $4''$, $5''$, $6''$, $7''$), находим их горизонтальные и профильные проекции на одноименных проекциях ребер. Соединив одноименные проекции точек 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 получим плоскую замкнутую линию (фигуру сечения) – семиугольник.

Профильные проекции точек 2 и 3 являются границей видимости фигуры сечения на профильной плоскости проекций.

Этап 3. Определение натуральной величины фигуры сечения.

Для определения натуральной величины сечения применяются следующие способы: *способ замены плоскостей проекций*, *способ совмещения*, *способ плоско-параллельного перемещения*.

В данном примере приводится определение натуральной величины фигуры сечения способом совмещения.

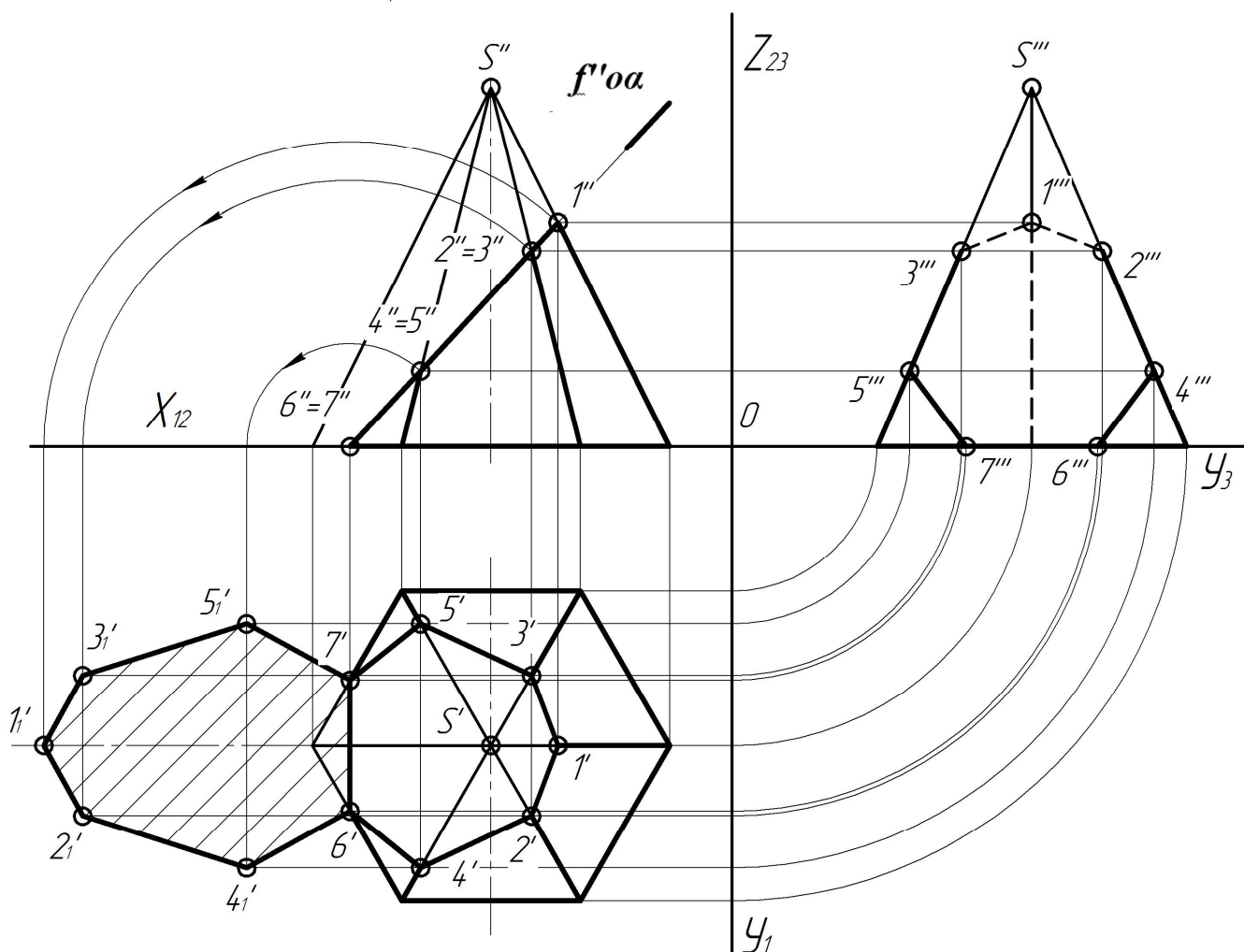


Рисунок 1 - Сечение прямой шестиугольной пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью

Сечение многогранника плоскостью общего положения

Рассмотрим поэтапное выполнение построения проекции сечения призмы плоскостью общего положения (рисунок 2).

Этап 1. Построение проекции призмы.

Этап 2. Построение проекций сечения призмы плоскостью общего положения α . Горизонтальная проекция сечения – треугольник, совпадающая с горизонтальной проекцией призмы, т.к. призма занимает проецирующее положение. Обозначим горизонтальные проекции вершин треугольника (точки $1'$, $2'$ и $3'$). Для определения положений фронтальных проекций этих точек каждое ребро призмы заключаем во вспомогательные горизонтальные плоскости уровня. Далее строим проекции линий пересечения вспомогательных плоскостей с плоскостью α (линии h_1 , h_2 , h_3). В точках пересечения фронтальных проекции этих линий с ребрами призмы отмечаем $1''$, $2''$, $3''$. Соединив эти точки получим фронтальную проекцию фигуры сечения.

Этап 3. Определение натуральной величины фигуры сечения.

В данном примере натуральная величина фигуры сечения (треугольника) определена способом вращения вокруг горизонтального следа плоскости α .

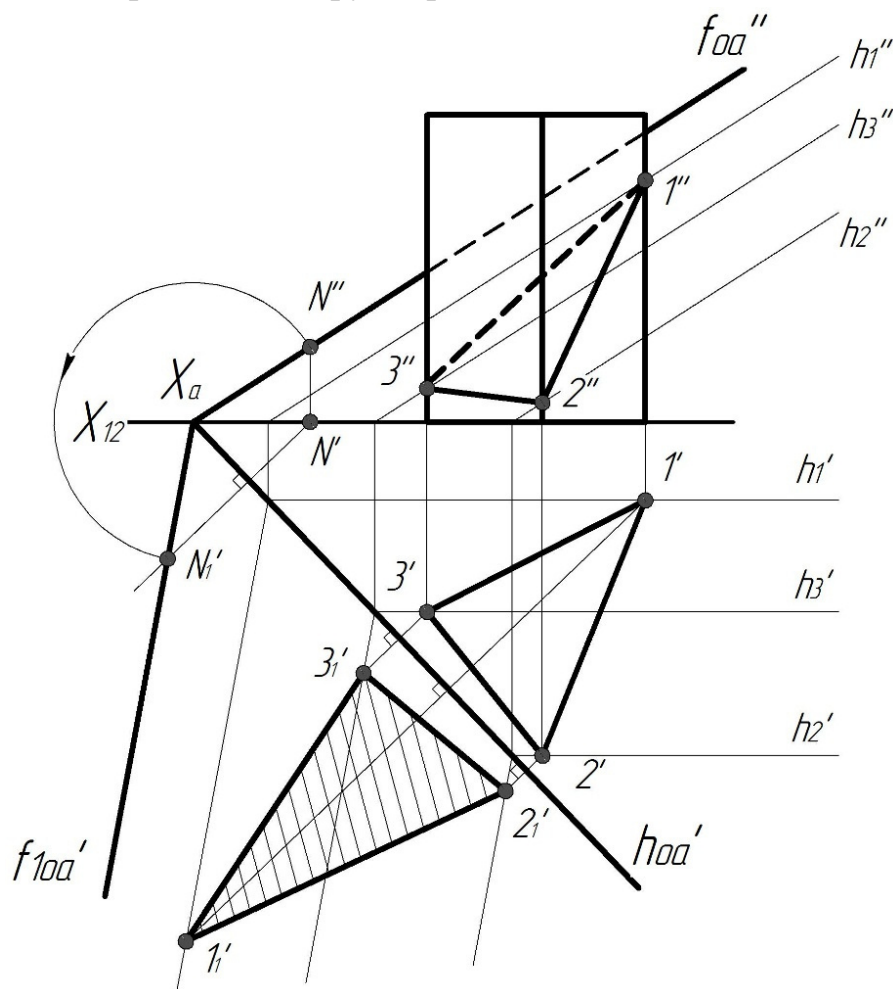


Рисунок 2 - Сечение прямой призмы плоскостью общего положения

Сечение поверхности конуса проецирующей плоскостью

Рассмотрим поэтапное выполнение построения проекции сечения поверхности конуса проецирующей плоскостью (рисунок 3).

Этап 1. Построение трехпроекционного чертежа поверхности конуса.

Этап 2. Построение проекций сечения поверхности конуса фронтально-проецирующей плоскостью α . Линией сечения является эллипс. Фронтальная проекция эллипса – прямая, совпадающая с фронтальным следом плоскости α .

Обозначим фронтальные проекции точки пересечения фронтальных очерковых образующих поверхности конуса с плоскостью α (точки 1 и 6) и находим их горизонтальные и профильные проекции.

Определяем точки 2 и 3 эллипса, профильные проекции которых расположены на профильных очерковых образующих поверхности конуса. Профильные проекции точек 2 и 3 являются границей видимости эллипса на профильной плоскости проекций.

На фронтальной проекции эллипса обозначим фронтальные проекции промежуточных точек 4 и 5. С помощью вспомогательной секущей горизонтальной плоскости уровня находим горизонтальные и профильные проекции этих точек.

Соединив одноименные проекции точек 1, 2, 3, 4, 5, 6 получим проекции эллипса.

Этап 3. Определение натуральной величины фигуры сечения.

В данном примере приводится определение натуральной величины фигуры сечения (эллипса) способом плоско-параллельного перемещения.

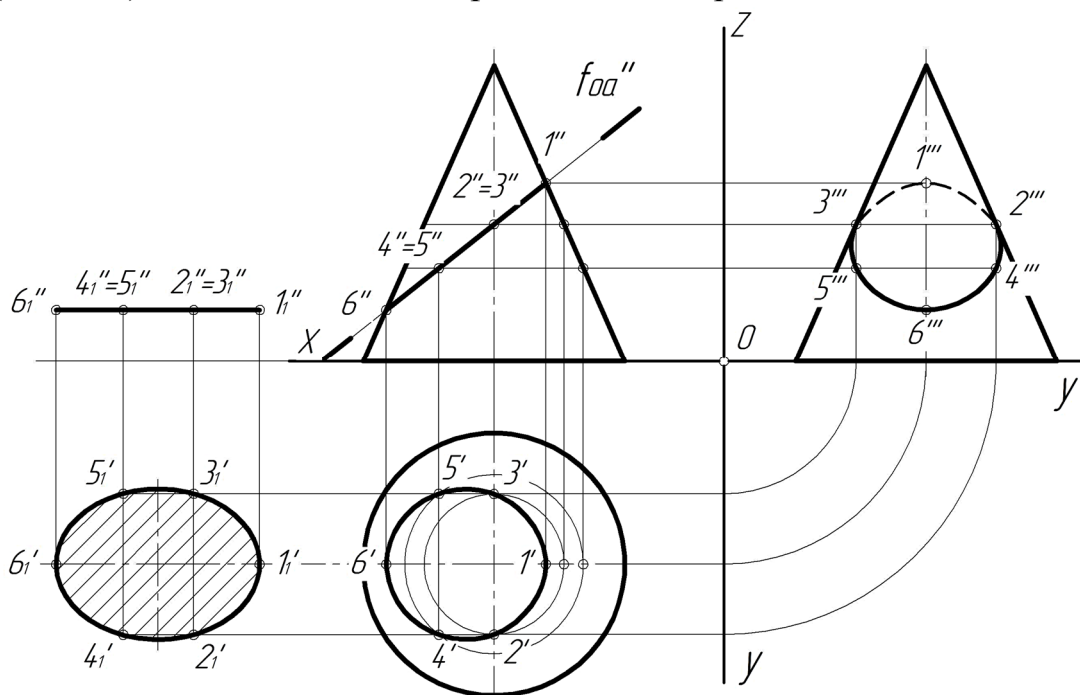


Рисунок 3 - Сечение поверхности конуса фронтально-проецирующей плоскостью

Содержание и оформление самостоятельной графической работы

Графическая работа (эпюра №2) выполняется на листе чертежной бумаги формата А2 (420 x 584 мм). Рекомендуемый масштаб – 1:1. Размеры на чертеже указывать не нужно.

Пример выполнения эпюры №2 представлен на рисунке 10 (см. на стр. 14).

Дано: две проекции комбинированного геометрического тела и направление фронтально-проецирующей секущей плоскости α (см. приложение 1).

Выбор варианта индивидуальных заданий осуществляется по таблице 1.

Задание. Построить:

- три проекции комбинированного геометрического тела;
- три проекции фигуры сечения геометрического тела фронтально-проецирующей плоскостью;
- натуральную величину фигуры сечения;
- аксонометрическую проекцию усеченной части геометрического тела.

Таблица 1 – Варианты задания для самостоятельной графической работы

Первая буква фамилии студента	Последняя цифра номера зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А, Б, В,	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
Г, Д, Е,	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	2.1	2.2	2.3	2.4
Ж, З, И	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14
К, Л, М,	2.15	2.16	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
Н, О, П,	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	2.1	2.2
Р, С	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12
Т, У, Ф,	2.13	2.14	2.15	2.16	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Х, Ц, Ч,	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16
Ш, Щ,	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
Э, Ю, Я	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15	2.16	1.1	1.2	1.3	1.4

Указания по выполнению эпюры №2. Рассмотрим построение линии пересечения комбинированной поверхности с фронтально-проецирующей плоскостью α .

Комбинированная поверхность состоит из полусферы и конуса (рисунок 4).

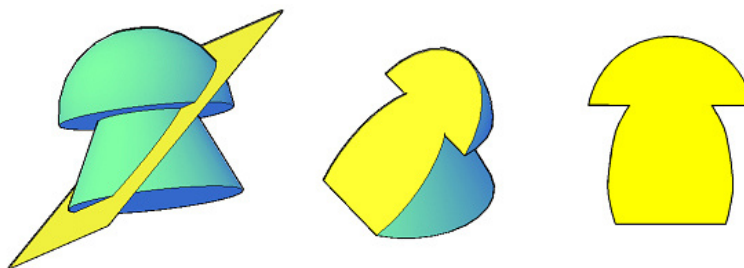


Рисунок 4 - Сечение поверхности плоскостью

В сечении полусферы получается дуга окружности, а в сечении конуса – часть эллипса.

Этапы выполнения работы:

Этап 1. Построить в тонких линиях проекции комбинированной поверхности и след секущей плоскости α .

Этап 2. Определить опорные точки сечения (рисунок 5):

- **1** – точка пересечения плоскости α с очерковой образующей полусферы;
- **2** и **3** – точки пересечения плоскости α с плоскостью нижнего основания полусферы;
- **4** и **5** – точки пересечения плоскости α с плоскостью верхнего основания конуса;
- **6** и **7** – точки пересечения плоскости α с плоскостью нижнего основания конуса;
- **8** и **9** – точки, лежащие на образующих, проекции которых совпадают с осью конуса также являются опорными. Эти точки строятся при помощи вспомогательной плоскости уровня γ , которая пересекает поверхность конуса по линии n .

Этап 3. Определить промежуточные точки (рисунок 6). Для этого провести вспомогательную плоскость уровня δ между опорными точками. Эта плоскость пересекает поверхность сферы по линии m .

Этап 4. Полученные точки соединить плавной лекальной кривой s .

Этап 5. Определить видимости линии пересечения s относительно поверхности.

Этап 6. Определить натуральную величину сечения.

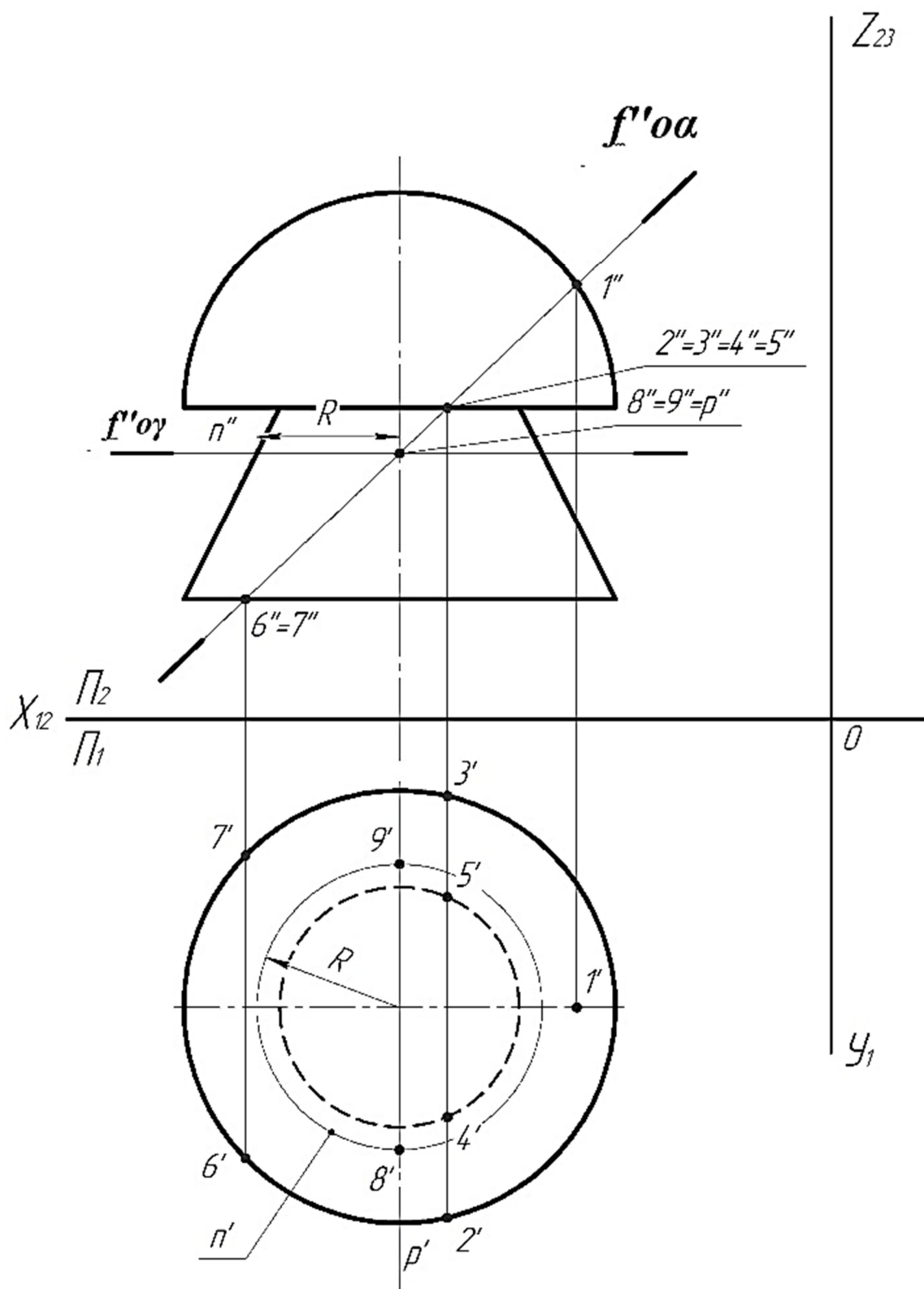
Этап 7. Построить аксонометрическую проекцию усеченной поверхности.

Определение видимости линии пересечения

В данном случае видимость определяется только на горизонтальной плоскости проекций.

Границей видимости является основание полусферы, таким образом, видимы только точки **1**, **2**, **3**, **10** и **11**, лежащие на поверхности полусферы.

Точки **2** и **3** являются границей видимости фигуры сечения на горизонтальной плоскости проекций.

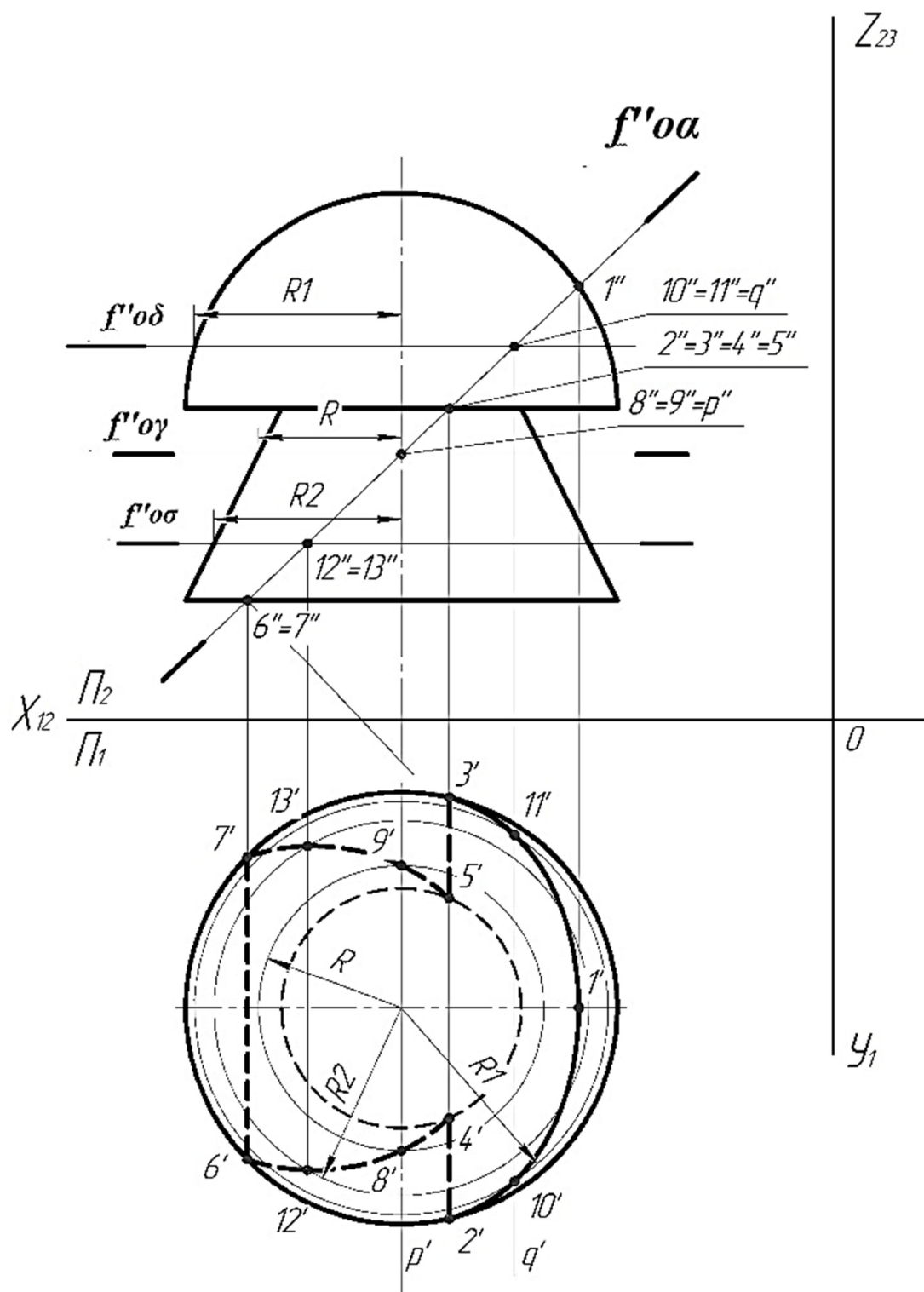


Плоскость γ – вспомогательная плоскость ($\gamma \parallel \Pi_1$).

Линия n – линия пересечения поверхности конуса с плоскостью γ (окружность радиуса r).

Прямая p – линия пересечения плоскостей γ и α ($p \perp \Pi_2$).

Рисунок 5 - Определение опорных точек сечения



Плоскость δ – вспомогательная плоскость ($\delta \parallel \Pi_1$).

Линия m – линия пересечения поверхности сферы с плоскостью δ (окружность радиуса r').

Прямая q – линия пересечения плоскостей δ и α ($q \perp \Pi_2$).

10, 11, 12 и 13 – промежуточные точки.

Рисунок 6 - Определение промежуточных точек сечения

Определение натуральной величины сечения

На рисунке 7 показан способ определения сечения способом замены плоскостей проекции. Для этого следует выполнить замену плоскости Π_1 на Π_4 . Новая ось проекции строиться параллельно фронтальному следу плоскости α , затем из каждой точки сечения провести линии связи, перпендикулярно новой оси и отложить координаты y каждой точки.

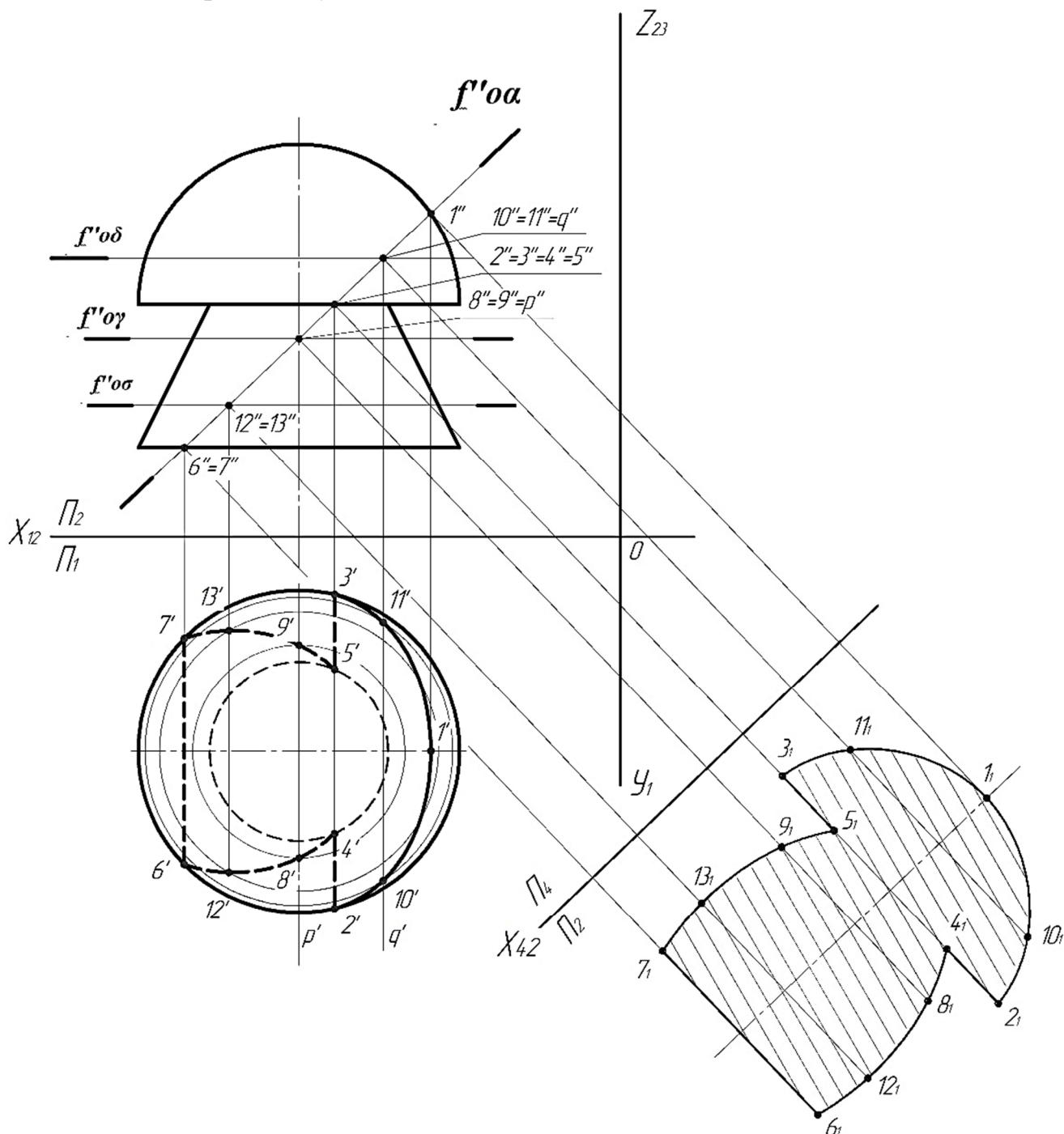


Рисунок 7 - Определение натуральной величины сечения

Построение аксонометрической проекции усеченной поверхности

Аксонометрическая проекция усеченной поверхности в зависимости от получаемой наглядности может быть выполнена в прямоугольной изометрии или в диметрии. Положение осей в прямоугольной изометрической проекции и прямоугольной диметрической приведено на рисунке 8.

Искажение размеров в изометрической проекции равно **0,82**, а в диметрической, по осям X, Y, Z соответственно: **0,94; 0,47; 0,94**.

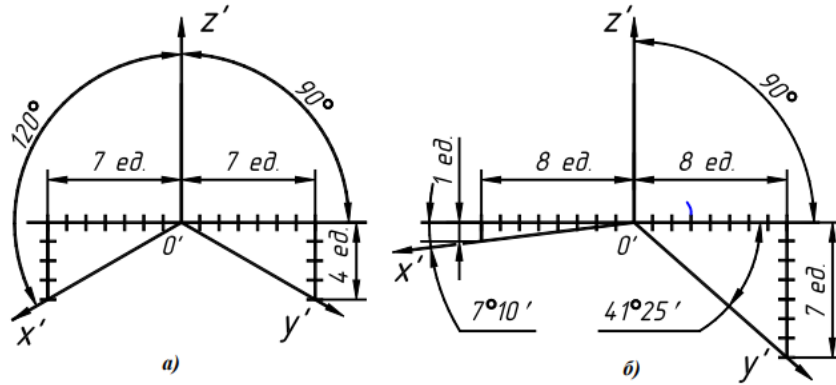


Рисунок 8 – Положение осей в прямоугольной изометрической (а) и прямоугольной диметрической (б) проекциях

Окружности, принадлежащие плоскостям проекций или плоскостям им параллельным, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы. В изометрии такой эллипс имеет большую ось **1,22**, а малую **0,71** диаметра окружности. В диметрии окружность проецируется в эллипсы с осями **1,06** и **0,35**, если плоскость ее параллельна горизонтальной и профильной плоскостям проекций. В целях упрощения построений вместо эллипсов строят четырехцентровые овалы.

Правило расположения осей овалов. Большая ось овала всегда перпендикулярна той аксонометрической оси, которая не принадлежит плоскости окружности (рисунок 9).

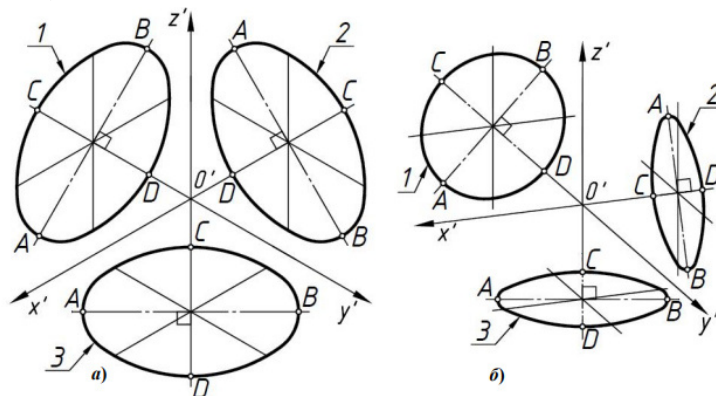
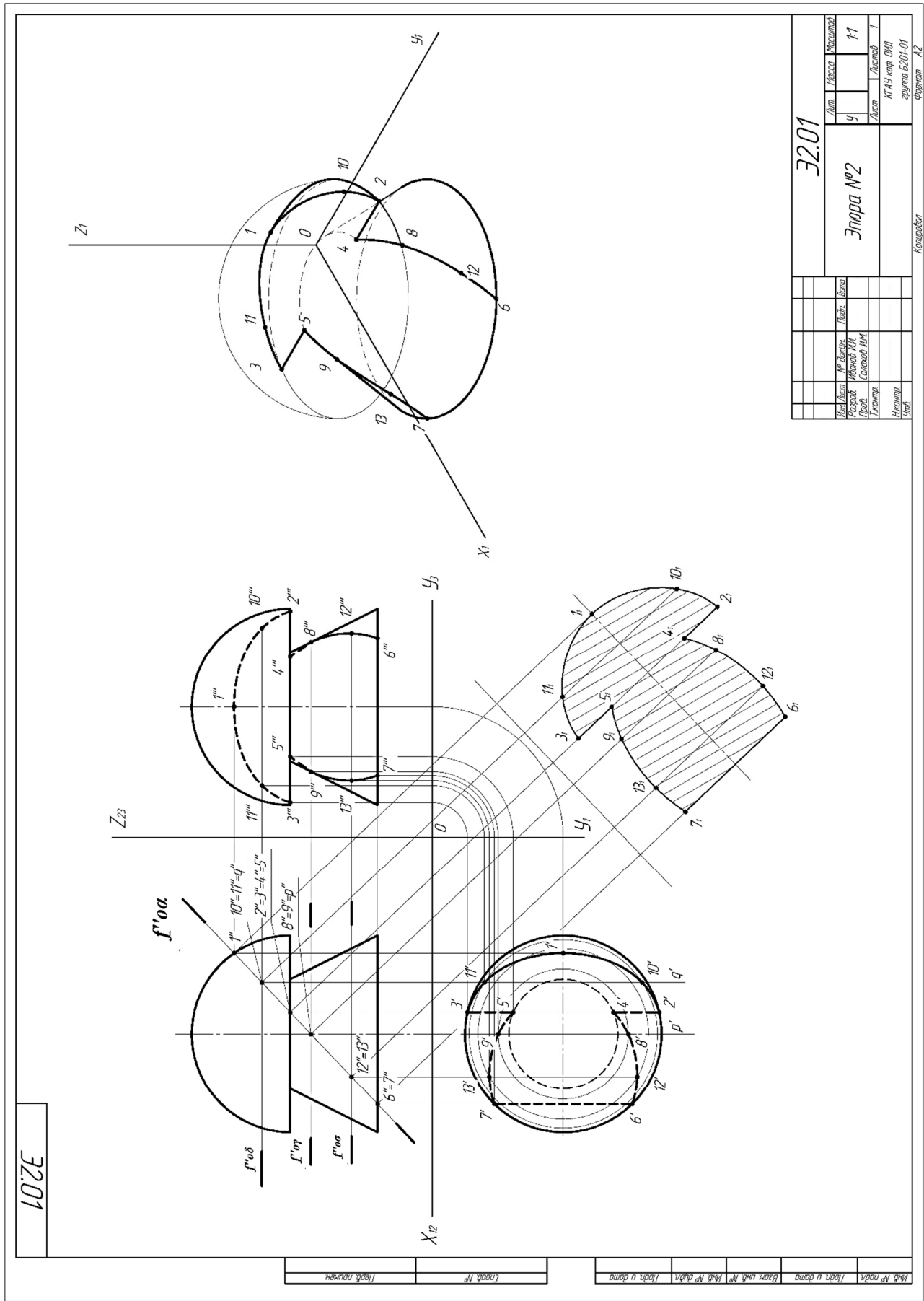


Рисунок 9 – Расположение осей овалов в прямоугольной изометрической (а) и прямоугольной диметрической (б) проекциях



Примерные вопросы при защите самостоятельной графической работы:

1. Какая плоскость взята в качестве секущей плоскости?
2. Как расположена секущая плоскость относительно плоскостей проекции?
3. Как определяются опорные точки сечения?
4. Какие точки сечения являются очерковыми?
5. Какая точка является самой высокой и самой низкой точкой сечения?
6. Как определяются промежуточные точки?
7. Как определить видимость линии пересечения поверхности с плоскостью?
8. Какие способы применяются при определении натуральной величины сечения?
9. Для чего строится аксонометрическая проекция поверхности?
10. Как определяются положения точек сечения на аксонометрической проекции?

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Возможные случаи пересечения криволинейных поверхностей.
2. Сечение цилиндра плоскостью.
3. Сечение конуса плоскостью.
4. Сечение шаровой поверхности плоскостью.
5. Теорема Монжа.
6. Теорема о двойном касании.
7. Пересечение поверхностей, одна из которых занимает проецирующее положение относительно плоскости проекций.
8. Пересечение поверхностей с плоскостью общего положения.
9. Частные случаи пересечения поверхностей.
10. Пересечение линии с поверхностью.

Список литературы

1. Сальков, Н.А. Начертательная геометрия: базовый курс: учебное пособие / Н.А. Сальков. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 184 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-005774-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007535>.
2. Сальков, Н.А. Начертательная геометрия. Основной курс: учеб. пособие / Н.А. Сальков. - М.: ИНФРА-М, 2019. — 235 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/764. - ISBN 978-5-16-006755-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1007536>.
3. Фролов, С.А. Начертательная геометрия: учебник / С.А. Фролов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 285 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010480-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1120362>.

Приложение 1 – Индивидуальные задания для выполнения самостоятельной графической работы

