

И. Н. Ожешковская

ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОМПОЗИЦИЯ ИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Учебно-методическое пособие
для поступающих на специальности 7-07-0731-01 «Архитектура»,
7-07-0731-02 «Архитектурный дизайн»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн транспортных средств»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн производственного
оборудования»

В 3 частях

Часть 3

ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

УДК 7.012(075.8)
ББК 85.14я7
О-45

Р е ц е н з е н т ы:

ведущий научный сотрудник отдела изобразительного
и декоративно-прикладного искусства филиала «Институт искусствоведения,
этнографии и фольклора имени Кондрата Крапивы» ГНУ «Центр исследований
белорусской культуры, языка и литературы НАН Беларуси»
кандидат искусствоведения, доцент *Т. Г. Горанская*;
заведующий кафедрой «История и теория искусств» БГАИ,
кандидат искусствоведения, канд. архитектуры, профессор *Е. Ф. Шунейко*

Ожешковская, И. Н.

О-45 Объемно-пространственная композиция из геометрических тел :
учебно-методическое пособие для поступающих на специальности
7-07-0731-01 «Архитектура», 7-07-0731-02 «Архитектурный дизайн»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн транспортных средств»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн производственного обо-
рудования» : в 3 ч. / И. Н. Ожешковская, Г. А. Лаврецкий, И. А. Чижик. —
Минск : БНТУ, 2015–2025. — Ч. 3: Тела вращения / И. Н. Ожешковская. —
2025. — 136 с.

ISBN 978-985-31-0141-6 (Ч. 3).

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с программой по дисциплине «Композиция» и предназначено для поступающих в высшие учебные заведения Республики Беларусь на специальности 7-07-0731-01 «Архитектура» и 7-07-0731-02 «Архитектурный дизайн». Пособие рекомендуется использовать для подготовки в БНТУ на специальности 6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн транспортных средств», 6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн производственного оборудования», а также при поступлении в архитектурно-строительные колледжи.

Данное пособие является третьей заключительной частью, посвященной творческому испытанию и содержащей основы построения и пересечений тел вращения различными плоскостями, комбинации их взаимодействий с гранеными геометрическими телами. Авторские рисунки, основанные на многолетнем педагогическом опыте, позволят абитуриентам освоить методику работы с геометрическими телами и развить способности к творческому поиску и созданию наиболее гармоничной композиции.

Часть 2 «Граненые геометрические тела» издана в 2018 г.

**УДК 7.012(075.8)
ББК 85.14я7**

**ISBN 978-985-31-0141-6 (Ч. 3)
ISBN 978-985-550-361-4**

© Ожешковская И. Н., 2025
© Белорусский национальный
технический университет, 2025

Содержание

ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ.....	4
1. ЦИЛИНДР.....	4
1.1. Линейно-конструктивный рисунок цилиндра	4
1.2. Построение сечений цилиндра	8
2. ЦИЛИНДР С ЧЕТВЕРТНЫМ ВЫРЕЗОМ	22
2.1. Линейно-конструктивный рисунок цилиндра с четвертным вырезом	22
2.2. Построение сечений цилиндра с четвертным вырезом	23
3. КОНУС	35
3.1. Линейно-конструктивный рисунок конуса.....	35
3.2. Построение сечений конуса.....	38
4. КОНУС, УСЕЧЕННЫЙ ПЛОСКОСТЬЮ ПОД УГЛОМ 45°	59
4.1. Линейно-конструктивный рисунок усеченного конуса	59
4.2. Построение сечений усеченного конуса	61
5. ШАР	68
5.1. Линейно-конструктивный рисунок шара	68
5.2. Построение сечений шара	70
6. КОЛЬЦО.....	83
6.1. Линейно-конструктивный рисунок кольца	83
6.2. Построение сечений кольца	87
КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА.....	96
7. ПРИЗМА ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ С ВЫРЕЗОМ В ВИДЕ ЧЕТВЕРТИ ЦИЛИНДРА	96
7.1. Линейно-конструктивный рисунок призмы четырехугольной с вырезом в виде четверти цилиндра	96
7.2. Построение сечений призмы четырехугольной с вырезом в виде четверти цилиндра.....	98
8. ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ ПРИЗМА С ПОЛУЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВЫРЕЗОМ.....	104
8.1. Линейно-конструктивный рисунок четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом	104
8.2. Построение сечений четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом	106
9. ШЕСТИУГОЛЬНАЯ ПРИЗМА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВЫРЕЗОМ ..	110
9.1. Линейно-конструктивный рисунок шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом	110
9.2. Построение сечений шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом	110
10. СВЕТОТЕНЕВОЙ РИСУНОК ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ	114
ЛИТЕРАТУРА	115
ПРИЛОЖЕНИЯ	116

ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Тела вращения – это геометрические фигуры, которые получаются при вращении плоской фигуры вокруг оси, лежащей в ее плоскости и не пересекающей ее.

К особенностям тел вращения относятся симметрия и постоянное сечение. Для линейно-конструктивного рисунка симметрия тел вращения означает, что при их изображении в перспективе они выглядят одинаково при любом повороте вокруг оси. Свойство тел вращения иметь постоянное сечение, перпендикулярное оси вращения, означает, что оно всегда имеет одинаковую форму и размер.

1. ЦИЛИНДР

1.1. Линейно-конструктивный рисунок цилиндра

Цилиндр – геометрическое тело, относящееся к телам вращения, т. к. его можно получить путем вращения прямоугольника вокруг одной из его сторон. Основаниями цилиндра являются окружности (рис. 1.1). Ось вращения цилиндра соединяет центры окружностей оснований и всегда перпендикулярна им. Особенности построения цилиндра сводится к изображению перспективы окружности (эллипса) равного диаметра с центрами на общей вертикальной или горизонтальной оси.

Эллипс и квадрат – две основные центрические геометрические фигуры. Их построение взаимосвязано между собой: эллипс вписывается в квадрат, и наоборот, квадрат описывается вокруг эллипса. Эта особенность используется при их построении. Эллипс, вписанный в квадрат, строится по четырем характерным точкам, которыми он касается сторон квадрата. Две оси эллипса – больший и меньший радиусы – всегда перпендикулярны по отношению друг к другу (рис. 1.2).

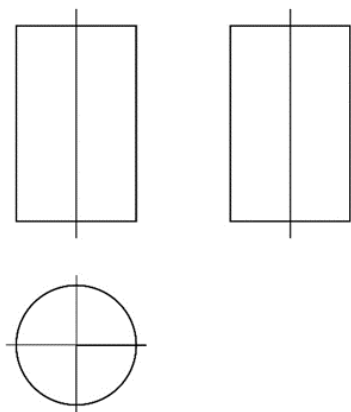


Рис. 1.1

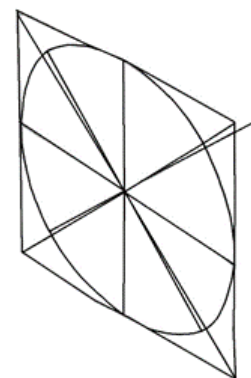
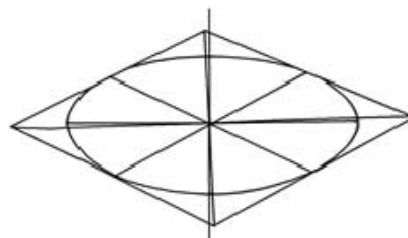


Рис. 1.2

1.1.1. Построение эллипса в горизонтальной плоскости

Построение эллипса в горизонтальной плоскости начинается с выбора центральной точки эллипса и проведением через нее малой и большой оси под прямым углом друг к другу. Затем от центра эллипса откладываются по горизонтальной оси произвольно заданные равные отрезки, которые и будут являться несокращаемым большим радиусом ($R_1 = R_2$).

Важнейшей задачей становится определение степени раскрытия эллипса. Отношение длины большего (R) к вертикальному меньшему (r) радиусу называется *раскрытием эллипса*. Для определения степени раскрытия используется метод условного построения квадрата. Из каждой точки радиуса проводятся линии в точки схода, представив больший диаметр как заданную диагональ квадрата (в реальности диагональ квадрата не совпадает с большим диаметром эллипса). Эти линии пересекаются, образуя условный угол квадрата, при описывании вокруг которого фрагмента эллипса, получается первая часть меньшего радиуса (r_1). Вторая часть меньшего радиуса (r_2), расположенная ближе к зрителю, будет всегда немного больше первой (r_1). Она определяется измерительным методом.

Таким образом, вокруг полученных четырех точек формируется эллипс. После того как горизонтальный эллипс построен, через центр его основания проводятся две горизонтальные оси. На пересечении с границей окружности они образуют две пары взаимосвязанных между собой точек 1, 2 и 3, 4, с которыми будут связаны все построения сечений (рис. 1.3).

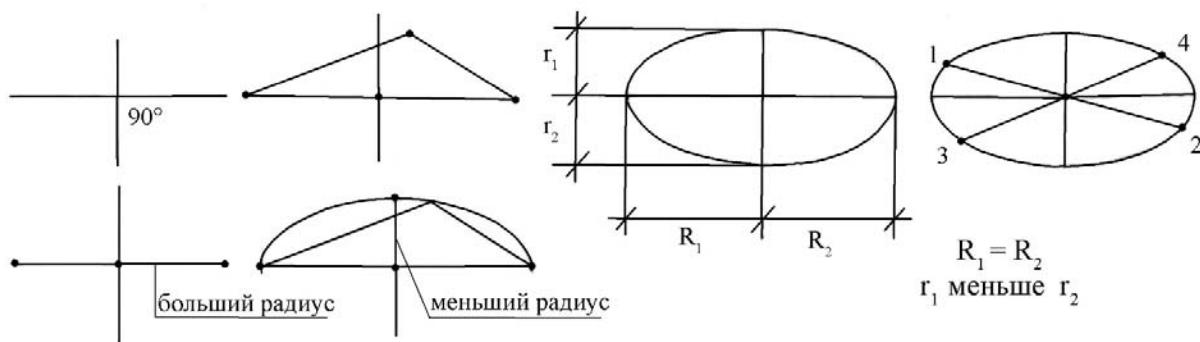


Рис. 1.3

1.1.2. Построение цилиндра в вертикальном положении

1. Изображение цилиндра начинается с вертикальной линии – оси – и перпендикулярных ей горизонтальных линий – больших диаметров эллипсов верхнего и нижнего оснований. Далее выстраивается горизонтальный эллипс с осями, проходящими через его центр.

2. При наличии третьей точки схода ширина цилиндра (крайняя очерковая образующая тела вращения) будет сокращаться книзу.

3. Из точек пересечения перспективных осей верхнего основания с границей окружности (точки 1, 2 и 3, 4 на рис. 1.3) опускаются две пары вертикальных образующих. Через центр невидимого основания проводятся оси. Пересечение всех вертикальных и горизонтальных линий дает шесть точек, при описывании которых формируется эллипс невидимого основания. При правильном построении он всегда шире эллипса видимого основания. Для эллипса невидимого основания справедливы все правила построения, как и для видимого. Это касается равенства двух частей большего радиуса ($R_1 = R_2$), и правильного сокращения частей меньшего радиуса (r): ближний радиус r_2 всегда больше дальнего r_1 (рис. 1.3).

Определение степени раскрытия эллипсов связано с их расположением относительно линии горизонта. Когда цилиндр расположен ниже линии горизонта, раскрытие нижнего невидимого основания больше верхнего видимого основания цилиндра. Разница в раскрытии верхнего и нижнего оснований цилиндра должна быть достаточно заметной (рис. 1.4).

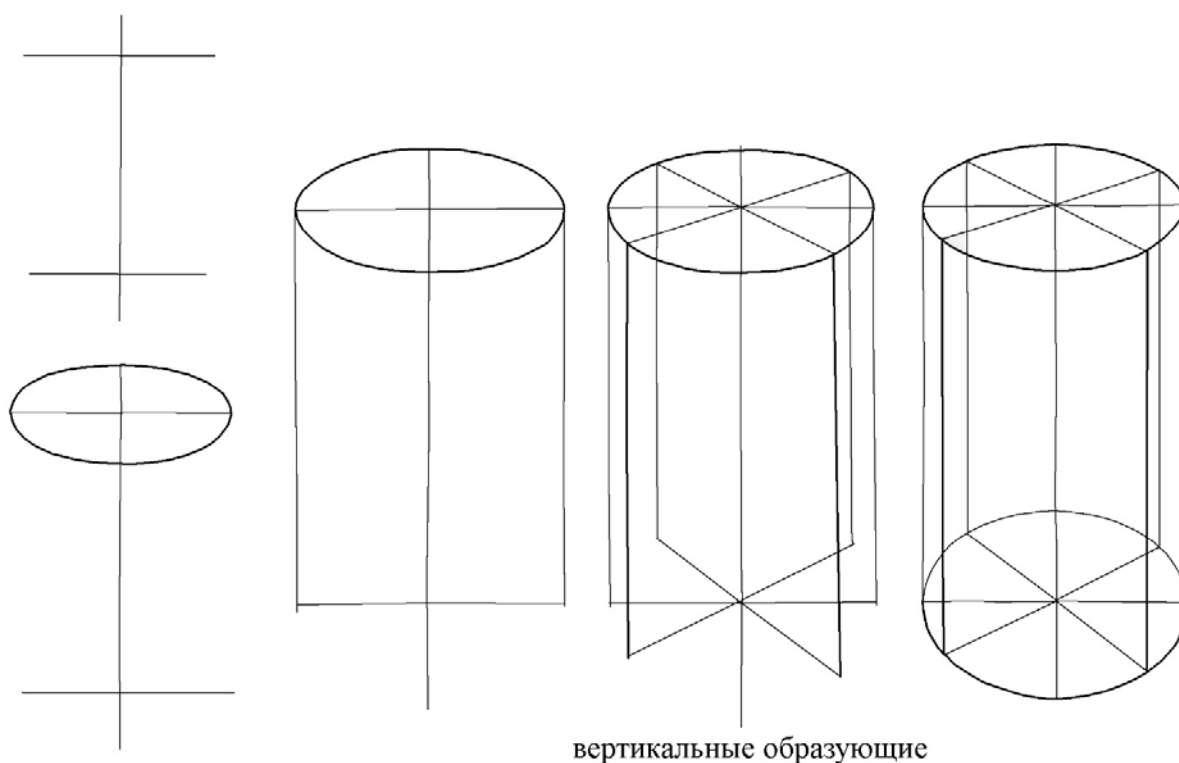


Рис. 1.4

1.1.3. Построение эллипса в вертикальной плоскости

Последовательность изображения эллипса в вертикальной плоскости соответствует его изображению в горизонтальной. В первую очередь проводится ось в перспективу. К ней через выбранную точку строится перпендикуляр, от которого откладываются произвольно заданные равные отрезки. Это и будет больший радиус эллипса ($R_1 = R_2$). Следующим этапом становится определение его степени раскрытия.

Метод условного построения квадрата позволяет представить больший диаметр эллипса условной диагональю квадрата. Из точек радиуса проводятся линии до своего пересечения, выстраивая сторону вертикального квадрата. Вокруг полученной точки описывается часть дуги окружности и находится первый фрагмент меньшего радиуса эллипса (r_1). Вторая точка меньшего радиуса будет всегда немного больше (r_2). Искомый эллипс будет описываться вокруг четырех полученных точек. После того как вертикальный эллипс построен, через центр его основания проводятся две оси – вертикальная и горизонтальная. На пересечении с границей окружности они образуют две пары взаимосвязанных между собой точек 1, 2 и 3, 4, с которыми будут связаны все построения сечений (рис. 1.5).

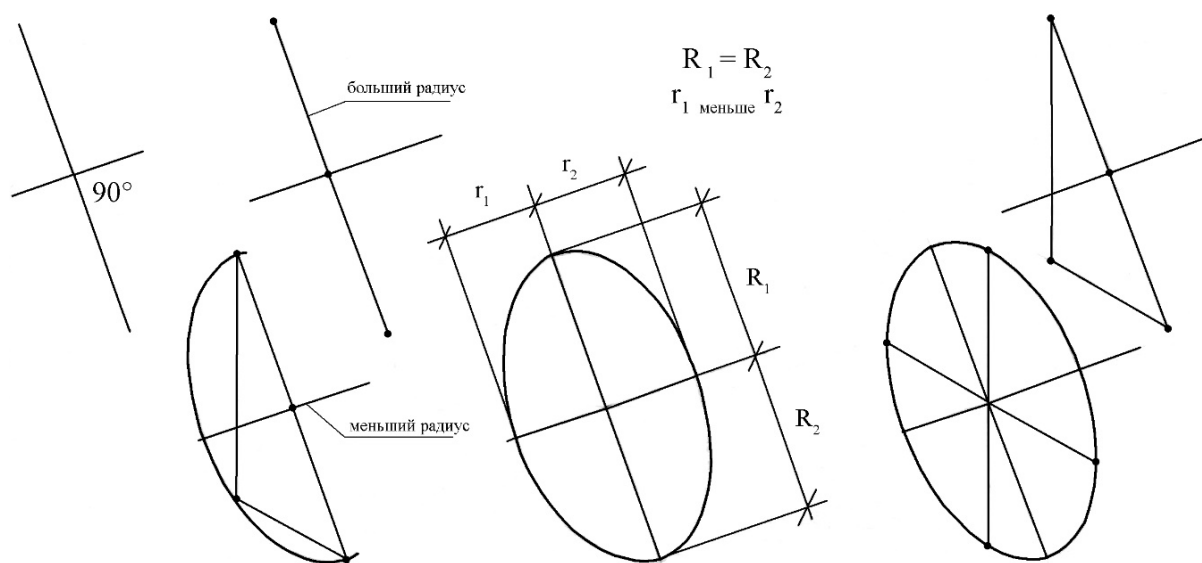


Рис. 1.5

1.1.4. Построение цилиндра, лежащего в горизонтальной плоскости

1. Изображение цилиндра, лежащего в горизонтальной плоскости, начинается с горизонтальной осевой линии, идущей в перспективу, и проведенным к ней большими диаметров эллипсов видимого и невидимого оснований. Выстраивается вертикальный эллипс с осями, проходящими через его центр.

2. Сокращение крайней очерковой образующей тела вращения по перспективе определяет ширину цилиндра невидимого основания. Измерительным способом проверяем равномерность сокращения двух частей большего диаметра.

3. Из точек пересечения осей построенного видимого основания с границей окружности (точки 1, 2 и 3, 4 на рис. 1.5) в перспективу строятся две пары горизонтальных образующих. Через центр невидимого основания проводятся оси. Пересечение всех вертикальных и горизонтальных линий дает точки, при описывании которых формируется эллипс невидимого

основания. При правильном построении он всегда шире эллипса видимого основания. Для эллипса невидимого основания справедливы все правила построения, как и для видимого. Это касается равенства двух частей большего радиуса ($R_1 = R_2$) и правильного сокращения частей меньшего радиуса (r): ближний радиус r_2 всегда больше дальнего r_1 (рис. 1.6).

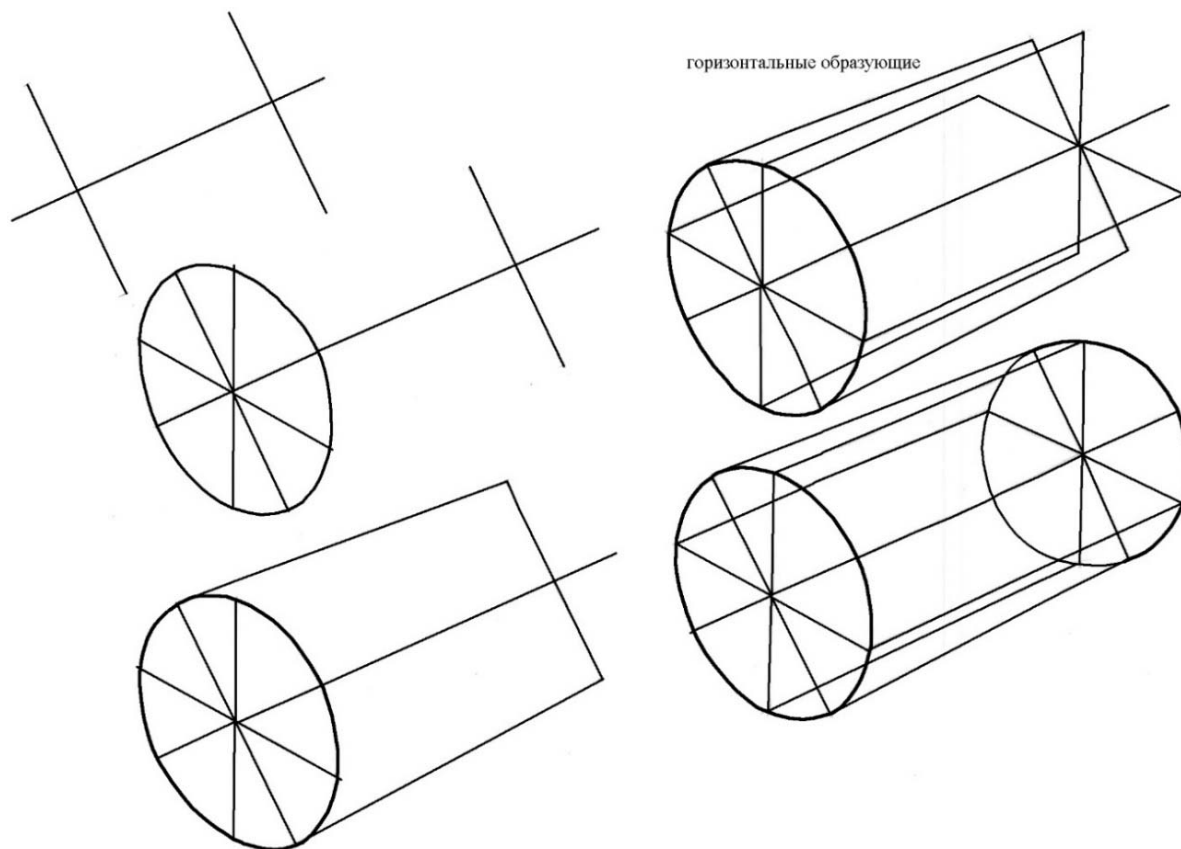


Рис. 1.6

При создании композиции с геометрическими телами, как гранеными, так и телами вращения, необходимо учитывать общую тенденцию раскрытия горизонтальных и вертикальных плоскостей. Чем дальше вертикальные геометрические тела расположены от линии горизонта, тем больше раскрываются их основания. Вертикальные эллипсы раскрываются сильнее по мере удаления от линии горизонта. Все эти особенности связаны с законами линейной перспективы.

1.2. Построение сечений цилиндра

В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости, проходящей через цилиндр, в сечении получаются следующие плоские фигуры: эллипс, прямоугольник, наклонный эллипс.

Сечение цилиндра плоскостью, параллельной основанию, представляет собой в перспективном рисунке эллипс. Оси эллипсов сечений проходят через центральную ось цилиндра, образуя центр сечения. Оси сечений по-

парно пересекаются с горизонтальными образующими цилиндра. В цилиндре сечения в виде эллипсов подчинены единой системе: их раскрытие равномерно увеличивается от видимого к невидимому согласно законам линейной перспективы. Части больших радиусов при этом остаются равными в границах, крайних образующих цилиндра (рис. 1.7).

Сечение цилиндра плоскостью, перпендикулярной его основанию, представляет собой прямоугольник (рис. 1.8).

Сечение цилиндра наклонной плоскостью, расположенной под произвольным углом к основанию цилиндра, представляет собой наклонный эллипс. Характер наклона эллипса будет зависеть от направления плоскости сечения (рис. 1.9).

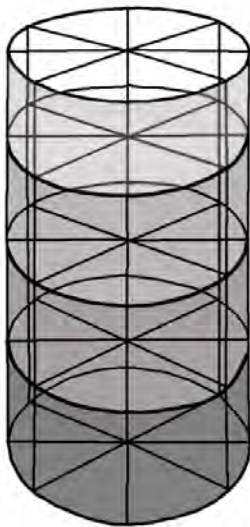


Рис. 1.7

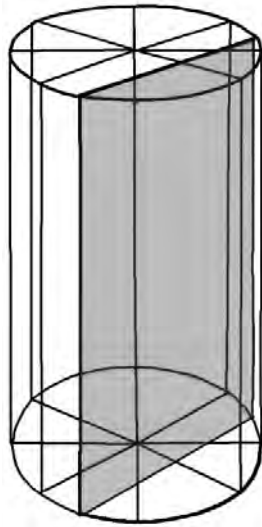


Рис. 1.8

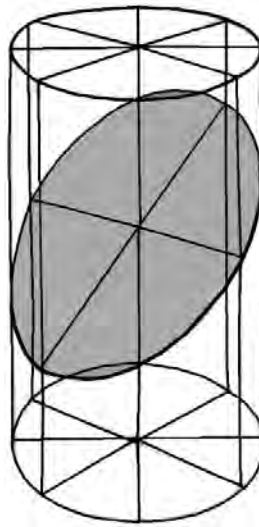
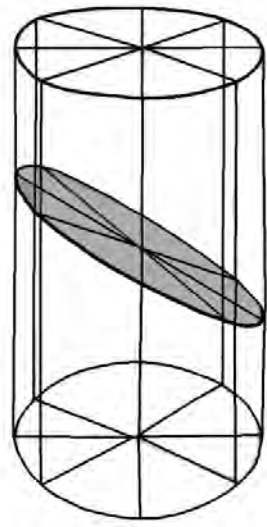


Рис. 1.9



Все сечения цилиндра представляют собой взаимодействие между собой двух осей, ограниченных четырьмя горизонтальными (вертикальными) образующими. Данные оси, формируя сечения, принимают горизонтальное, вертикальное или в соответствии с наклонной плоскостью направления.

1.2.1. Сечение цилиндра горизонтальной и вертикальной плоскостью на примере врезки в четырехугольную призму

Взаимодействие цилиндра с четырехугольной призмой на рис. 1.10 представляет единственное сечение. Выбор точки отсчета сечения связан с необходимым получаемым результатом. В данном случае – это точка 1 на вертикальной образующей цилиндра, взятая немного ниже верхнего горизонтального ребра призмы. Такой выбор задает положение цилиндра выступающим относительно призмы. Из точки 1 начинается построение горизонтального эллипса и определение его центра с дальнейшим проведением большего диаметра, перпендикулярно вертикальной оси цилиндра. Не сле-

дует забывать о равномерности раскрытия эллипсов, которое в данном случае можно проверить простым измерением.

1.2.2. Сечение цилиндра наклонной плоскостью на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

Взаимодействие цилиндра с треугольной прямоугольной призмой на рис. 1.11 представляет наклонный эллипс. Ось наклонного сечения данного эллипса будет параллельна наклонной плоскости треугольной призмы. Врезка состоит из двух сечений. Выбор точки отсчета (точка 1) продиктован предпочтением появления на первом плане треугольной призмы. Точка 1 задается на ребре треугольной призмы за точкой его пересечения с вертикальной образующей цилиндра. Первое сечение – это треугольник, берущий свое начало из точки 1, гипотенуза которого и задает наклон эллипса. Границы наклонной оси эллипса определены первой парой вертикальных образующих. Границы горизонтальной оси эллипса – второй. Получив четыре точки, выстраивается наклонный эллипс, при этом точки его касания к крайним очерковым образующим цилиндра определяются произвольно, а наклонная ось эллипса не является осью его симметрии.

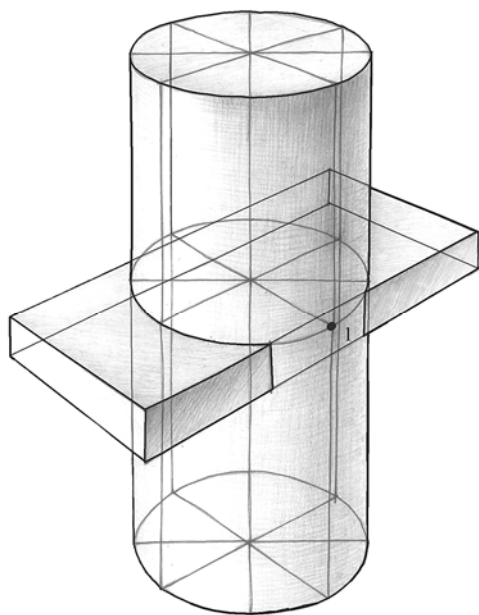


Рис. 1.10

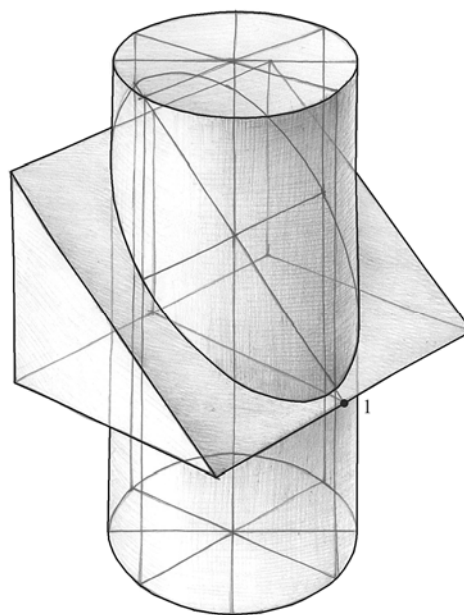


Рис. 1.11

1.2.3. Сечение цилиндра поворотной плоскостью на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

Достаточно часто при взаимодействии геометрических тел сечения выходят за их пределы. Это справедливо и для тел вращения. Метод построения неполных эллиптических сечений во всем соответствует методу построения неполных граненых сечений. Связанные между собой три ком-

понтента – след сечения, ось в эллипсе основания цилиндра и ось эллипса сечения – пересекаются в общей точке.

Рассмотрим пример на рис. 1.12 взаимодействия цилиндра с треугольной прямоугольной призмой, при котором наклонный эллипс выходит за границы тела вращения. Выход треугольной призмы из основания цилиндра берется произвольно в виде горизонтальной прямой, продлевая которую через всю его плоскость получается след сечения (точки 4, 5). Началом построения оси наклонного сечения является точка 1 – общая точка пересечения вертикальной оси эллипса основания цилиндра и выбранного следа сечения.

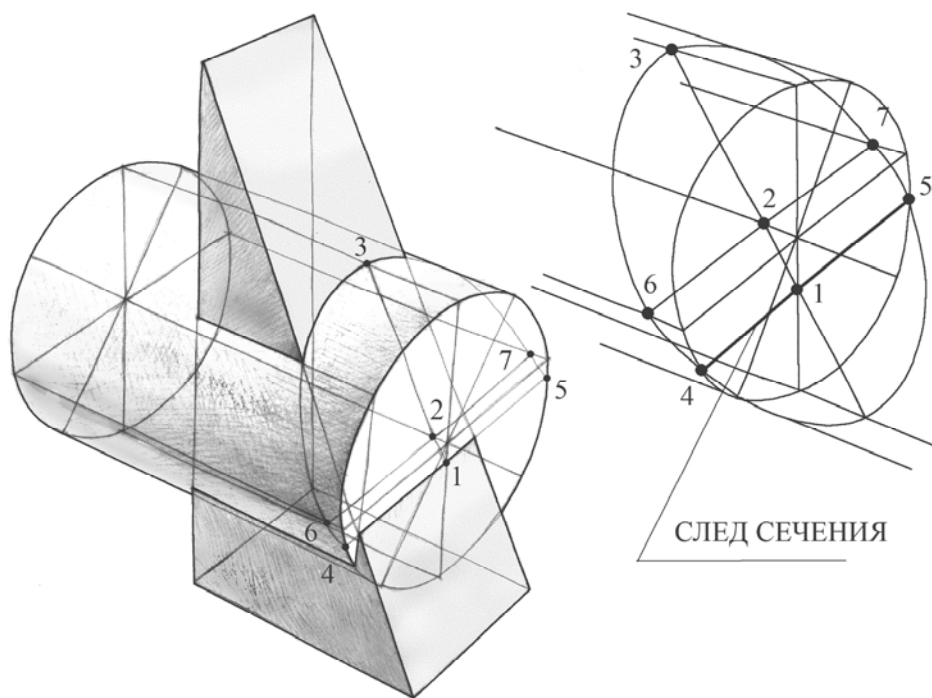


Рис. 1.12

Нельзя допускать, чтобы след сечения совпадал с осями цилиндра, проходящими через центр его основания.

В рассмотренном примере фрагмент наклонного эллипса включает в себя центр сечения (точка 2), через которую проходит горизонтальная ось парных точек 6 и 7. Завершение эллипса фиксируется точкой 3 в месте пересечения горизонтальной образующей цилиндра и наклонной оси сечения. Полученные в результате построения точки 3, 4, 5, 6, 7, соединяются плавной дугой, формируя фрагмент сечения наклонного эллипса.

В следующем примере (рис. 1.13) выступающая грань треугольной прямоугольной призмы при взаимодействии с цилиндром образует в сечении неполный эллипс. Произвольно выбранная вертикальная прямая фиксирует момент входа граненого тела в основание цилиндра, продлевая которую через всю его плоскость получается след сечения (точки 3, 4). Из точки 1, взятой на пересечении горизонтальной оси эллипса основания цилиндра со следом сечения, проводится искомая ось сечения. Она про-

должается до встречи с горизонтальной образующей. Полученные в результате построения точки 2, 3 и 4 соединяются плавной дугой, формируя небольшой фрагмент сечения эллипса. Здесь по сравнению с примером на рис. 1.12 часть сечения не включает в себя центральную ось цилиндра и поэтому точек построения для него образуется меньше.

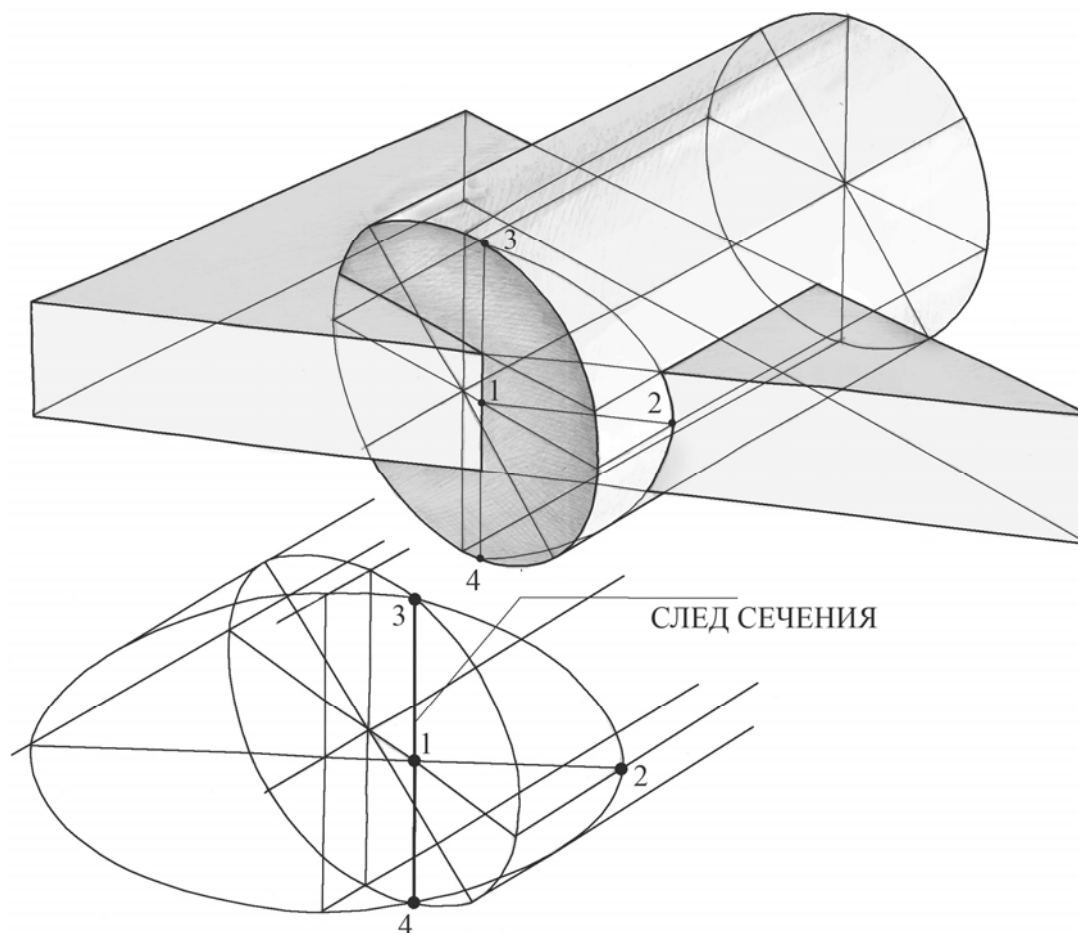


Рис. 1.13

1.2.4. Сечение цилиндра наклонной и поворотной плоскостями на примере врезки в пирамиду с квадратным основанием

На рис. 1.14 на примере взаимодействия цилиндра с пирамидой представлено сразу два связанных между собой построением фрагмента эллиптических сечений. Начало врезки задает квадрат, полученный в результате сечения пирамиды вертикальной плоскостью основания цилиндра. Стороны полученного квадрата при их продлении являются следами сечений и образуют начало их построения из точек пересечения с осями основания (точки 1 и 2). Оси наклонного фрагмента эллипса и части эллипса в повороте оборвутся точками в местах встречи каждой со своей горизонтальной образующей цилиндра (точки 3 и 4). В результате по полученным точкам выстраивается два фрагмента сечений в виде эллипсов.

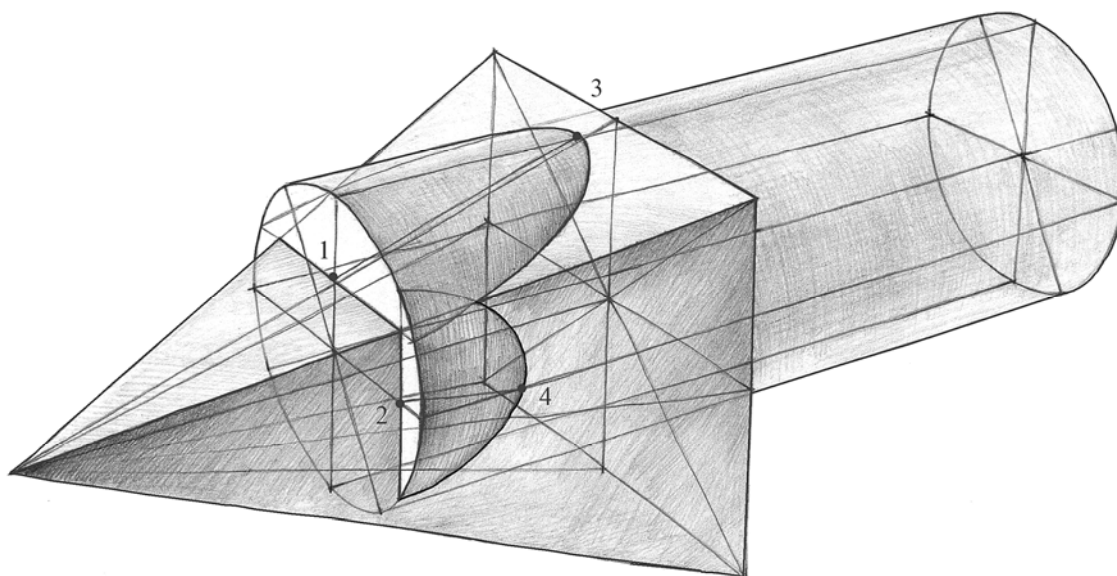


Рис. 1.14

1.2.5. Сечение цилиндра вертикальной и поворотной плоскостями на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

Взаимодействие цилиндра с треугольными равнобедренными призмами представлено на рис. 1.15 и 1.16. Сечения выстраиваются с помощью аналогичных рассуждений, при этом разница заключается в количестве сечений, которое обусловлено наличием плоскостей, связанных с различным ракурсом призмы.

На рис. 1.15 представлены два связанных между собой сечения. Решение выдвинуть грань призмы вперед определяет точку отсчета сечения (точка 1), которая задается ниже горизонтальной образующей цилиндра на вертикальном ребре многоугольника. Точка 1 является началом вспомогательного треугольного сечения, аналогичного основанию призмы и связывающего между собой вертикальный и наклонный эллипсы. Отрезки треугольного сечения являются горизонтально направленными осями эллиптических сечений. Один из них идет в перспективу и от него строится вертикальный эллипс с большим диаметром, перпендикулярным горизонтальной оси цилиндра. Второй – соответствует повороту призмы и от него берет начало сечение эллипса в повороте. Поворотный эллипс сечения выходит за пределы геометрического тела. Высоту сечений задают вертикальные оси, проходящие через центр цилиндра (точки 2 и 3).

Грань треугольной равнобедренной призмы выступает за видимое основание цилиндра, как представлено на рис. 1.16, что является результатом запланированного изображения двух геометрических тел. Точка отсчета (точка 1) находится ниже горизонтальной оси основания цилиндра на вертикальном ребре призмы. Из точки 1 берет свое начало построение вспомогательного сечения в виде треугольника в горизонтальной плоскости. Полученная гипотенуза треугольника становится осью фрагмента сечения

в виде эллипса в повороте, продлевая которую до встречи с горизонтальной образующей получается точка 3, где и завершается сечение. Высоту сечения в повороте задает вертикальная ось, проходящие через центр цилиндра (точка 2). Таким образом, равномерно сокращающийся эллипс в повороте выстраивается по пяти точкам. Точка его касания к крайней очерковой образующей цилиндра определяется произвольно.

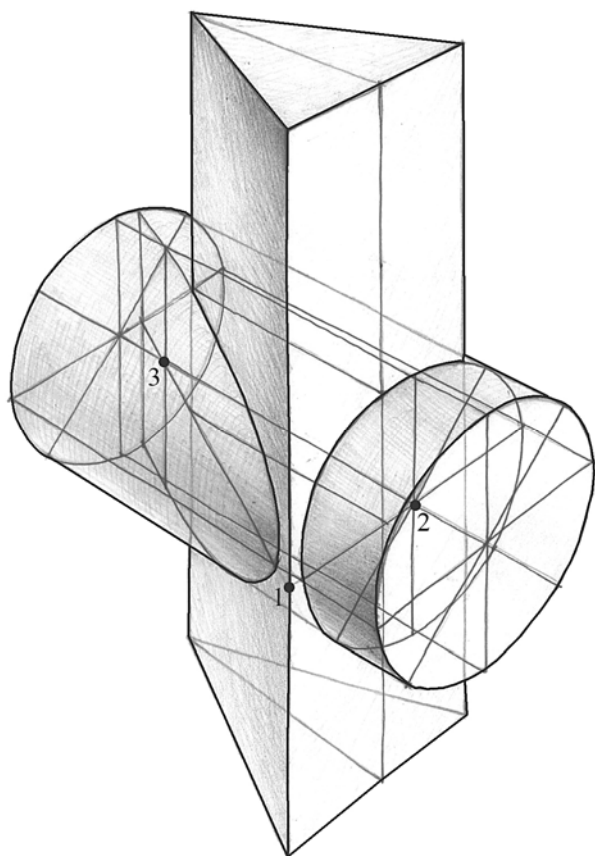


Рис. 1.15

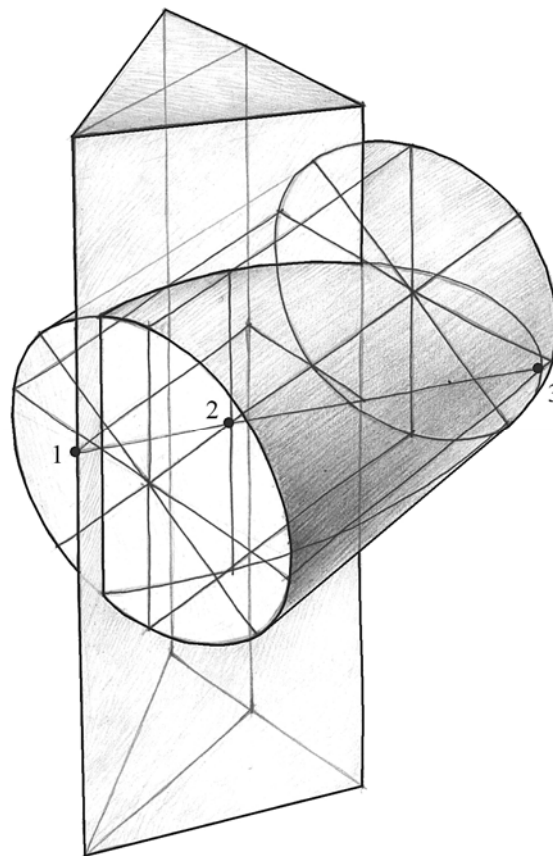


Рис. 1.16

Аналогично рассмотренным выше примерам строится пересечение цилиндра с горизонтальной треугольной равнобедренной призмой на рис. 1.17. Чтобы цилиндр выступал вперед, точка отсчета 1 берется на горизонтальном ребре призмы перед вертикальной образующей цилиндра. Из этой точки проводится вспомогательное треугольное сечение в вертикальной плоскости, отрезки которого становятся осями двух эллипсов: горизонтального и наклонного.

Горизонтальный эллипс формируется вокруг большего диаметра, проведенного через центральную ось цилиндра, и двух пар осей, которые связаны вертикальными образующими. Наклонный эллипс описывается вокруг точек, полученных в результате встречи двух пар осей (наклонной и горизонтальной) с вертикальными образующими цилиндра (точки 2–3 и 4). Наклонный эллипс выходит за границы невидимого основания цилиндра, поэтому в результате получается не точка, где завершается эллипс, а две точки, фиксирующие его ширину следом сечения (точки 5 и 6).

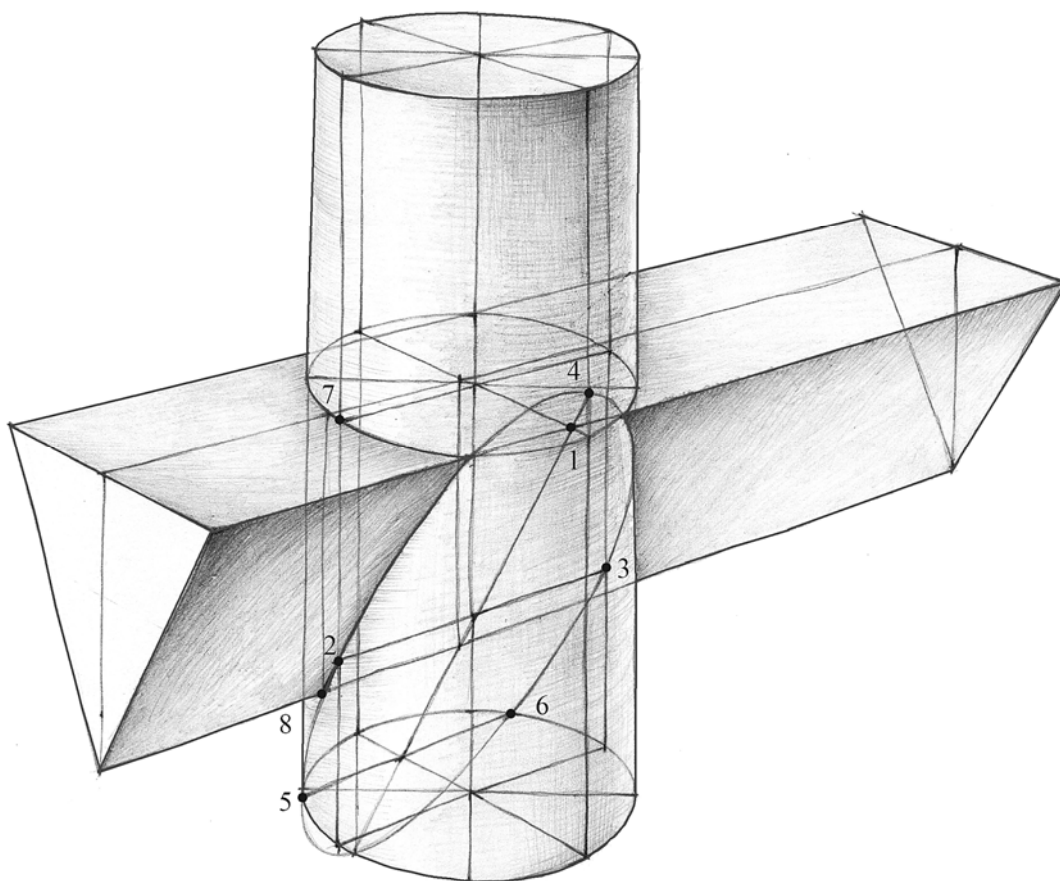


Рис. 1.17

При сечении цилиндра с гранеными геометрическими телами, имеющими в своем основании оси построения, необходимо учитывать, что это дает дополнительную связь между ними по прямой линии, условно называемой «вход–выход», т. е. должна быть взаимосвязь сечений в виде эллипсов между собой. На рис. 1.17 точкой «входа» (рядом с точкой 7) является место встречи центральной горизонтальной оси треугольной призмы с окружностью горизонтального эллипса сечения. Прямая линия, опускающаяся вниз до нижней грани многоугольника, задает точку «выхода». Именно в этой крайней точке 8 должны встретиться наклонная грань призмы и наклонный эллипс.

Такая же связь сечений происходит и на рис. 1.15. Только на этот раз прямая линия «вход–выход» принимает горизонтальное направление.

1.2.6. Сечение цилиндра различными плоскостями на примере врезки в шестиугольную призму

Врезка сразу с тремя плоскостями происходит при взаимодействии цилиндра с шестиугольной призмой (рис. 1.18). Все три эллипса сечения связаны между собой сечением шестиугольника в горизонтальной плоскости. Точка отсчета задается произвольно таким образом, чтобы был ясен конечный результат врезки: какое геометрическое тело (по желанию авто-

ра) будет выступать относительно другого. Здесь точка отсчета 1 задается ниже горизонтальной образующей цилиндра на вертикальном ребре шестиугольника. Это определяет, что впереди цилиндра будут выступать две грани многоугольника. Из точки 1 строится вспомогательное сечение в виде необходимого фрагмента шестиугольника, которое и становится осями для построения трех эллипсов: вертикального и двух в повороте от граней шестиугольной призмы. Рекомендуется строить первым вертикальный эллипс. Дополнительные оси для сечений эллипсов получаются в местах пересечения уже известных осей эллипсов с центральной осью цилиндра. Границы эллипсов определяются в местах пересечения осей с горизонтальными образующими цилиндра. Один из поворотных эллипсов выходит за пределы цилиндра. Благодаря полученному следу сечения существует возможность построения его фрагмента.

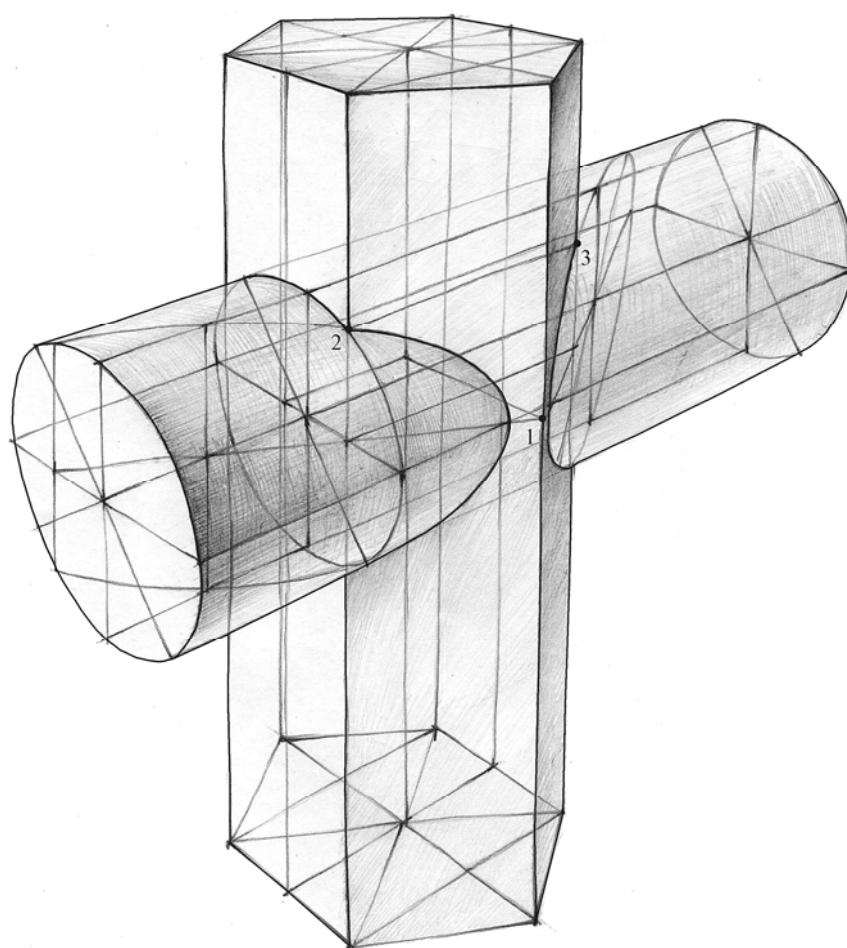


Рис. 1.18

Взаимосвязь трех эллипсов подчеркивается дополнительной связью по прямой горизонтальной линии «вход–выход». Точка «входа» лежит на пересечении двух вертикальных граней шестиугольной призмы с построенными первыми двумя сечениями (точка 2). В точке «выхода» третья грань многоугольника обязана встретиться с третьим сечением – эллипсом в повороте (точка 3).

1.2.7. Сечение цилиндра наклонными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

Двумя наклонными сечениями характеризуется врезка цилиндра с пятиугольной призмой, представленная на рис. 1.19. Произвольно задаваемая точка отсчета берется на грани геометрического тела по отношению к образующей цилиндра таким образом, чтобы предусмотреть выход на первый план цилиндра. Точка 1 находится перед вертикальной образующей тела вращения. Из точки привязки от вертикальной плоскости строится вспомогательное сечение в виде пятиугольника, от которого и происходят наклонные оси эллипсов, ограниченные точками на пересечении с образующими цилиндра (точки 2–3 и 4–5). В точках пересечения с вертикальной осью цилиндра проходят две горизонтальные оси эллипса, ограниченные в точках пересечения с образующими (точки 6–7 и 8–9).

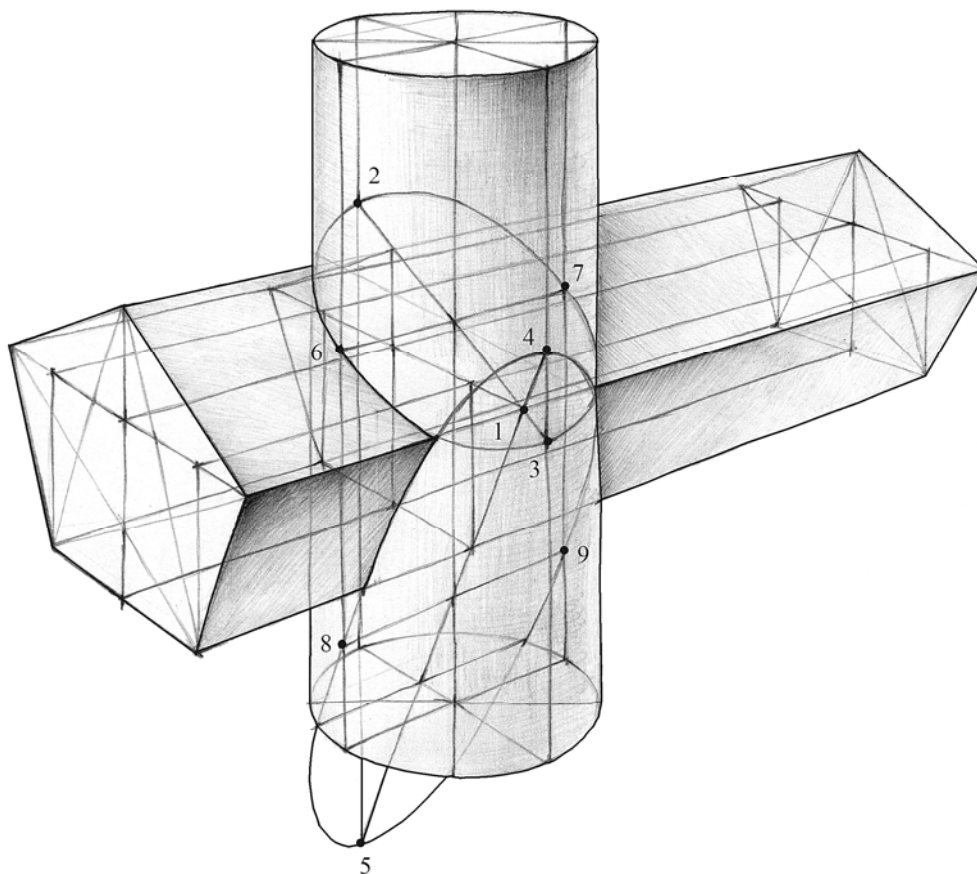


Рис. 1.19

1.2.8. Композиционный узел из цилиндра, треугольной и четырехугольной призмы

Наиболее интересными являются взаимодействия нескольких граничных геометрических тел, объединенных телами вращения. С помощью цилиндра создаются многочисленные тройные пересечения, например, с треугольной и четырехугольными призмами (как показано на рис. 1.20).

Первым сечением через выбранную точку 1 строится треугольник, от стороны которого выстраивается эллипс в повороте. Она, собственно, и является первой осью сечения, ограниченной в точках пересечения с горизонтальными образующими (точки 2–3). Вторая вертикальная ось проходит через точку пересечения первой оси с центральной осью цилиндра и ограничивается парными точками 4–5, также получаемыми в местах встречи с образующими.

Выбор места расположения второго сечения четырехугольной призмы в цилиндр задается произвольно, методом подбора. В результате пересечение горизонтально расположенного цилиндра вертикальной плоскостью дает эллипс, описанный вокруг большего диаметра и аналогичный основанию тела вращения. Необходимо напомнить о логике в построении степени раскрытия данного эллипса согласно законам линейной перспективы: его ширина должна быть больше, чем у видимого основания цилиндра, и меньше, чем ширина невидимого основания цилиндра. Момент соединения двух сечений в точке 6 определяет врезку граненых геометрических тел между собой.

1.2.9. Композиционный узел из цилиндра, шестиугольной и пятиугольной призмы

На рис. 1.21 два вертикальных многоугольника связываются между собой каскадом эллиптических сечений, принадлежащих горизонтальному цилиндру. Первой тройной связкой эллипсов строится взаимодействие цилиндра с шестиугольником. Построение сечений происходит по аналогии с вышерассмотренными примерами. Выбор точки отсчета задается на вертикальном ребре шестиугольника выше ближней горизонтальной образующей цилиндра (точка 1). Стороны полученного шестиугольного сечения, построенного из точки 1, становятся осями трех эллипсов и основой для их полного построения. В отличие от рис. 1.18 в данном примере эллипсы в повороте идут внахлест, выдвигая вперед цилиндр.

Для перехода к следующей связке поворотных эллипсов, образованных при взаимодействии цилиндра с пятиугольником, находится общая точка, связывающая сечения трех геометрических тел между собой. Она находится на вертикальной линии врезки шестиугольной и пятиугольной призм в месте пересечения с осью третьего сечения цилиндра с гранью шестиугольной призмы (точка 2). Через точку 2 методом подбора выстраивается сечение пятиугольника в горизонтальной плоскости, от сторон которого берет начало построение двух эллиптических сечений в повороте от граней пятиугольника. Обращаем внимание, что последнее сечение цилиндра в данном случае получается фрагментарным, и его ширина на выходе из тела вращения задается следом сечения.

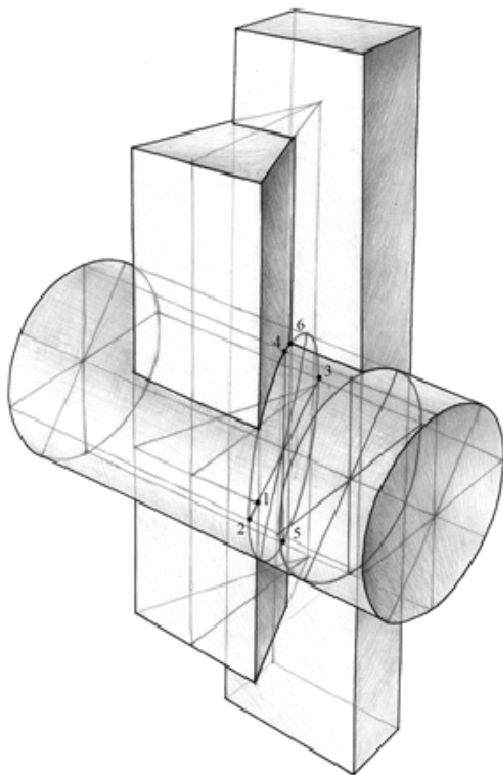


Рис. 1.20

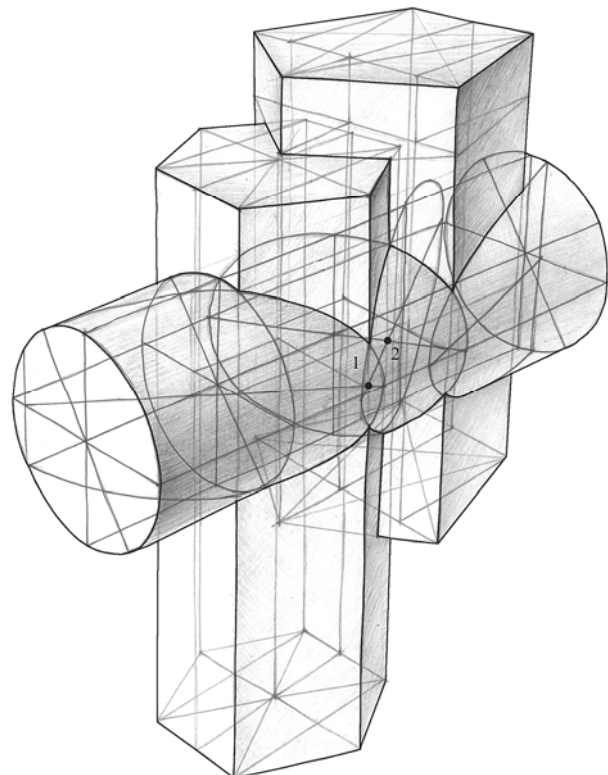


Рис. 1.21

1.2.10. Композиционный узел из цилиндра, треугольной и шестиугольной призмы

Вариант взаимодействия трех различных геометрических тел представлен на рис. 1.22. Рекомендуется начать рисунок с изображения цилиндра и шестиугольной призмы, после которого необходимо приступить к построению врезки между ними. От точки 1, выбранной на ребре шестиугольной призмы строится вертикальное сечение шестиугольника. Стороны сечения служат основой для дальнейшего построения трех эллипсов: горизонтального и фрагментов двух наклонных, так как они выходят за границы тела вращения. Здесь учитывается вертикальная связь между точкой «входа» верхнего ребра и точкой «выхода» нижнего ребра шестиугольной призмы из цилиндра (точки 2 и 3).

Прежде чем приступить к изображению треугольной равнобедренной призмы необходимо представить конечный результат. Рисунок призмы ведется от выбранного ее сечения от наклонной грани шестиугольного многоугольника. В результате наклонный треугольник (точки 4, 5 и 6) задает не только расположение, но и пропорции всей призмы. Ось следующего сечения треугольника от второй наклонной грани шестиугольника проходит через общую точку на грани секущей плоскости (точка 7). Врезка цилиндра с треугольной призмой начинается с выбранной точки 8, с которой начинается сечение треугольника в вертикальной плоскости. От стороны треугольника выстраивается фрагмент последнего наклонного эллиптического сечения.

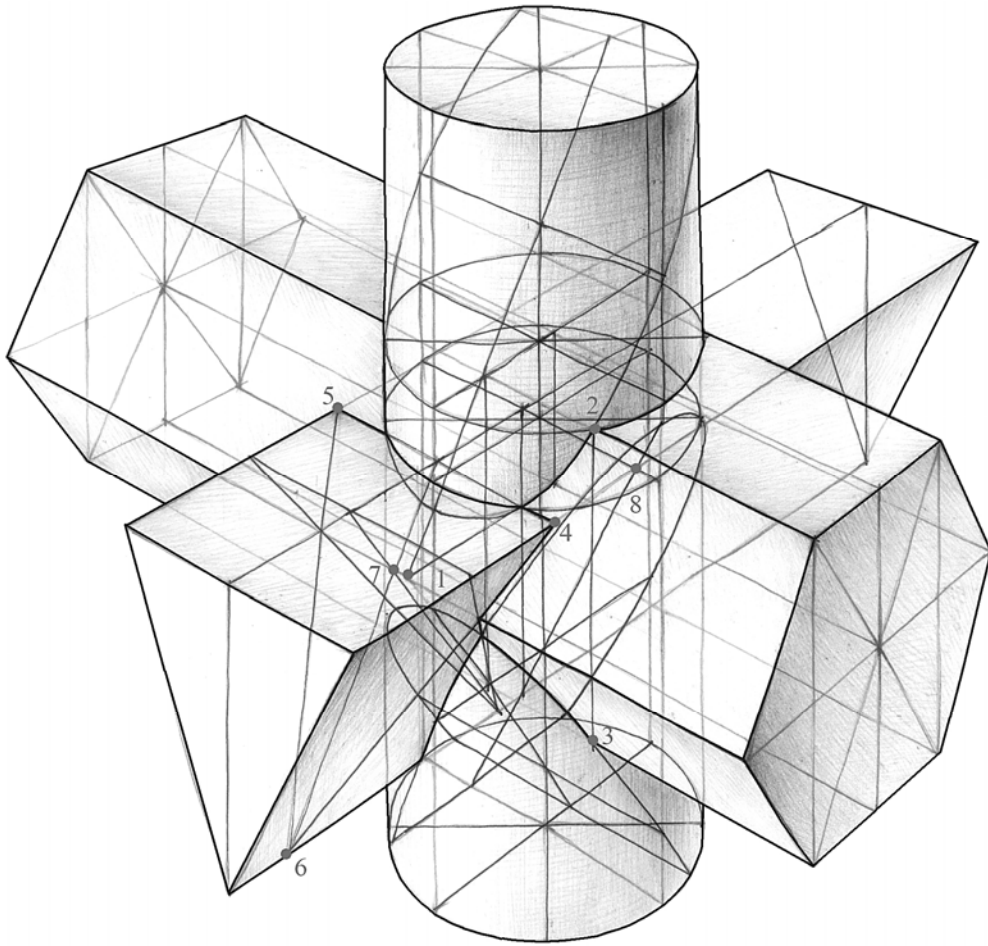


Рис. 1.22

1.2.11. Сечение цилиндра наклонными плоскостями на примере врезки в пирамиду с треугольным основанием

Двумя наклонными сечениями сопровождается взаимодействие цилиндра с треугольной пирамидой, оси которых параллельны ее наклонным граням (рис. 1.23). Из-за особенности геометрической формы треугольной пирамиды при врезке с цилиндром рекомендуется выводить ее на первый план. В соответствии с этим точка отсчета на обоих примерах рис. 1.23 берется на грани пирамиды за вертикальной или горизонтальной образующими цилиндра (точка 1). Построенные из точки 1 треугольники будут служить основанием для построения двух наклонных сечений в каждом случае соответственно, центры которых будут находиться в точке пересечения с осями цилиндров (точки 2 и 3). Оси сечений принимают направление средних линий и наклонных граней пирамид. Дополнительная связь между сечениями «вход–выход» осуществляется по прямой линии, т. е. «вход» геометрического тела с одной стороны будет соответствовать «выходу» с другой. Началом линии «вход» является точка пересечения апофемы пирамиды с уже построенным эллипсом первого сечения (точка 4). Данная линия построения продолжается до встречи с ребром пирамиды (точка 5). Именно через эту точку обязан пройти эллипс второго сечения.

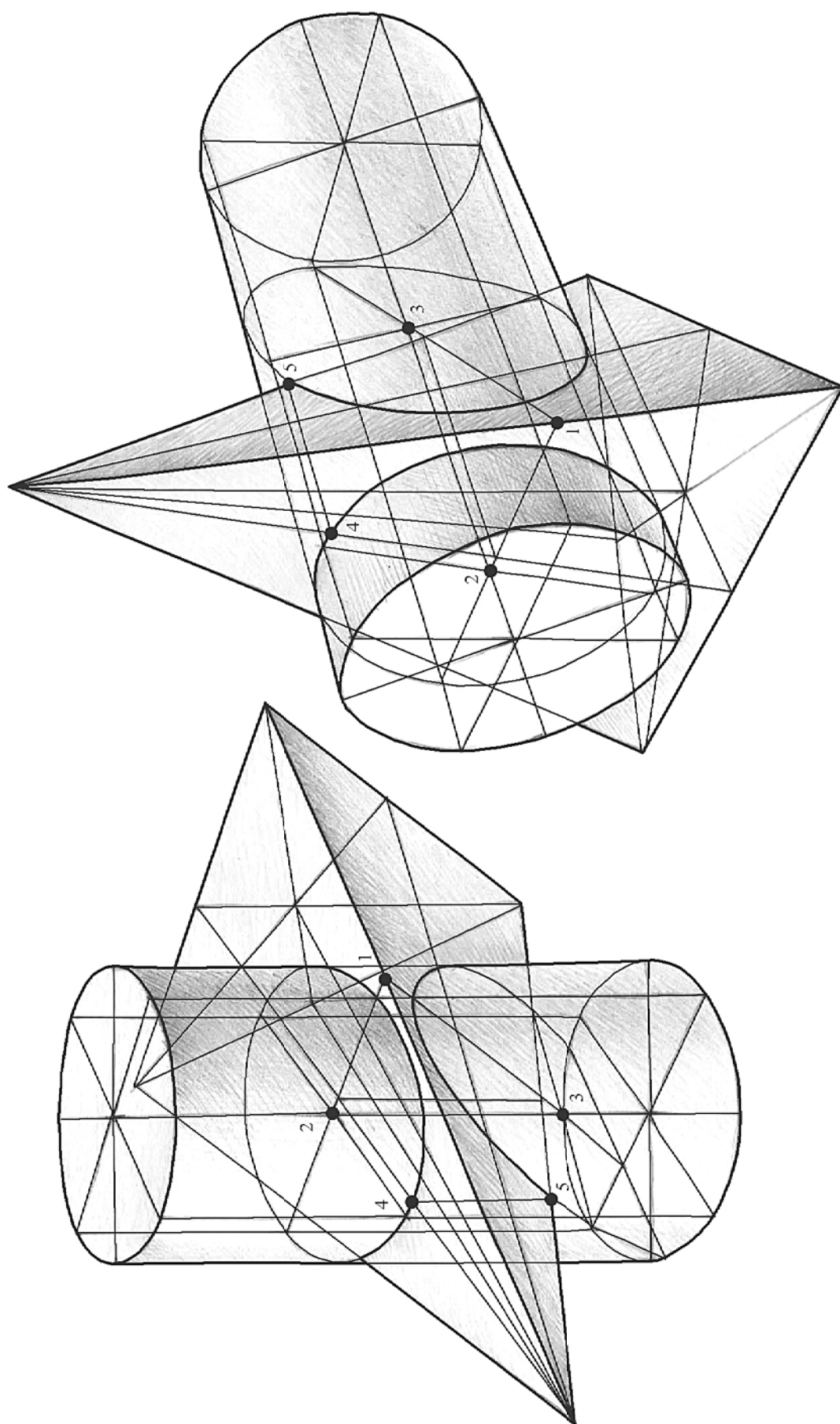


Рис. 1.23

2. ЦИЛИНДР С ЧЕТВЕРТНЫМ ВЫРЕЗОМ

2.1. Линейно-конструктивный рисунок цилиндра с четвертным вырезом

Цилиндр с четвертным вырезом – геометрическое тело, относящееся к телам вращения, т. к. его можно получить путем вращения прямоугольника вокруг одной из его сторон. Основаниями цилиндра являются окружности (рис. 2.1). Ось вращения цилиндра соединяет центры окружностей оснований и всегда перпендикулярна им. Особенности построения цилиндра сводится к изображению перспективы окружности (эллипса) равного диаметра с центрами на общей вертикальной или горизонтальной оси.

Построение эллипса и квадрата взаимосвязано между собой: эллипс вписывается в квадрат, и наоборот, квадрат описывается вокруг эллипса. Эллипс, вписанный в квадрат, строится по четырем характерным точкам, которыми он касается сторон квадрата. Две оси эллипса – бóльший и меньший диаметры – всегда перпендикулярны по отношению друг к другу. Вырез четверти цилиндра происходит только по осям, проходящим через центр основания и связанными с перспективой. В вертикальном эллипсе эти оси принимают вертикальное и горизонтальное направления, в горизонтальном эллипсе – только горизонтальное (рис. 2.2).

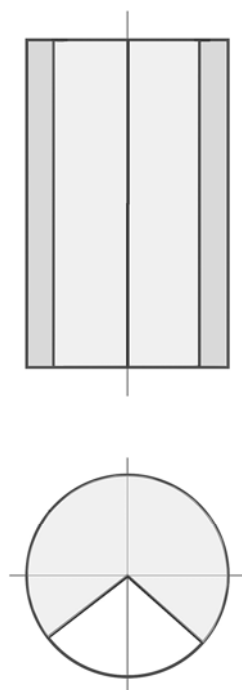


Рис. 2.1

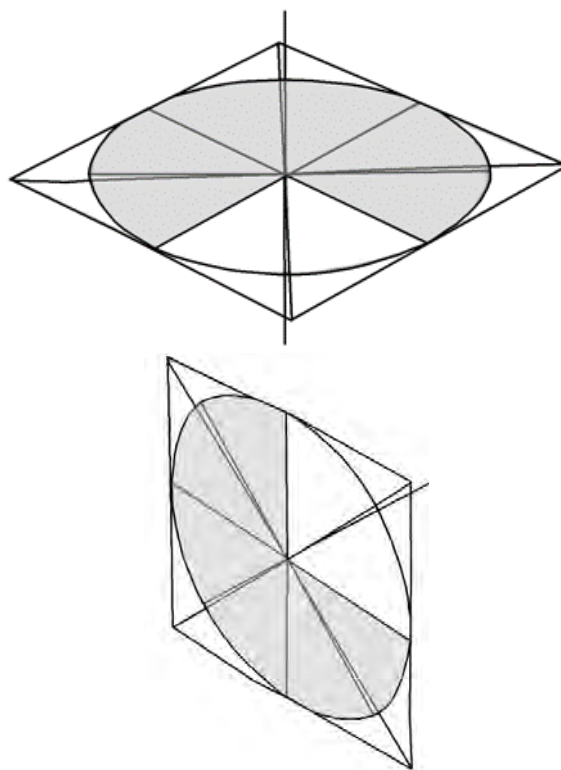


Рис. 2.2

2.1.1. Построение цилиндра с четвертным вырезом

Построение цилиндра с четвертным вырезом сводится к построению обычного цилиндра в вертикальном или горизонтальном положении, которое было рассмотрено выше. Отличием является то, что в четвертном цилиндре некоторые невидимые осевые линии и линии построения становятся видимыми.

Так в вертикальном цилиндре с четвертным вырезом в видимые ребра превращаются каждая из двух пар вертикальных образующих и соответствующие им оси основания. То же самое происходит с четвертным цилиндром в горизонтальном ракурсе, где видимыми ребрами делаются горизонтальные образующие. При этом внутри тела вращения появляются плоскости (рис. 2.3).

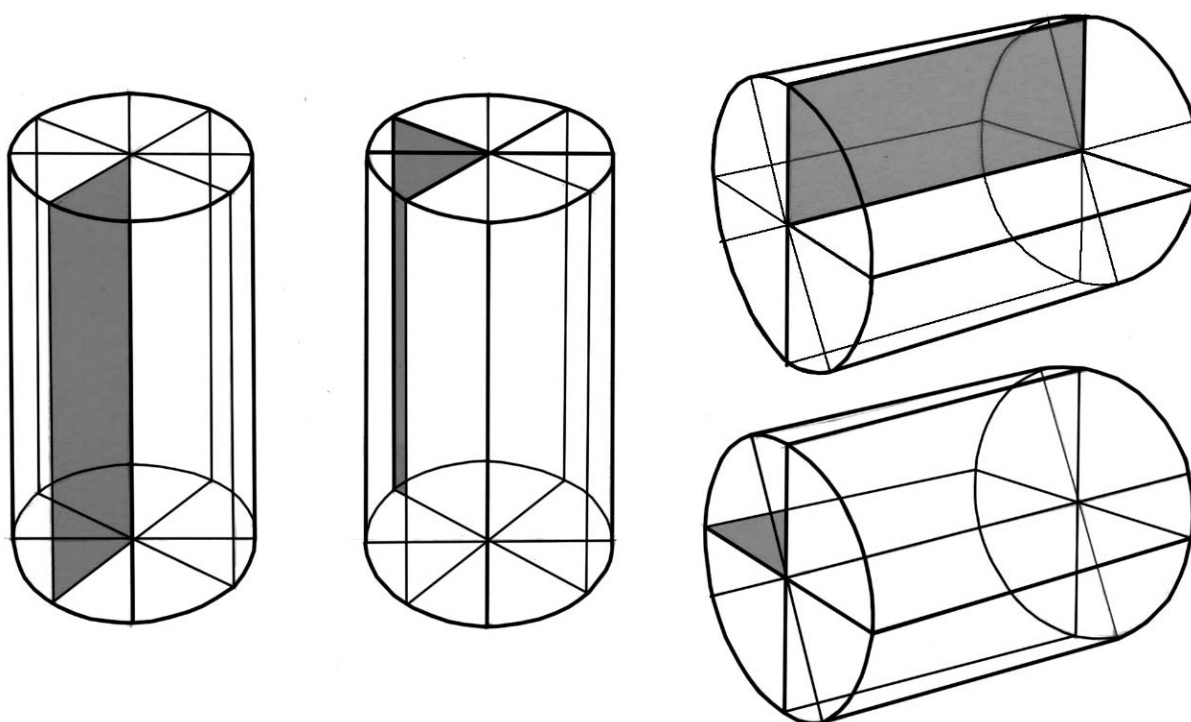


Рис. 2.3

2.2. Построение сечений цилиндра с четвертным вырезом

Для сечений цилиндра с четвертным вырезом справедливы все правила, связанные с построением сечений в обычном цилиндре. В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости в сечении получаются эллипс, прямоугольник или наклонный эллипс. Все сечения представляют собой взаимодействие друг с другом четырех точек, образующих две пары и ограниченными его образующими. Данные пары точек связаны между собой осями трехмерного пространства X , Y и Z . С учетом специфики

данного тела вращения сечения представляют собой сочетание криволинейных и прямолинейных линий. При построении эллиптических сечений в четвертном цилиндре выполняется следующее условие: сечения изображаются полностью как в полном цилиндре. Только после этого графически выделяются видимые плоскости и результат врезок.

2.2.1. Сечение цилиндра с четвертным вырезом вертикальной плоскостью на примере врезки в четырехугольную призму

Взаимодействие цилиндра с четырехугольной призмой представляет собой единственное сечение, рассмотренное на рис. 1.10. Аналогично ему выполняется врезка, при которой цилиндр заменяется цилиндром с четвертным вырезом (рис. 2.4). Выбор точки отсчета сечения связан с необходимым получаемым результатом. В данном случае – это точка 1 на горизонтальном ребре цилиндра с четвертным вырезом, взятая сразу за вертикальным ребром призмы, ближним к зрителю. Такой выбор задает положение цилиндра с четвертным вырезом, выступающее на первый план относительно призмы. Из точки 1 начинается построение вертикального эллипса и определение его центра с дальнейшим проведением большего диаметра перпендикулярно горизонтальной оси цилиндра. Не следует забывать о равномерности раскрытия эллипсов (невидимый эллипс всегда шире видимого), которое можно проверить простым измерением. После построения врезки графически выделяется четвертной вырез цилиндра вместе с полученным результатом.

2.2.2. Сечение цилиндра с четвертным вырезом наклонной плоскостью на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

На рис. 2.5 наклон треугольной прямоугольной призмы задает направление эллиптического сечения, которое выходит за пределы тела вращения и в результате сечение получается в виде фрагмента. Из выбранной точки 1 проводятся вертикальная и горизонтальная линии, которые и задают место врезки призмы в горизонтальное основание тела вращения и ее выход из вертикальной плоскости цилиндра с четвертным вырезом. Из точки пересечения оси эллипса основания и следа сечения начинается ось наклонного эллипса (точка 2). Она пройдет до точки 3 – места пересечения с вертикальным ребром цилиндра. Вторая ось наклонного эллипса находится на пересечении с вертикальной осью тела вращения (точка 4). Она дает пару точек, лежащих на пересечении с образующими. По полученным точкам описывается наклонный эллипс и графически выявляется его видимая часть.

Таким образом, только при взаимодействии тел вращения с наклонными плоскостями образуются фрагменты наклонных эллиптических сечений. Связано это с возможным выходом осей сечений за пределы геометрического тела.

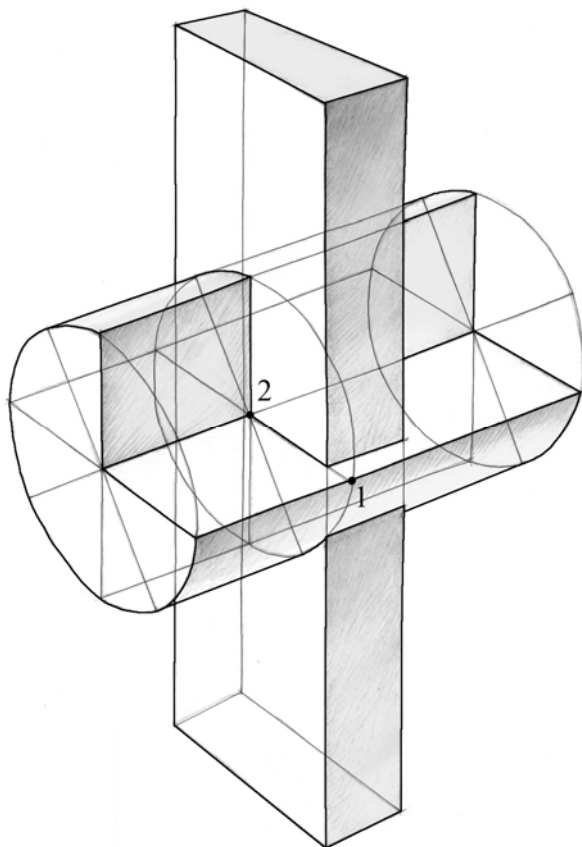


Рис. 2.4

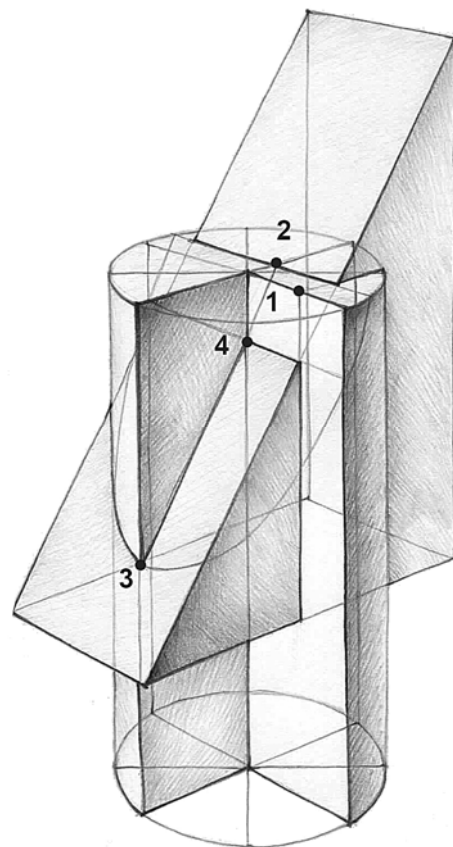


Рис. 2.5

2.2.3. Сечение цилиндра с четвертным вырезом вертикальной и поворотной плоскостями на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

На рис. 2.6 и рис. 2.7 представлено взаимодействие треугольной равнобедренной призмы с цилиндром с четвертным вырезом. В обоих случаях вперед выступает тело вращения. Для этого точка отсчета на вертикальном ребре призмы задается выше образующей ребра цилиндра с четвертным вырезом (точка 1). После завершения врезок графически подчеркивается результат, при котором выделяются оси построения эллипсов, ставшие видимыми линиями.

На рис. 2.6 через точку 1 строится равнобедренный треугольник, одна из сторон которого становится осью эллипса в повороте. Через центр сечения (точка 2) проводится недостающая вертикальная ось эллипса.

На рис. 2.7 после построения треугольника из точки 1 строится два сечения. От вертикальной плоскости призмы, направленной в перспективу, задается эллипс с центром в точке 2 с диаметром, перпендикулярным оси цилиндра. От плоскости призмы в повороте выстраивается фрагмент эллипса с центром в точке 3 и последующим проведением через него вертикальной оси. Два эллиптических сечения связываются через точку «входа» (точка 4) по горизонтальной линии к точке «выхода» (точка 5).

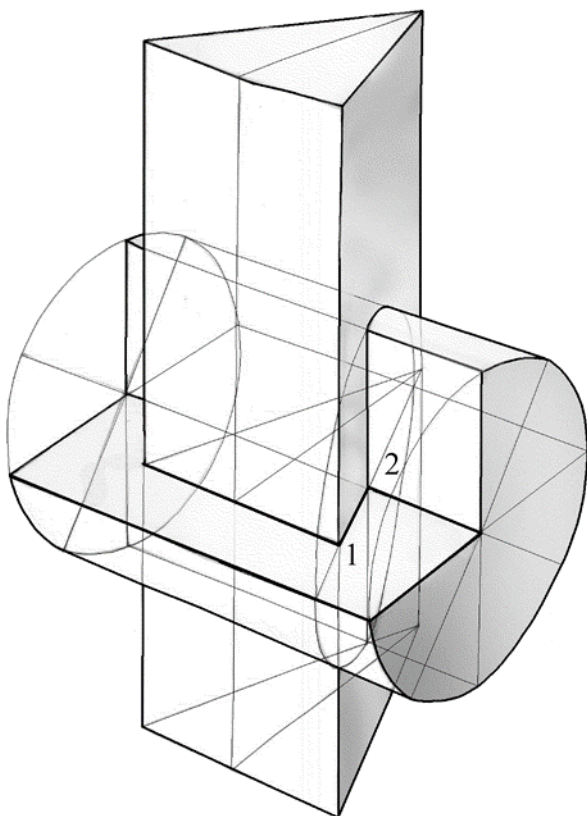


Рис. 2.6

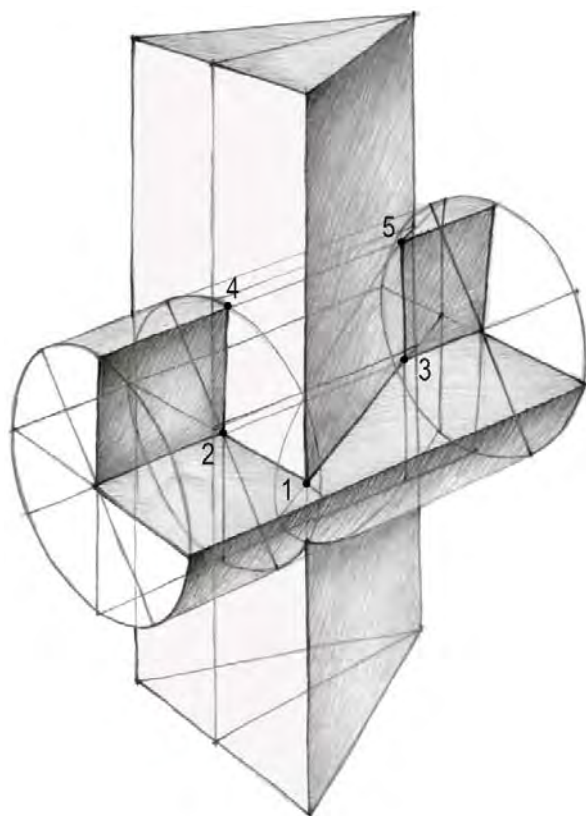


Рис. 2.7

2.2.4. Сечение цилиндра и цилиндра с четвертным вырезом наклонными плоскостями на примере врезки в пирамиду с квадратным основанием

Два взаимосвязанных фрагмента эллиптических сечений, оси которых выходят за пределы тела вращения, получаются при взаимодействии цилиндра с четвертным вырезом и пирамиды. На рис. 2.8 показано сечение пирамиды в цилиндр, а на рис. 2.9 аналогичное сечение пирамиды в цилиндр с четвертным вырезом.

Первым сечением в обоих случаях являются квадраты, произвольно задаваемые лежащими на основании цилиндра. Далее из точек пересечения осей верхнего основания цилиндра со сторонами квадрата проводятся наклонные оси сечений эллипсов параллельно апофемам пирамиды (точки 1 и 2). Наклонные оси доходят до вертикальных образующих на рис. 2.8 и до вертикальных ребер цилиндра с четвертным вырезом на рис. 2.9 (точки 3 и 4). На рис. 2.9 одна из наклонных осей при пересечении с центром цилиндра (точка 5) дает дополнительную пару точек, позволяющую построить ширину наклонного эллипса. После построения наклонных эллипсов графически показываются результаты сечений.

На рис. 2.10 через произвольно выбранную точку 1 строится наклонный эллипс, одна ось которого принимает горизонтальное направление, а вторая становится параллельна апофеме пирамиды.

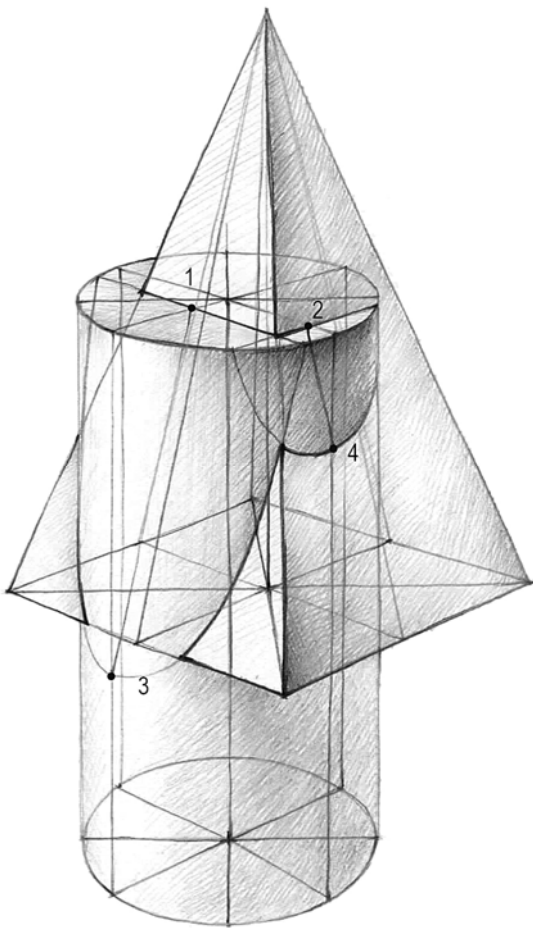


Рис. 2.8

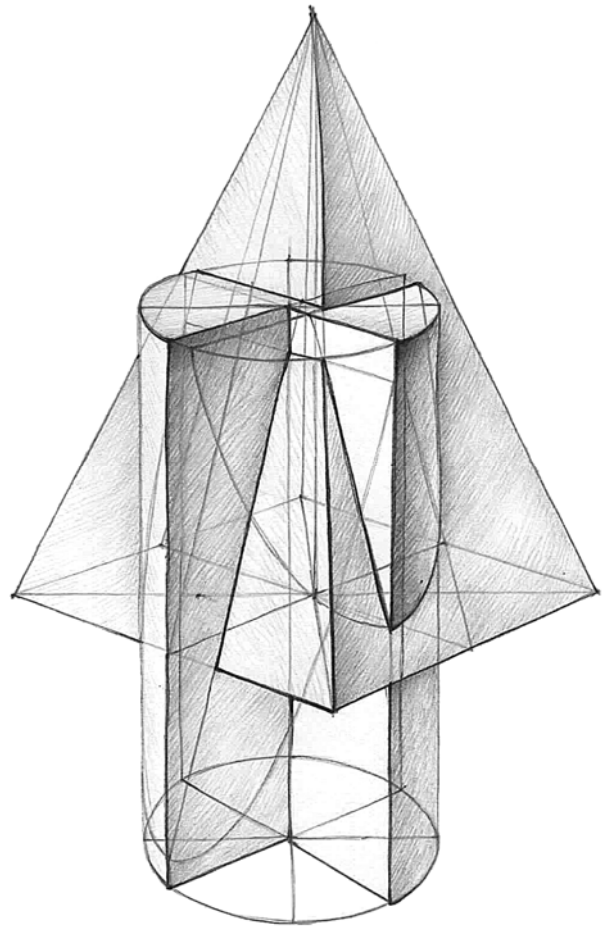


Рис. 2.9

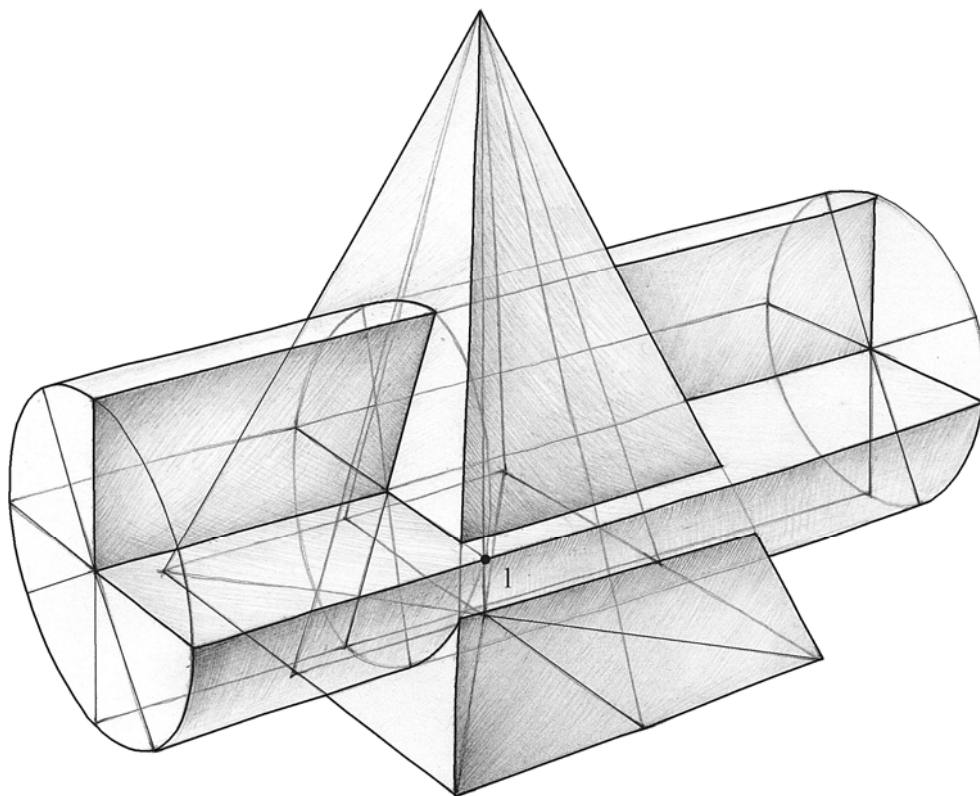


Рис. 2.10

2.2.5. Сечение цилиндра с четвертным вырезом поворотными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

На рис. 2.11 взаимодействие цилиндра с четвертным вырезом с пятиугольной призмой формируется тремя поворотными сечениями. Аналогичное взаимодействие пятиугольника с телом вращения было рассмотрено на рис. 1.19. Точка отсчета сечения (точка 1) берется на грани многоугольника выше горизонтального ребра цилиндра с четвертным вырезом. Из точки 1 в горизонтальной плоскости строится сечение пятиугольника, линии которого становятся частью изменяющихся поворотных осей сечений цилиндра. Данные оси проходят через центральную ось цилиндра и в этих точках (точки 2, 3 и 4) задают построение вертикальных осей в эллипсах сечений. После прорисовки эллипсов графически передается результат врезки.

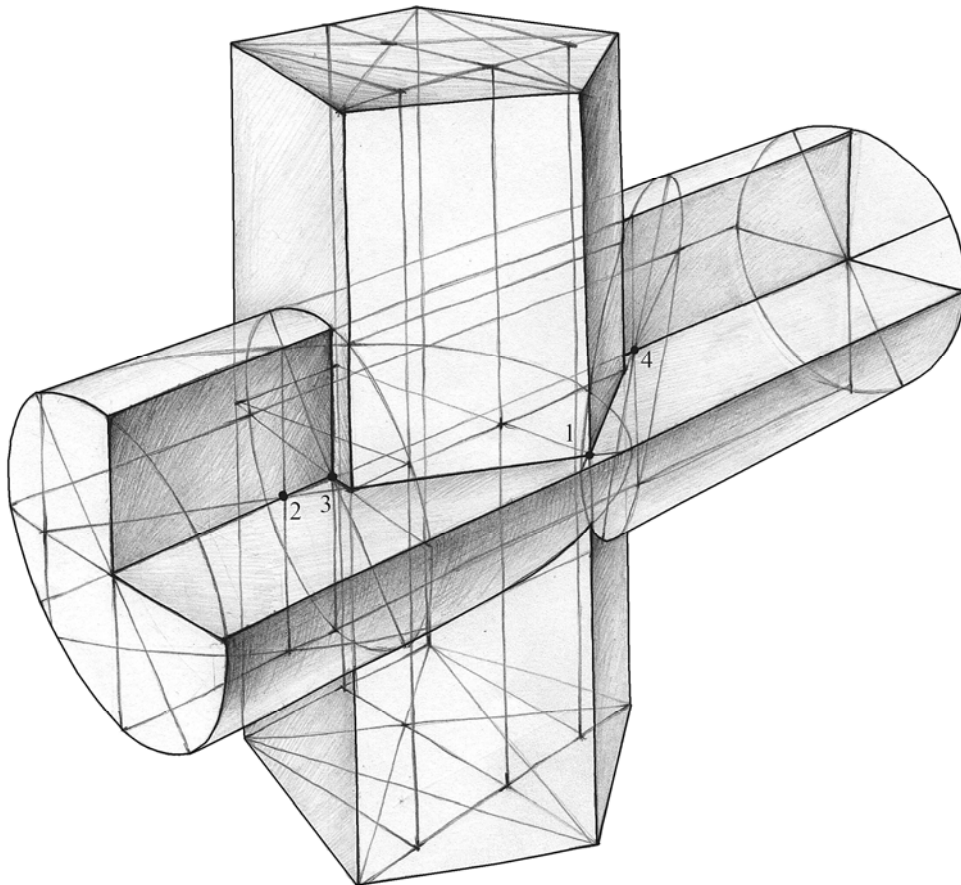


Рис. 2.11

2.2.6. Сечение цилиндра с четвертным вырезом горизонтальной и наклонными плоскостями на примере врезки в шестиугольную призму

Построение врезки шестиугольной призмы в тело вращения начинается с выбора точки отсчета сечения на горизонтальном ребре многоугольника за вертикальным ребром цилиндра с четвертным вырезом (точка 1).

Из данной точки в вертикальной плоскости строится вспомогательное сечение шестиугольника, которое дает начало построению трем эллиптическим сечениям. Первое в виде горизонтального эллипса основывается на прорисовке большего диаметра, который является его осью симметрии, и перспективных осей, проходящих через центр цилиндра (точка 2). Второе и третье сечения являются наклонными. Их центры (точки 3 и 4) находятся на продолжении наклонных линий вспомогательного сечения. Через точки 3 и 4 проходят в перспективу недостающие оси сечений, задающие ширину эллипсов (рис. 2.12). При врезке любого геометрического тела в цилиндр с четвертным вырезом выбранные образующие и оси сечений становятся гранями.

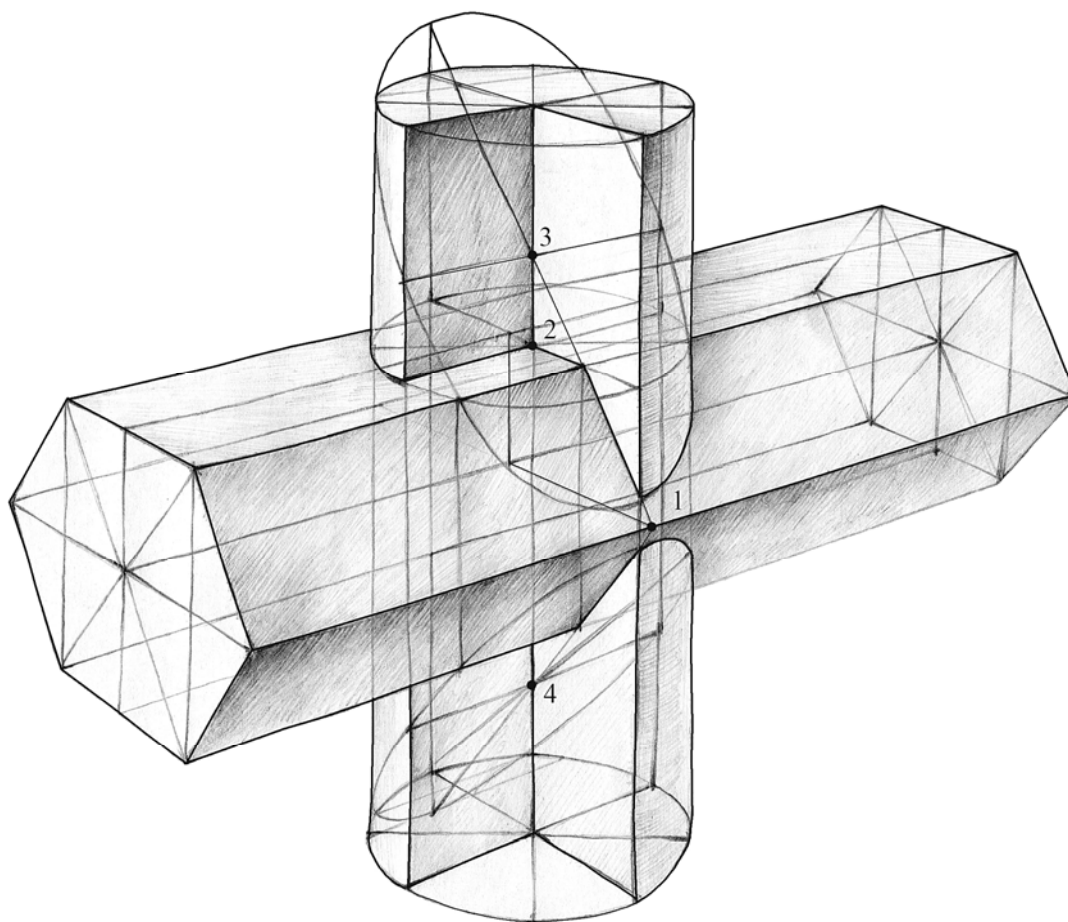


Рис. 2.12

2.2.7. Композиционные узлы из цилиндра с четвертным вырезом, пирамиды с квадратным основанием и треугольной прямоугольной призмы

Составление композиционного узла из трех и более геометрических тел является сложной задачей. Здесь требуется одновременно предусмотреть точность взаимодействия всех компонентов и на каждом этапе построения видеть конечный результат.

На рис. 2.13 первыми геометрическими телами для удобства изображения появляются цилиндр с четвертным вырезом и пирамида. Из точки 1, взятой таким образом, чтобы ребро пирамиды выступало вперед, строится эллипс, одна ось которого идет вертикально, а вторая – становится параллельной апофеме. Треугольная прямоугольная призма появляется после прорисовки следа сечения (линия от точки 2 к точке 3), который выбирается произвольно и опоясывает собой два уже построенных геометрических тела. Далее задается ребро треугольной призмы таким образом, чтобы оно пересекало цилиндр и пирамиду по замыслу автора как показано на рис. 2.13.

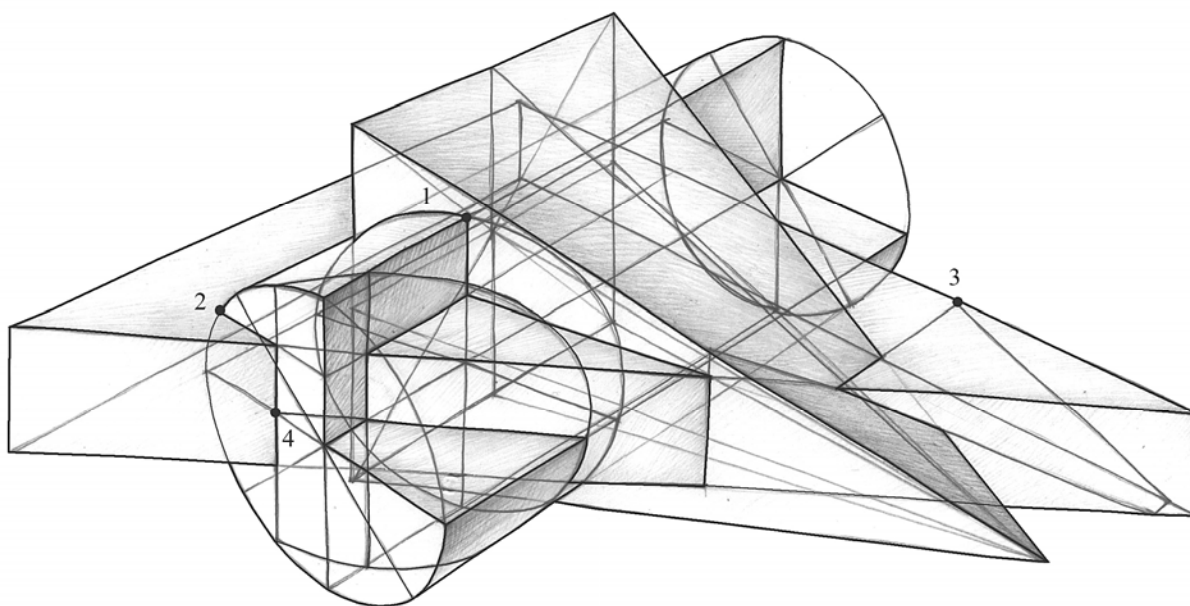


Рис. 2.13

После появления последнего в данном композиционном узле геометрического тела – треугольной прямоугольной призмы – остается построить два сечения. Одним из них является фрагмент эллипса в повороте, являющийся результатом взаимодействия цилиндра с прямоугольной треугольной призмой. Ось эллипса берет свое начало из точки 4. Второе сечение представляет собой наклонный треугольник, ось которого параллельна апофеме пирамиды и проходит через точку 3.

На рис. 2.14 и 2.15 после изображения цилиндра с четвертным вырезом и пирамиды строится их пересечение. Первым сечением выступает квадрат, полученный от связи пирамиды с основанием цилиндра, представленной вертикальной плоскостью. Квадрат проводится через точку 1 таким образом, чтобы ребро пирамиды выступало вперед. Каждая из сторон квадрата в вертикальной и горизонтальной плоскости служит основанием для построения фрагментов двух наклонных эллипсов, оси которых – видимые линии – параллельны каждой своей апофеме пирамиды.

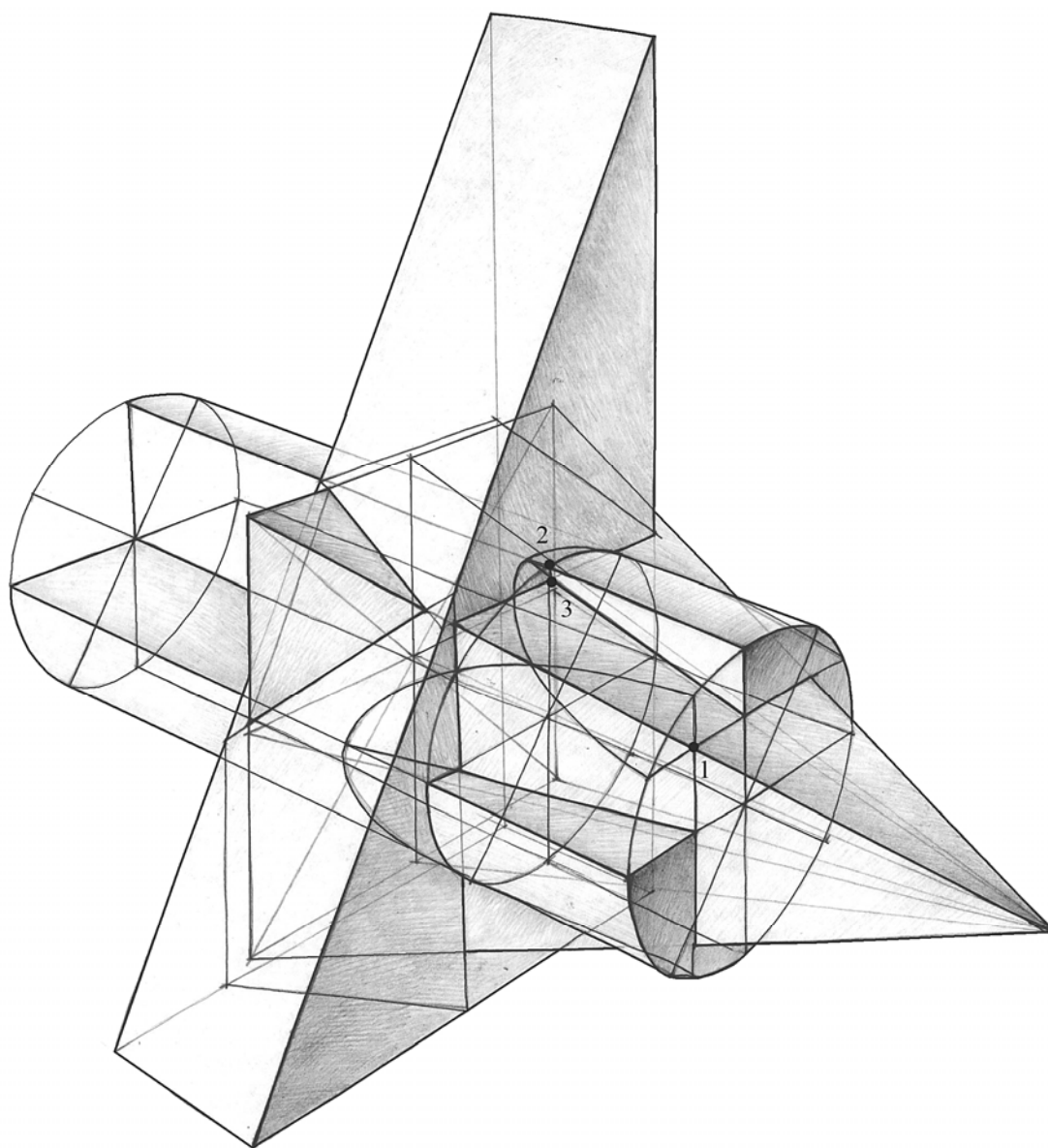


Рис. 2.14

До появления в композиционном узле третьего геометрического тела – треугольной прямоугольной призмы – рекомендуется первоначально построить ее сечение, а потом подобрать наклон. Это сечение представляет вертикальный эллипс с большим диаметром, перпендикулярным центральной оси цилиндра, и проводится от точки 2. В точке соединения двух пересечений (точка 3) появляется второй квадрат как результат взаимодействия пирамиды с вертикальной плоскостью еще не построенной треугольной призмы.

На рис. 2.14 наклонное ребро проводится так, чтобы вперед пирамиды выступала треугольная призма, на рис. 2.15 – наоборот, впереди оказывается ребро пирамиды.

Последнее построение сечений связано со взаимодействием треугольной призмы с пирамидой. Они представляют собой фрагменты двух наклонных треугольников. Оси этих сечений параллельны апофемам пира-

миды, к плоскостям которых они относятся, а свое начало они берут от сторон квадрата. Результат врезки на рис. 2.14 и 2.15 различен, несмотря на то, что построение одинаково, что показывает важность выбора точки отсчета сечения.

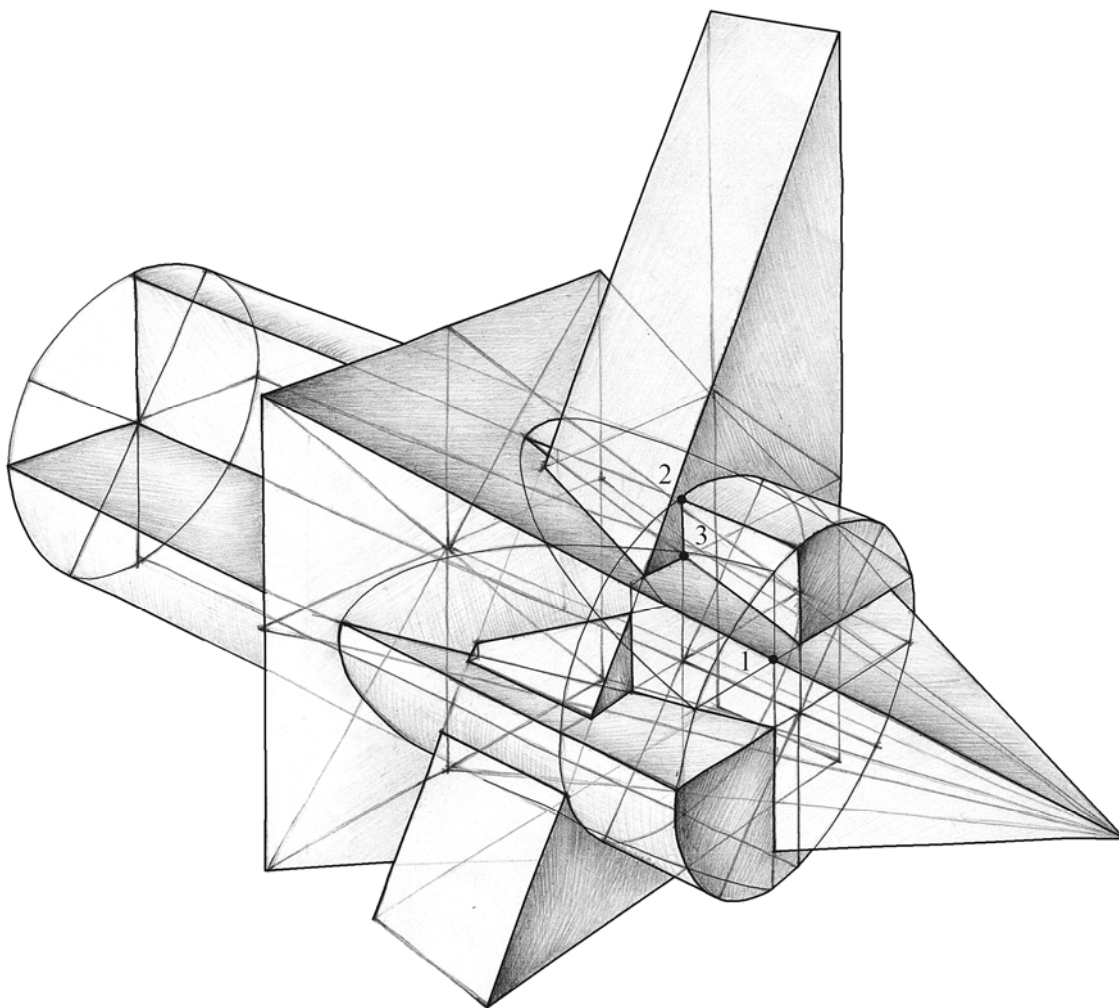


Рис. 2.15

2.2.8. Композиционный узел из цилиндра с четвертным вырезом и двух треугольных призм

Композиционный узел на рис. 2.16 начинается с изображения двух геометрических тел: цилиндра с четвертным вырезом и треугольной равнобедренной призмы. Аналогичная врезка между ними была рассмотрена на рис. 1.17. Отличие состоит в разном выборе точки отсчета и появлении четвертного выреза в цилиндре. Здесь точка отсчета (точка 1) взята таким образом, что впереди оказывается ребро треугольной призмы.

В случае появления в композиционном узле треугольной прямоугольной призмы рекомендуется всегда начинать построение с ее предполагаемого сечения, которое определяет в конечном итоге расположение геометрического тела относительно двух других. След сечения в виде вер-

тикальных и горизонтальных линий опоясывает собой цилиндр и треугольную равнобедренную призму от точки 2 к точке 3. Далее задается наклонное ребро будущей треугольной прямоугольной призмы в соответствии с замыслом автора.

Треугольная прямоугольная призма соединяется с цилиндром сечением, которое представляет собой фрагмент наклонного эллипса, ось которого проходит через точку пересечения горизонтальной линии врезки в основание цилиндра и его горизонтальной оси (точка 4). Второе сечение в виде фрагмента наклонного равнобедренного треугольника образуется при взаимодействии треугольной равнобедренной призмы с наклонной плоскостью треугольной прямоугольной призмы. Ось берет начало в точке 5.

2.2.9. Композиционный узел из цилиндра с четвертным вырезом, пирамиды с квадратным основанием и треугольной прямоугольной призмы

На рис. 2.17 первыми геометрическими телами изображаются цилиндр с четвертным вырезом и пирамида с квадратным основанием. Аналогичная врезка рассматривалась на рис. 2.9, при которой от заданного квадрата в продолжении сечения через точку 2 проводится параллельно апофеме линия и в точке пересечения с ребром пирамиды получается ее выступ из четверти цилиндра.

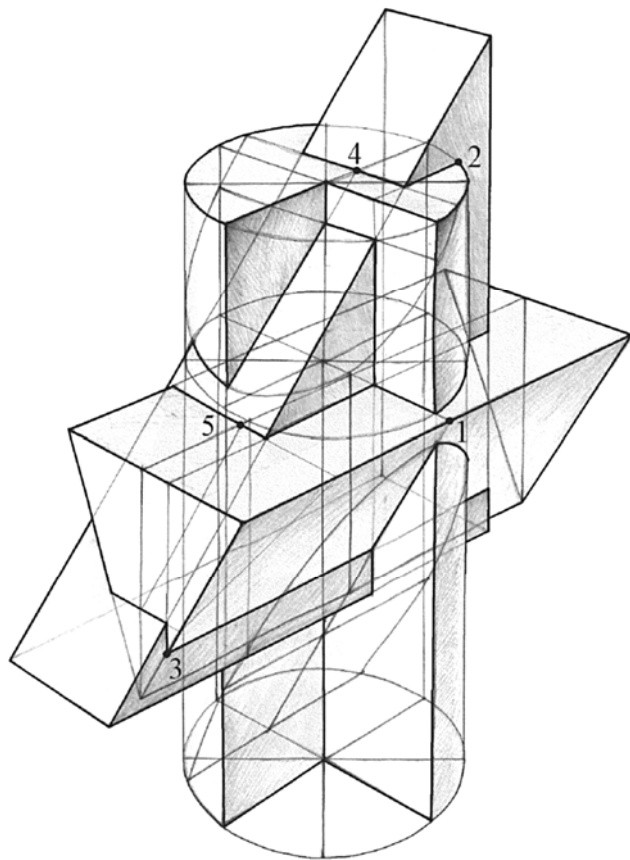


Рис. 2.16

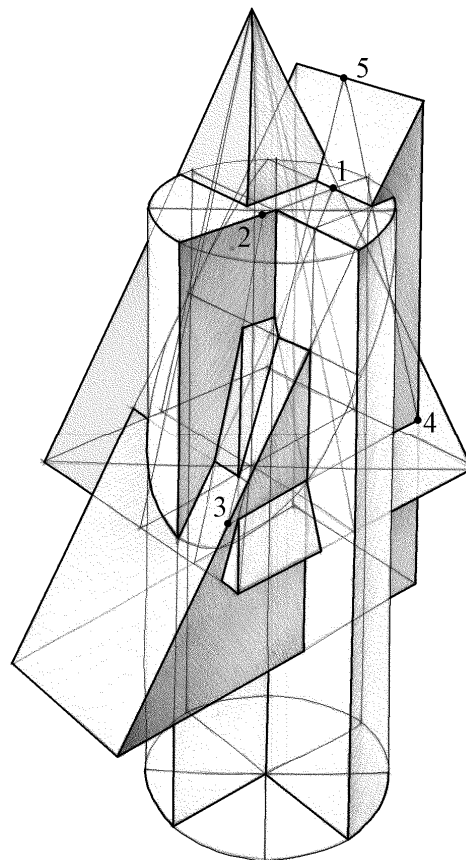


Рис. 2.17

Треугольная прямоугольная призма строится по следу сечения. Он охватывает как цилиндр с четвертным вырезом, так и пирамиду. При этом обращается внимание на проведение ближнего наклонного ребра призмы, от которого зависит конечный результат врезки.

После появления в композиционном узле треугольной прямоугольной призмы остается сделать врезку. Сначала выполняется пересечение призмы с цилиндром с четвертным вырезом. Результатом взаимодействия становится фрагмент наклонного эллипса. Ось эллипса берет свое начало из точки пересечения горизонтальной линии врезки в основание цилиндра и его горизонтальной оси (точка 1). Далее рассматривается пересечение треугольной призмы с пирамидой, где результатом взаимодействия является фрагмент наклонного треугольника. Основанием треугольника становится горизонтальная линия выхода пирамиды из треугольной призмы (точки 3 и 4). Из точки 4 проводится наклонная ось, параллельная апофеме пирамиды, до вершины треугольного сечения (точка 5).

3. КОНУС

3.1. Линейно-конструктивный рисунок конуса

Конус – геометрическое тело, относящееся к телам вращения. Его ортогональные проекции представляют собой треугольник и окружность (рис. 3.1). Коническая поверхность конуса образуется путем вращения прямоугольного треугольника вокруг своего катета, который и будет осью конуса. Основанием конуса служит эллипс, поверхность которого образована замкнутой направляющей. Вершина конуса находится на оси перпендикулярной основанию и проходящей через его середину. Своим островерхим завершением конус созвучен пирамиде и этим отличается от других тел вращения, а также граненых и комбинированных геометрических тел. Поэтому при изображении конуса в композиции из геометрических тел не рекомендуется врезать его вершиной или перекрывать эту вершину другими телами из-за потери основной характеристики геометрии конуса. Положение конуса в пространстве характеризуется направлением его вершины по трехмерным осям X , Y , и Z (рис. 3.2).

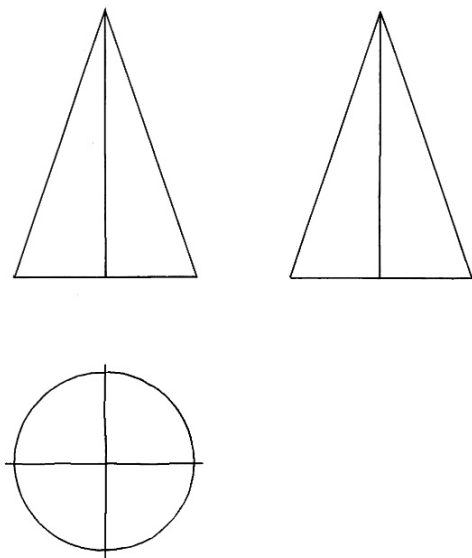


Рис. 3.1

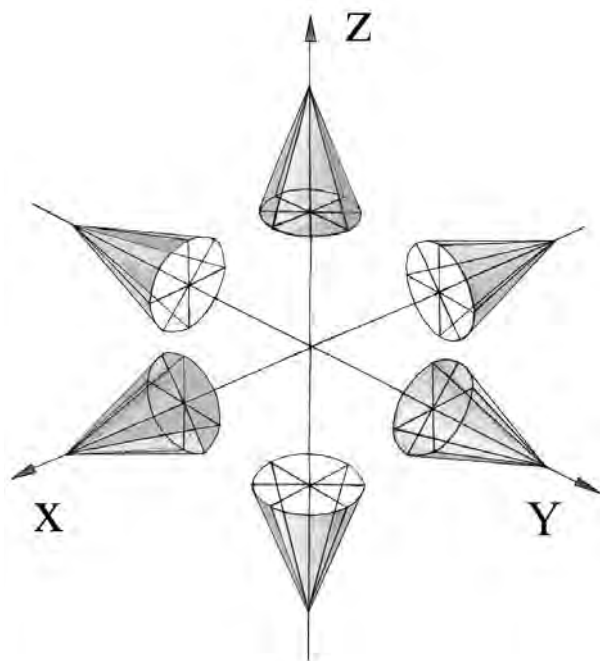


Рис. 3.2

3.1.1. Построение конуса в вертикальном положении

1. Построение вертикального конуса начинается с вертикальной линии – оси – и перпендикулярной ей горизонтальной линии – большого диаметра эллипса основания. Далее выстраивается горизонтальный эллипс. Продольный радиус эллипса R всегда имеет одинаковые стороны относительно центра.

2. Изображение эллипса связано с теми же принципами построения горизонтальных эллипсов, которые были рассмотрены раньше (раздел 1.1.1). Правильное определение степени раскрытия эллипса позволяет найти две фиксированные точки поперечного радиуса. Радиус, расположенный за центром конуса r_1 , будет меньше r_2 , расположенного перед центром.

3. На вертикальной оси конуса задается произвольная точка его вершины. Из нее проводим две касательные к эллипсу, которые будут крайними очерковыми образующими конуса.

4. Завершает рисунок конуса проведение осей в перспективу, проходящих через центр эллипса его основания. Точки пересечения осей с эллипсом соединяются с вершиной. Парные образующие конуса будут необходимы для дальнейшего построения сечений. По сути, они сами являются сечениями конуса вертикальными плоскостями, проходящими через центр его основания (рис. 3.3).

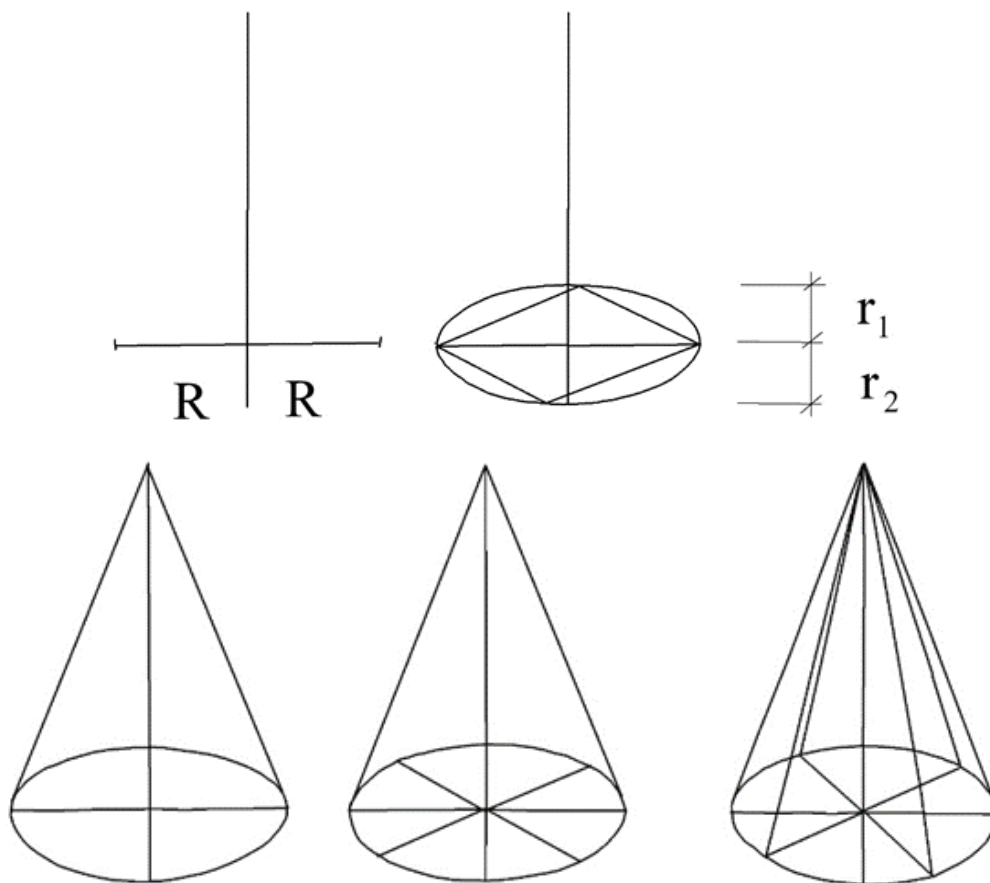


Рис. 3.3

3.1.2. Построение конуса в горизонтальном положении

1. Построение горизонтального конуса в перспективе начинается с горизонтальной оси, направленной в перспективу, и перпендикулярного к ней большего диаметра эллипса основания, на котором задается равно-сторонний радиус R .

2. При построении основания конуса необходимо руководствоваться теми же принципами построения вертикальных эллипсов, которые были рассмотрены раньше (раздел 1.1.3). Вписанный условный квадрат определяет две недостающие точки поперечного радиуса r_1 и r_2 для изображения эллипса ($r_1 < r_2$).

3. На горизонтальной оси конуса фиксируем вершину. Из вершины конуса проводим две касательные к эллипсу, которые будут крайними очерковыми образующими конуса.

4. Завершая рисунок, строим вертикальное и горизонтальное сечения конуса двумя перпендикулярными плоскостями. Проводим вертикальную и горизонтальную оси через центр его основания и соединяем полученные точки с вершиной конуса. Парные образующие конуса будут необходимы для дальнейшего построения сечений (рис. 3.4).

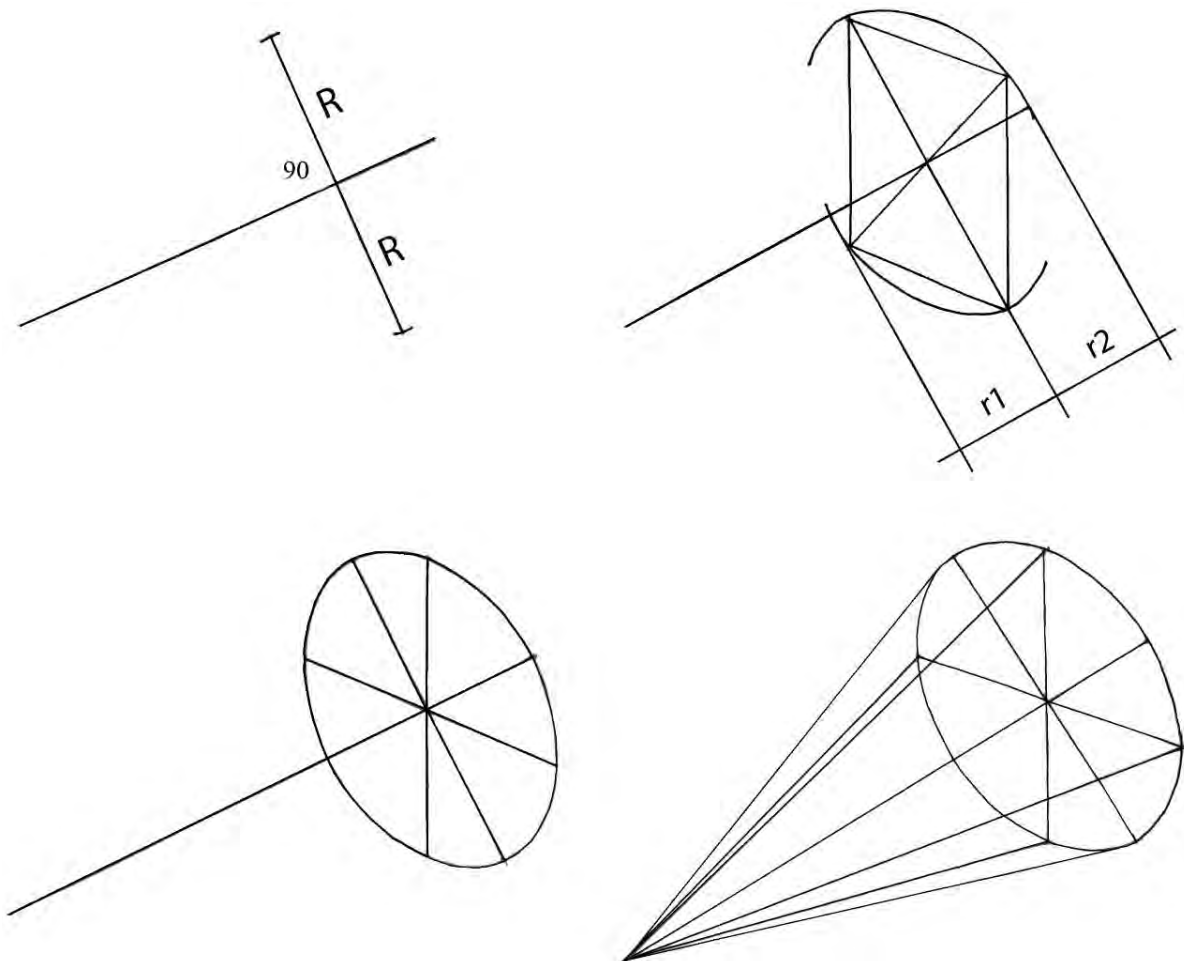


Рис. 3.4

3.2. Построение сечений конуса

В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости, проходящей через конус, в сечении могут получаться следующие плоские фигуры:

- 1) эллипс;
- 2) гипербола;
- 3) треугольник;
- 5) наклонный эллипс;
- 6) парабола.

1. Сечение конуса **горизонтальной (вертикальной) плоскостью параллельной его основанию** представляет собой эллипс (рис. 3.5). Согласно законам перспективы секущие эллипсы конуса изменяются по степени раскрытия: горизонтальные эллипсы расширяются по мере удаления от линии горизонта, вертикальные эллипсы – по мере приближения к линии горизонта. Эллипсы конуса меняются не только по степени раскрытия, но и по длине больших осей от эллипса основания к вершине. Правильность раскрытия эллипсов сечения конуса нужно согласовывать с раскрытием эллипсов в других телах вращения. Раскрытие эллипсов, расположенных на одном уровне в разных геометрических телах, должно быть одинаково.

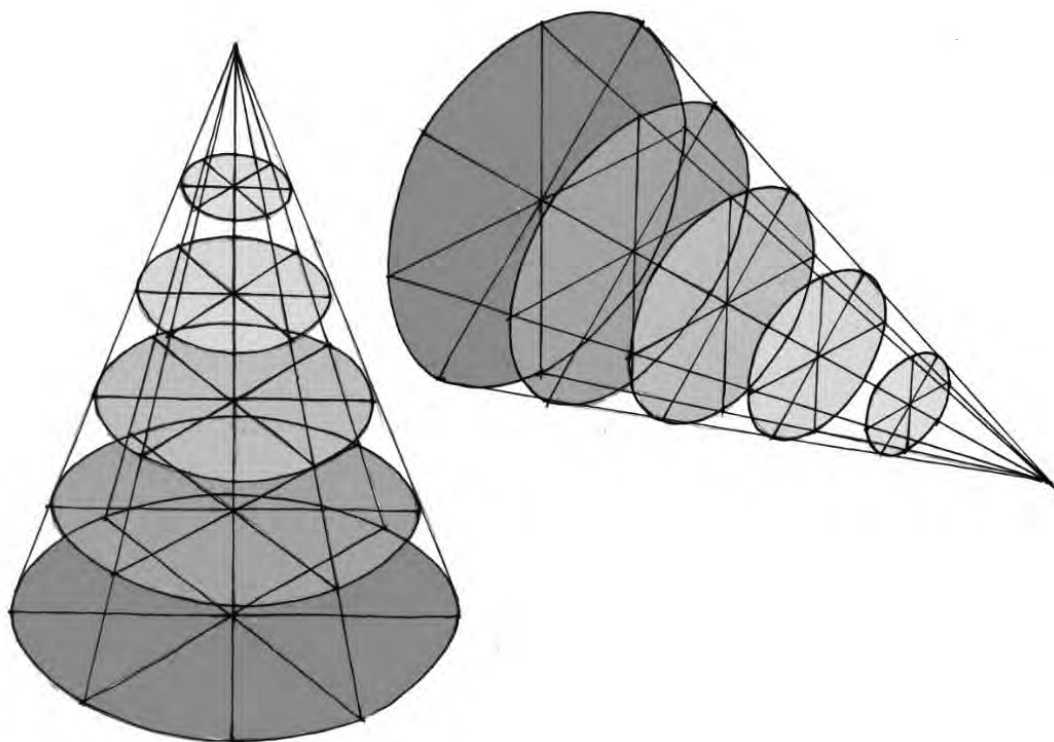


Рис. 3.5

2. Сечение конуса **горизонтальной (вертикальной) плоскостью перпендикулярной его основанию** представляют собой гиперболу. Построение гиперболы осуществляется с помощью четырех точек: центр основания,

две точки, фиксирующие ширину основания, и вершина высоты гипербола (рис. 3.6). Вертикальная секущая плоскость проходит на произвольном расстоянии от вертикальной оси конуса и параллельно ей. Высота гипербола меняется в зависимости от расположения ее основания от центра конуса. Чем ближе положение секущей плоскости к осевому центру конуса, тем более высокой становится гипербола, тем больше стремится ее вершина к вершине конуса, тем больше ее характер будет соответствовать треугольнику.

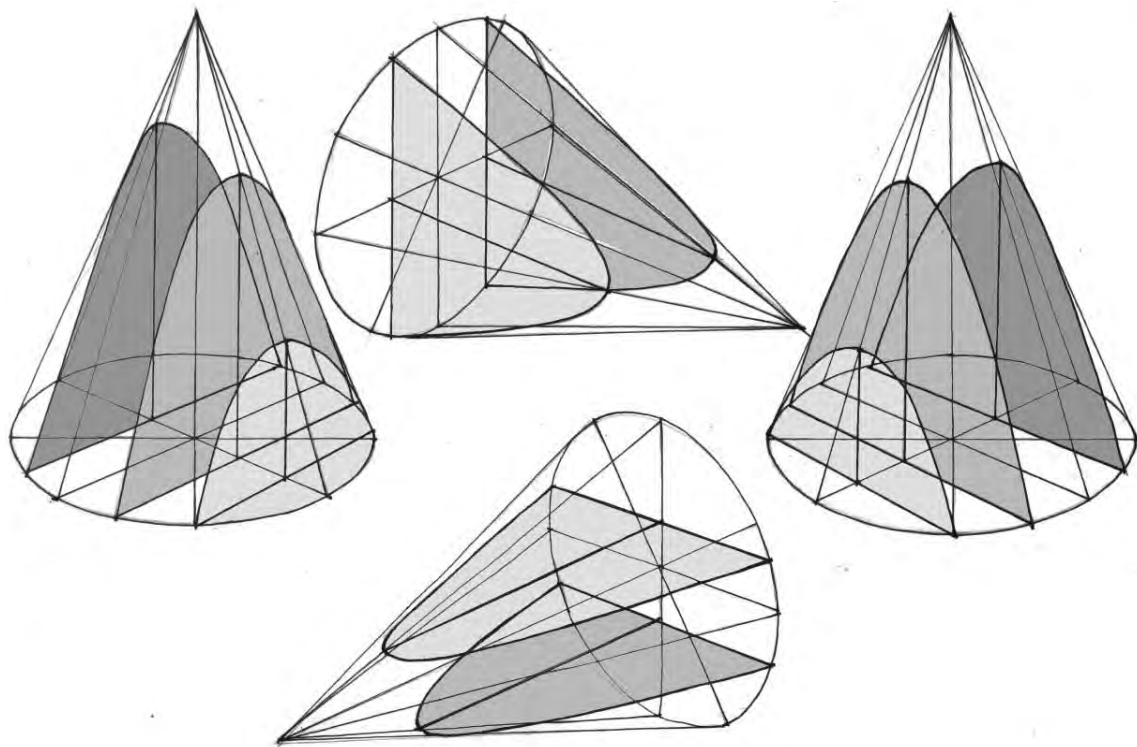


Рис. 3.6

Построение вертикальной гипербола начинается с выбора ширины ее основания (точки 2 и 3). Ширина гипербола проходит в перспективу через основание конуса в соответствии с направлением секущей плоскости. Высота гипербола параллельна оси конуса. Построение ее берет начало из центра основания (точка 4), лежащего на пересечении ширины с осью из центра конуса (точка 1). Заканчивается построение в точке пересечения высоты с соответствующей заданному направлению образующей боковой поверхности конуса, образуя вершину (точка 5). Таким образом, полученные три точки 2, 3 и 5 определяют положение кривой линии сечения, которая и будет представлять собой лекальную кривую – гипербола. Ветви гипербола с момента закругления у своей вершины должны постепенно приближаться к прямым линиям, подобным образующим боковой поверхности конуса, не пересекать их и своим очертанием не соответствовать эллипсу (рис. 3.7). По аналогии выстраивается горизонтальная гипербола (рис. 3.6).

3. Частным случаем гиперболы является сечение конуса **горизонтальной (вертикальной) плоскостью перпендикулярной основанию и проходящее через его ось**. Оно представляет собой равнобедренный треугольник, основание которого равно диаметру окружности основания конуса (рис. 3.8). Прямые стороны треугольника являются одновременно парными образующими боковой поверхности конуса. В композиции это сечение не используется.

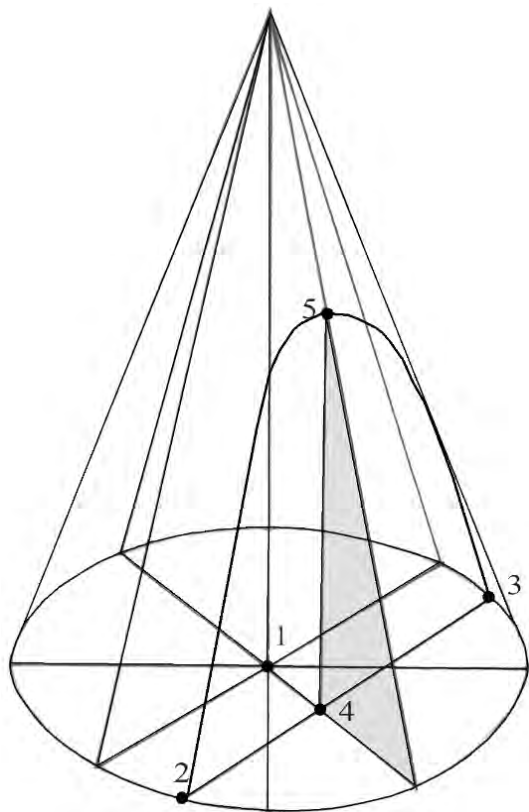


Рис. 3.7

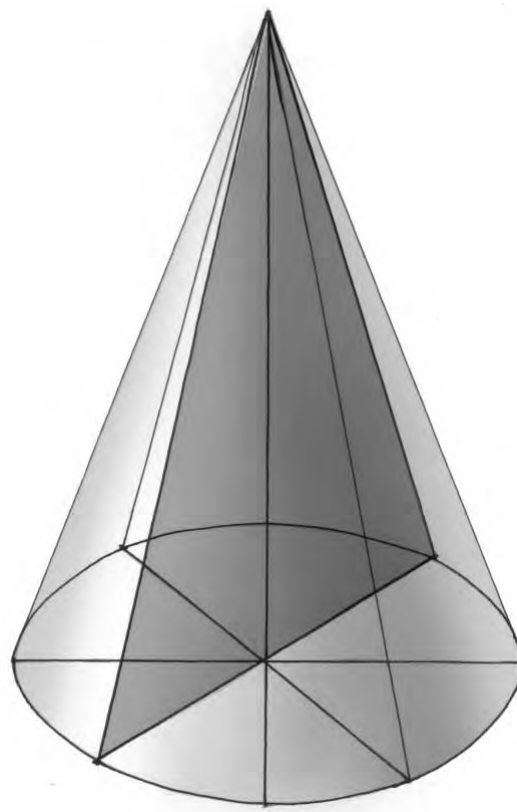


Рис. 3.8

4. Сечение конуса **наклонной** плоскостью, расположенной **под произвольным углом к его основанию**, представляет собой наклонный эллипс (рис. 3.9). Наклонная ось сечения эллипса является парой к одной из двух осей основания, изменившая свое горизонтальное или вертикальное направление по осям X или Y на наклонное, параллельное секущей плоскости. В точке пересечения наклонной оси с осью высоты конуса проходит вторая ось сечения конуса. Она всегда сохраняет направление по одной из осей трехмерного пространства в соответствии своей паре, расположенной на основании тела вращения, и дает возможность построить ширину сечения. Пересечение двух осей наклонного сечения с боковыми образующими конуса позволит получить четыре точки. Полученные точки соединяются лекальной кривой, которая представляет собой эллипс.

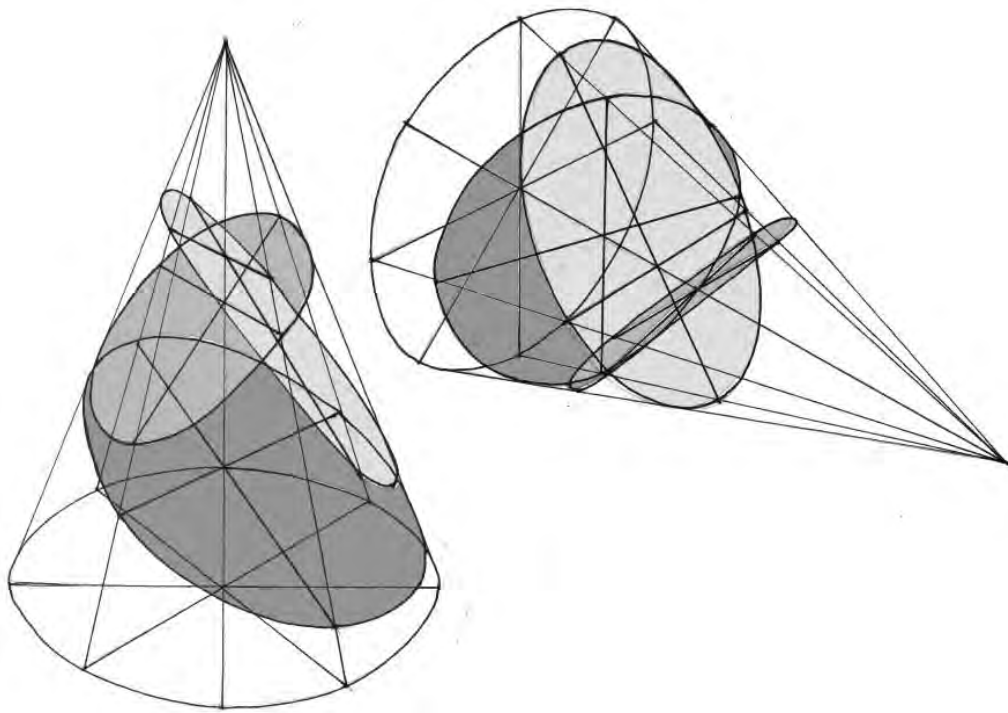


Рис. 3.9

Сечение конуса **наклонной** плоскостью, **выходящей за его границы**, становится фрагментом эллипса и представляет собой параболу. Секущая плоскость в данном случае всегда выходит за основание конуса, при пересечении которого образуется след сечения. При отсутствии определенного композиционного взаимодействия между геометрическими телами построение параболы можно начинать с любого заданного компонента, например, с выбора следа сечения на основании конуса (точки 2 и 3). Далее находится точка его пересечения (точка 4) с осью из центра конуса (точка 1), как и при изображении гиперболы (рис. 3.7). Высота параболы направляется параллельно наклону секущей плоскости. Ее вершина будет определяться точкой пересечения с соответствующей образующей боковой поверхности конуса (точка 5). Полученные в результате построения пять точек соединяются кривой линией, которая представляет собой лекальную кривую – параболу (рис. 3.10).

3.2.1. Сечение конуса горизонтальной и вертикальной плоскостями на примере врезки в четырехугольную призму

При взаимодействии конуса с четырехугольной призмой во врезке участвует несколько видов сечений. От выбора первого сечения зависит дальнейший результат. Для получения предпочтительного результата проводится предварительный анализ построения врезки, пример схемы которой рассмотрен на рис. 3.11. Точка отсчета выбирается на грани прямоугольной призмы (точка 1), от которой находятся центр горизонтального сечения конуса (точка 2), вершина (точка 3) и центр основания первой

гиперболы (точка 4), связанной с центром конуса. По ней определяется ширина основания гиперболы (точки 5 и 6). От центра горизонтального сечения конуса (точка 2) аналогично просчитываются точки второй гиперболы от второй вертикальной грани призмы. На ребре секущей плоскости (точка 7) проходит ее высота с вершиной в точке 8 и центром основания (точка 9), по которому определяется ширина основания (точки 10 и 11). Основания гипербол пересекаются в общей точке на ребре секущей плоскости.

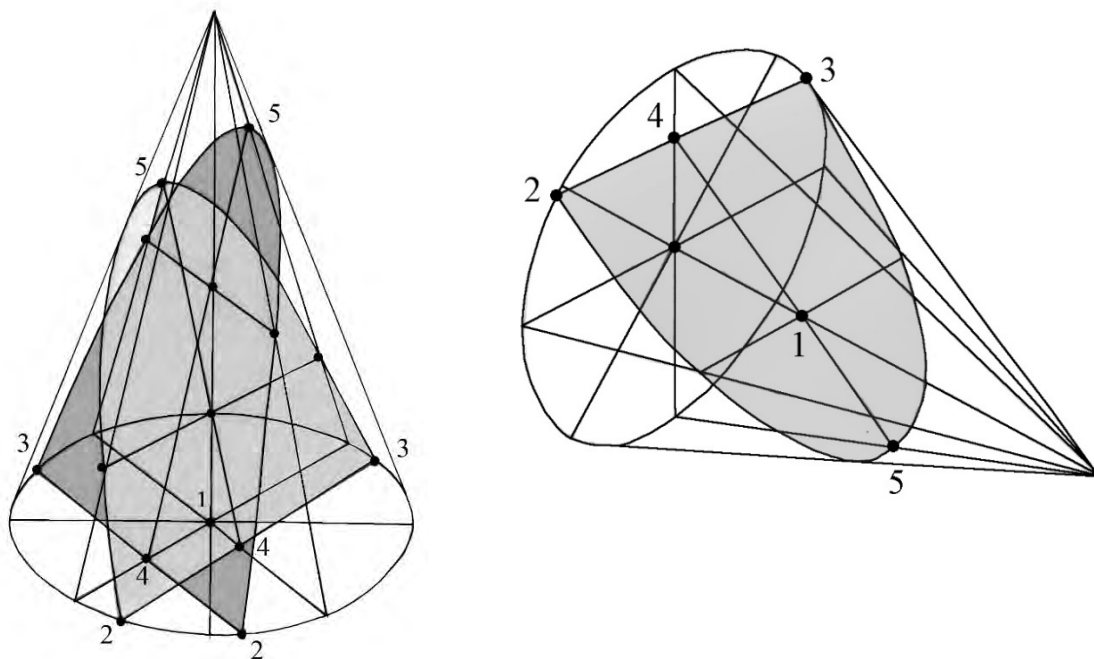
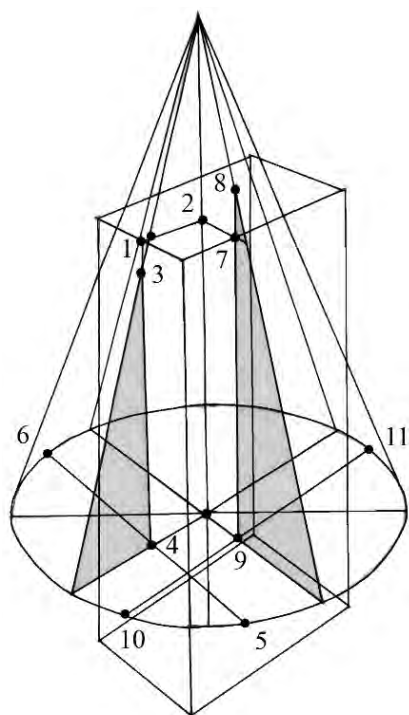


Рис. 3.10



1 – точка отсчета сечения, взятая произвольно;
 2 – центр горизонтального сечения конуса;
 3 и 8 – вершины гипербол;
 4 и 9 – центры оснований гипербол;
 5–6 и 10–11 – ширина основания гипербол;
 7 – пересечение оси горизонтального сечения конуса с ребром четырехугольной призмы

Рис. 3.11

Пересечение конуса с призмами с прямоугольным основанием представляет собой различные комбинации эллипса и гипербола (рис. 3.12 и рис. 3.13). При положении конуса вершиной вверх можно получить несколько вариантов взаимодействия геометрических тел, схема построения которых рассмотрена на рис. 3.11. Результат врезки зависит как от выбора точки отсчета, так и от размещения тела вращения относительно четырехугольной призмы.

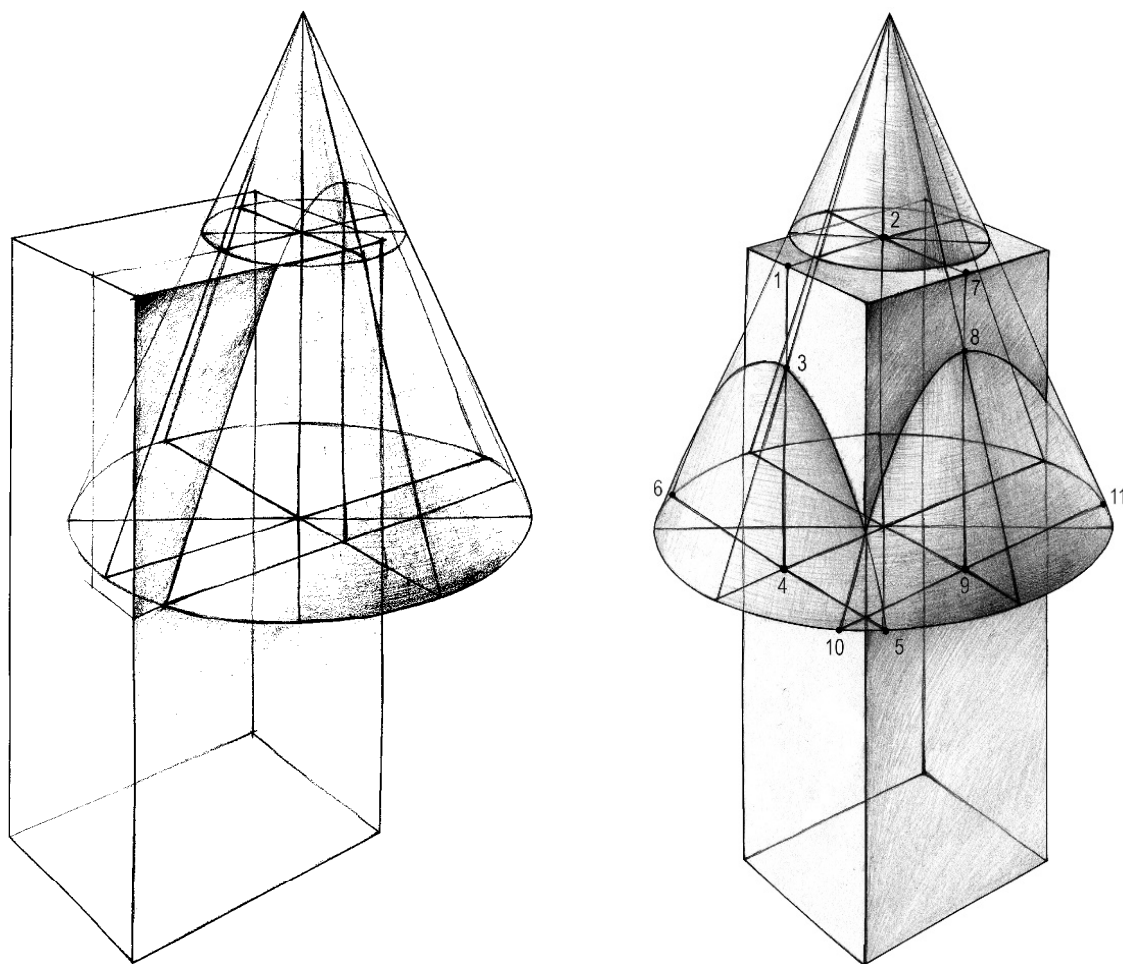


Рис. 3.12

При положении конуса вершиной вниз, изображенном на рис. 3.14, линии врезки прямоугольной призмы на основании конуса одновременно являются шириной основания гипербола (точки 1–2 и 3–4). При этом вершины гипербола из своих центров (точки 5 и 6) соответственно положению вершины конуса направлены вниз (точки 7 и 8).

Изменение вертикального на горизонтальное положение конуса относительно четырехугольной призмы, как показано на рис. 3.15, приводит к изменению направления схемы построения сечений. Эллипс становится вертикальным от сечения конуса вертикальной плоскостью, а гипербола принимают горизонтальное положение. Их высоты с вершинами в точках 1 и 2 направлены по оси X трехмерного пространства.

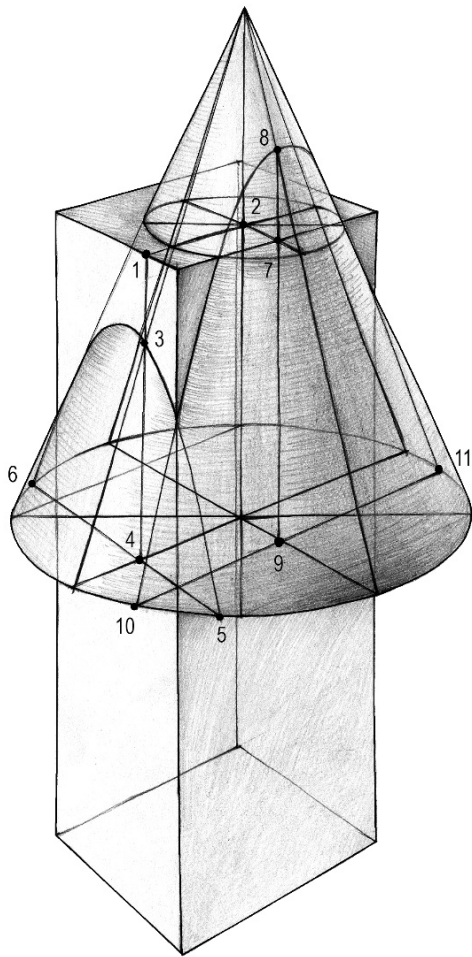


Рис. 3.13

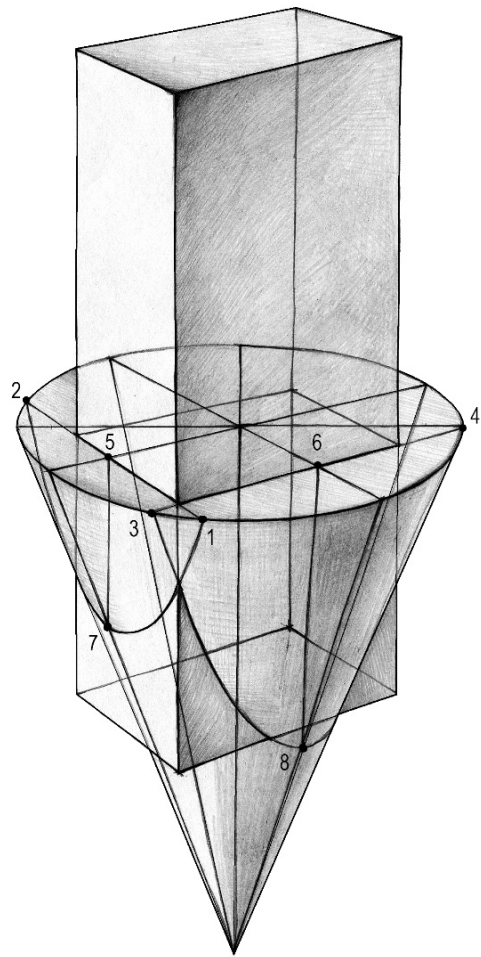


Рис. 3.14

3.2.2. Сечение конуса вертикальными плоскостями на примере врезки в четырехугольную призму с прямоугольным отверстием

Четырехугольная призма с прямоугольным отверстием при взаимодействии с конусом с точки зрения построения сечений представляет в данном примере, рассмотренном на рис. 3.16, чередование эллипсов, связанных между собой общей гиперболой. Она объединяет собой две вертикальные плоскости четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием. В точках пересечения горизонтально направленной высоты гиперболы с вертикальными ребрами призмы (точки 1 и 2) проходят оси, которые при пересечении с центральной осью конуса формируют центры двух вертикальных эллипсов (точки 3 и 4). Через эти точки проводятся большие диаметры, перпендикулярные оси тела вращения, и строятся эллипсы сечения конуса от вертикальных плоскостей призмы.

При построении группы чередующихся эллипсов, как происходит на рис. 3.16, особое внимание уделяется их степени раскрытия: чем ближе к линии горизонта они расположены, тем шире становятся. Таким образом, первое вертикальное сечение эллипса является более узким по степени раскрытия, чем второе, и значительно уже невидимого основания конуса.

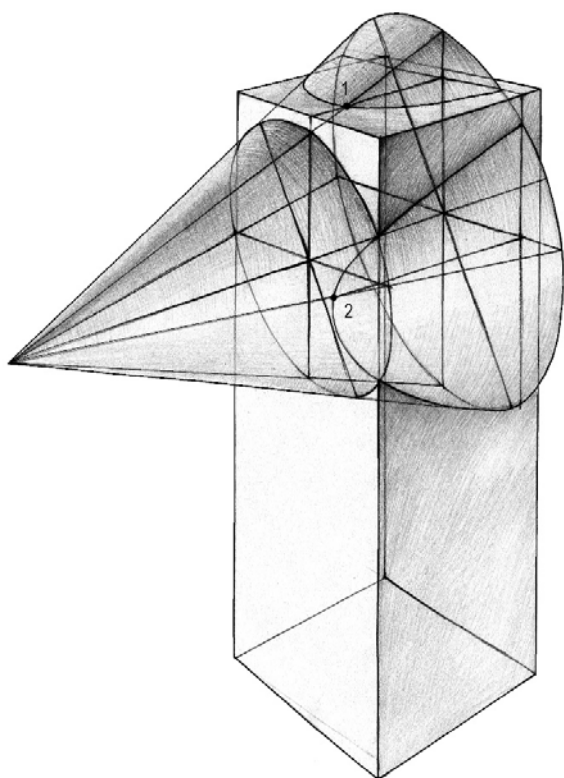


Рис. 3.15

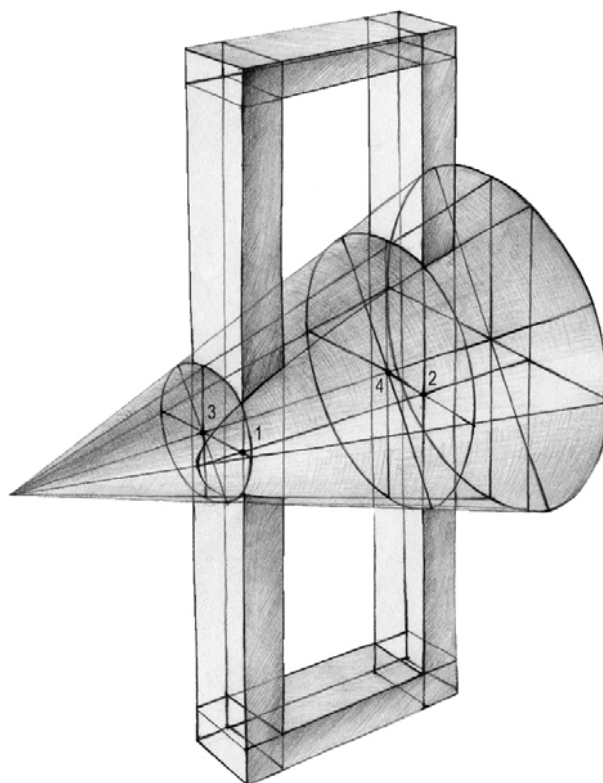


Рис. 3.16

3.2.3. Сечение конуса вертикальными и горизонтальными плоскостями на примере врезки в четырехугольную призму с четвертным вырезом

Усложнение формы прямоугольной призмы с помощью четвертного выреза усиливает эффект восприятия врезки конуса в геометрическое тело за счет чередования эллипсов и гипербол (рис. 3.17). Внутреннее построение сечений конуса отражает собой объемную ступенчатую структуру вертикальных и горизонтальных плоскостей, из которых состоит четырехугольная призма с четвертным вырезом. Для получения желаемого результата рекомендуется его наметить по схеме построения, аналог которой рассмотрен на рис. 3.11. При несоответствии ожидаемого итога с полученным его всегда можно откорректировать, изменив схему построения. Точкой отсчета сечения может стать любая точка, относящаяся к построению эллипса, гиперболы или лежащая на грани секущей плоскости.

3.2.4. Сечение конуса вертикальной и наклонной плоскостями на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

В зависимости от положения конуса по отношению к треугольной призме получается большое разнообразие эффектных пересечений. Пересечения с прямоугольными треугольными призмами представляют собой взаимодействие конуса с наклонными и вертикальными плоскостями.

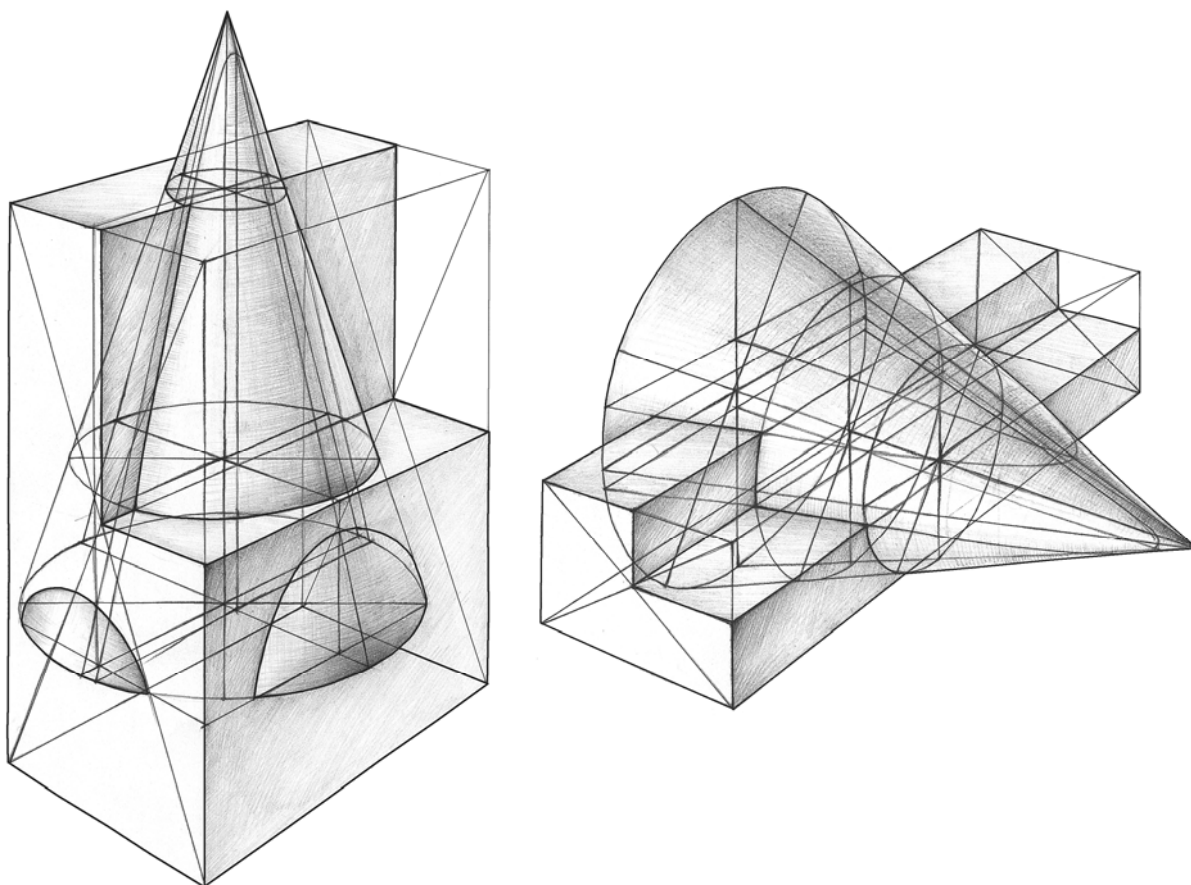


Рис. 3.17

От наклонной плоскости результатом сечения конуса является эллипс. Его наклон будет соответствовать секущей плоскости и формироваться за счет наклона одной из двух осей, задаваемых на основании конуса. Оси сечения, проходящие через центр конуса, одна из которых параллельна наклону треугольной призмы, а вторая не меняет своего направления, образуют четыре точки в местах пересечения с боковыми образующими. Вторая ось остается параллельна своей проекции, проходящей через основание конуса.

При формировании наклонного эллипса рекомендуется следовать следующим правилам:

- 1) наклонная ось не является осью симметрии эллипса;
- 2) эллипс на всем протяжении сечения представляет собой равнобокий овал, не сужающийся вместе с геометрической формой конуса;
- 3) эллипс должен касаться крайних очерковых образующих конуса.

На рис. 3.18 показана взаимосвязь построения наклонного эллипса с гиперболой через точку 1, лежащую на грани секущей плоскости – наклонном ребре треугольной призмы. В точке 1 пересекаются линии, одна из которых является горизонтальной осью наклонного эллипса, вторая – вертикальной высотой гиперболы. Таким образом, точка 1 – это точка отсчета сечения, от выбора которой зависит, какое именно геометрическое тело будет выступать вперед относительно другого.

На рис. 3.19 наклонный эллипс выходит за пределы конуса, в результате фрагмент эллипса выступает в виде параболы. От точки привязки (точка 1) выстраивается ширина основания гиперболы. Она взята таким образом, чтобы вперед выступало видимое основание конуса. Горизонтальные следы сечений призмы на основании в точках пересечения с осями из центра конуса дают начало построения высоты гиперболы от вертикальной плоскости треугольной призмы (точка 2) и фрагмента оси эллипса от ее наклонной плоскости (точка 3). Ось наклонного эллипса параллельна наклону многоугольника, а ее вершиной становится точка пересечения оси с образующей конуса (точка 4).

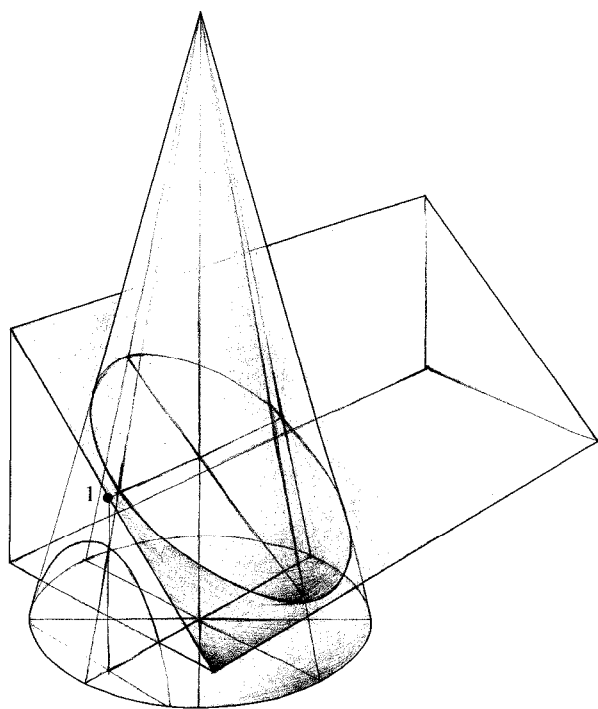


Рис. 3.18

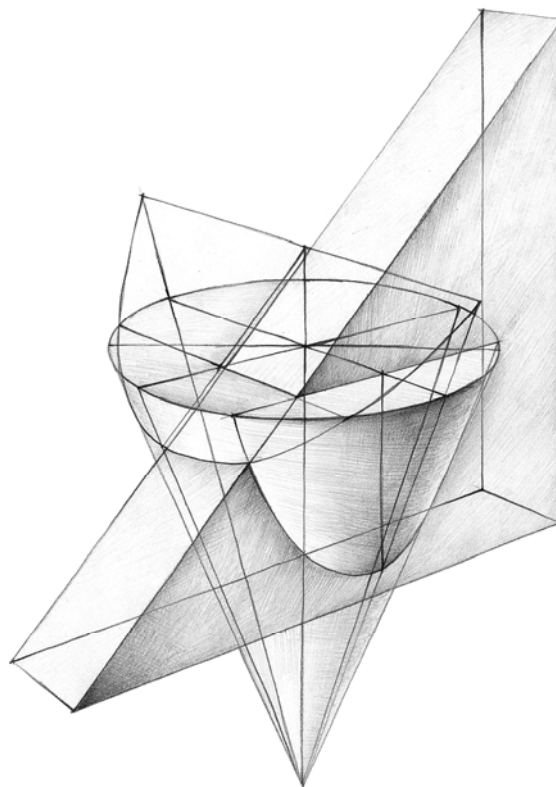


Рис. 3.19

Аналогичным образом выстраивается врезка на примере, представленном на рис. 3.20. Она состоит из наклонного эллипса и гиперболы, лежащей в горизонтальном направлении. Первоначальной линией построения первого сечения может выступать след сечения наклонного эллипса, который представляет собой горизонтальную линию, проходящую через основание конуса (точки 1 и 2). Точка пересечения вертикальной оси его основания со следом сечения дает начало построения оси наклонного эллипса (точка 3). Ширина основания гиперболы (точки 4 и 5) проходит через основание конуса по вертикали, от которой выстраивается ее высота и находится вершина. Наклонный эллипс и гипербола пересекаются в общей точке на ребре треугольной прямоугольной призмы. Точка эта определяется путем построения лекальных кривых.

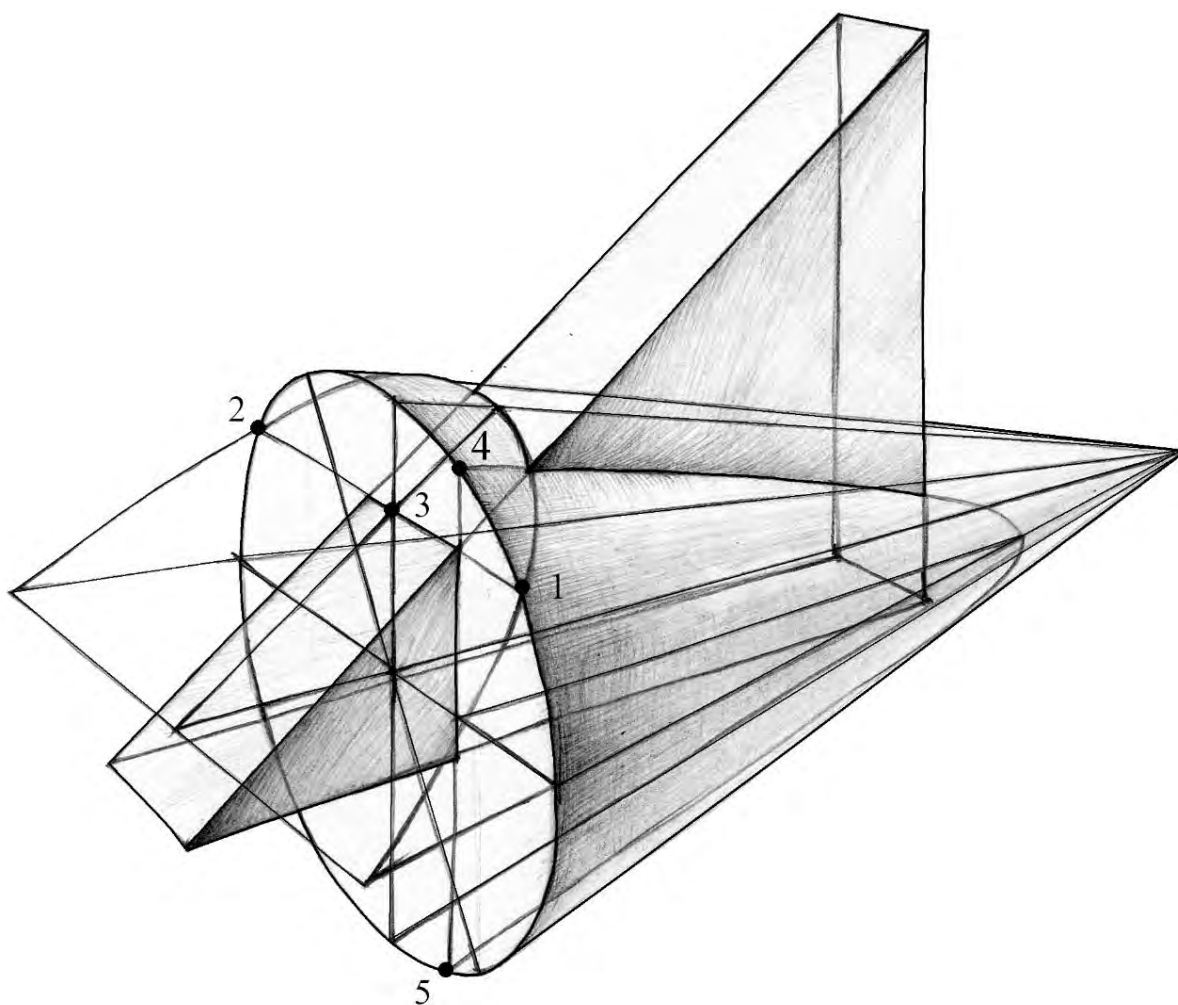


Рис. 3.20

На рис. 3.21 показан пример взаимодействия сечений в виде вертикального эллипса и гиперболы с наклонной шириной основания. После построения эллипса от вертикальной плоскости треугольной призмы, идущей по отношению к ней под прямым углом, находится общая точка, связанная с построением следующего сечения. Ей является точка пересечения оси вертикального эллипса с наклонным ребром призмы (точка 1).

Через точку 1 проходит по горизонтали высота гиперболы до встречи с осью из центра основания конуса (точка 2). Ширина гиперболы в данном случае принимает наклон, соответствующий наклону треугольной призмы. Горизонтальная высота, пересекаясь с боковой образующей конуса, дает нахождение одной из вершин гиперболы (точка 3), что помогает простроить ее кривую. Дополнительная точка вершины гиперболы находится по следующим точкам построения: первая лежит на пересечении ее ширины в наклоне с вертикальной осью основания конуса (точка 4), вторая – на пересечении высоты гиперболы с образующей конуса (точка 5).

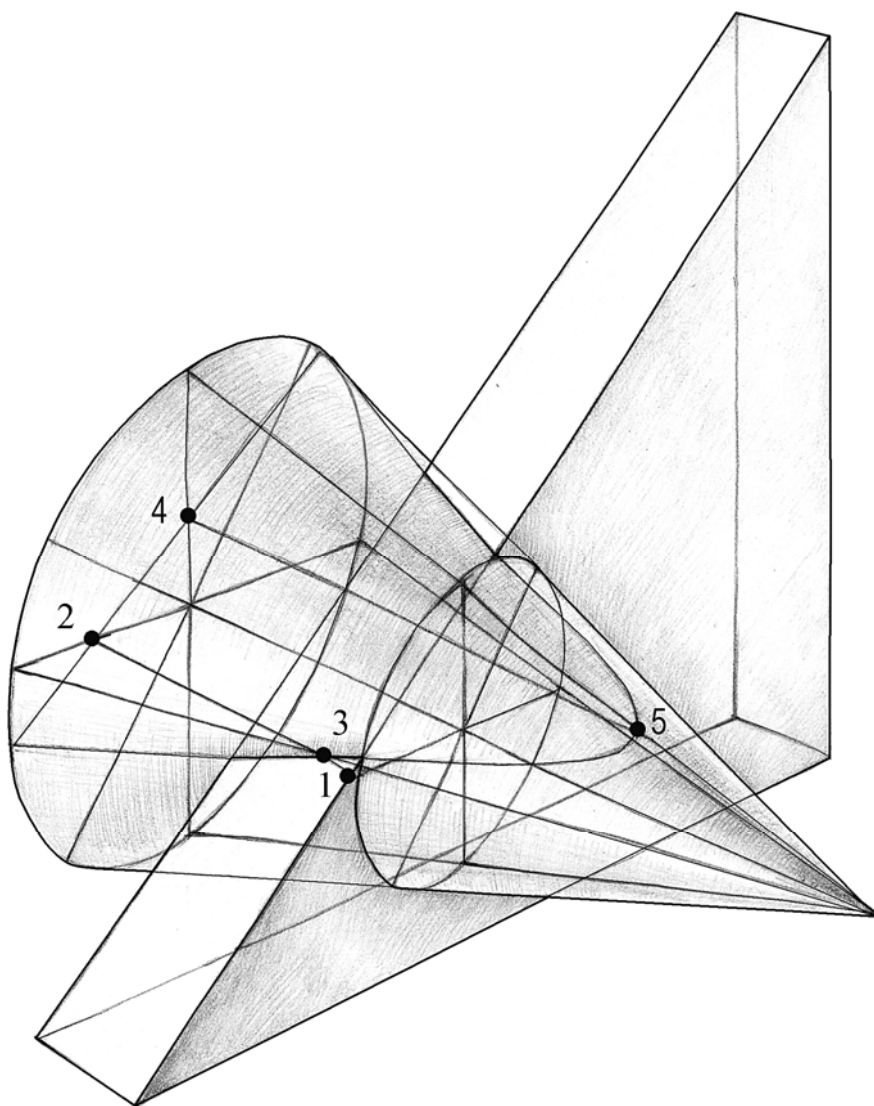


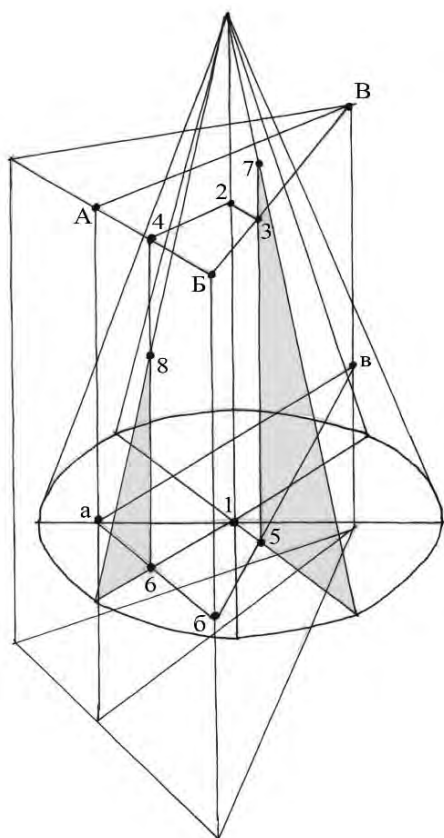
Рис. 3.21

3.2.5. Сечение конуса различными плоскостями на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

При изображении конуса с треугольными равнобедренными призмами в различных положениях рекомендуется, прежде чем приступить к выполнению пересечения, провести предварительный анализ, пример схемы которого представлен на рис. 3.22. От выбора точки отсчета первого сечения будет зависеть дальнейший результат.

Точка отсчета выбирается на грани треугольной призмы (точка 4). От нее находится центр горизонтального сечения конуса (точка 2), вершина (точка 8) и центр основания первой гиперболы (точка 6), связанный с центром конуса (точка 1). Через точку 6 проходит ширина основания гиперболы, от которой берет начало построение равнобедренного треугольника, лежащего в горизонтальной плоскости на основании конуса (точки *a*, *б* и *в*). Поворотная линия (точки *б* и *в*) становится началом для построения основания второй гиперболы.

Построение второй гиперболы одновременно происходит в верхней части рисунка. От центра горизонтального сечения конуса (точка 2) аналогично просчитываются ее точки. На грани секущей плоскости (точка 3) проходит высота гиперболы с вершиной в точке 7 и центром основания (точка 5), который лежит на построенной линии треугольника (точки *б* и *в*). Основания гипербол пересекаются в общей точке на грани секущей плоскости (точка *б*). Внутреннее построение сечений конуса отражает структуру треугольной равнобедренной призмы.



- 1 – центр конуса;
- 2 – центр горизонтального сечения конуса;
- 3 – пересечение оси горизонтального сечения конуса с ребром треугольной призмы;
- 4 – точка отсчета сечения, взятая произвольно;
- 5 и 6 – центры оснований гипербол;
- 7 и 8 – вершины гипербол;
- A, Б, В* – основание треугольника;
- а, б, в* – сечение треугольника, лежащее в плоскости основания конуса

Рис. 3.22

Согласно вышерассмотренной схеме на рис. 3.23 показано взаимодействие конуса с треугольной призмой.

Первое сечение на рис. 3.24 – это построение равнобедренного треугольника, лежащего в горизонтальной плоскости. Структура треугольной призмы является основой для построения двух сечений: вертикального эллипса и эллипса в повороте. Так как в результате конус выступает вперед, то точка отсчета сечения берется на вертикальном ребре призмы над горизонтальной образующей конуса (точка 1).

Выбор точки отсчета сечения (точка 1) на рис. 3.25 сразу определяет результат врезки. От точки 1 строится треугольник в вертикальной плоскости, от которого задается построение оснований двух гипербол: в горизонтальной и наклонной плоскости. Из центров оснований гипербол (точки 2 и 3) проходят их высоты до нахождения вершин в месте их пересечения

с образующими конуса (точки 4 и 5). Продлевая высоты до грани секущей плоскости, в точках преломления (точки 6 и 7) линии построения проходят по форме призмы. В точке их встречи на центральной оси (точка 8) находится центр последнего сечения в виде вертикального эллипса с большим диаметром, перпендикулярным оси конуса.

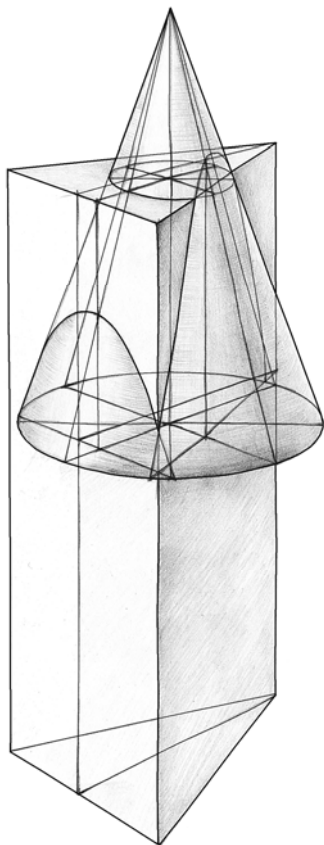


Рис. 3.23

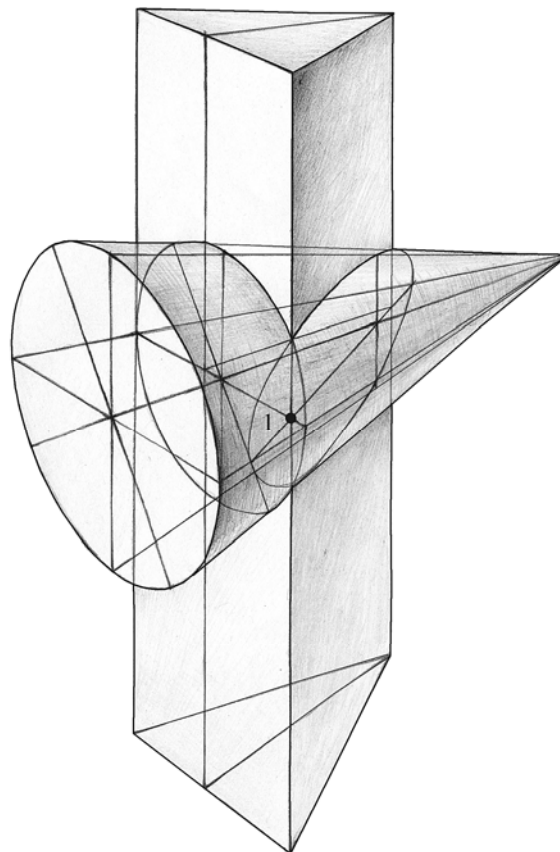


Рис. 3.24

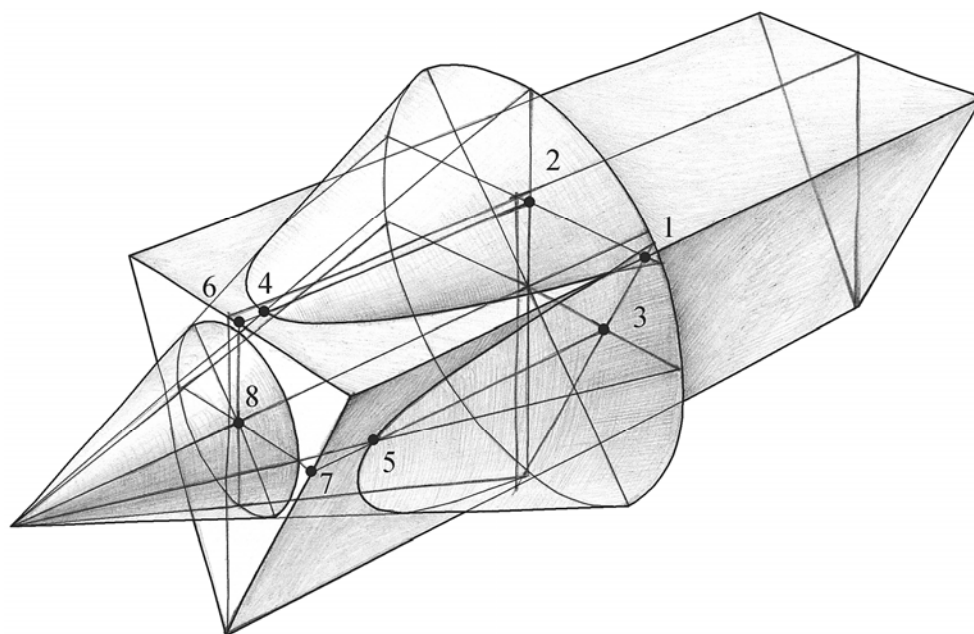


Рис. 3.25

Два сечения на рис. 3.26 представляют собой взаимодействие горизонтального и наклонного эллипсов, связанных между собой вертикальным треугольником. Точка отсчета 1, лежащая на горизонтальном ребре призмы, взятая за образующей конуса, задает построение всех сечений.

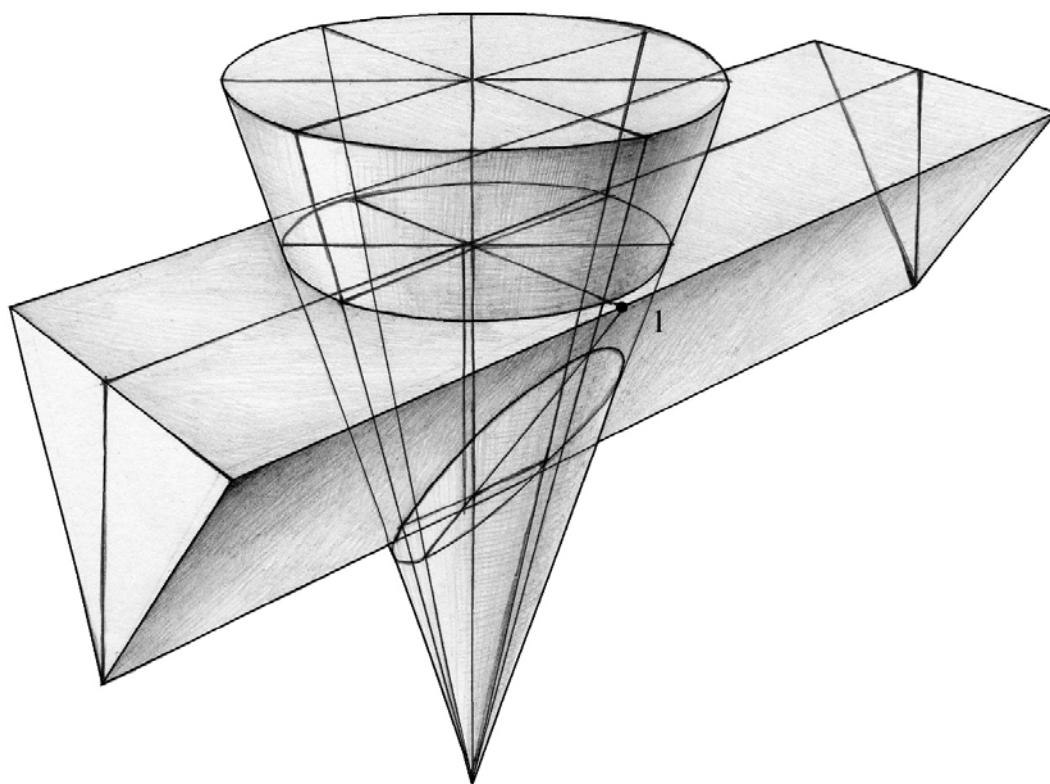


Рис. 3.26

3.2.6. Сечение конуса различными плоскостями на примере врезки в шестиугольную призму

Плоскости, из которых состоит шестиугольная призма, при взаимодействии с конусом образуют такие виды сечений, как эллипсы, параболы и гиперболы. Их построение аналогично сечениям рассмотренным выше. Для точности построения внутри конуса в определенном месте рекомендуется выстраивать шестиугольник, направление сторон которого будет являться осями сечений.

При направлении конуса вершиной вниз его основание становится видимым. Соответственно и основания гипербол становятся видимой частью линий, являющимися сечением шестиугольной призмы от горизонтальной плоскости основания конуса. На рис. 3.27 построение сечений начинается с прорисовки горизонтального шестиугольника на основании конуса, начатой с точки 1. Следы сечений от линий шестиугольника пересекаясь с основанием конуса образуют ширину оснований двух гипербол. Вертикальная высота одной из них из своего центра (точка 2) проходит к вершине, пересекаясь с образующей конуса (точка 3). Вторая гипербола рисуется по представлению.

При направлении конуса вершиной вверх первым сечением становится эллипс от сечения конуса горизонтальной плоскостью шестиугольной призмы. На грани секущей плоскости проходит высота гиперболы второго сечения с точкой 2 – центром ширины основания. Ширина гиперболы третьего сечения проводится через точку 1, лежащую на грани секущей плоскости и являющуюся частью шестиугольного сечения, привязанного построением к линии 1–2. Из точки 3 задается высота третьей гиперболы, ширина основания которой параллельна грани шестиугольника (рис. 3.27).

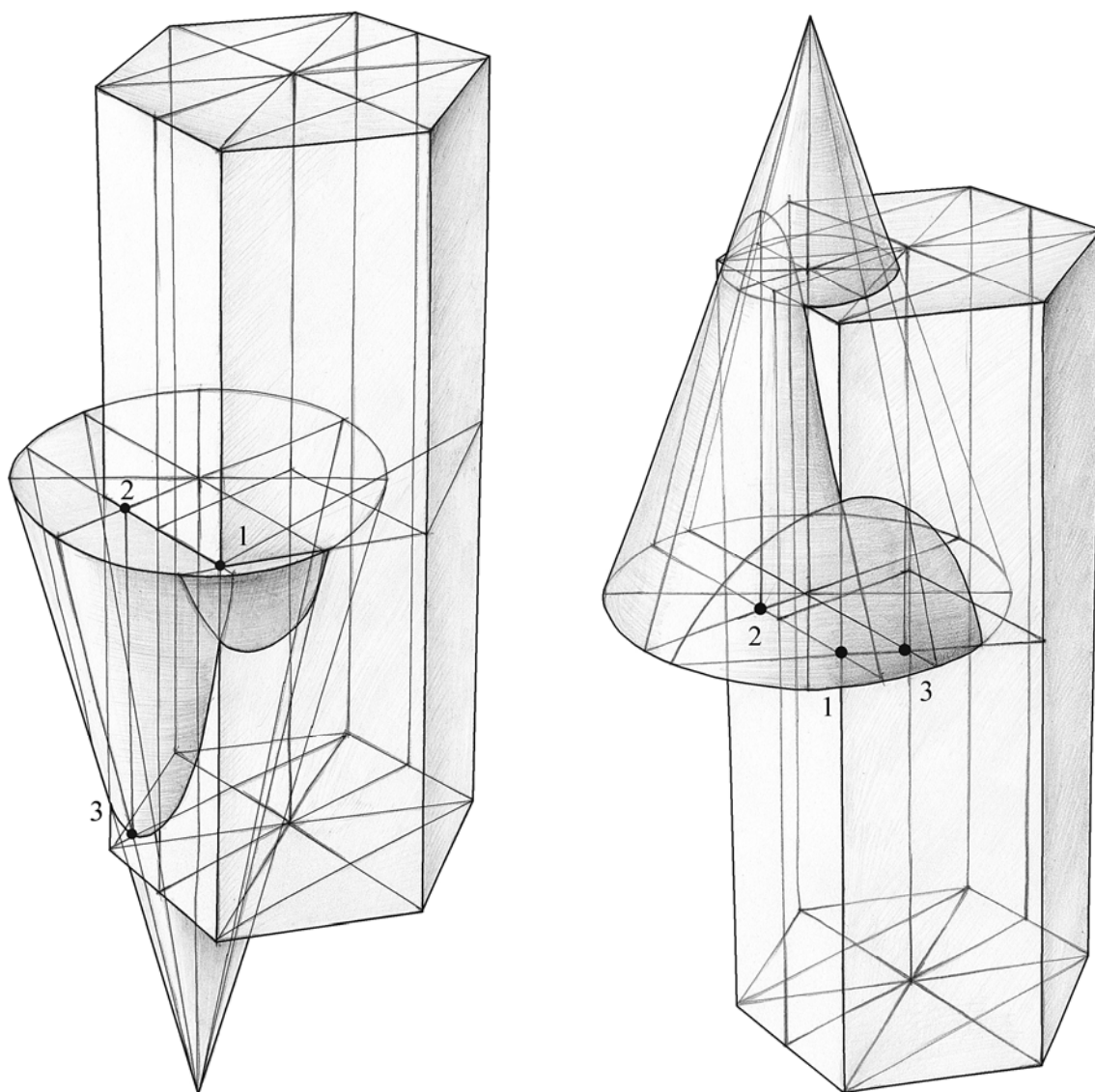


Рис. 3.27

На рис. 3.28 врезка конуса состоит из взаимосвязанных сечений в виде горизонтального эллипса, наклонной параболы и наклонного эллипса. Оси наклона двух последних из перечисленных сечений параллельны граням шестиугольной призмы. Первым сечением является вертикальное сечение шестиугольника, построенное внутри конуса. Точка отсчета сечения 1 лежит на ребре граненого геометрического тела перед образующей конуса.

Это приводит к тому, что оси наклонных эллипсов пересекаются на грани секущей плоскости. В результате наклонные эллипсы, построенные внахлест, выводят конус вперед по отношению к шестиугольной призме.

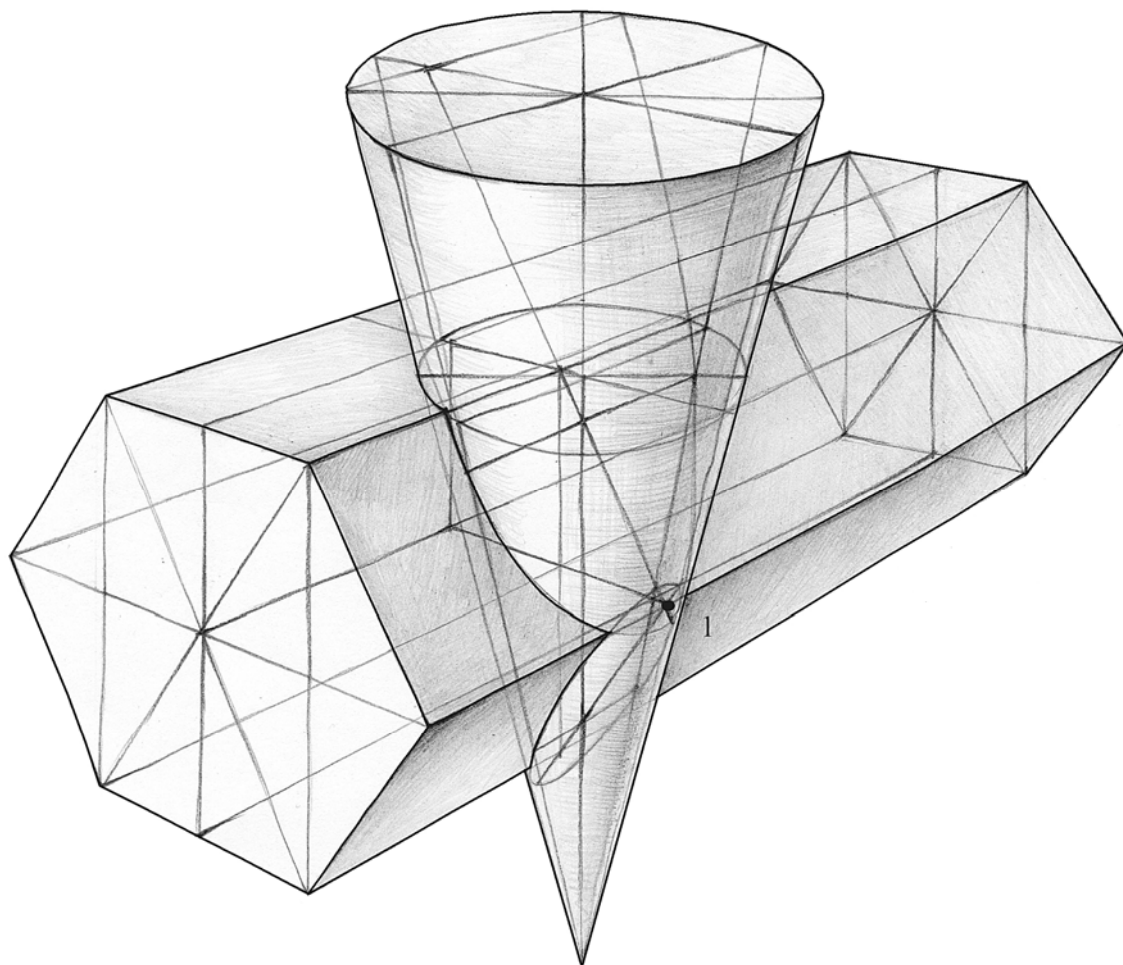


Рис. 3.28

При положении конуса вершиной вверх, как представлено на рис. 3.29, сечения выстраиваются аналогичным образом, рассмотренным выше (рис. 3.28). Но в этом случае точка отсчета сечения, лежащая на ребре граненого геометрического тела, находится за образующей конуса (точка 1). Из точки 1 строится вертикальный шестиугольник, стороны которого становятся осями горизонтального и наклонного эллипсов, а также параболы. Образующая конуса при пересечении с наклонными осями создает крайние точки лекальных кривых эллипсов, которые не пересекаются между собой, и в результате впереди оказывается шестиугольная призма.

В данном примере существует взаимосвязь между верхним и нижним сечениями. Понятие точки «входа» и точки «выхода» рассматривалось в разделе 1.2. Здесь точкой «входа» является место встречи горизонтального эллипса с ребром шестиугольной призмы (точка 2), из которой выходит вертикальная линия к точке «выхода» (точка 3), показывая, таким образом, где именно происходит встреча параболы с нижним ребром многоугольника.

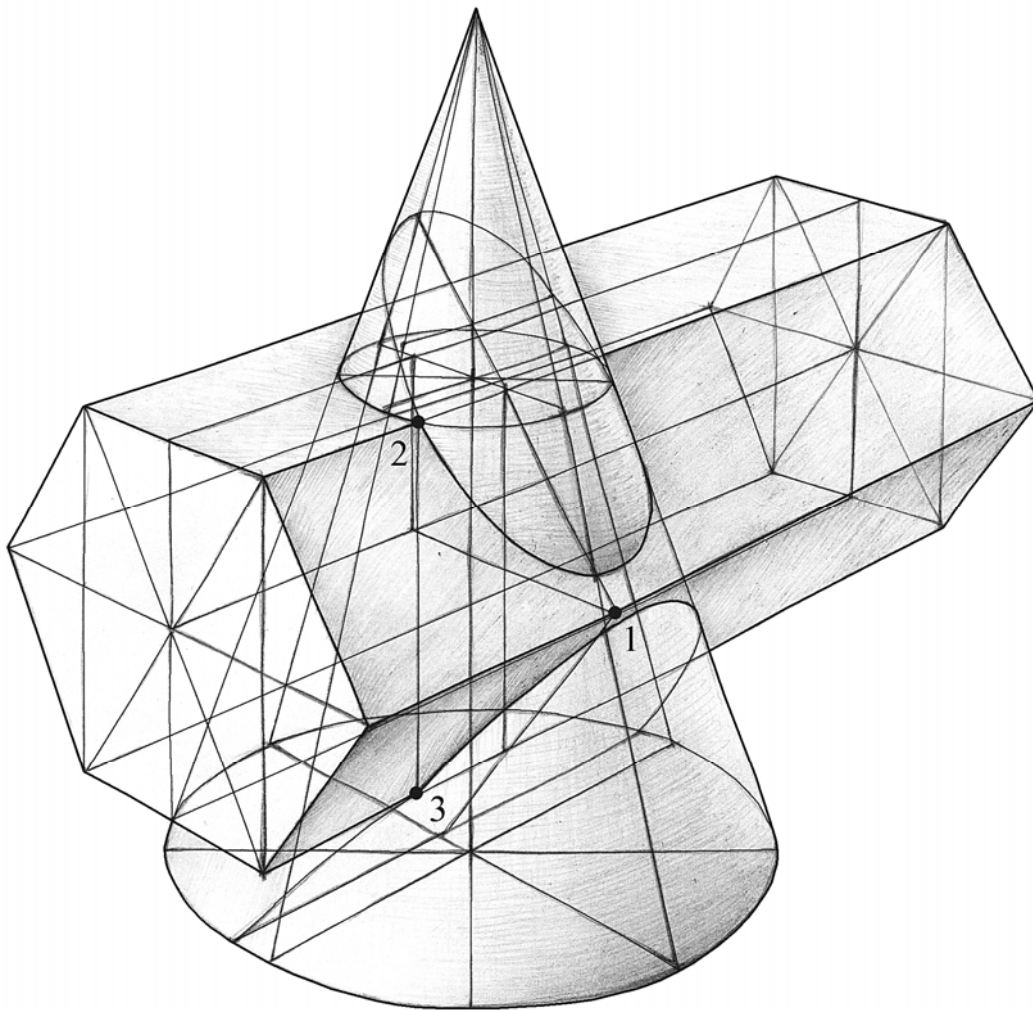


Рис. 3.29

3.2.7. Сечение конуса различными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

Различные плоскости, из которых состоит пятиугольная призма, при взаимодействии с конусом образуют сечения в виде эллипсов, парабол и гипербол. Их построение аналогично вышерассмотренным сечениям с треугольными и шестиугольными призмами, суть которых состоит в выстраивании внутри конуса пятиугольника, стороны которого соответствуют основаниям парабол и гипербол, а также осям эллипсов.

На рис. 3.30 сечение начинается с построения пятиугольника из точки, взятой на ребре граненого геометрического тела внутри основания конуса (точка 1) таким образом, чтобы оно перекрывало собой призму. Ширина оснований двух гипербол совпадает с очертанием пятиугольной призмы и продлевается по всей ширине основания конуса. Высоты гипербол на грани секущей плоскости с пятиугольной призмой (точки 2 и 3) дают начало для построения вертикального эллипса через вертикальную и горизонтальную оси. В месте их пересечения находится центр вертикального эллипса (точка 4), через который проходит больший диаметр.

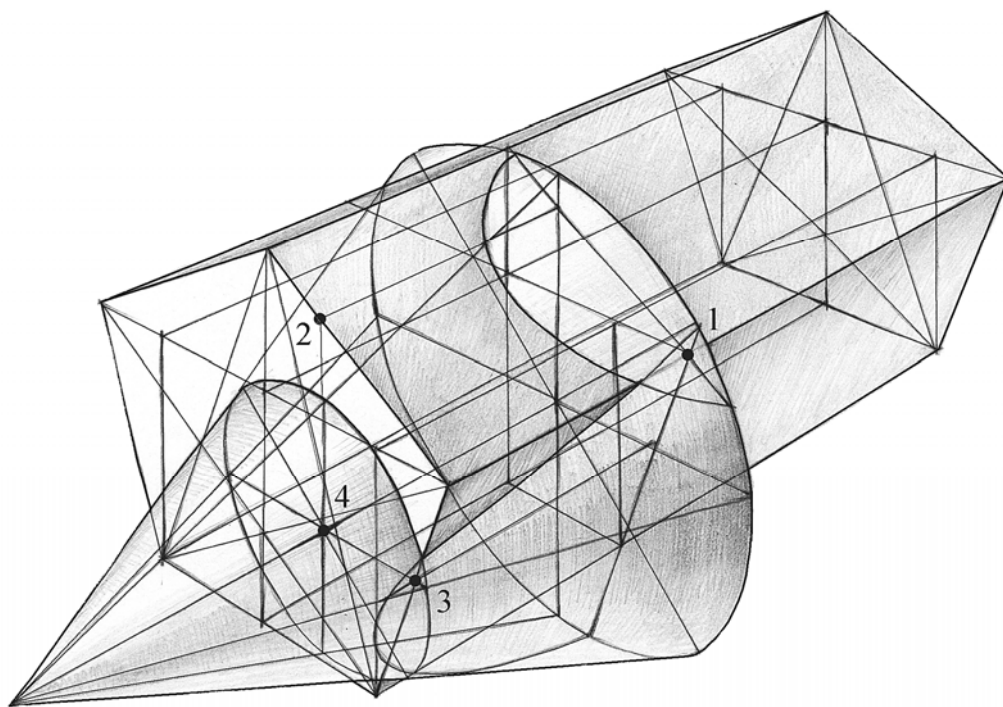


Рис. 3.30

Пример еще одного варианта взаимодействия конуса с пятиугольной призмой, представленный на рис. 3.31, начинается с выбора точки, взятой на верхнем ребре многоугольника под образующей конуса (точка 1). Это определяет конечный результат, при котором конус находится над пятиугольной призмой. От точки 1 строится вертикальное сечение пятиугольника, наклонные стороны которого являются осями параболы и эллипса, пересекающимися в общей точке 2.

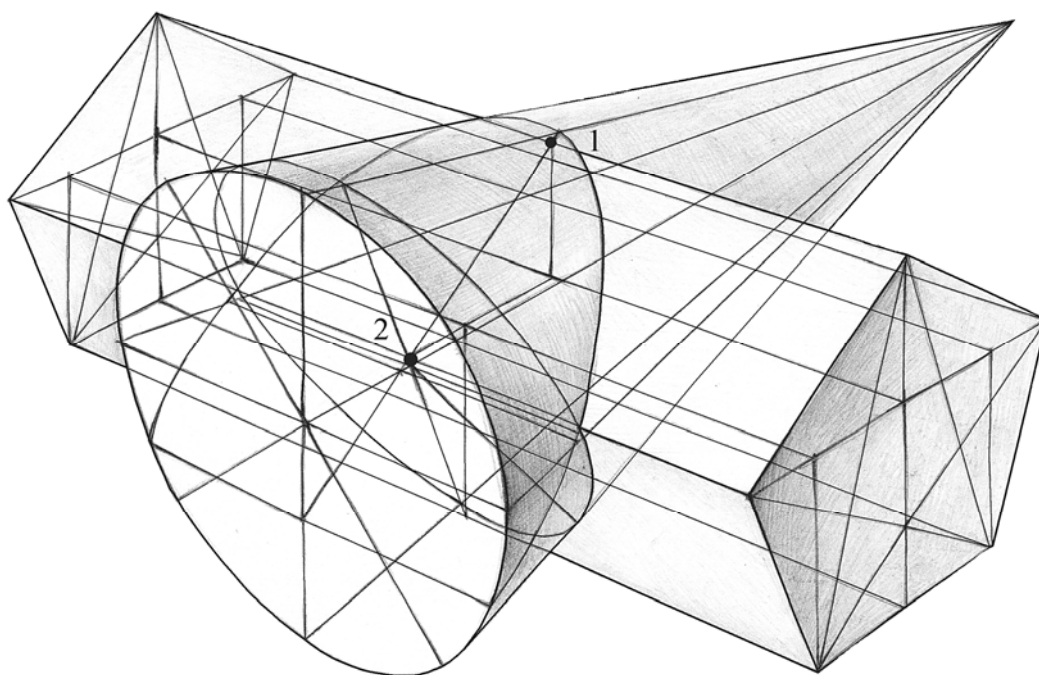


Рис. 3.31

На рис. 3.32 построение начинается с сечения пятиугольника через произвольно выбранную точку отсчета, лежащую на верхнем ребре граненого геометрического тела. Точка 1 берется таким образом, чтобы наклонная сторона в сечении пятиугольника пересекала горизонтальную ось основания конуса, формируя точку 2. Далее через точку 2 проходит горизонтальная линия, представляющая собой, с одной стороны, врезку основания конуса в горизонтальную наклонную грань пятиугольной призмы, а с другой – служит началом в качестве следа сечения для построения первой параболы. Наклонная ось параболы начинается в точке 2 и продлевается до своего завершения в точке пересечения с соответствующей образующей конуса (точка 3). Вторая наклонная сторона сечения пятиугольника продлевается для определения конструктивных точек для построения второй параболы (точки 6 и 7). При пересечении с осью конуса с помощью горизонтальной оси находится ширина параболы (точки 4 и 5).

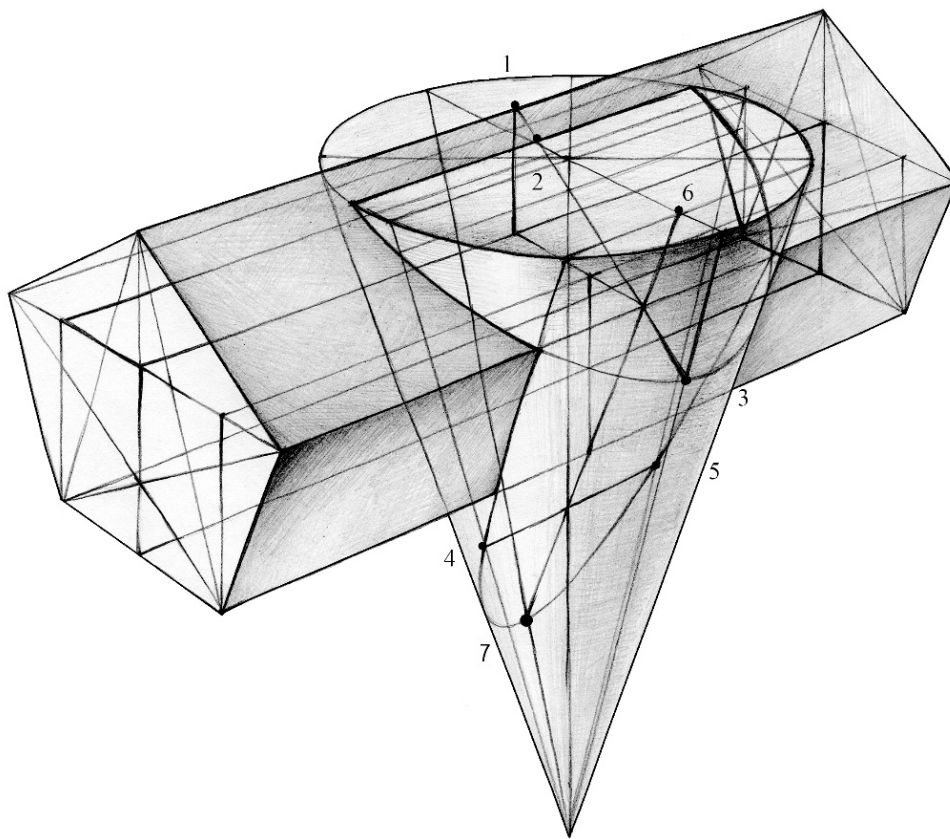


Рис. 3.32

3.2.8. Сечение конуса различными плоскостями на примере врезки в шестиугольную и пятиугольную призмы

Конусы, размещенные в горизонтальном положении по отношению к вертикальной шестиугольной призме, образуют ярко выраженный контраст в композиции из геометрических тел. На рис. 3.33 показаны варианты таких размещений. В каждом случае заранее выбранная точка отсчета

(точка 1) определяет конечный результат. Верхний конус при взаимодействии с плоскостями шестиугольника представляет взаимосвязанное сечение, состоящее из вертикального эллипса, гиперболы и параболы. Врезка нижнего конуса представляет связанные между собой общим построением сечения гиперболы и двух эллипсов в повороте. Вершина гиперболы (точка 3) вытекает из сечения пятиугольной призмы в месте пересечения с образующей конуса. На продолжении стороны сечения пятиугольника находится центр ширины основания гиперболы (точка 2).

На рис. 3.34 конус при врезке в пятиугольную призму выходит на первый план. Для этого точка отсчета сечения (точка 1) задается на ребре пятиугольника выше образующей конуса. Из точки 1 строится сечение в виде пятиугольника, который служит основой для построения трех сечений: двух эллипсов в повороте и параболы.

Вертикальная ширина основания параболы проводится через центр, который находится в точке пересечения с горизонтальной осью основания конуса (точка 2). Вершина высоты параболы лежит на продолжении стороны сечения пятиугольной призмы в месте пересечения с соответствующей образующей конуса (точка 3). Оси поворотных эллипсов принимают направление сторон граненого геометрического тела.

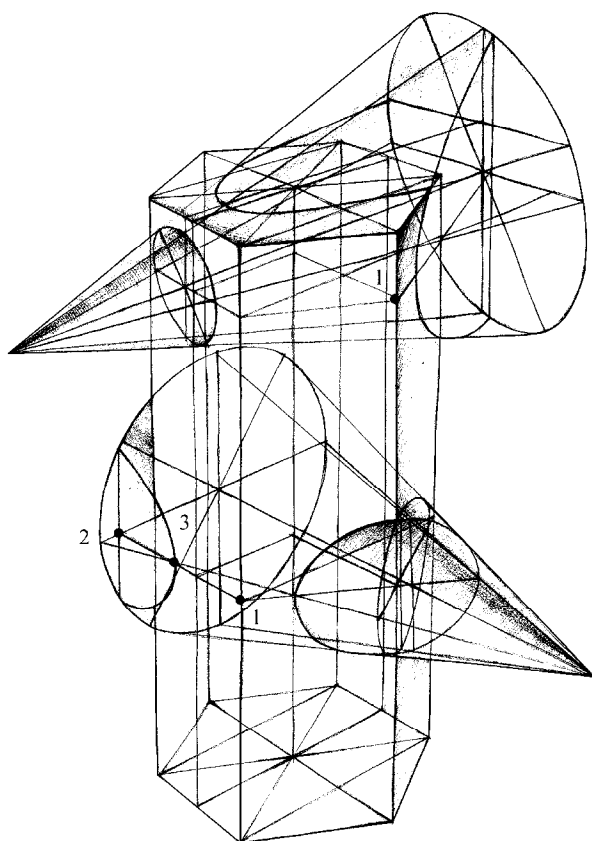


Рис. 3.33

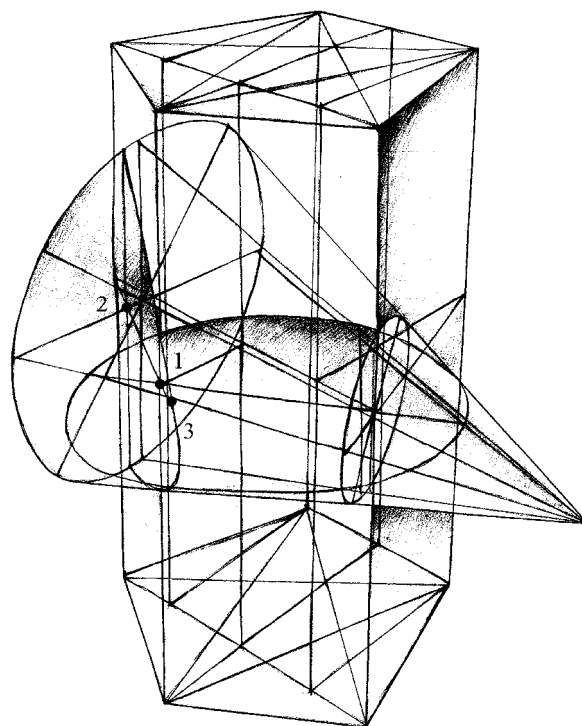


Рис. 3.34

4. КОНУС, УСЕЧЕННЫЙ ПЛОСКОСТЬЮ ПОД УГЛОМ 45°

4.1. Линейно-конструктивный рисунок усеченного конуса

Усеченный конус – геометрическое тело, относящееся к телам вращения. Его ортогональные проекции представляют собой треугольник со скошенной вершиной и окружность (рис. 4.1). В данном случае конус усекается под углом 45° градусов.

Усеченный конус относится к островерхим геометрическим телам, и его направление задается таким образом, чтобы направление вершины было ориентировано в сторону к зрителю по одной из трех осей трехмерного пространства X , Y или Z . В связи с особенностью восприятия усеченного конуса наиболее лучшим является его расположение, при котором основание остается невидимым.

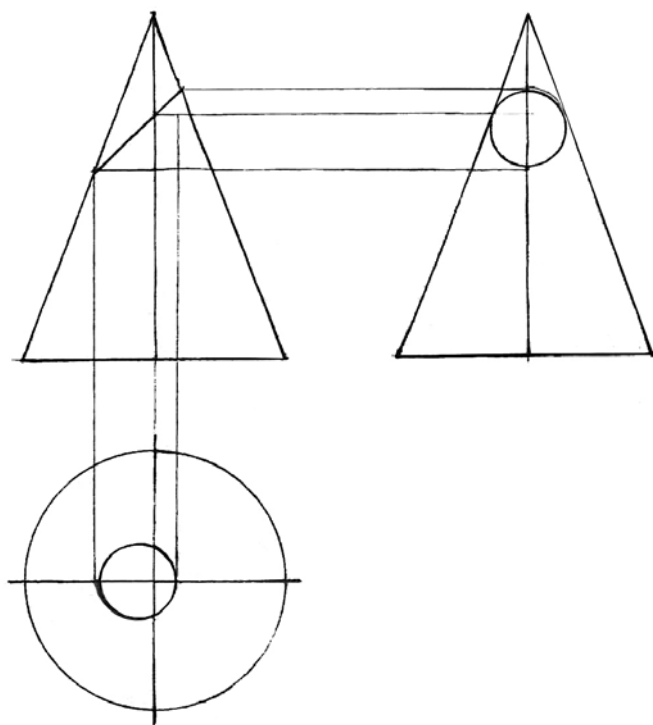


Рис. 4.1

4.1.1. Этапы построения усеченного конуса

1. Построение усеченного конуса во всем соответствует построению конуса. Построение конуса, как в вертикальном, так и в горизонтальном положении, рассматривалось в разделе 3.1 (рис. 3.3 и 3.4).

2. Наклонный эллипс под углом 45° градусов получается путем построения во внутренней структуре конуса прямоугольного равнобедренного треугольника (рис. 4.2).

Следует обратить внимание на соотношение отсекаемой части от основной массы конуса, которая должна быть ей пропорциональна. Слишком большая отсекаемая часть разрушит геометрическую форму конуса. Слишком маленькая – создаст негативный эффект восприятия.

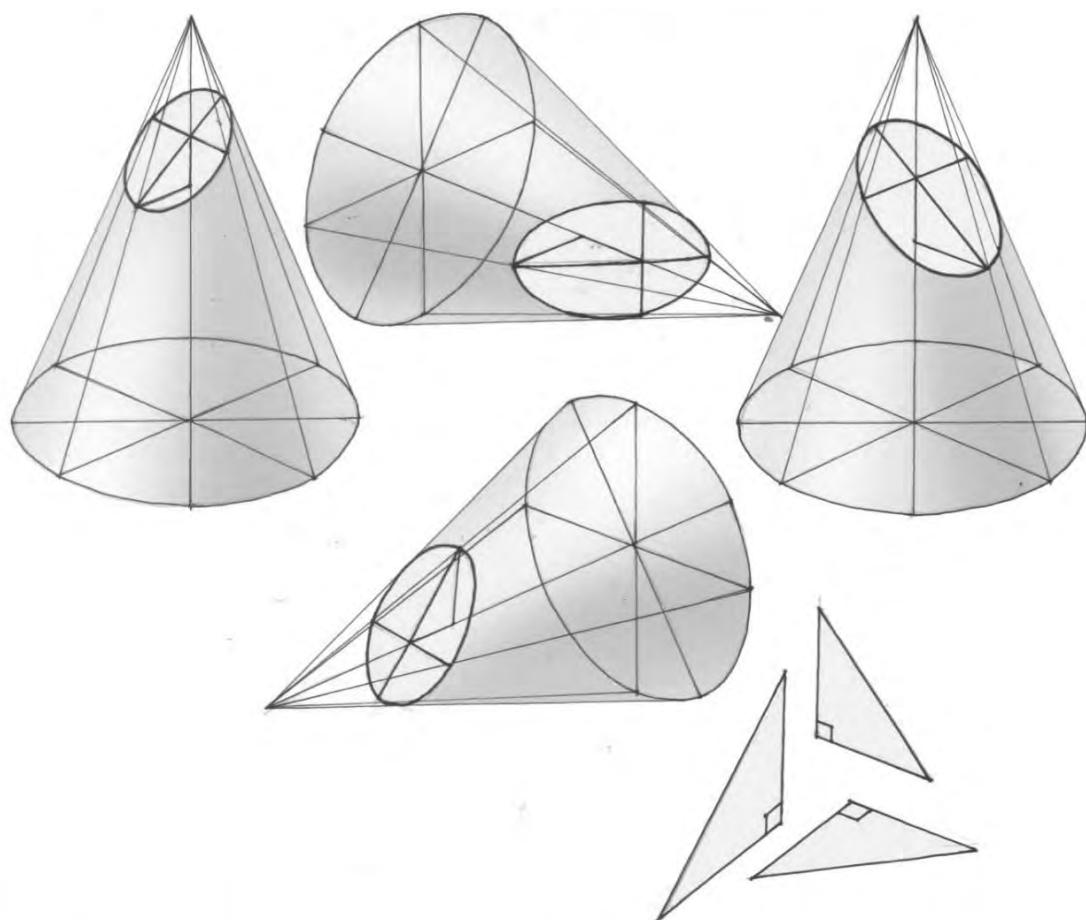


Рис. 4.2

Срез конуса задается с помощью произвольно выбранной точкой на одной из двух видимых образующих. Из данной точки проводится первый катет, который может принимать вертикальное и горизонтальное направление – это зависит от положения в пространстве самого тела вращения. Катет продлевается до точки пересечения с центральной осью конуса. С учетом перспективного сокращения по высоте конуса отмечается вторая точка прямоугольного треугольника, фиксируя размер второго катета. При соединении двух точек получается наклонная линия – гипотенуза треугольника. Она и становится фрагментом оси наклонного эллипса.

Для нахождения полного размера наклонной оси гипотенуза проводится до точки пересечения с противоположной невидимой образующей конуса. Ширина наклонного эллипса определяется по оси, которая достраивается из точки пересечения гипотенузы с центральной осью. По найденным четырем точкам выстраивается наклонный эллипс, который и является плоскостью, отсекаемой от конуса под углом 45 градусов.

4.2. Построение сечений усеченного конуса

Взаимодействие усеченного конуса с геометрическими телами сводится к построению сечений, рассмотренных в разделе 3.2. Рекомендуется первоначально провести врезку конуса в заданное граненое геометрическое тело, после которой совершить усечение конуса. Это позволит правильно выбрать первую точку среза, чтобы учесть возможность участия усеченной части конуса в самой врезке или даже если и нет, то все равно сделать взаимодействие геометрических тел наиболее эффективным при восприятии.

4.2.1. Сечение усеченного конуса вертикальными плоскостями на примере врезки в куб

Сечение конуса вертикальными плоскостями представлено на рис. 4.3. Первым этапом после изображения двух геометрических тел является построение сечения, которое начинается с выбора точки отсчета. Она берется на образующей конуса таким образом, чтобы создать наиболее выразительным силуэт врезки (точка 1). От точки 1 строится первое сечение в виде вертикального эллипса с большим диаметром. На грани секущей плоскости горизонтальной оси эллипса и вертикального ребра куба (точка 2) проводится высота гиперболы.

В данном случае срез конуса не является частью врезки. Выбирается наиболее оптимальная для среза часть конуса, которая фиксируется точкой на видимой образующей конуса (точка 3). В перспективе выстраивается прямоугольный равнобедренный треугольник, из которого вытекает построение наклонного эллипса.

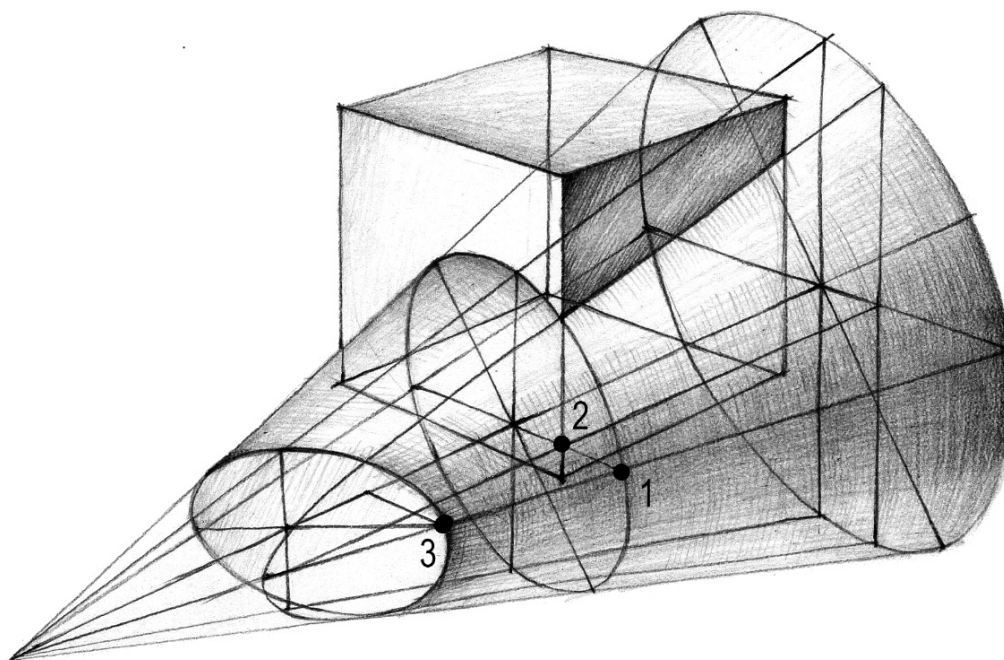


Рис. 4.3

4.2.2. Сечение усеченного конуса горизонтальной и наклонными плоскостями на примере врезки в шестиугольную призму

Результатом взаимодействия конуса с шестиугольной призмой, представленного на рис. 4.4, являются гипербола и два наклонных эллипса. Чтобы обеспечить данный результат, точка отсчета задается на верхнем ребре многоугольника (точка 1), из которой строится шестиугольное сечение. Стороны его становятся высотой гиперболы и наклонными осями эллипсов. В построении наклонных эллипсов участвуют горизонтальные оси, проведенные через центральную ось конуса. Далее выстраивается усечение конуса. Срез конуса, как и в предыдущем примере, не участвует во врезке.

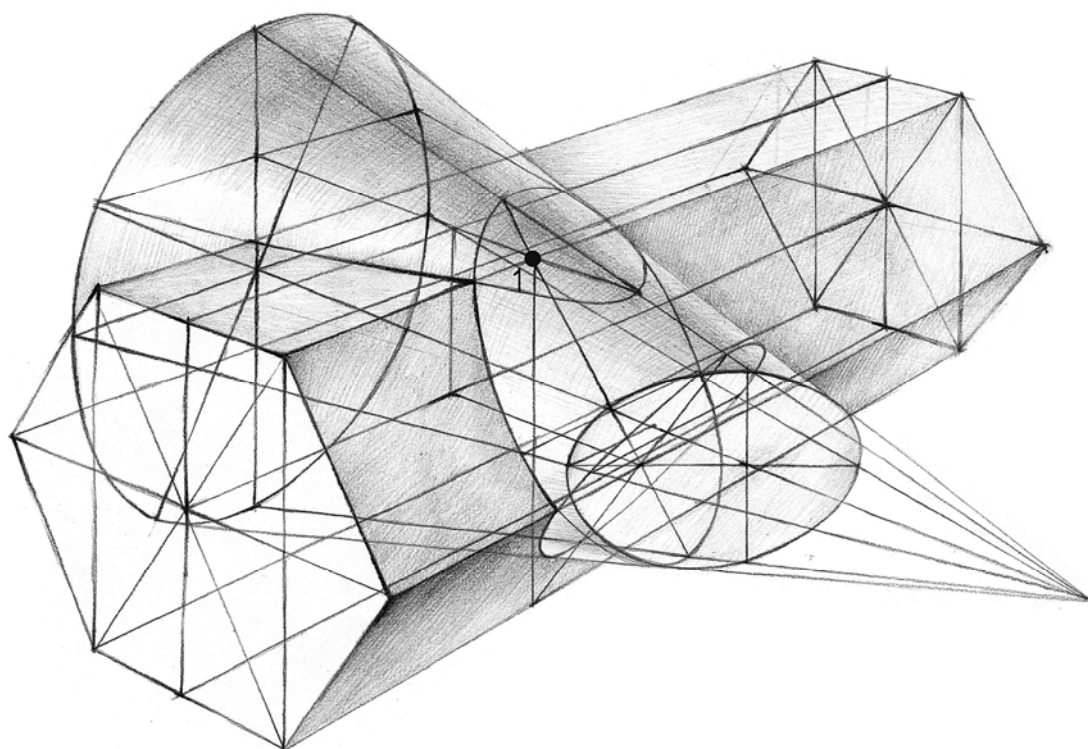


Рис. 4.4

4.2.3. Сечение усеченного конуса наклонными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

На примере взаимодействия конуса с пятиугольным многоугольником срез тела вращения входит в состав врезки, что дает дополнительный эффект при восприятии данного композиционного узла (рис. 4.5). После изображения геометрических тел и построения сечений, первым из которых выступает вертикальный пятиугольник (отсчет сечения – точка 1), вторым и третьим сечениями следуют наклонный эллипс и парабола, выполняется усечение конуса. При выборе первой точки катета равнобедренного треугольника (точка 2) руководствуемся идеей включения будущего наклона конуса в уже построенное сечение двух геометрических тел. Выбор точки 2

происходит на образующей конуса ниже его сечения в виде эллипса от наклонной грани пятиугольника. Полученные эллипсы пересекаются в двух точках (точки 3 и 4), которые соединяются по прямой линии. Данная линия является фрагментом четвертого сечения, представляющего собой наклонный пятиугольник. Его ось наклона параллельна наклону среза конуса, т. е. гипотенузе прямоугольного равнобедренного треугольника.

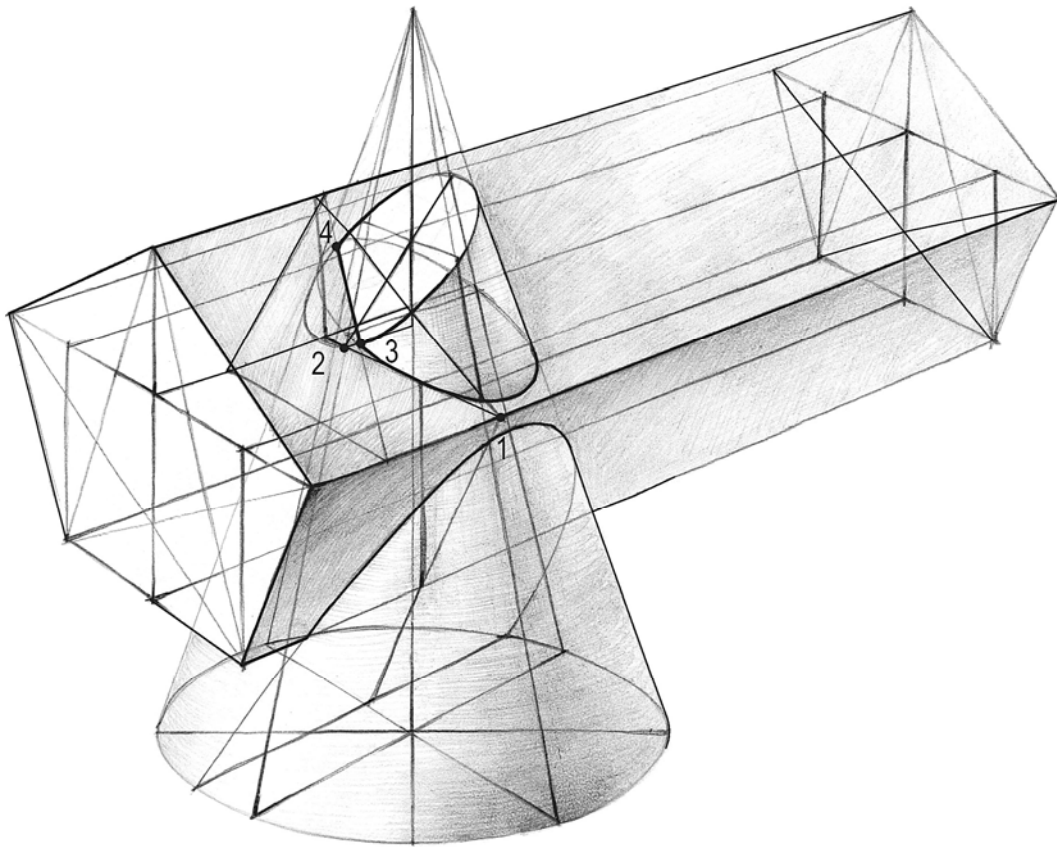


Рис. 4.5

4.2.4. Сечение усеченного конуса наклонной плоскостью на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

На рис. 4.6 первое сечение в виде треугольника берет свое начало в точке 1. От его стороны строится наклонный эллипс как результат взаимодействия конуса от наклонной плоскости треугольной призмы. Точка катета прямоугольного равнобедренного треугольника находится внутри первого сечения (точка 2) для того, чтобы будущая усеченная поверхность конуса участвовала во врезке. Также учитывается возможность создания выразительного силуэта за счет выступа усеченной вершины конуса над протяженным горизонтальным ребром призмы. Последнее сечение представляет собой наклонный треугольник. Он является результатом взаимодействия треугольной призмы с усеченной поверхностью конуса. Ось треугольника с вершиной в точке 3 параллельна гипотенузе прямоугольного равнобедренного треугольника среза конуса.

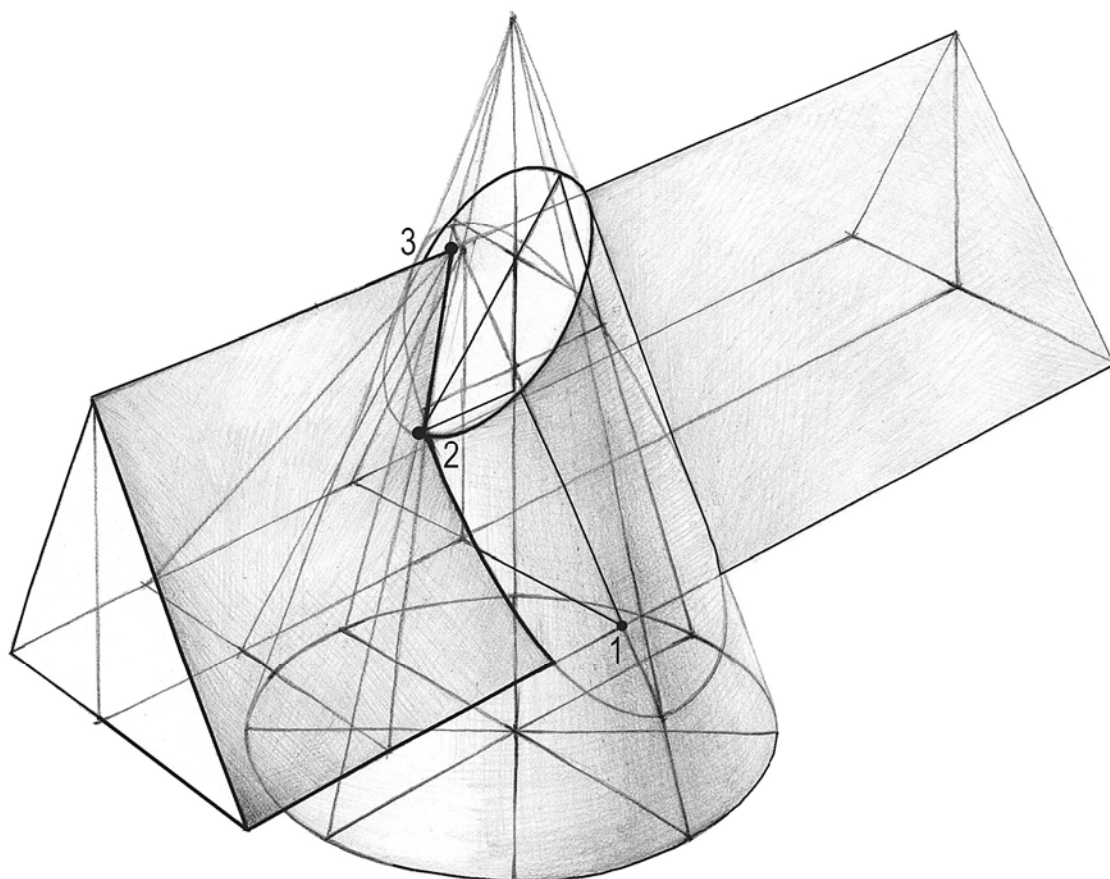


Рис. 4.6

4.2.5. Сечение усеченного конуса различными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

На рис. 4.7 врезка состоит из двух сечений: параболы и эллипса в повороте, связанных между собой сторонами сечения пятиугольника, построенного из точки 1. Место среза вершины конуса под углом 45 градусов взято таким образом, чтобы получить выразительное взаимодействие тела вращения с пятиугольной призмой. С учетом выхода усеченной вершины за границы пятиугольной призмы необходимо предусмотреть в первую очередь наклон получаемой гипотенузы прямоугольного равнобедренного треугольника. Т. е. его первая точка катета берется на образующей конуса за сечением эллипса в повороте (точка 2). Третьим сечением является взаимодействие граненого геометрического тела с наклонной плоскостью, принадлежащей усеченной вершине конуса. Оно представляет собой фрагмент наклонного пятиугольника. Его ось сечения параллельна наклону усеченной поверхности конуса.

Оригинальный по своим пропорциям композиционный узел изображен на рис. 4.8. Врезка граненого многоугольника с конусом задается с помощью точки (точка 1), выбранной на ребре пятиугольной призмы таким образом, чтобы горизонтальная и вертикальная линии, выходящие из нее, давали начало следующим построениям на наклонной и вертикальной

плоскости многоугольника. Таким образом, находится центр наклонного эллипса (точка 2) и вершина гиперболы (точка 3). После выполнения трех сечений конуса, состоящих из наклонного эллипса, параболы и гиперболы, строится срез вершины конуса под углом 45 градусов (точка 4). Усеченный конус придает дополнительный эффект композиции из двух геометрических тел.

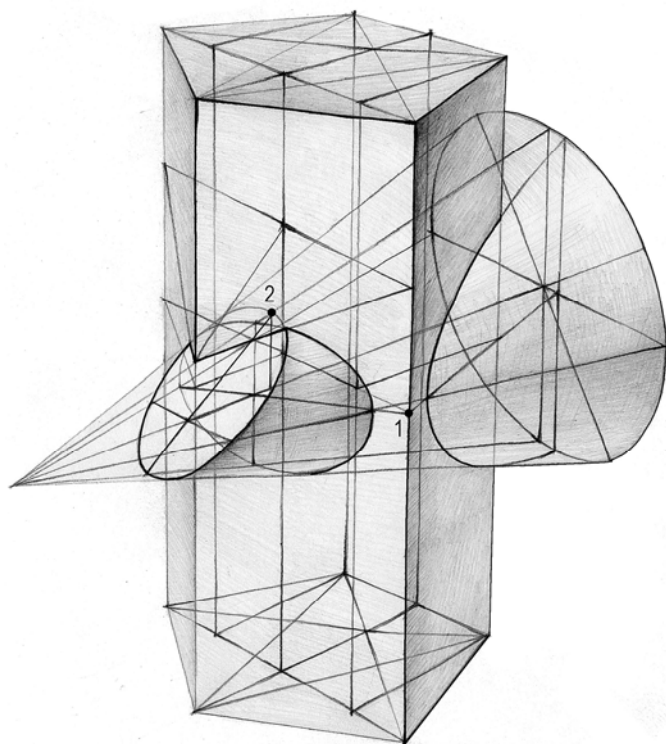


Рис. 4.7

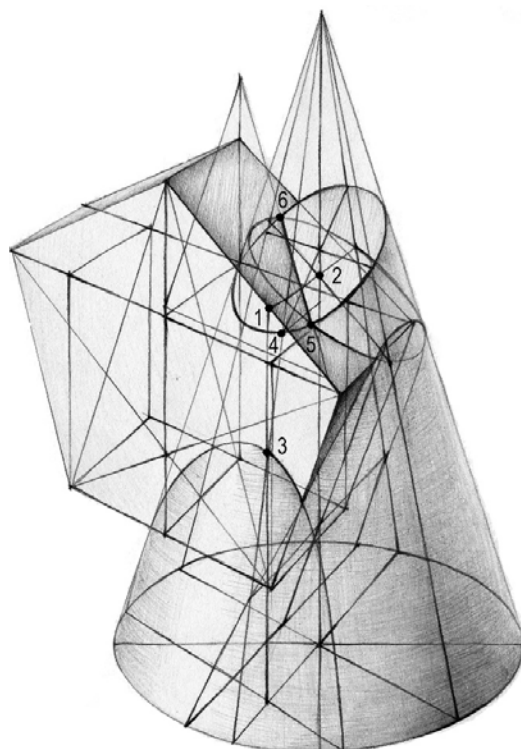


Рис. 4.8

Эллипс наклонного сечения и эллипс среза конуса под углом 45 градусов пересекаются в двух точках, которые соединяются по прямой линии (точки 5 и 6). Рассматривая структуру этого сечения, замечаешь взаимодействие двух наклонных плоскостей – пятиугольной призмы и наклонной плоскости усеченной вершины конуса. В результате взаимодействия получается сечение в виде фрагмента наклонного пятиугольника.

4.2.6. Сечение усеченного конуса наклонной и вертикальной плоскостями на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

Интересным взаимодействием является сочетание конуса с треугольной прямоугольной призмой благодаря контрастному сочетанию их пропорций и противоположному направлению по осям трехмерного пространства. На рисунках 4.9 и 4.10 представлены варианты сочетаний конуса с треугольной призмой. Усечения конусов усиливают эффект при восприятии данных композиционных узлов.

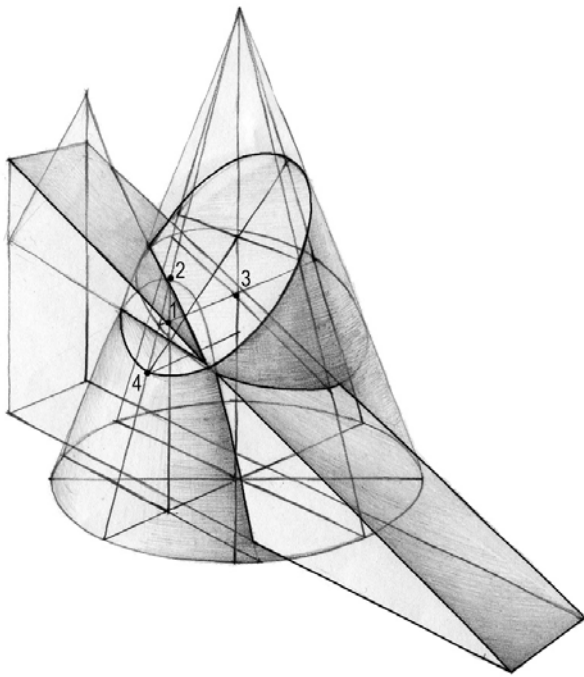


Рис. 4.9

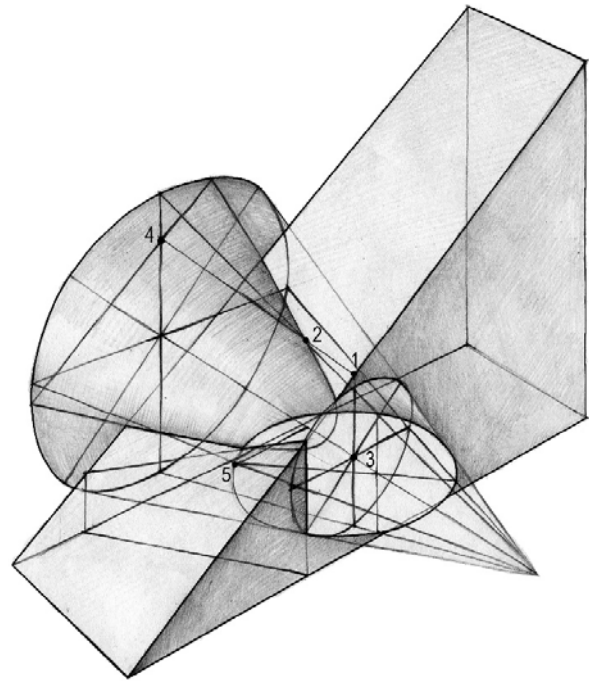


Рис. 4.10

Высота гиперболы с вершиной в точке 2 и горизонтальная ось наклонного эллипса с центром в точке 3 пересекаются в общей точке на грани секущей плоскости в точке 1, от которой и начинается построение данных сечений (рис. 4.9). На рис. 4.10 от точки 1 берет свое начало сечение, где высота гиперболы с вершиной в точке 2 пересекается с осью вертикального эллипса с центром в точке 3 и с большим диаметром, перпендикулярным оси конуса. Здесь ширина основания гиперболы, проходящая через центр в точке 4, параллельна секущей наклонной плоскости призмы.

Сечения эллипсов и гипербол на обоих рисунках перебиваются наклонным срезом вершины конуса. Прямоугольные равнобедренные треугольники среза конуса под углом 45 градусов строятся таким образом, чтобы пересечь наклонное ребро треугольной призмы (точка 4 на рис. 4.9 и точка 5 на рис. 4.10). На рис. 4.9 эллипс наклонного сечения и эллипс среза конуса под углом 45 градусов пересекаются в двух точках, которые соединяются прямой линией. На рис. 4.10 общая линия врезки также проходит через общие точки пересечения. Суть последних сечений при взаимодействии наклонной грани призмы с наклонной плоскостью среза конуса в обоих случаях состоит в построении фрагмента наклонного сечения треугольника.

4.2.7. Сечение усеченного конуса горизонтальной и вертикальными плоскостями на примере врезки в четырехугольную призму с четвертным вырезом

Из-за особенностей формы четырехугольной призмы с четвертным вырезом взаимодействие конуса с ней представляет собой сечения горизонтального эллипса и четырех гипербол (рис. 4.11). Первым сечением по-

является эллипс от взаимодействия с горизонтальной плоскостью призмы. Точки, объединяющие между собой вершины гипербол и горизонтальные оси эллипса, находятся на гранях секущей плоскости (точки 1 и 2), а также на продлении ребер призмы, участвующих во врезке, с теми же осями (точки 3 и 4). Срез вершины конуса осуществляется за счет правильного выбора первой точки катета, от которой через построение прямоугольного равнобедренного треугольника изображается наклонный эллипс (точка 5). Из точек пересечения наклонного эллипса среза с кривыми гипербол и горизонтального сечения конуса завершается врезка в виде прямых линий.

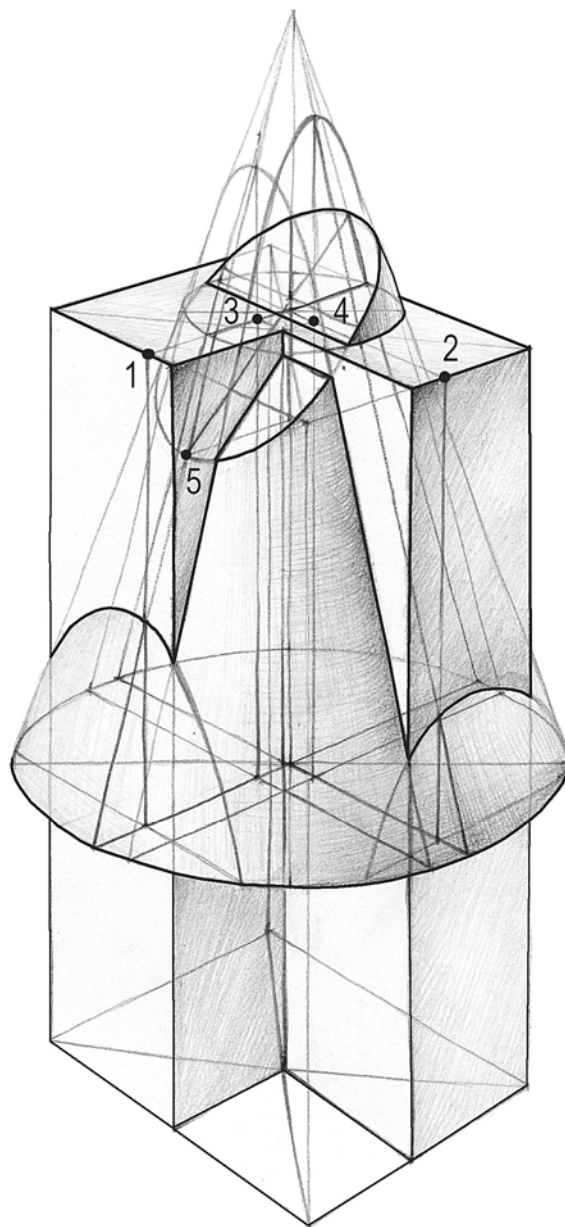


Рис. 4.11

5. ШАР

5.1. Линейно-конструктивный рисунок шара

Шар – геометрическое тело, относящееся к телам вращения, представляющий собой совокупность всех точек поверхности, находящихся на одинаковом расстоянии от центра. Это расстояние называется радиусом шара. Поверхность шара образуется путем вращения полуокружности вокруг ее диаметра. Этот диаметр называется осью шара. Поверхность шара называется сферой. Ортогональные проекции шара представляют собой окружности (рис. 5.1).

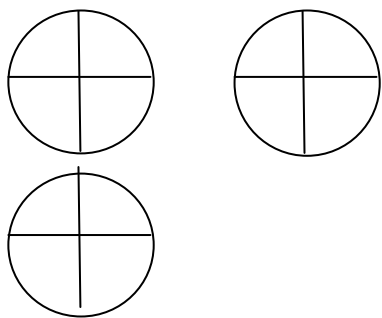


Рис. 5.1

Шар единственное геометрическое тело, изображение которого неизменно относительно его положения в пространстве. В линейно-конструктивном рисунке шар всегда будет иметь форму окружности, а его сферический объем выявляется благодаря штриховке и построению трех взаимно перпендикулярных сечений. Проходящие через центр шара, они характеризуют его пространственную структуру относительно ли-

нии горизонта. При этом их нельзя использовать в качестве сечений шара. Каждое из них режет шар по центру (рис. 5.2).

Любая плоскость рассекает шар по окружности, которая при изображении в трехмерном пространстве на плоскости листа превращается в эллипс, больший диаметр которого всегда направлен перпендикулярно плоскости сечения.

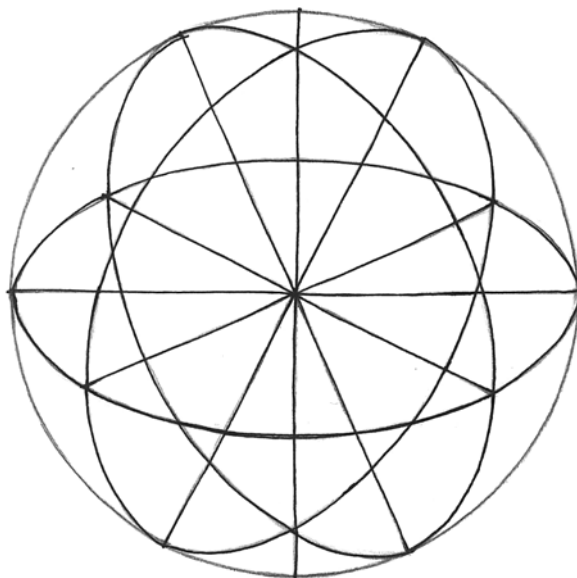


Рис. 5.2

5.1.1. Этапы построения шара

1. Построение шара следует начинать с фиксации его центра с помощью двух взаимно перпендикулярных друг к другу осей. Затем с помощью засечек карандашом можно отметить необходимое количество равноудаленных друг от друга точек для соединения их плавной огибающей очерковой линией шара. На данном этапе построения шар воспринимается как плоская фигура (рис. 5.3).

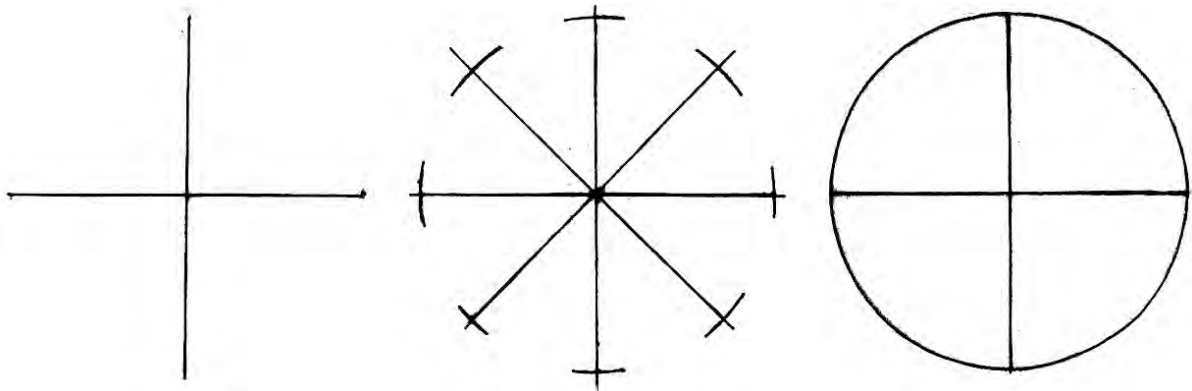


Рис. 5.3

2. Для придания шару объемной конструктивной формы и выявления его положения в пространстве строится одно из трех выше рассмотренных взаимно перпендикулярных сечений. Такое упрощение позволяет экономить время и освобождает рисунок от чрезмерной перегруженности линиями. Наиболее значимым сечением, проходящим через центр, признается горизонтальный эллипс, как связующий элемент всех сечений шара горизонтальными и вертикальными плоскостями. Он получается в результате взаимодействия шара с условной горизонтальной плоскостью, проходящей через его центр, и называется «центральный горизонтальный эллипс» (рис. 5.4).

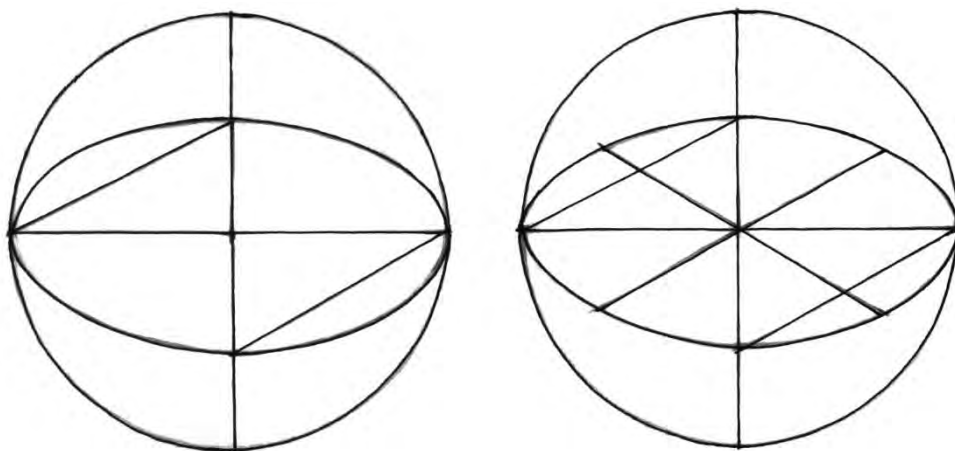


Рис. 5.4

Степень раскрытия центрального горизонтального эллипса находится с помощью вспомогательных линий, идущих из крайних точек радиуса в перспективу до встречи с осью шара. Заключительным этапом подготовки шара к построению сечений является проведение осей через центральный горизонтальный эллипс в перспективу.

5.2. Построение сечений шара

Сечение шара любой плоскостью сводится к построению эллипса в трехмерном пространстве. При этом главным правилом построения является перпендикулярное направление большего диаметра эллипса к любой плоскости сечения: вертикальной, горизонтальной или наклонной.

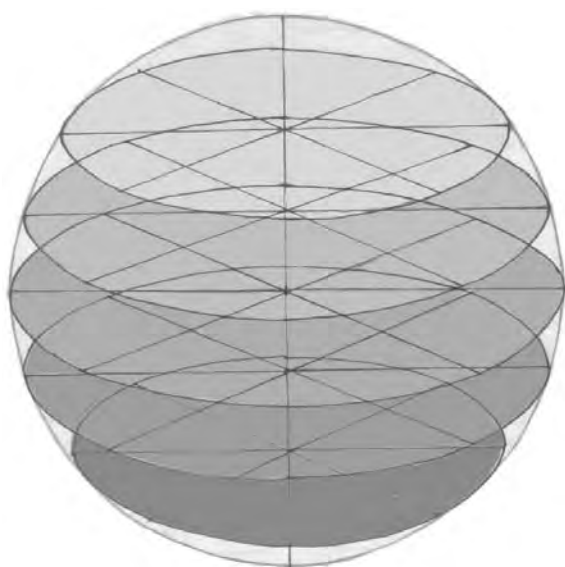


Рис. 5.5

Горизонтальная плоскость сечения, двигаясь по вертикали, отсекает от шара горизонтальные эллипсы, степень раскрытия которых зависит от положения геометрического тела относительно линии горизонта и увеличивается сверху вниз.

Выше от центрального горизонтального эллипса сечения будут равномерно уменьшаться, приближаясь к линии горизонта, а ниже – расширяться, удаляясь от нее (рис. 5.5).

Вертикальная плоскость сечения имеет два направления движения по осям трехмерного пространства: по оси X и по оси Y . Это определяет направление перпендикулярности большего диаметра эллипса к плоскости сечения. Центр перпендикуляра большего радиуса эллипса всегда находится на одной из осей центрального горизонтального эллипса (рис. 5.6).

Степень раскрытия вертикальных эллипсов шара будет различной, меняясь в зависимости от положения шара относительно линии горизонта. Ориентиром при их построении будут являться горизонтальные оси, проходящие через центр сечения внутри центрального горизонтального эллипса и фиксирующие ширину.

При сечении шара наклонной плоскостью или плоскостью в повороте его построение также следует закону, при котором сечение всегда остается перпендикулярным по отношению к секущей плоскости. Необходимо провести больший диаметр эллипса перпендикулярно данной плоскости. Из-за характера плоскости отмерить угол 90 градусов является неправильным решением. Такого рода сечения строятся больше по представлению, но

с помощью модели, представляющей собой рисунок квадрата, принимающего направление секущей плоскости, и вписанного в него эллипса. При вписывании эллипса у него прорисовывается ось симметрии. Она и становится перпендикуляром к секущей плоскости. Эллипс, вписанный в квадрат, является образцом для переноса его изображения на шар в предполагаемое место врезки. Модель сечения шара рисуется в любом месте на плоскости сечения и сохраняется (рис. 5.7).

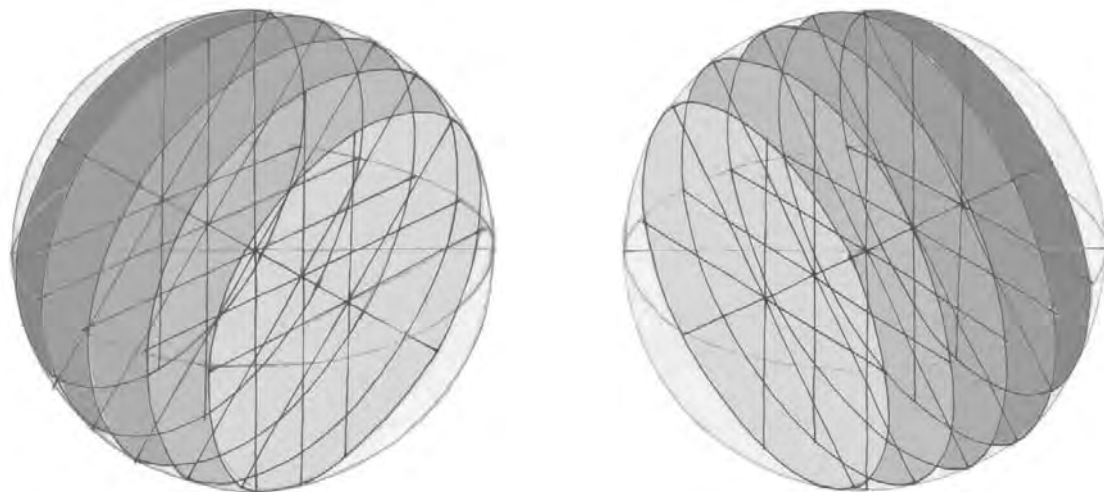


Рис. 5.6

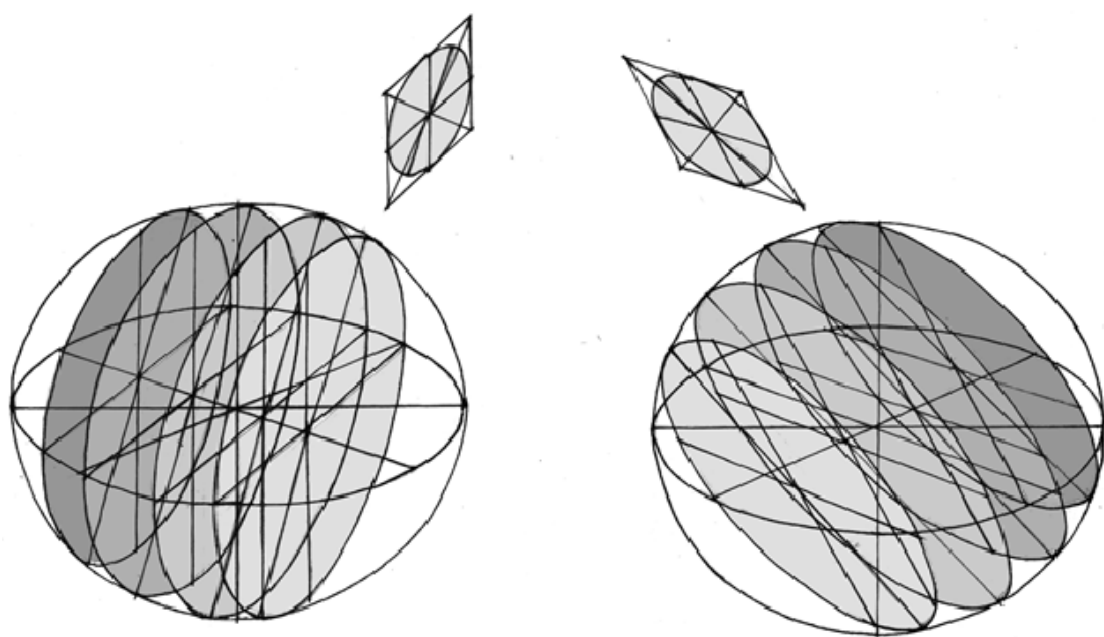


Рис. 5.7

5.2.1. Сечение шара горизонтальной и вертикальными плоскостями на примере врезки в четырехугольную призму

Все сечения шара, получаемые в результате воздействия различными плоскостями от одного геометрического тела, связаны между собой.

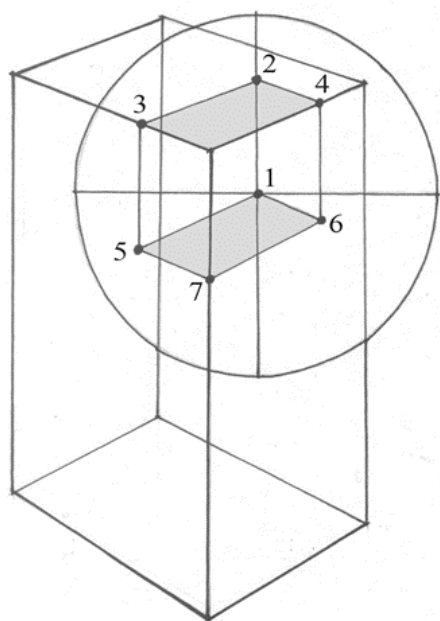


Рис. 5.8

Эту взаимосвязь можно проследить на схеме отрезков горизонтальных и вертикальных осей сечений шара, (рис. 5.8), где точками являются:

- 1 – центр шара;
- 2 – центр горизонтального сечения;
- 3, 4 – точки пересечения осей горизонтального и вертикальных сечений эллипсов с гранями четырехугольной призмы;
- 5, 6 – центры сечений эллипсов от вертикальных граней четырехугольной призмы;
- 7 – точка пересечения горизонтальных осей вертикальных эллипсов

Результат взаимодействия шара с четырехугольной призмой зависит в первую очередь от их размещения относительно друг друга. С выбором первой точки сечения начинается цепочка последовательного построения всей врезки. Точкой отсчета является место встречи осей горизонтального и вертикального сечений эллипсов на грани секущей плоскости (точки 3 и 4). Она связывает между собой центры горизонтальных и вертикальных сечений (точки 5 и 6). Горизонтальные оси вертикальных эллипсов сечений пересекаются на грани секущей плоскости (точка 7). Таким образом, внутреннее построение сечений шара отражает объемную структуру различных плоскостей, из которых складывается геометрическое тело, в данном случае – четырехугольную призму.

На рис. 5.9 после изображения четырехугольной призмы и шара первым сечением является центральный горизонтальный эллипс тела вращения (далее по умолчанию всегда это сечение становится первым). Непосредственно само построение берет свое начало на грани секущей плоскости, задавая направление вертикальной и горизонтальной осей эллипсов сечения (точка 4). От нее находятся центры сечений (точки 2 и 6). На этом этапе построения становится понятным, что шар выступает только с одной стороны четырехугольной призмы. Это следует из того, что центр сечения второго вертикального эллипса (точка 5) выходит за пределы центрального горизонтального эллипса.

Когда прорисованы оси эллипсов, выполняются горизонтальное и вертикальное сечения шара, уточняются их криволинейные очертания, учитывая при этом степень раскрытия.

Выступ шара с двух сторон относительно вертикальных граней четырехугольной призмы представлен на рис. 5.10. Чтобы такой результат был возможен, объем шара должен занимать большее пространство в геометрических границах призмы.

По произвольно заданной первой точке на грани секущей плоскости (точка 3) через вертикальные и горизонтальные линии, а также вторую точку преломления на грани секущей плоскости (точка 4) просчитывается расположение всех центров эллипсов сечений (точки 2, 5 и 6). Следует обратить внимание, что расстояния между точками 2–4 (2–3) будут равны расстоянию между точками 1–6. Также как расстояние между точками 1–5. Оси горизонтальных сечений пересекаются на вертикальном ребре призмы в точке 7.

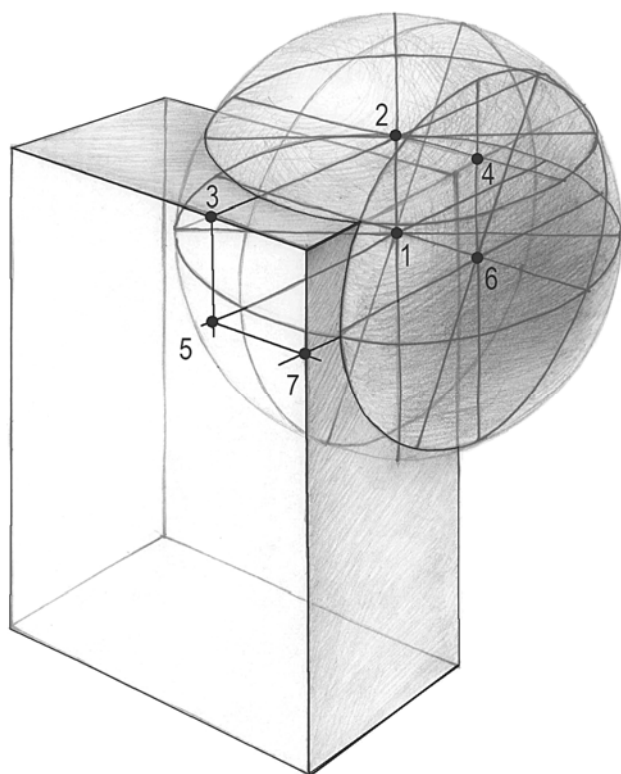


Рис. 5.9

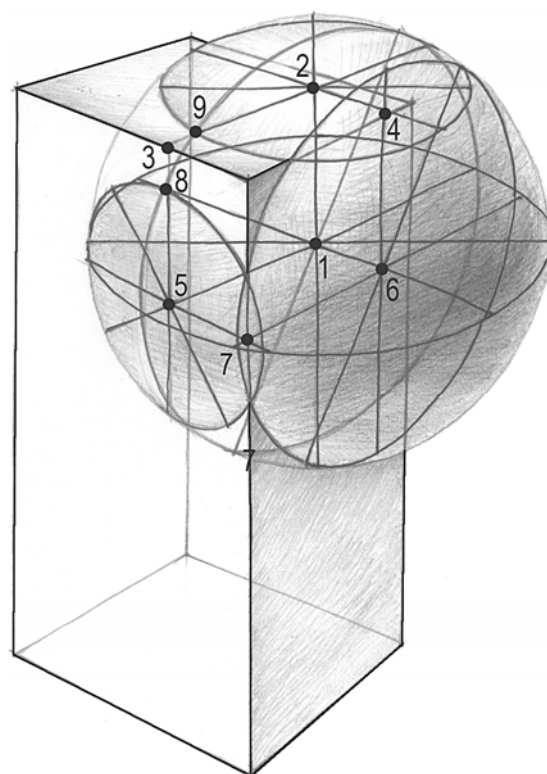


Рис. 5.10

Через центры вертикальных эллипсов (точки 5 и 6) выстраиваются большие радиусы, перпендикулярно осям, связанным с центром шара (точка 1). Степень раскрытия вертикальных эллипсов определяется по ширине горизонтальных осей в границах центрального горизонтального эллипса. Уточненному построению степени раскрытия эллипсов будет способствовать появление вертикального сечения через центр шара. Таким образом, с точностью определяется взаимосвязь эллипсов между собой (точки 8 и 9).

Еще один вариант размещения шара по отношению к четырехугольной призме представлен на рис. 5.11. Здесь врезка будет представлять два вертикальных эллипса. Первая точка произвольно задается на вертикальном ребре четырехугольной призмы (точка 1). Она обязательно расположена внутри центрального горизонтального эллипса. Через нее проходят горизонтально направленные оси двух вертикальных эллипсов. В точках их пересечения с осями центрального горизонтального эллипса находятся

центры вертикальных сечений (точки 2 и 3), от которых строятся большие диаметры, перпендикулярные каждой своей плоскости. Степень раскрытия вертикальных эллипсов определяется по ширине горизонтальных осей в границах центрального горизонтального эллипса.

5.2.2. Сечение шара наклонной плоскостью на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

На рис. 5.12 после изображения треугольной прямоугольной призмы строится шар. В зависимости от объема шара в результате получается его взаимодействие с одной или двумя плоскостями граненого тела.

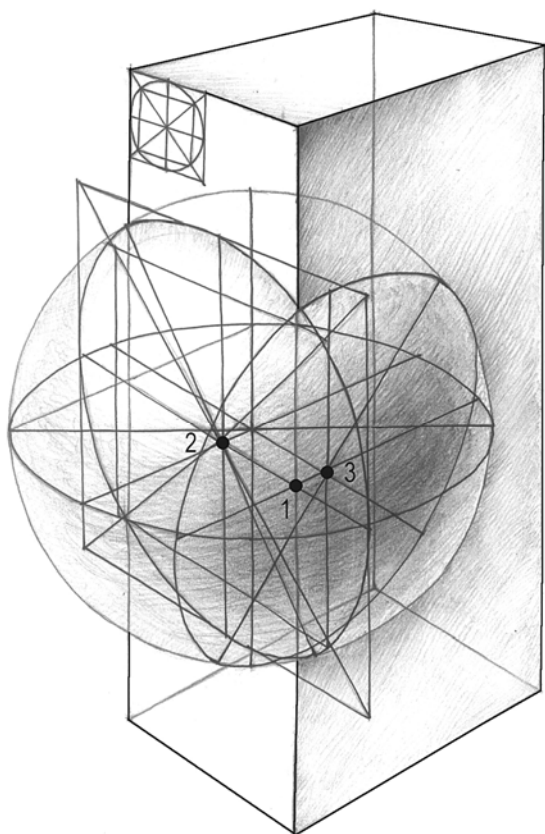


Рис. 5.11

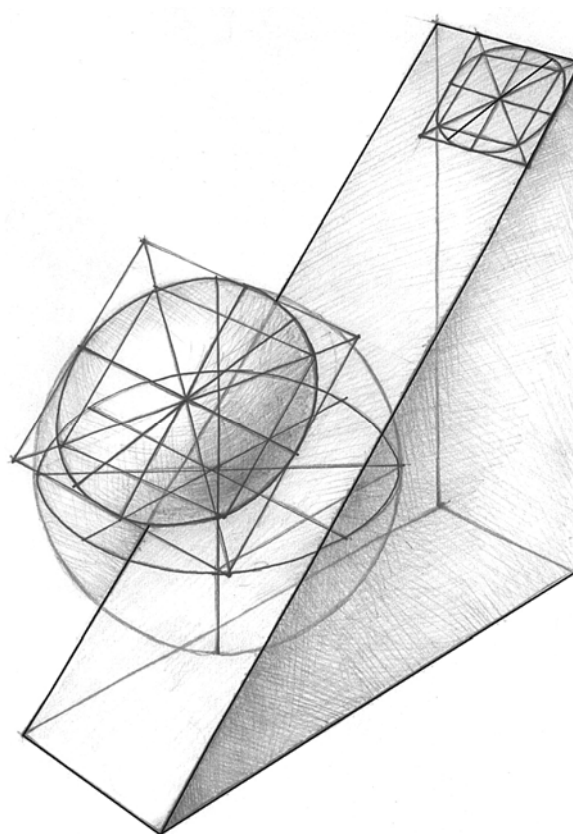


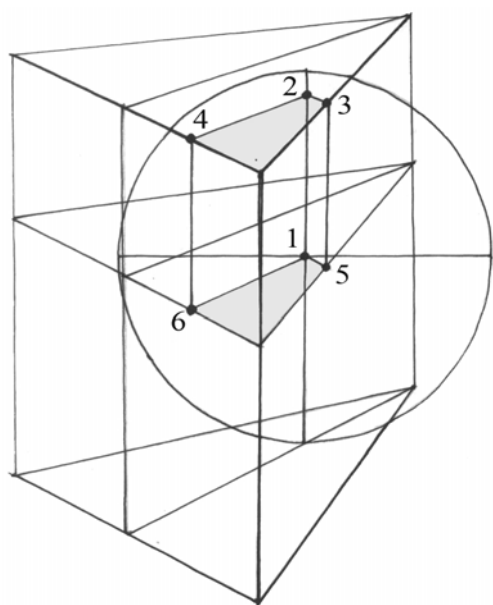
Рис. 5.12

Первоначально изображается модель сечения шара с наклонной плоскостью. Она представляет собой наклонный квадрат произвольного размера, нарисованный в любом удобном месте наклонной плоскости треугольной призмы, в данном случае в ее верхнем углу. Квадрат принимает направление секущей плоскости, и вписанный в него эллипс соответственно приобретает вытянутый, характерный для этой плоскости, наклон. Ось симметрии эллипса будет стремиться к большей диагонали квадрата. Увеличенная модель сечения переносится на шар. По модели корректируется не только характер наклонного эллипса, но и степень раскрытия.

5.2.3. Сечение шара различными плоскостями на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

Сечения шара от треугольной равнобедренной призмы взаимосвязаны между собой. В основе согласованности сечений между собой лежат линии, связанные структурой граненого геометрического тела.

На схеме (рис. 5.13) показано, как от произвольно выбранной точки 4, лежащей на грани секущей плоскости, находится центр горизонтального (точка 2) и вертикального (точка 6) сечений. Далее цепочка построений от точки 2 приводит к следующей точке на грани секущей плоскости (точка 3), а от нее ко второму центру вертикального эллипса (точка 5). Расстояние между точками 2–3 и 1–5 равны между собой, также как между точками 2–4 и 1–6.



Взаимосвязь сечений шара на схеме через горизонтальные и вертикальные оси сечений, где точками являются:

- 1 – центр шара;
- 2 – центр горизонтального сечения шара;
- 3, 4 – точки пересечения осей горизонтального сечения шара с гранями треугольной равнобедренной призмы;
- 5, 6 – центры сечений эллипсов от вертикальных граней треугольной равнобедренной призмы

Рис. 5.13

Рис. 5.13 является схемой к построению взаимодействия шара с треугольной призмой, представленной на рис. 5.14. Здесь два сечения от вертикальных плоскостей различные по характеру: одно из них направлено перпендикулярно к плоскости сечения, а второе – находится к ней в повороте. Нахождение бóльшего диаметра в сечении от вертикальной плоскости в повороте с центром в точке 5 связано с изображением модели, которая передает характер эллипса и его направление.

Не всегда большой диаметр эллипса (перпендикуляра к оси) из-за сокращений шара будет касаться поверхности сферы (точки 7 и 8). Выбор размера перпендикуляра к оси берется по представлению. Критерием выбора становятся соответствующая перспективе степень раскрытия и правильность построения самого эллипса с соблюдением равенства осей бóльшего радиуса ($R_1 = R_2$) и соотношения осей меньшего радиуса ($r_1 < r_2$) (рис. 1.3 и 1.5). При необходимости (но не обязательно!) понимание разме-

ра перпендикуляра к оси дает дополнительное построение вертикального эллипса через центр шара (точки 9 и 10).

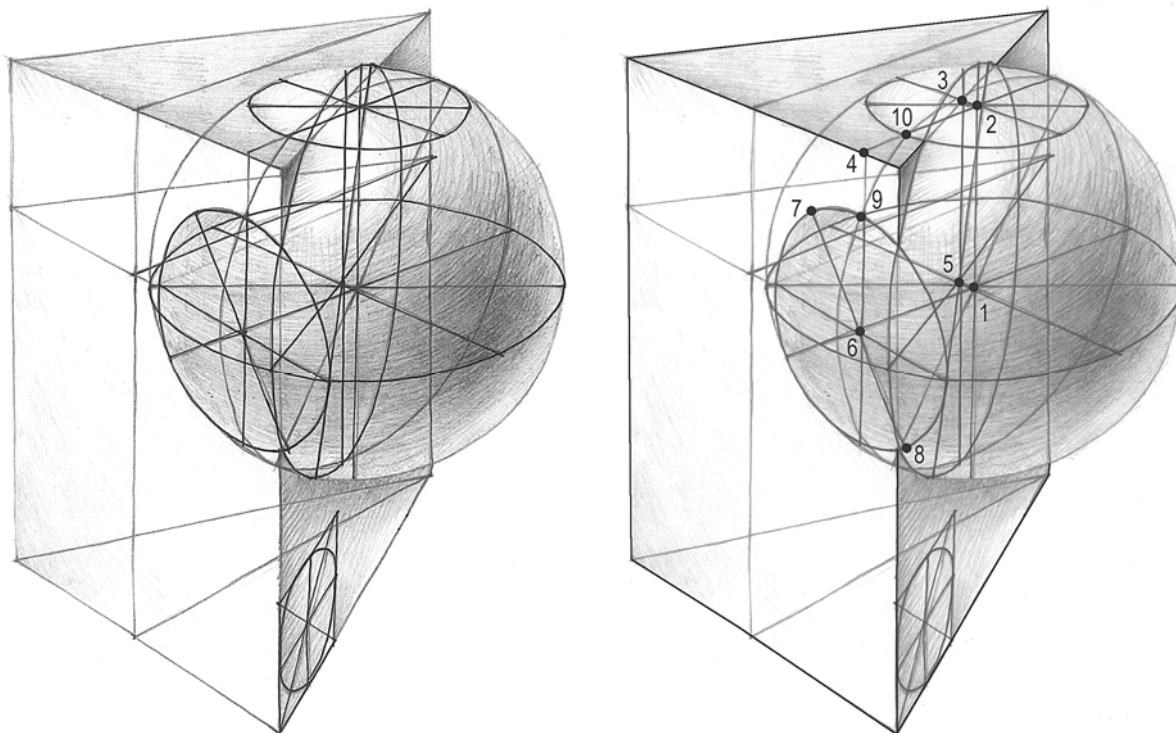
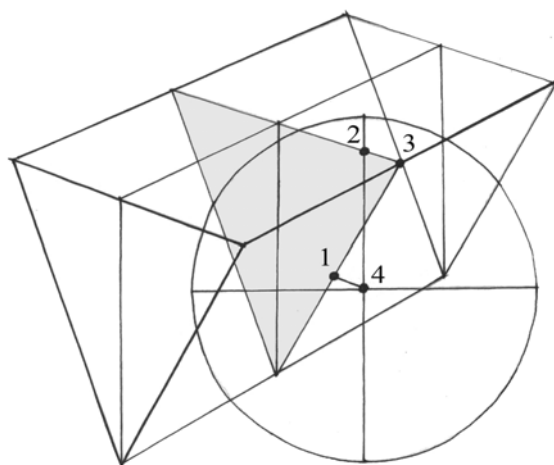


Рис. 5.14

Взаимодействие шара с треугольной равнобедренной призмой связано с построением горизонтального, вертикального и наклонного эллипсов. Как правило, появление наклонной плоскости определяет одним из этапов построения прорисовку модели сечения шара.

Внутреннее построение сечений шара отражает собой объемную структуру различных плоскостей, из которых складывается треугольная призма (рис. 5.13 и 5.15).

Взаимосвязь сечений шара на схеме через горизонтальную и наклонную оси сечений с точками 1–4 представлена на рис. 5.15.



1 – центр сечения наклонного эллипса от наклонной грани призмы;

2 – центр горизонтального сечения шара;

3 – точка пересечения оси горизонтального сечения шара с гранью треугольной равнобедренной призмы;

4 – центр шара

Рис. 5.15

От выбранной первой точки 3 на грани секущей плоскости происходит последовательное выполнение всей врезки, начиная с сечения равнобедренного треугольника (рис. 5.16). От полученного треугольника находится центр горизонтального сечения шара (точка 2), через которую проводится бóльший диаметр, и центр сечения наклонного эллипса (точка 1). Наклонное сечение строится по модели в виде квадрата, который повторяет собой наклон грани треугольной призмы. В нее вписывается эллипс с определением бóльшего диаметра, условно перпендикулярного плоскости.

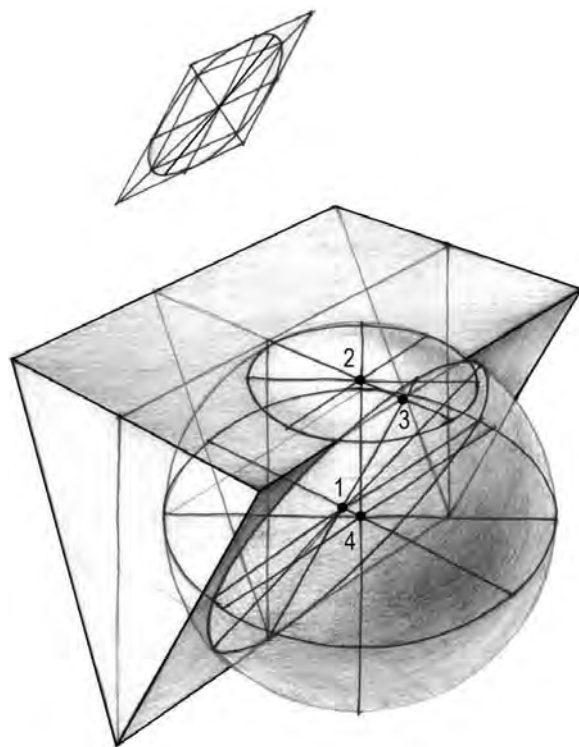


Рис. 5.16

На рис. 5.17 представлен следующий вариант возможного взаимодействия шара с треугольной равнобедренной призмой. В первую очередь необходимо соблюдать пропорции изображаемых геометрических тел, заранее планируя конечный результат.

Очевидно, что данная врезка состоит из двух сечений: от вертикальной и наклонной плоскостей. Здесь первым сечением может строиться любое по своему усмотрению. Например, сечение от вертикальной плоскости. Задается центр вертикального эллипса, от которого перпендикулярно к плоскости сечения проводится бóльший диаметр. Также через центр сечения шара проходит горизонтальная ось, фиксирующая ширину в точках пересечения эллипса с центральным горизонтальным эллипсом. При прорисовке эллипса соблюдаются степень раскрытия и правильность его построения.

Построение наклонного эллипса происходит по модели сечения. Для этого в нижнем свободном углу треугольной призмы рисуется квадрат с вписанным в него эллипсом. Остается перенести согласно модели изображение эллипса на место врезки и согласовать его с уже построенным эллипсом от вертикальной плоскости.

5.2.4. Сечение шара наклонными плоскостями на примере врезки в пирамиду с квадратным основанием

Сечение шара с пирамидой (рис. 5.18) сводится к построению двух сечений от наклонных плоскостей согласно своим моделям. В любом свободном месте на гранях пирамиды выстраиваются модели сечений в виде квадратов, стороны которых обязательно соблюдают наклон параллельно

апофемам пирамид. Взаимосвязь двух наклонных эллипсов можно проследить в общей точке пересечения их горизонтальных осей на ребре пирамиды (точка 1), где происходит перелом секущих плоскостей. Главное, что необходимо уяснить при построении эллипсов по модели, – это то, что ось симметрии наклонного эллипса не параллельна апофеме пирамиды, а берется непосредственно из построения эллипса в квадрате.

5.2.5. Композиционный узел из шара, пирамиды и четырехугольной призмы с четвертным вырезом

На рис. 5.19 шар изображается после построения первых двух геометрических тел и их пересечения: пирамиды с квадратным основанием и четырехугольной призмы с четвертным вырезом (точка отсчета сечения – 1). Результатом врезки становится наклонная четверть. Далее необходимо нарисовать шар вместе с построенным центральным горизонтальным эллипсом таким образом, чтобы заранее предвидеть врезку со всеми плоскостями пирамиды и четвертной призмы. Выбор конкретного места для шара помогают определить предварительно набросанные сечения.

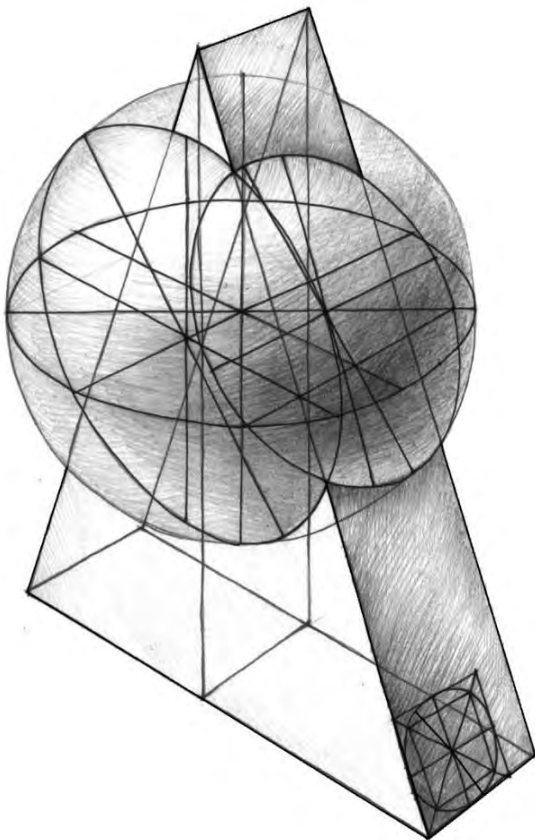


Рис. 5.17

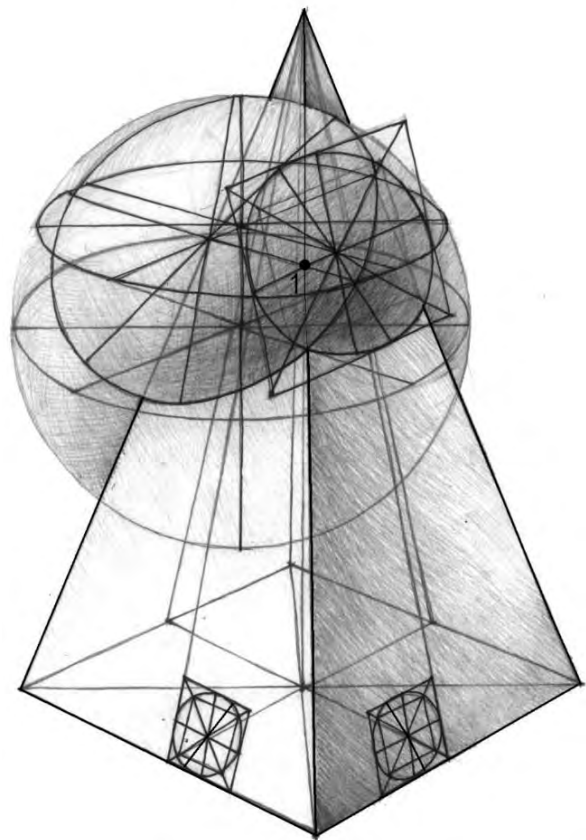


Рис. 5.18

Данная тройная врезка достаточно трудоемка в исполнении. Она состоит из пяти связанных между собой сечений по количеству взаимодействующих между собой плоскостей: трех горизонтальных, вертикальной и наклонной.

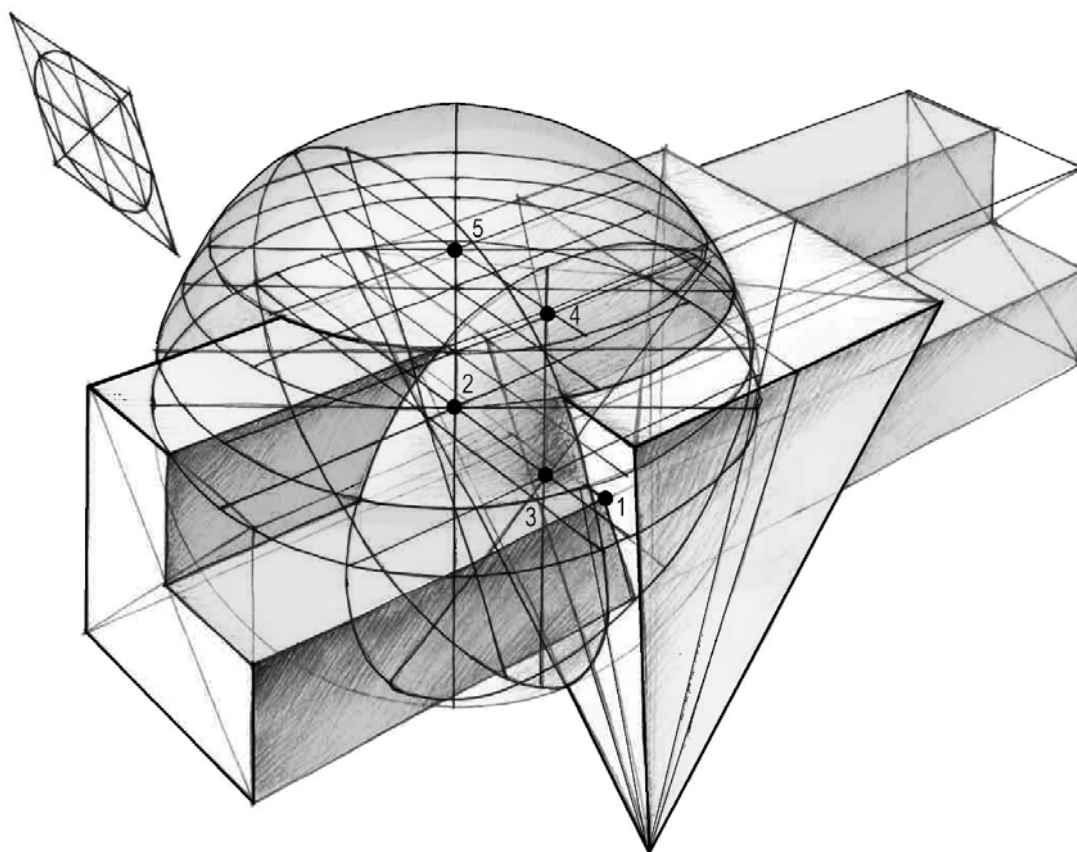


Рис. 5.19

Рекомендуется первым выполнить сечение шара от горизонтальной плоскости нижней грани четырехугольной призмы с четвертным вырезом (центр сечения в точке 2), т. к. оно сразу выстроит цепочку последовательного построения всей врезки. От вертикальной плоскости призмы строится вертикальный эллипс с центром в точке 3 под прямым углом к плоскости. На грани секущей плоскости (точка 4) с помощью горизонтальной оси находится центр горизонтального эллипса (точка 5) – результат взаимодействия шара с верхней гранью четырехугольной призмы с четвертным вырезом. Сечение от наклонной плоскости пирамиды изображается по модели эллипса, вписанного в квадрат, стороны наклона которого принимают положение, параллельное ее апофеме. При ситуации, когда в границах геометрического тела не хватает по той или иной причине места для модели сечения, она выносится за его пределы и изображается в любом свободном месте на плоскости листа, как и показано на рис. 5.19.

5.2.6. Композиционный узел из шара, четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием и треугольной прямоугольной призмы

На первом этапе построения композиционного узла, представленного на рис. 5.20, изображаются граненые геометрические тела и строится их сечение – треугольник, как результат взаимодействия треугольной прямо-

угольной призмы от вертикальной плоскости. Это первое сечение данного композиционного узла.

По заранее продуманному эскизу композиции, в котором тело вращения занимает центральное место, изображается шар. Вторым сечением в тройной врезке становится вертикальный эллипс с центром в точке 1, получаемый при взаимодействии шара с вертикальной плоскостью призмы с прямоугольным отверстием. Для получения тройной врезки необходимо, чтобы вертикальный эллипс пересек первое сечение в виде треугольника (точка 2). Связь с третьим сечением, которое логически вытекает из второго, происходит с помощью горизонтальной линии, проходящей через точку преломления на грани секущей плоскости (точка 3) и дающей центр горизонтального эллипса при сечении шара горизонтальной плоскостью призмы с прямоугольным отверстием (точка 4). Последним, четвертым сечением композиционного узла из трех геометрических тел является наклонный эллипс с центром в точке 5. Он получается от взаимодействия шара с наклонной плоскостью треугольной прямоугольной призмы и строится по модели. Обязательным условием при переносе наклонного эллипса по модели служит совмещение его изображение с общей точкой пересечения первого и второго сечения в точке 2.

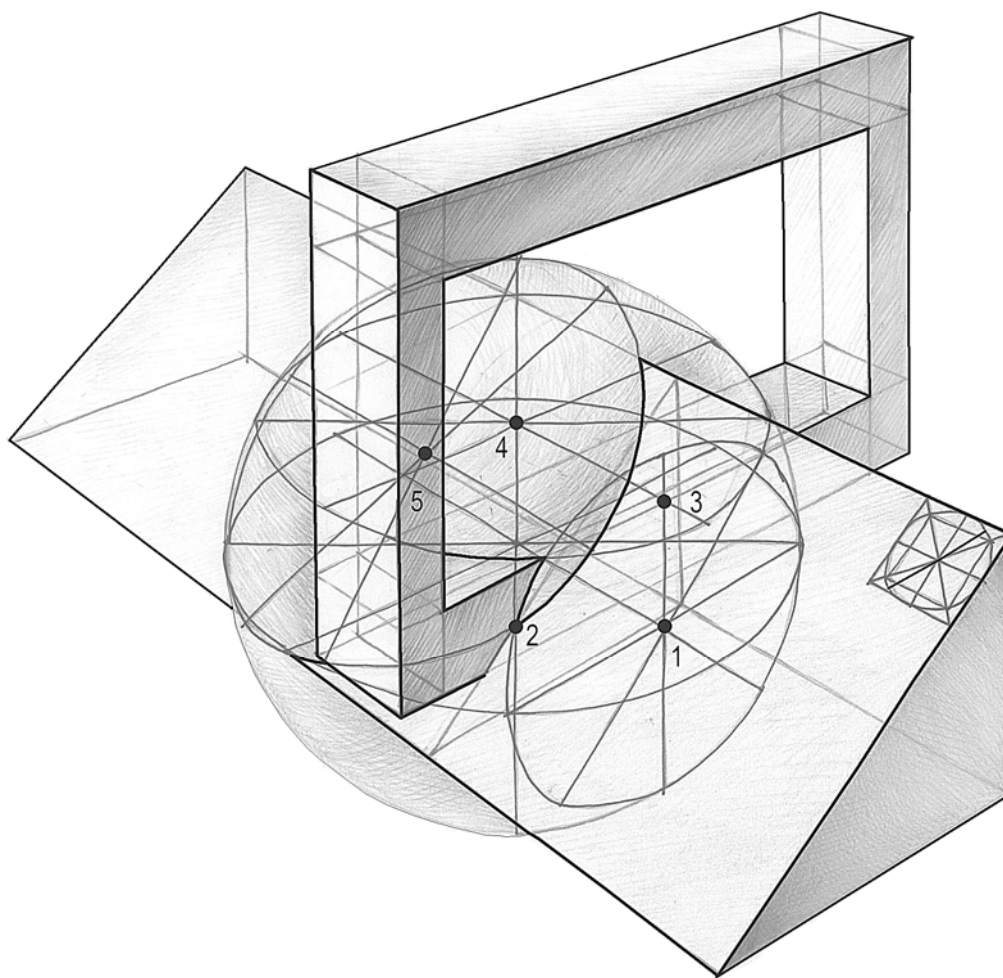


Рис. 5.20

5.2.7. Композиционный узел из шара, четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием и двух треугольных призм: равнобедренной и прямоугольной

Творческое воображение позволяет придумывать самые разные комбинации из геометрических тел, опираясь на красоту линий, контраст пропорций, интересные пересечения. Включение шара в композиционный узел, состоящий из граненых геометрических тел, привносит в него оригинальность и определенную степень сложности, что не может не повлиять на лучший эффект при восприятии.

На первом этапе построения композиционного узла, представленного на рис. 5.21, изображаются граненые геометрические тела в предпочтительной последовательности. Например, после появления двух треугольных призм с сечением в виде фрагмента равнобедренного наклонного треугольника (точка отсчета 1, ось сечения точки 2 и 3), добавляется четырехугольная призма с прямоугольным отверстием, которая предварительно рассчитывается по следу сечения и имеет простое сечение. При размещении шара руководствуемся тем, чтобы благодаря своим пропорциям он охватил собой все три граненые геометрические тела, заранее учитывая будущие наиболее выигрышные сечения. Врезка шара – это три взаимосвязанных между собой сечений эллипсов: горизонтальное, вертикальное и наклонное.

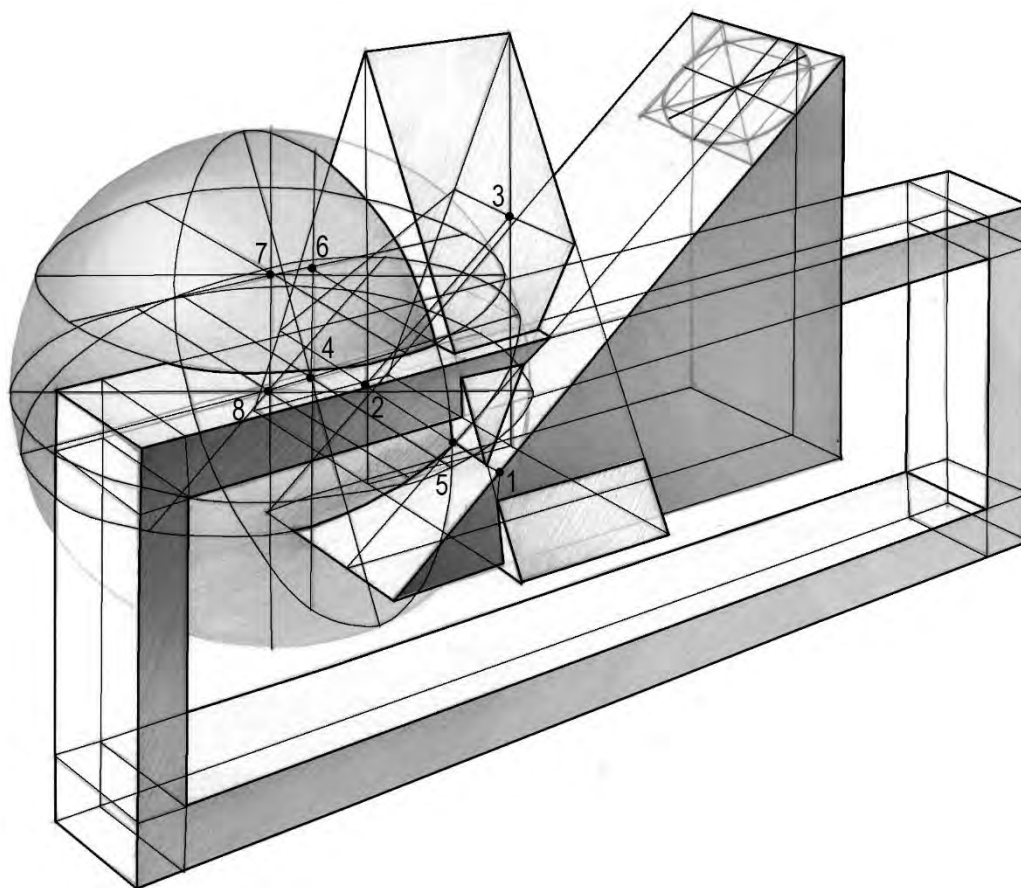


Рис. 5.21

Первым целесообразно построить вертикальное сечение от грани треугольной равнобедренной призмы с центром в точке 4. При этом необходимо предусмотреть конечный результат, при котором шар, «спрятавшись» за призму с прямоугольным отверстием, появляется снова и точка тройной врезки шара и двух треугольных призм остается открытой для обозрения (точка 5). От вертикального сечения выстраивается горизонтальное с центром в точке 7, искомая ось которого будет проходить через точку пересечения вертикальной оси первого эллипса и следа сечения треугольной равнобедренной призмы с четырехугольной призмой с прямоугольным отверстием (точка 6). Сечение от наклонной грани треугольной прямоугольной призмы с центром в точке 8 выстраивается по модели в виде наклонного квадрата, куда вписывается эллипс. Характер эллипса, его степень раскрытия, направление большего радиуса – все это переносится на изображение методом подбора, совмещая построение эллипса с общей точкой врезки (точка 5).

6. КОЛЬЦО

6.1. Линейно-конструктивный рисунок кольца

Кольцо – это геометрическое тело, относящееся к телам вращения. Оно представляет собой цилиндр с центральным сквозным отверстием, меньшего диаметра. Таким образом, кольцо получается, когда из цилиндра радиусом R с центром в точке O вырезается цилиндр с меньшим радиусом R_1 , при этом оси обоих цилиндров совпадают. Основаниями цилиндров являются окружности (рис. 6.1). Ось вращения цилиндров соединяет центры окружностей оснований и всегда перпендикулярна этим окружностям.

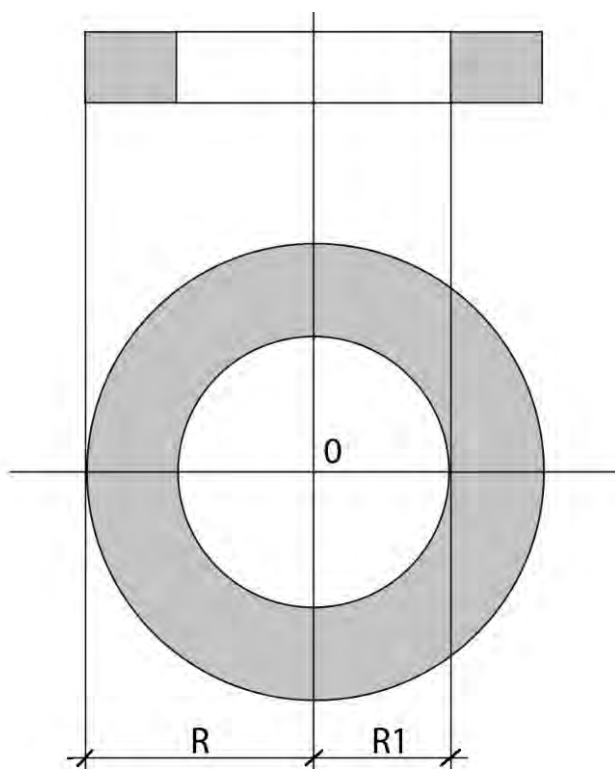


Рис. 6.1

Построение кольца, как сложного геометрического тела, представляет собой рисунок четырех эллипсов, т. е. сводится к изображению одного цилиндра внутри другого.

6.1.1. Построение кольца в горизонтальной плоскости

1. Изображение кольца начинается с выстраивания горизонтального эллипса с осями, проходящими через его центр. Определение степени раскрытия эллипса связано с его расположением относительно линии горизонта и определяется с помощью построения квадрата относительно большего радиуса как условной диагонали квадрата.

2. По аналогии с построением цилиндра формируется эллипс невидимого основания. Как правило, толщина кольца относительно небольшая. Дополнительные четыре точки для описывания эллипса образуются на пересечении осей с парами вертикальных образующих. Степень раскрытия невидимого эллипса будет больше видимого (рис. 6.2).

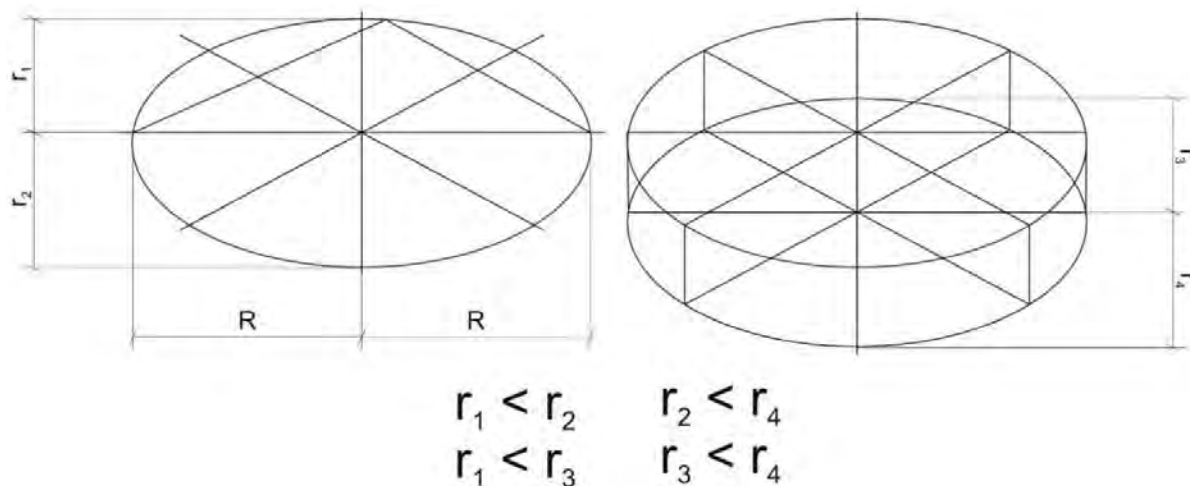


Рис. 6.2

3. Построение внутреннего эллипса меньшего радиуса, лежащего в той же плоскости, что и внешний, начинается с выбора его ширины. Выбор двух точек – большего радиуса внутреннего цилиндра – произволен (R_1). Степень раскрытия внутреннего эллипса должна соответствовать внешнему. Принцип сокращения внешнего эллипса находится с помощью линий, соединяющих продольный и поперечный радиусы (точки 1 и 2). После этого параллельно им проводятся аналогичные линии, соединяющие продольный и поперечный радиусы внутреннего эллипса (точки 3 и 4). По четырем точкам выстраивается внутренний эллипс. Толщина кольца по горизонтальной оси всегда будет больше толщины кольца по вертикальной оси. Линии 1–2 и 3–4 не связаны с направлением в перспективу, поэтому рекомендуется их не сохранять (рис. 6.3).

4. Построение последнего невидимого эллипса внутреннего цилиндра фиксируется переносом точек, уже полученных при построении его видимого эллипса. Чтобы степень раскрытия всех четырех эллипсов кольца соответствовала единой системе перспективы, можно воспользоваться простым сравнительным измерением. Для эллипса существует восемь характерных точек, которые переносятся на нижние проекции осей основания кольца. Это две точки радиусов (R и R_1), четыре точки пересечения с эллипсами двух осей, идущих в перспективу, и две крайние точки по вертикальной оси, характеризующие степень раскрытия. Данное построение справедливо как для внешнего, так и для внутреннего эллипсов кольца. При этом эллипсы невидимого основания всегда шире видимых.

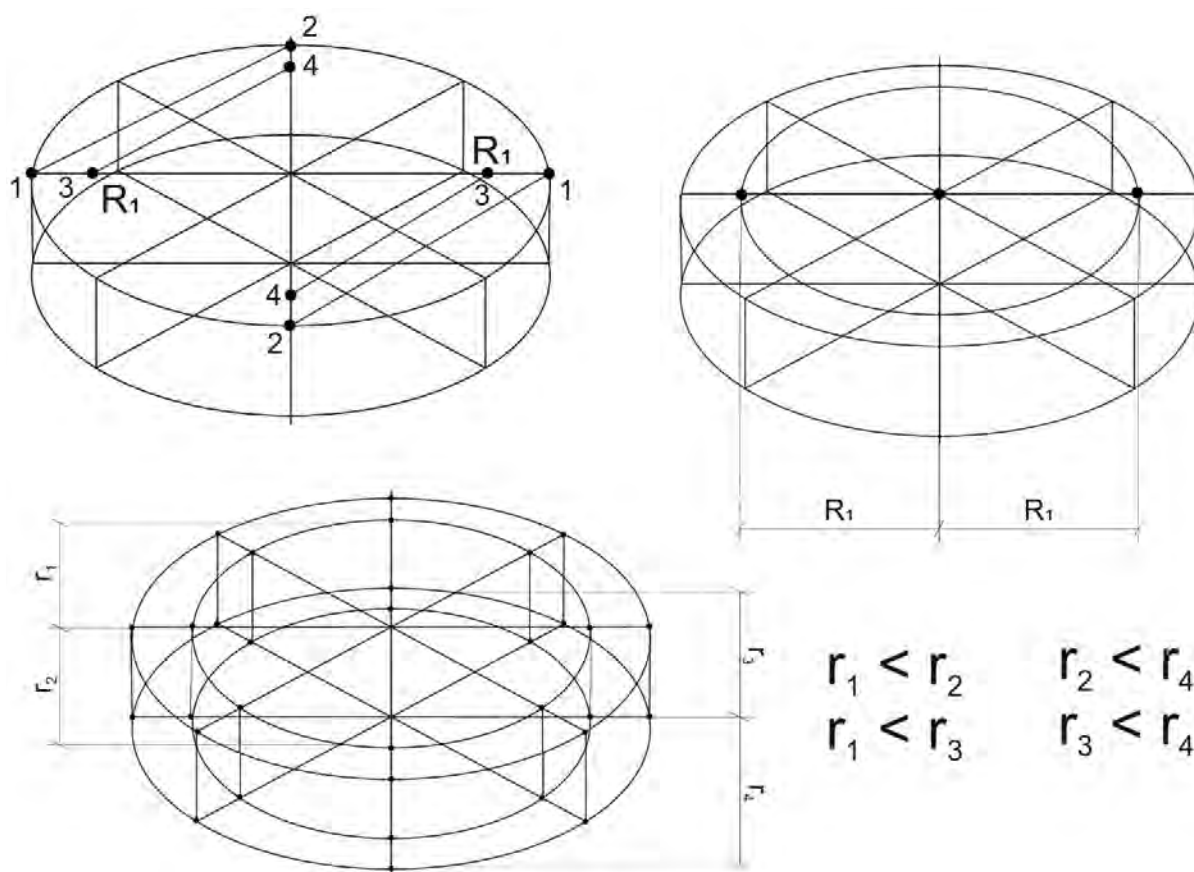


Рис. 6.3

6.2.2. Построение кольца в вертикальной плоскости

1. Построение начинается с изображения внешнего вертикального эллипса с осями, проходящими через его центр. Определение степени раскрытия эллипса связано с его расположением относительно линии горизонта и определяется с помощью построения квадрата относительно большего радиуса, который всегда перпендикулярен центральной оси тела вращения и является условной диагональю квадрата. При этом соблюдается правило построения эллипса, касающееся соотношений радиусов между собой: $R = R, r_1 < r_2$ (рис. 6.4).

2. Невидимый эллипс строится по аналогии с построением цилиндра. В помощь к его построению выступают дополнительные четыре точки на пересечении осей с парами горизонтальных образующих. Степень раскрытия невидимого эллипса всегда шире видимого: $r_1 < r_3, r_2 < r_4$.

3. Изображение внутреннего эллипса, лежащего в той же плоскости, что и внешний, начинается с выбора его ширины. Выбор двух точек – большего радиуса внутреннего эллипса – произволен (R_1). Степень раскрытия внутреннего эллипса должна соответствовать внешнему. Принцип сокращения внешнего эллипса находится с помощью линий, соединяющих продольный и поперечный радиусы (точки 1 и 2). После этого параллельно им проводятся аналогичные линии, соединяющие продольный и попереч-

ный радиусы внутреннего эллипса (точки 3 и 4). По четырем точкам выстраивается внутренний эллипс. Линии 1–2 и 3–4 не связаны с направлением в перспективу. Ширина кольца по горизонтальной центральной оси кольца всегда будет больше ширины кольца, взятой по большему радиусу.

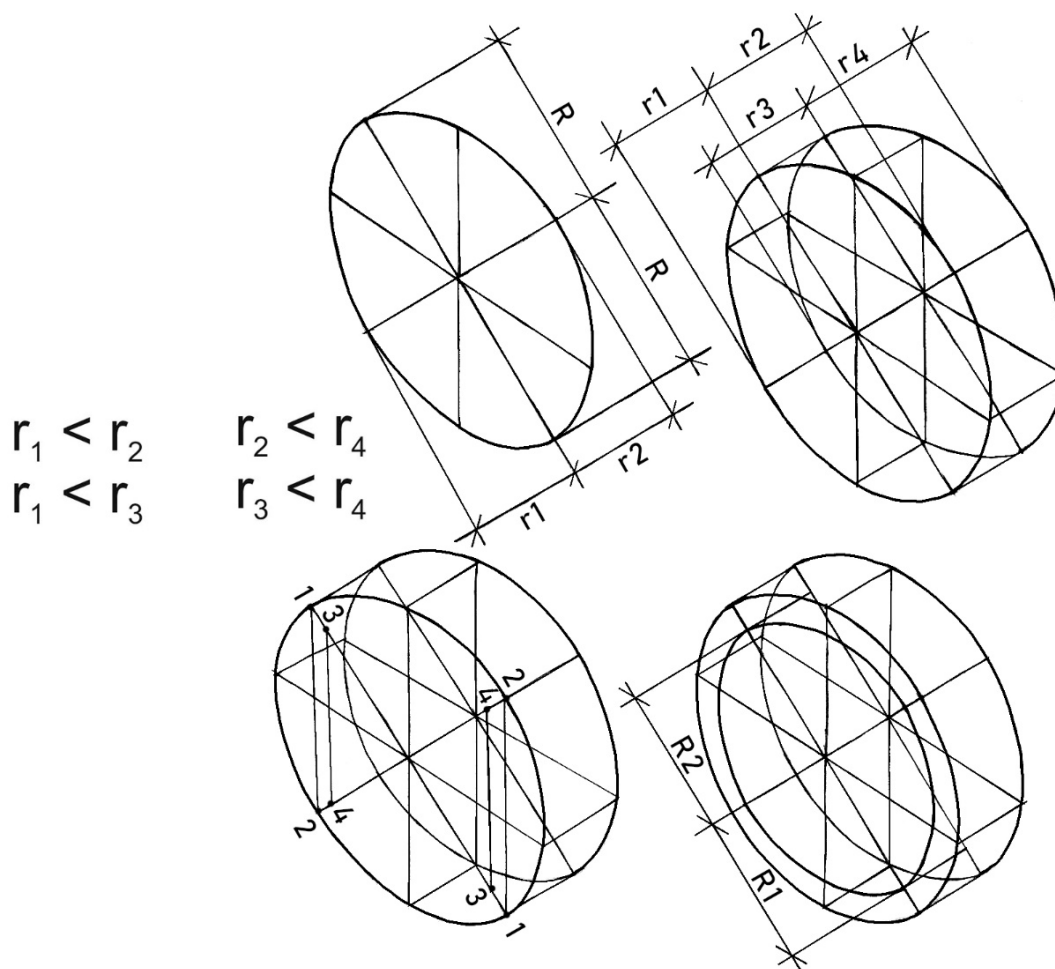


Рис. 6.4

4. Построение последнего невидимого эллипса внутреннего цилиндра фиксируется переносом точек, уже полученных при построении его видимого эллипса. Чтобы степень раскрытия всех четырех эллипсов кольца соответствовала единой системе перспективы, можно воспользоваться простым сравнительным измерением. Для эллипса существует восемь характерных точек, которые переносятся на проекции осей невидимого основания кольца. Это две точки радиусов (R и R_1), четыре точки пересечения с эллипсами двух осей, и две крайние точки по горизонтальной оси, характеризующие степень раскрытия. Данное построение справедливо как для внешнего, так и для внутреннего эллипсов кольца. При этом эллипсы невидимого основания всегда шире видимых.

Положение кольца по вертикальной и горизонтальной плоскости представлено на рис. 6.5.

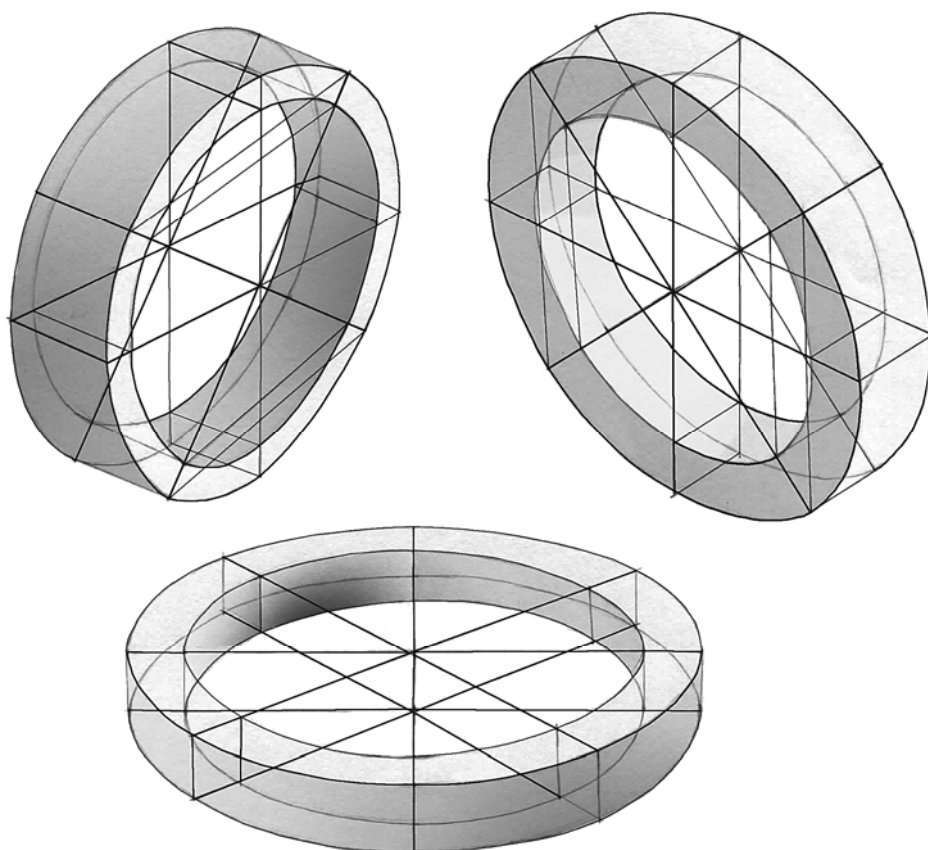


Рис. 6.5

6.2. Построение сечений кольца

Сечения кольца аналогичны сечениям цилиндра. В зависимости от направления секущей плоскости в сечении кольца получаются следующие плоские фигуры: эллипс, прямоугольник, наклонный эллипс.

Сечение кольца плоскостью, параллельной его основанию, представляет собой в перспективном рисунке эллипс. Сечение кольца плоскостью, перпендикулярной его основанию – прямоугольник. Сечение кольца наклонной плоскостью – наклонный эллипс. Особенностью построения сечений кольца в отличие от цилиндра состоит в том, что сечения наклонных эллипсов будут представлять собой только фрагменты.

6.2.1. Сечение кольца горизонтальной плоскостью на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

Взаимодействие горизонтального кольца с вертикальной треугольной равнобедренной призмой, представленное на рис. 6.6, решается с помощью одного простого сечения в виде треугольника. Данные геометрические тела после предварительного эскиза рисуются в произвольной последовательности. Точка отсчета берется на вертикальном ребре призмы внутри горизонтальной плоскости кольца таким образом, чтобы тело вращения охватывало грани многоугольника (точка 1).

6.2.2. Сечение кольца вертикальной плоскостью на примере врезки в четырехугольную призму

На рис. 6.7 вертикальное сечение четырехугольной призмы берется таким образом (точка 1), чтобы кольцо охватывало собой многоугольник по вертикальной и горизонтальной плоскости. Изображению геометрических тел всегда предшествует предварительный эскиз. Кольцо следует изображать в конкретном месте для получения запланированного результата. Из точки 1 проходит сечение в виде прямоугольника и в точках пересечения с вертикальной плоскостью кольца получается необходимый результат (точки 2 и 3). Необходимо учитывать одинаковую степень раскрытия вертикальных плоскостей кольца и четырехугольной призмы.

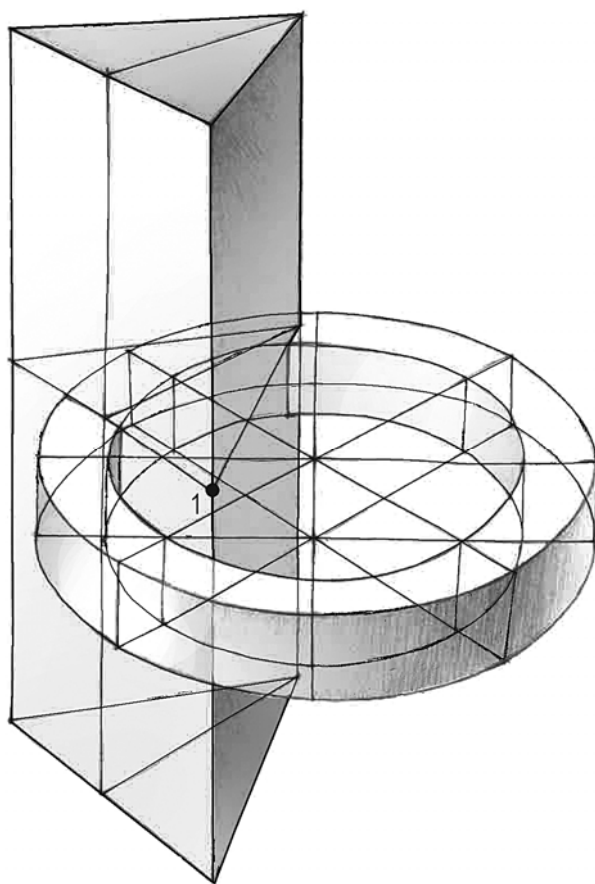


Рис. 6.6

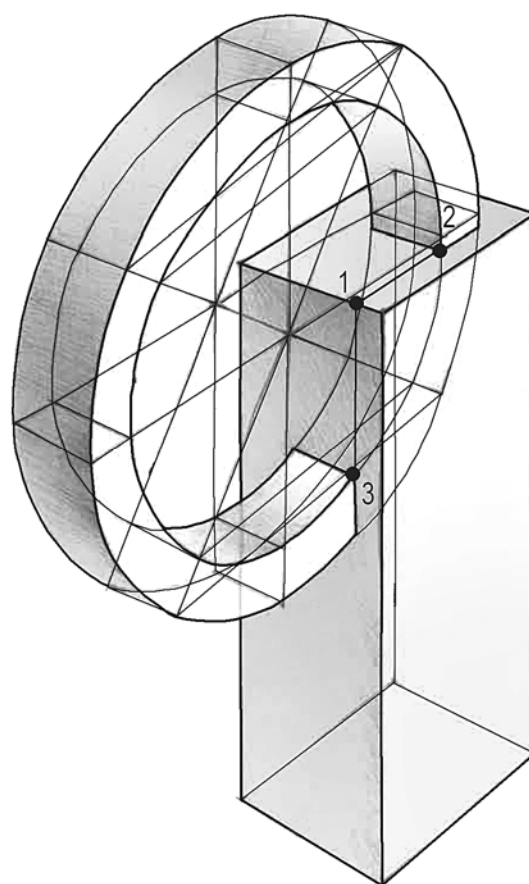


Рис. 6.7

6.2.3. Сечение кольца различными плоскостями на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

Врезка кольца с треугольной равнобедренной призмой рассматривается как взаимодействие горизонтальной плоскостью и вертикальной плоскостью в повороте (рис. 6.8). Построение берет начало через точку отсчета 1, взятую на ребре верхнего основания призмы. Основание призмы по отношению к кольцу является горизонтальной плоскостью, от которой по-

является первое сечение в виде фрагмента прямоугольника и, таким образом, определяется, где именно кольцо врезается в горизонтальную и вертикальную плоскость многоугольника.

Вторым сечением будет эллипс, горизонтальная ось которого параллельна плоскости треугольной равнобедренной призмы. Сечение представляет собой фрагмент, построение которого отталкивается от точки 1 и начинается со следа сечения, связанного с горизонтальной осью видимого основания кольца (точки 2–3). Через точку 3 проходит фрагмент оси эллипса в повороте до встречи с горизонтальной осью невидимого основания кольца (точка 4). Новый след сечения, опускаемый вниз из точки 4, в точке пересечения с кольцом образует последний элемент для построения фрагмента эллипса (точка 5), изображаемого плавной изогнутой линией.

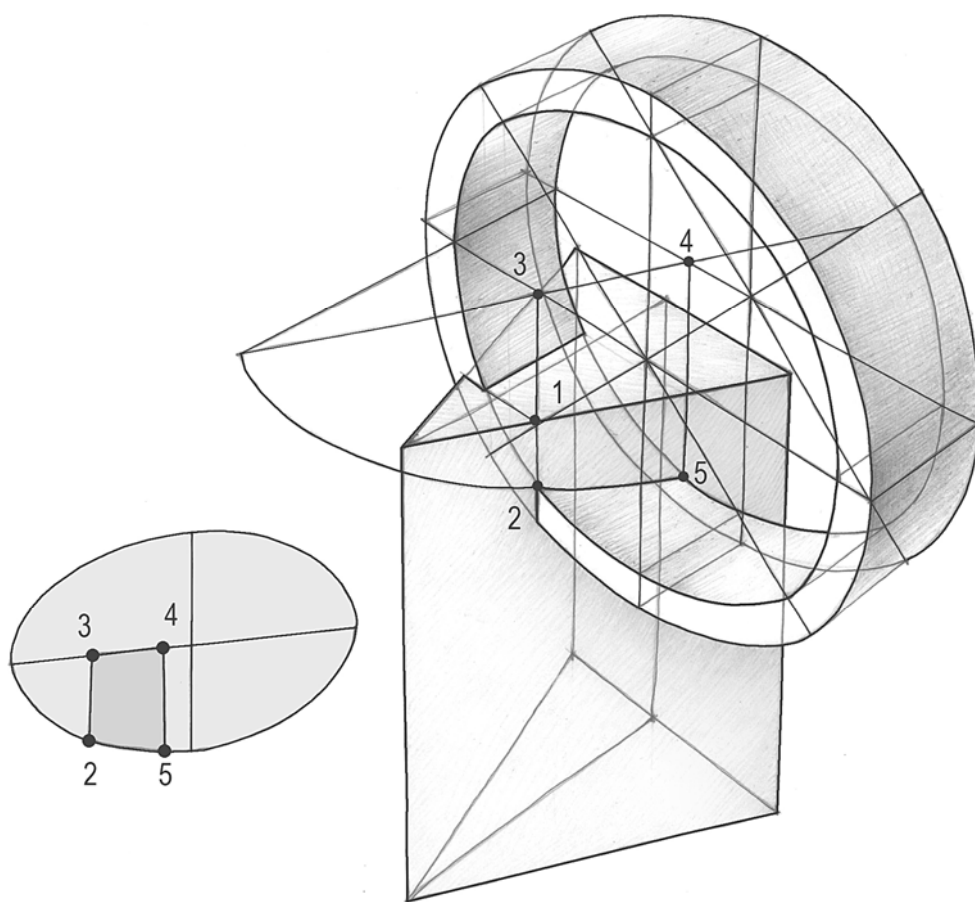


Рис. 6.8

6.2.4. Сечение кольца наклонными плоскостями на примере врезки в пирамиду с квадратным основанием

Взаимодействие кольца с вертикальной пирамидой с квадратным основанием (рис. 6.9) состоит из взаимосвязанных между собой трех сечений: квадрата и фрагментов наклонных эллипсов. Точка отсчета берется на ближнем к зрителю ребре пирамиды на горизонтальной плоскости кольца (точка 1), из которой выстраивается квадрат. Начало осей для сечений

фрагментов эллипсов находится на пересечении сторон квадрата с горизонтальными осями видимого основания кольца (точки 2 и 3). Завершение осей наклонных эллипсов происходит в точках пересечения с горизонтальными осями невидимого основания кольца (точки 4 и 5), через которые проходят следы сечений до встречи с нижним эллипсом тела вращения (точки 6 и 7). Полученные точки построения соединяются плавными дугами, являющимися фрагментами наклонных эллипсов. Наклон осей эллипсов (точки 2–4, 3–5) параллелен средним линиям пирамиды.

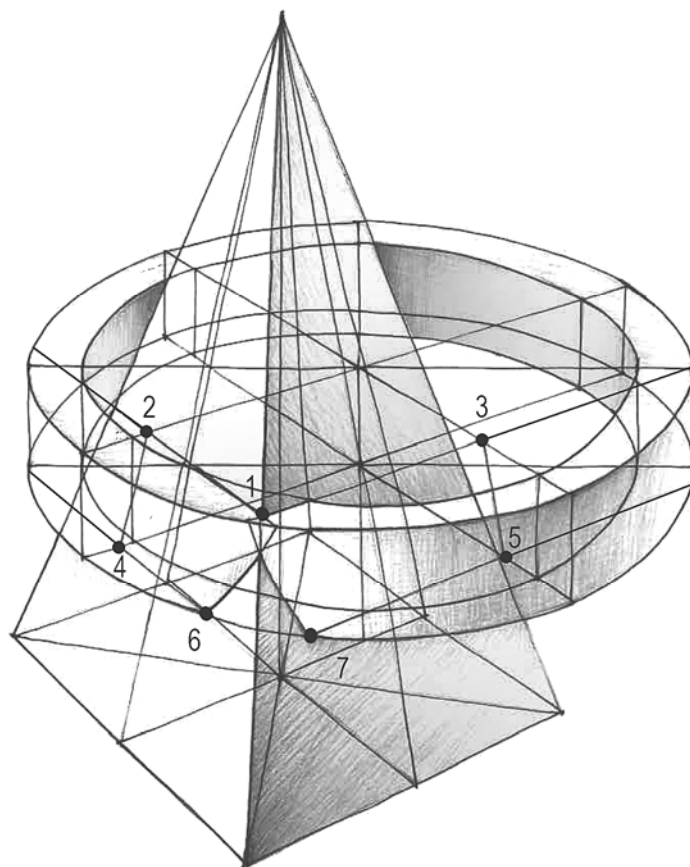


Рис. 6.9

6.2.5. Сечение кольца различными плоскостями на примере врезки в пирамиду с треугольным основанием

Построение сечений кольца с треугольной пирамидой сводится к выполнению следующих действий (рис. 6.10). Сначала выбирается точка отсчета таким образом, чтобы ребро пирамиды выступало вперед (точка 1). Первым удобно выполнить сечение пирамиды вертикальной плоскостью, принадлежащей кольцу. В результате данного взаимодействия получается треугольник, построение которого начинается линией, проходящей через точку 1 и идущей параллельно апофеме пирамиды. На грани основания пирамиды линия образует вертикальный след сечения (точки 2 и 3). Завершается построение треугольника соединением всех точек его вершин (точки 2, 3 и 4).

Вторым сечением выступает построение все той же пирамиды на этот раз криволинейной поверхностью кольца. Из центра пирамиды (точка 5) проводится высота треугольника по форме дуги кольца, в результате чего также появляется треугольник с вершиной в точке 6.

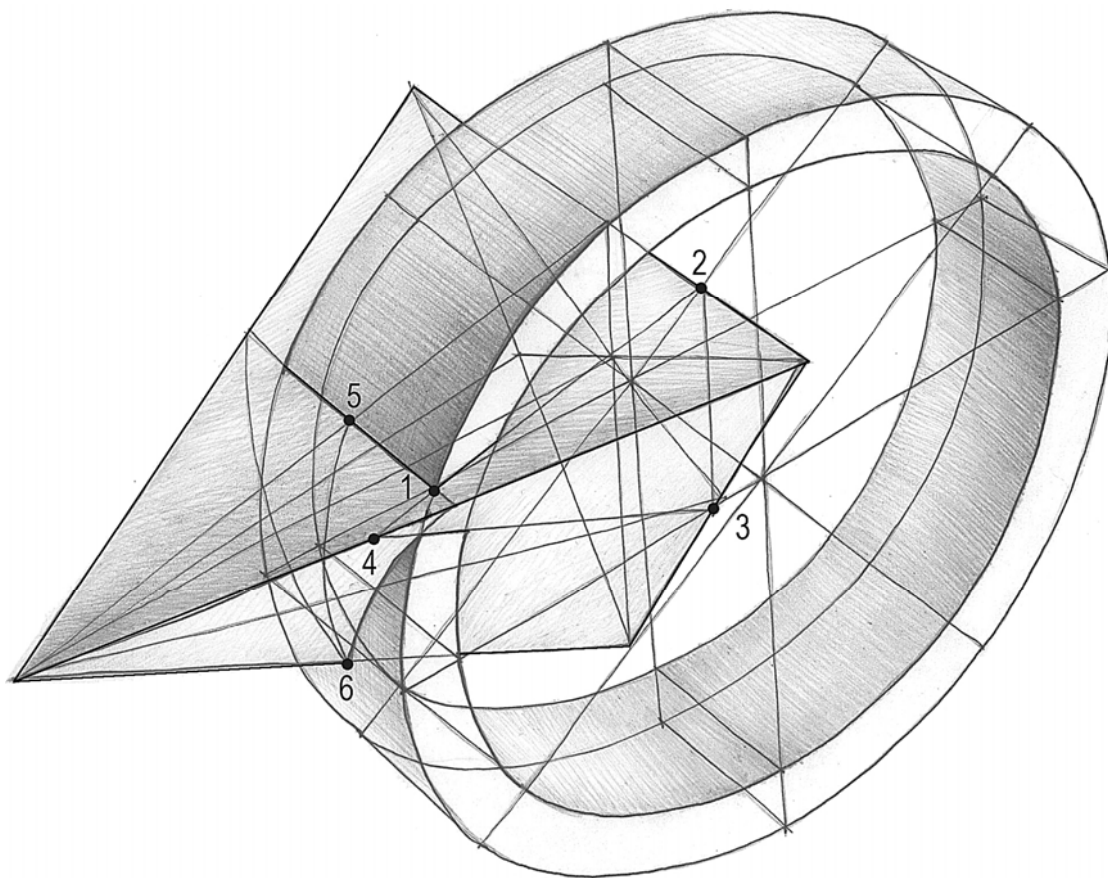


Рис. 6.10

6.2.6. Сечение кольца наклонными плоскостями на примере врезки в шестиугольную призму

На рис. 6.11 взаимодействие кольца с шестиугольной призмой представляет собой две пары фрагментов сечений в виде наклонных эллипсов. Наклоны эллипсов параллельны граням шестиугольного многоугольника. Первым действием задается линия врезки горизонтального видимого основания кольца в плоскость призмы (точки 1 и 2). В точке пересечения данной линии с горизонтальной осью видимого основания кольца (точка 3) проходит фрагмент оси наклонного эллипса до места встречи с осью невидимого основания тела вращения (точка 4), которая определяет расположение горизонтального следа сечения в момент выхода эллипса за пределы кольца. Полученные точки построения 1–5 и 2–6 соединяются плавными дугами, представляя их как часть больших наклонных эллипсов. При этом один из фрагментов эллипса является сечением внешнего цилиндра кольца (точки 1 и 5), второй – внутреннего (точки 2 и 6).

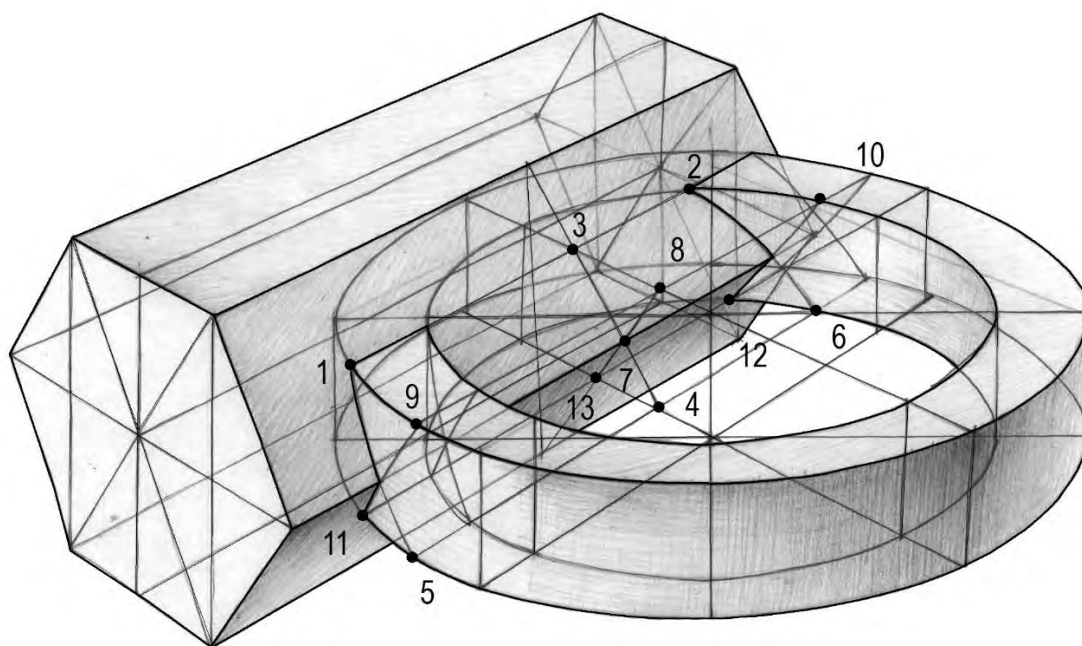


Рис. 6.11

На грани секущей плоскости (точка 7) параллельно наклону шестиугольной призмы проходит вторая ось сечения эллипса. При желании через точку 7 можно построить сечение шестиугольника, полученное при взаимодействии с вертикальной плоскостью. Данная ось дает два горизонтальных следа сечения, проходящих через точки пересечения с осями оснований кольца (точки 8 и 13), – момент входа (точки 9 и 10) и момент выхода (точки 11 и 12) второй пары эллипсов в пределах кольца. Полученные точки построения 9–11 и 10–12 соединяются плавными дугами. При этом один из фрагментов эллипса является сечением внешнего цилиндра кольца (точки 9 и 11), второй – внутреннего (точки 10 и 12).

6.2.7. Композиционный узел из кольца, четырехугольной призмы с четвертным вырезом и треугольной равнобедренной призмы

На рис. 6.12 при тройном взаимодействии данных геометрических тел рекомендуется построение кольца в последнюю очередь. Врезка первых двух геометрических тел – треугольной равнобедренной призмы и четырехугольной призмы с четвертным вырезом – представляет последовательное построение треугольных сечений от двух вертикальных плоскостей (точка отсчета сечения – 1).

Далее после появления в композиционном узле кольца осуществляется его пересечение с двумя призмами. Прорисовке кольца предшествует композиционный замысел автора. Предпочтительным началом тройного пересечения становится сечение тела вращения наклонной плоскостью, принадлежащей треугольной равнобедренной призме. На выбранном невидимом горизонтальном следе сечения берется точка 2 – начало оси наклонного эллипса, который при встрече с вертикальной осью видимого

Рис. 6.12

Для построения фрагмента эллипса по внутреннему цилиндру используются уже построенный горизонтальный след сечения через точку 3, а также вновь проведенный след через точку 6, найденную по пересечению оси эллипса с горизонтальной образующей кольца. Полученные точки построения 7–8 соединяются криволинейной дугой.

Из общей точки тройной врезки двух призм и кольца достраивается оставшееся пересечение тела вращения и четырехугольной призмы с четвертным вырезом. В завершении композиционного узла проверяется возможность выхода кольца из плоскости призмы с четвертным вырезом путем проведения линий построений, связанных между собой точкой 9.

6.2.8. Композиционный узел из кольца, четырехугольной призмы и треугольной прямоугольной призмы

В данном композиционном узле, представленном на рис. 6.13, первыми геометрическими телами изображаются кольцо и треугольная прямоугольная призма. Их взаимодействие начинается с сечения кольца вертикальной плоскостью, принадлежащей треугольной призме. Оно имеет вид

прямоугольника и начинается через точку 1 таким образом, чтобы на первый план выходило тело вращения. Взаимосвязь врезок дает начало следующему сечению, представляющему собой фрагмент наклонного эллипса, ось которого параллельна наклону призмы. Она проходит через точки 2–3, связанные между собой осью и образующей кольца. Ширина наклонного эллипса задается следом сечения в момент его выхода за пределы кольца (точки 4 и 5). Представление о расположении фрагмента наклонного эллипса по отношению к композиционному узлу представлено на схеме, расположенной рядом с рисунком.

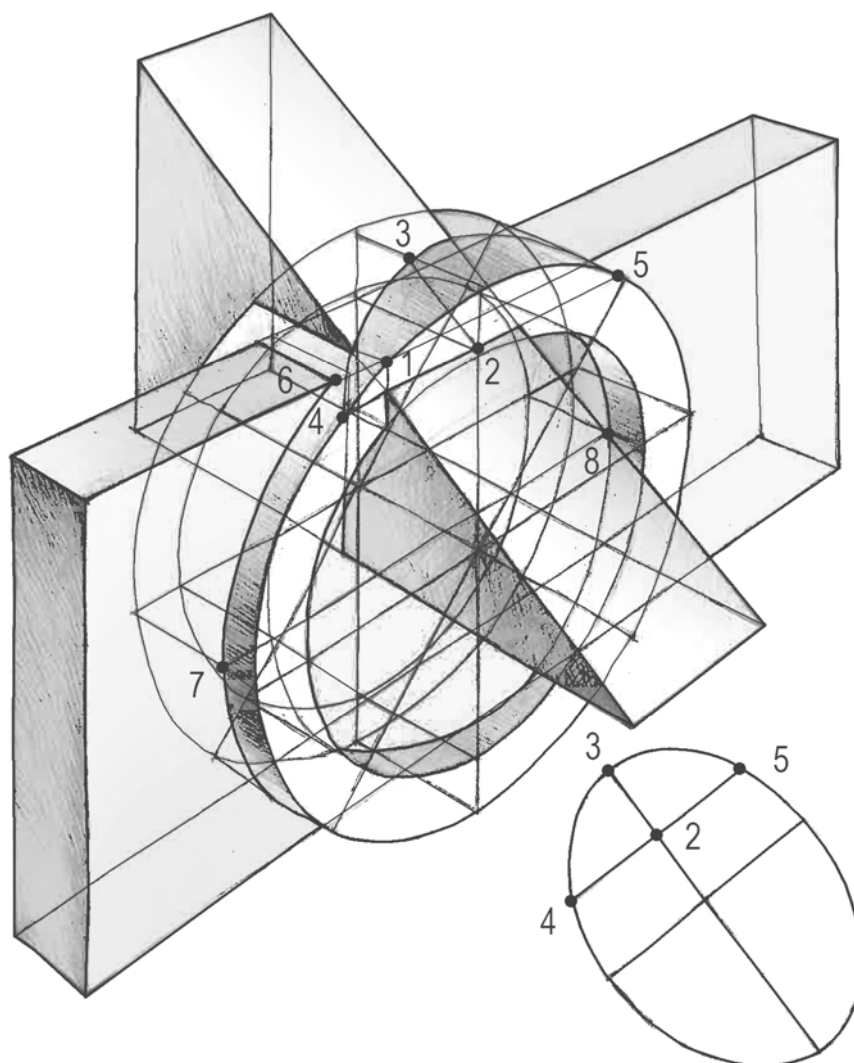


Рис. 6.13

Изображение четырехугольной призмы следует начинать с фиксации точки 6 – начала будущего сечения, что позволит сохранить авторский композиционный замысел, разработанный при эскизировании возможных вариантов взаимодействия заданных трех геометрических тел. Через точку 6 и будет проходить первое ребро призмы. Сама врезка представляет сечение кольца вертикальной плоскостью, в результате которого достаточно изобразить фрагменты вертикальных эллипсов, соответствующие силу-

эту внешнего и внутреннего цилиндра. Эллипсы «вдавлены» в вертикальную плоскость призмы на одинаковом расстоянии, которое позволяет выяснить прямая, проходящая через точки 7 и 8.

6.2.9. Композиционный узел из кольца, четырехугольной призмы с четвертным вырезом и треугольной прямоугольной призмы

После изображения четырехугольной призмы с четвертным вырезом и треугольной прямоугольной призмы строится их пересечение в виде двух треугольников, затем выстраивается кольцо. Далее задается горизонтальный след сечения (точки 1–2) и через точку его пересечения с осью кольца (точка 3) проводится фрагмент наклонной оси до места встречи с осью невидимого основания тела вращения (точка 4). Через точку 4 проходит горизонтальный след сечения, фиксируя момент выхода эллипса за пределы кольца (точки 5–6). Полученные точки построения 1–5 и 2–6 соединяются плавными дугами, которые представляют собой фрагменты наклонных эллипсов внешнего и внутреннего цилиндров (рис. 6.14).

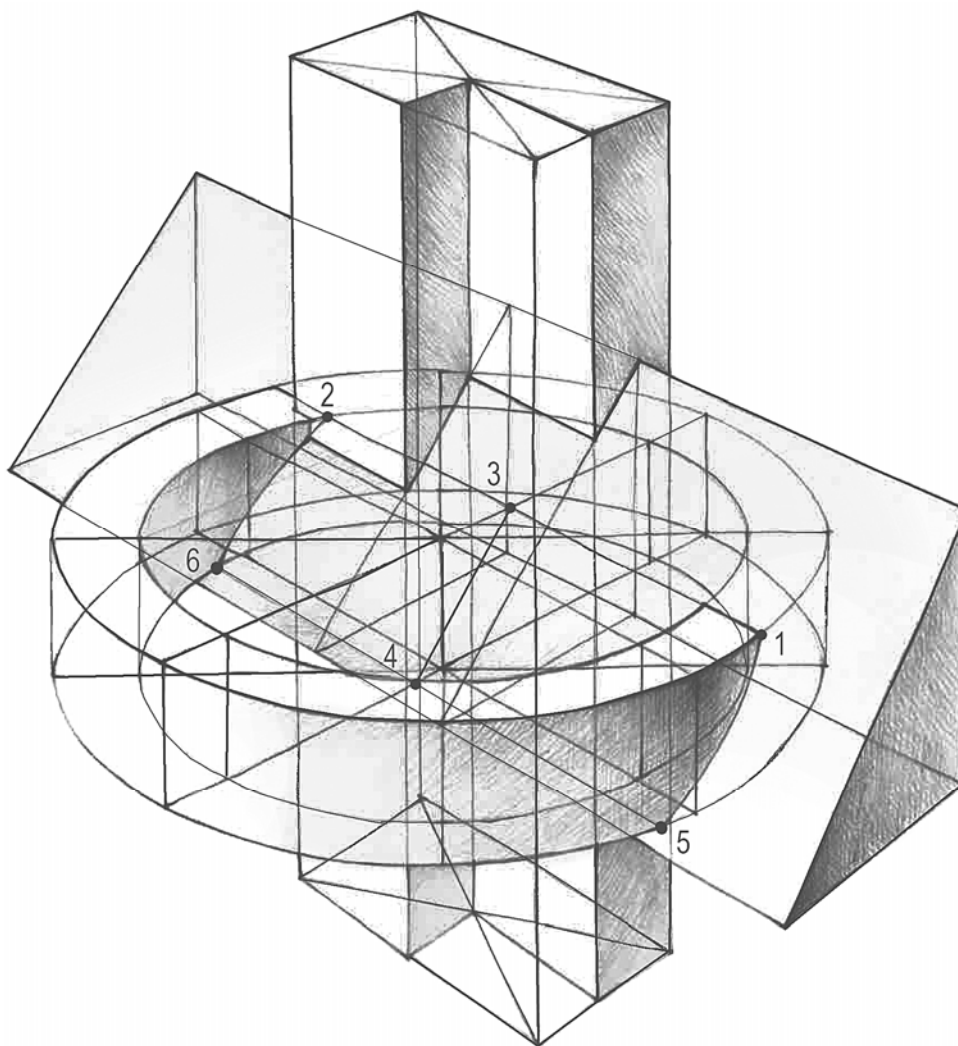


Рис. 6.14

КОМБИНИРОВАННЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Комбинированные геометрические тела – это фигуры, которые сочетают признаки как тел вращения, так и граненых тел. В математике и геометрии для таких фигур могут использоваться различные термины, но «комбинированные геометрические тела» наиболее точно соответствуют нашему контексту и целям учебно-методического пособия (прил. 1–5).

К особенностям комбинированных геометрических тел относятся симметрия и постоянное сечение. Для линейно-конструктивного рисунка симметрия означает, что при их изображении в перспективе они выглядят одинаково при любом повороте вокруг оси. Свойство тел вращения иметь постоянное сечение, перпендикулярное оси вращения, означает, что оно всегда имеет одинаковую форму и размер. В комбинированных геометрических телах это свойство может сохраняться в определенных частях, но также могут присутствовать участки с различными сечениями, если тело состоит из разных форм.

К особенностям композиционной структуры комбинированных геометрических тел относится их построение путем соединения или наложения различных простых геометрических фигур, таких как цилиндры и призмы. Это может приводить к сложной внутренней структуре и разнообразию форм, что важно учитывать при их построении и анализе сечений.

7. ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ ПРИЗМА С ВЫРЕЗОМ В ВИДЕ ЧЕТВЕРТИ ЦИЛИНДРА

7.1. Линейно-конструктивный рисунок призмы с вырезом в виде четверти цилиндра

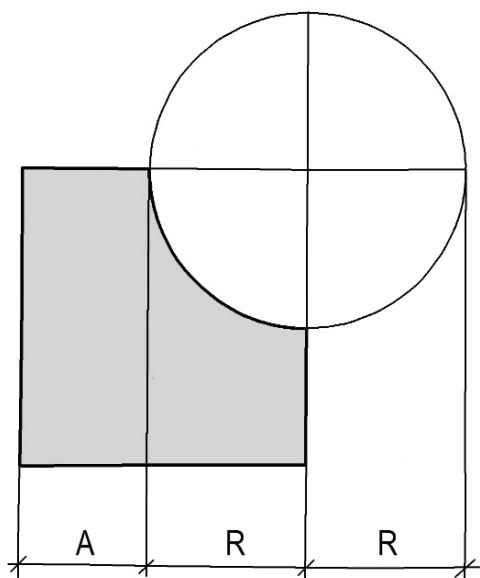


Рис. 7.1

Призма с вырезом в виде четверти цилиндра относится к комбинированным геометрическим телам, построение которой сводится к наложению двух геометрических тел: граненому – четырехугольной призме, и телу вращения – цилиндру. Построение цилиндра рассмотрено в разделе 1.1. Радиус выреза в виде четверти цилиндра может быть произвольным, а основание призмы не обязательно – квадратным.

В зависимости от длины цилиндра выбирается первоочередность построения того или иного геометрического тела, из которых состоит рассматриваемая

призма. Если цилиндр является наиболее значимым и протяженным по размеру составным ее элементом, то рекомендуется начинать построение как с наиболее сложного именно с тела вращения. И наоборот, когда основные параметры в композиции листа задает четырехугольный многоугольник, то первоочередное его изображение будет наиболее предпочтительно. На рис. 7.2 представлен первый вариант, при котором сначала выстраивается прямоугольная призма, а далее в один из ее углов вписывается вертикальный цилиндр произвольного радиуса. Причем центры видимого и невидимого оснований тела вращения совмещаются с углом многоугольника. При втором варианте на рис. 7.2 построение прямоугольной призмы вытекает из уже прорисованного цилиндра, при котором продолжение вертикальной и горизонтальной осей становится ребрами граненого геометрического тела.

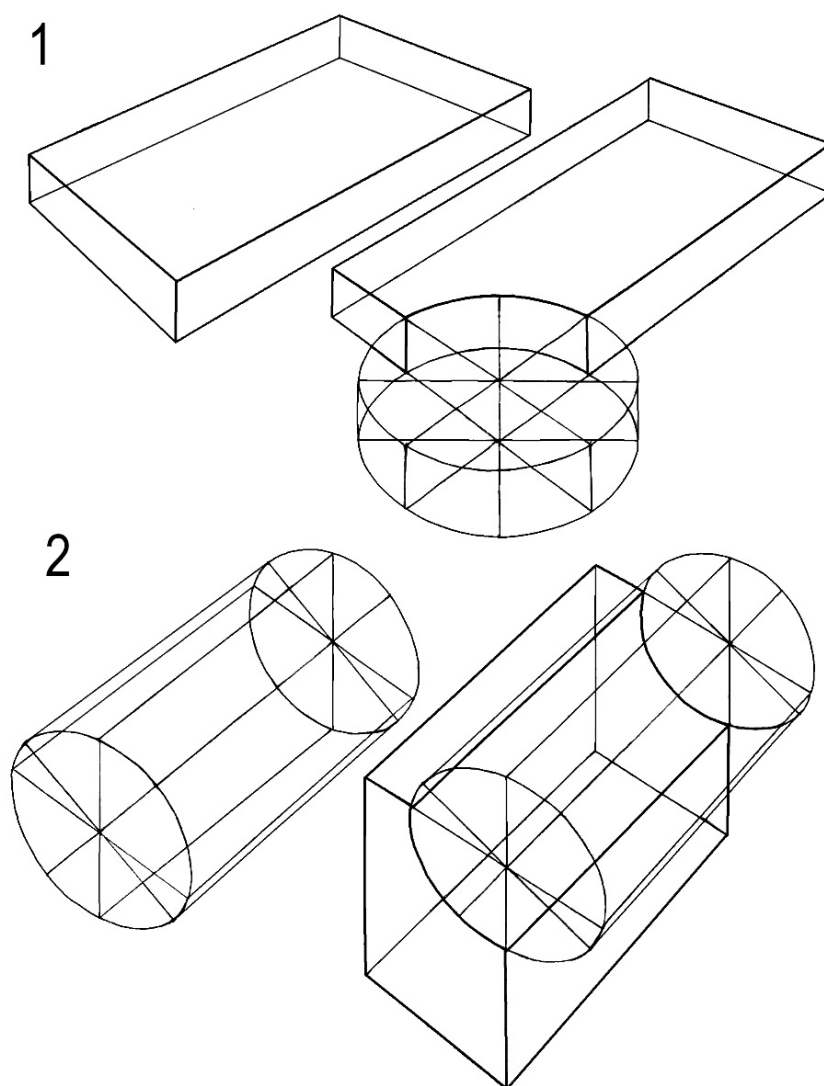


Рис. 7.2

7.2. Построение сечений призмы с вырезом в виде четверти цилиндра

В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости, проходящей через призму с вырезом в виде четверти цилиндра, в сечении по аналогии с цилиндром получаются следующие плоские фигуры: эллипс, прямоугольник, наклонный эллипс.

Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра плоскостью, параллельной основанию, представляет собой в перспективном рисунке эллипс, построение которого согласуется с законами линейной перспективы.

Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра плоскостью, перпендикулярной его основанию, представляет собой прямоугольник.

Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра наклонной плоскостью, расположенной под произвольным углом к основанию вписанного цилиндра, представляет собой наклонный эллипс. Характер наклона эллипса будет зависеть от направления плоскости сечения (рис. 7.3).

Все сечения цилиндра представляют собой взаимодействие между собой двух осей, ограниченных четырьмя горизонтальными (вертикальными) образующими. Данные оси, формируя сечения, принимают горизонтальное, вертикальное или в соответствии с наклонной плоскостью направления. Особенностью сечения рассматриваемой призмы является то, что результатом сечения становится внутренняя часть эллиптической врезки.

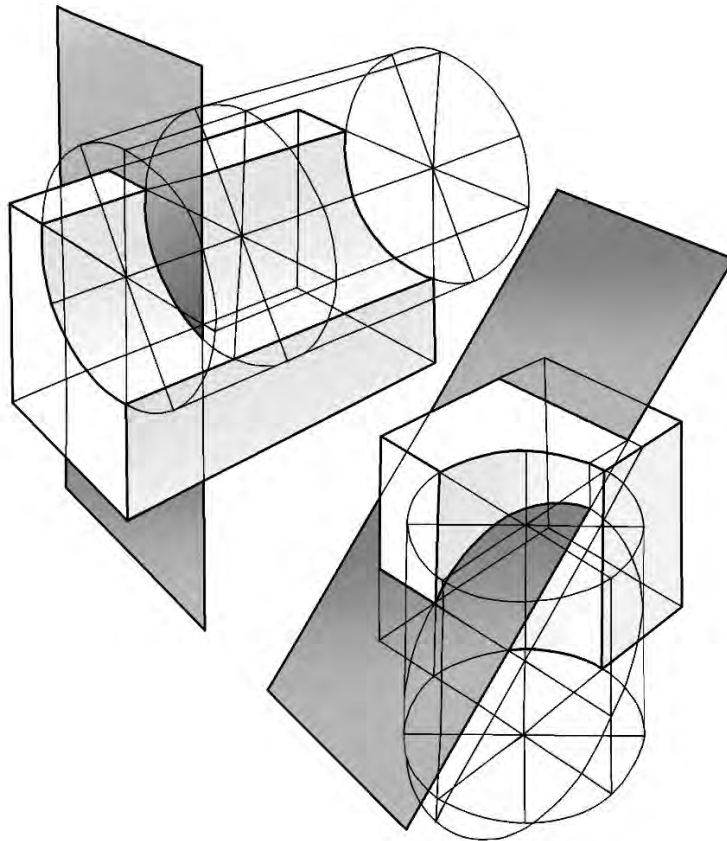


Рис. 7.3

7.2.1. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра вертикальной плоскостью на примере врезки в четырехугольную призму с прямоугольным отверстием

На рис. 7.4 показано взаимодействие двух призм: одна из них с вырезом в виде четверти цилиндра, вторая – с прямоугольным отверстием. Их пересечение является прямоугольником, построение которого начинается через точку 1 таким образом, чтобы на первом плане оказалось ребро призмы с прямоугольным отверстием. Сечение прямоугольника определяет и врезку четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием в вертикальную плоскость в нижней части геометрического тела.

7.2.2. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра горизонтальной плоскостью на примере врезки в треугольную равнобедренную призму

При формировании композиционного узла с использованием призмы с вырезом в виде четверти цилиндра желательно использовать четверть цилиндра во врезке, так как это всегда способствует более выгодному эффекту при восприятии геометрических тел. В сечении призмы с вырезом в виде четверти цилиндра при взаимодействии с треугольной равнобедренной призмой результатом горизонтального сечения будет треугольник, проведенный через точку 1 (рис. 7.5).

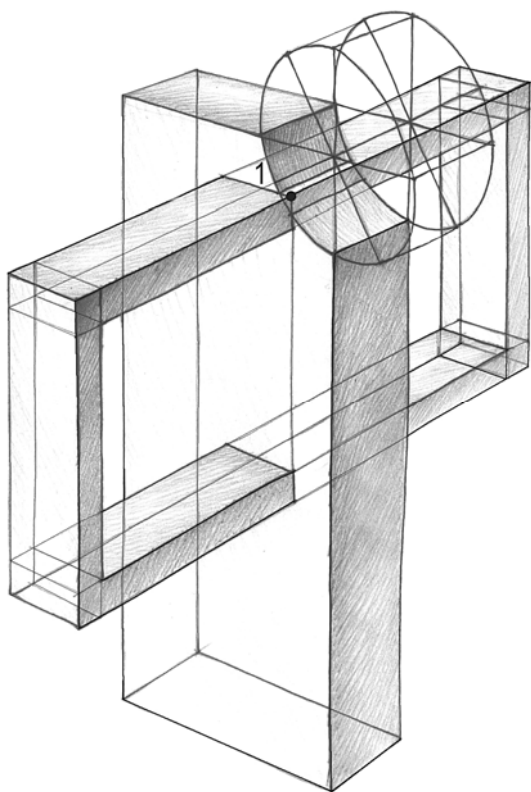


Рис. 7.4

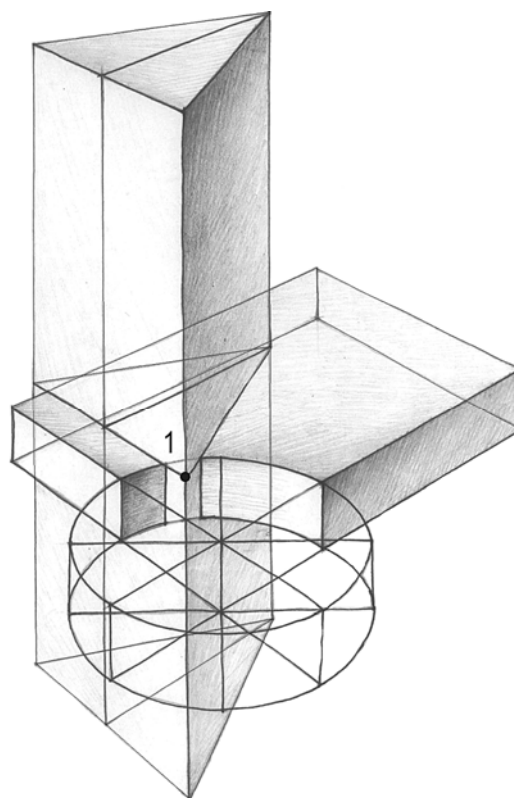


Рис. 7.5

7.2.3. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра различными плоскостями на примере врезки в треугольную призму

Построение сечения призмы с вырезом в виде четверти цилиндра с треугольной равнобедренной призмой начинается с выбора точки отсчета сечения, лежащей на ее ребре (точка 1). Прямоугольное сечение, проходящее через точку 1, задает начало построению следующего сечения и конечный результат врезки, при которой он демонстрирует взаимодействие геометрических тел с наилучшей точки зрения (рис. 7.6).

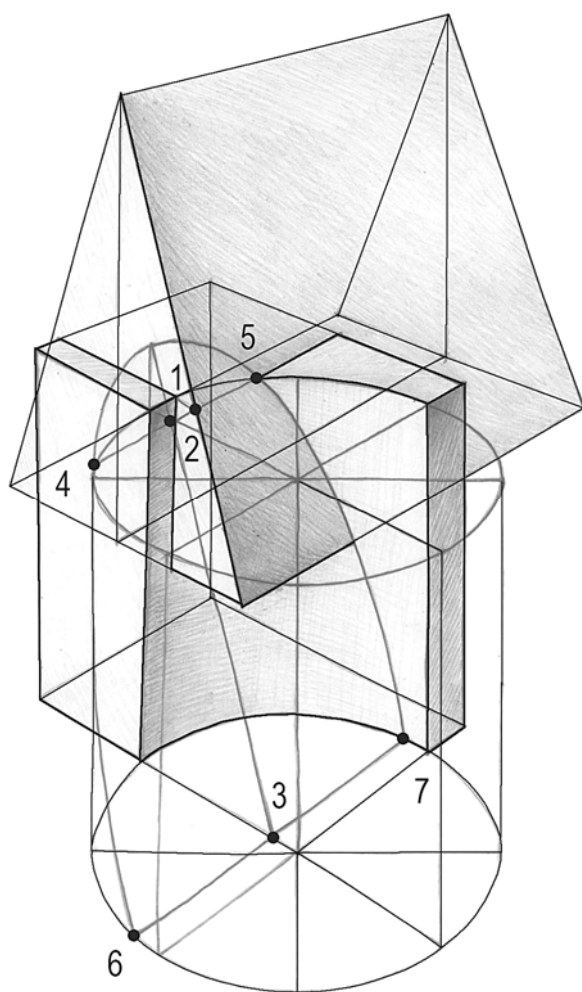


Рис. 7.6

Следующее сечение представляет собой наклонный эллипс, ось сечения которого находится на пересечении следа сечения от прямоугольника и горизонтальной оси верхнего основания цилиндра, входящего в построение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра (точка 2). Ось цилиндра проходит параллельно наклонной плоскости треугольной равнобедренной призмы до пересечения с горизонтальной осью нижнего основания цилиндра (точка 3). Через точки 2 и 3 проходят следы сечений, фиксирующие точки входа наклонного сечения эллипса в границы геометрического тела (точки 4–5) и выхода за его пределы (точки 6–7). Полученные точки построения 4–6 и 5–7 соединяются плавными дугами, которые представляют собой фрагмент наклонного эллипса.

На рис. 7.7 при взаимодействии призмы с вырезом в виде четверти цилиндра с треугольной прямоугольной призмой происходит построение эллипса от плоскости в повороте. Через точку 1 проходит прямоугольное сечение, от которого находится построение эллипса с центром в точке 3. Ось сечения цилиндра находится в точке пересечения прямоугольного сечения и горизонтальной оси видимого основания цилиндра, относящегося к призме с вырезом (точка 2).

7.2.4. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра наклонной плоскостью на примере врезки в пирамиду с квадратным основанием

Построение пересечения двух геометрических тел, изображенных на рис. 7.8, начинается с правильного выбора точки отсчета сечения, расположенной на ребре призмы с вырезом в виде четверти цилиндра ниже верхнего ребра пирамиды (точка 1). Именно через данную точку проходит параллельно апофеме пирамиды след сечения, который одновременно принадлежит сечению в виде прямоугольника и наклонному эллипсу (точки 2–3). Это связано с тем, что пересекаемое наклонной плоскостью геометрическое тело относится к комбинированному и имеет сложную внутреннюю структуру, соединенную из цилиндра и призмы, что и отражается на результате сечения. Продлевая след сечения до центра цилиндра (точка 4), находится вторая ось эллипса, на этот раз не изменяющая своего направления и остающаяся горизонтальной, которая позволяет построить не только наклонный эллипс, но и найти завершение наклонного прямоугольного сечения (точки 4–5).

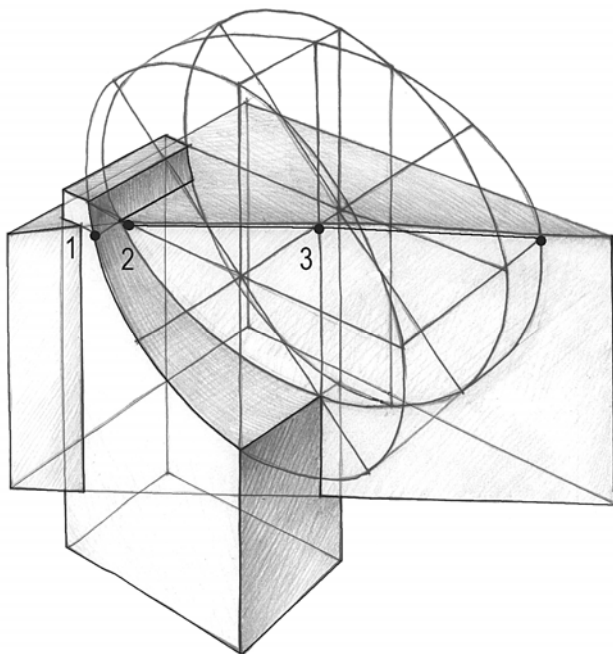


Рис. 7.7

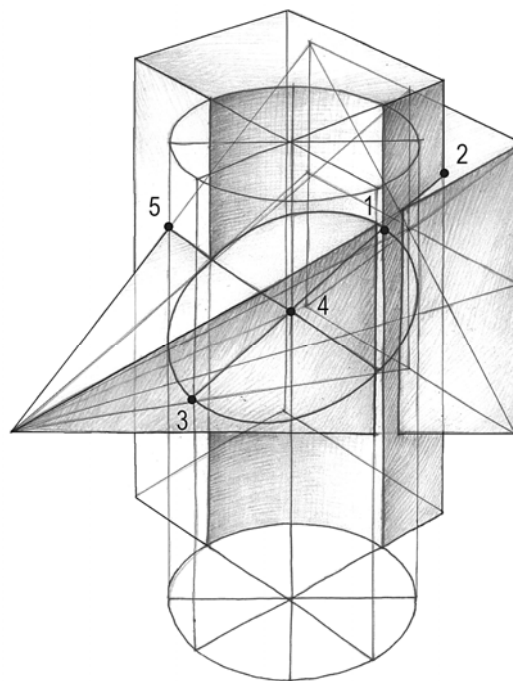


Рис. 7.8

7.2.5. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра наклонной плоскостью на примере врезки в шестиугольную призму

Точкой отсчета для построения двух геометрических тел – призмы с вырезом в виде четверти цилиндра и шестиугольной призмы – становится ее выбор на ребре шестиугольника (точка 1). Через нее проходит сечение,

как результат взаимодействия шестиугольного многоугольника с вертикальной плоскостью. Данное сечение служит основой для построения следующего, представляющего наклонный эллипс, – полученного при сечении призмы с вырезом в виде четверти цилиндра наклонной плоскостью. Ось цилиндра и одна из линий сечения в виде шестиугольника совпадают. На продолжении этой линии находится центр эллипса (точка 2) и одна из конструктивных точек его построения (точка 3). Появление полного эллипса автоматически определяет место врезки верхней грани шестиугольной призмы (точка 4) с призмой с вырезом в виде четверти цилиндра (рис. 7.9).

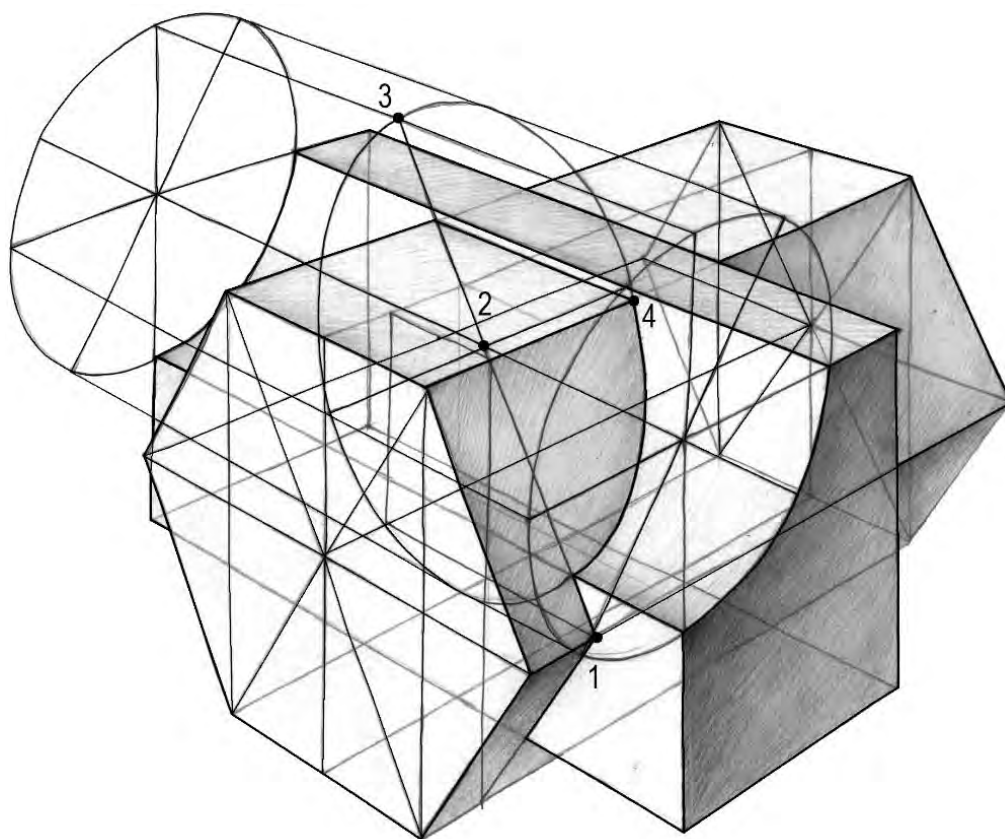


Рис. 7.9

7.2.6. Сечение призмы с вырезом в виде четверти цилиндра поворотными плоскостями на примере врезки в пятиугольную призму

Для более выразительного взаимодействия призмы с вырезом в виде четверти цилиндра с каким-либо геометрическим телом необходимо по возможности наиболее активно включать ее вогнутую поверхность во врезку. В данном случае, представленном на рис. 7.10 правильный выбор точки отсчета (точка 1) позволяет заранее предусмотреть дальнейший ход сечений, при котором пятиугольная призма перекрывает собой геометрическое тело. По желанию автора возможны несколько вариантов взаимодействия, но все они зависят от выбора первой точки отсчета сечения.

От точки 1 берет свое начало построение сечения в виде пятиугольника, приобретенное в результате взаимодействия многоугольника с горизонтальной плоскостью призмы с вырезом. Полученное сечение служит основой для следующих трех сечений, представляющих собой эллипсы, по количеству взаимодействующих с вогнутой поверхностью призмы поворотных плоскостей пятиугольного геометрического тела.

Порядок прорисовки сечений эллипсов в повороте произволен. Например, при продолжении одной из линий пятиугольника получается разворот первого эллипса (точки 2–3), а через его центр (точка 4) с помощью неизменяемой вертикальной оси находится не только ширина сечения, но и выход пятиугольного многоугольника из вертикальной грани призмы с вырезом в виде четверти цилиндра (точка 5).

Продолжение второй линии пятиугольного сечения благодаря полученным осям эллипса дает полное представление и возможность построения второго эллипса с центром в точке 6. Таким же образом выстраивается третий эллипс в повороте с центром в точке 7, который при этом не участвует во врезке, так как выходит за пределы пятиугольной призмы. Если данная ситуация не устраивает, то необходимо менять точку отсчета 1. Заданные пропорции геометрических тел диктуют условия возможного пересечения. Так, при получении результата взаимодействия третьего эллипса, при котором из пятиугольника будет появляться призма с вырезом, может привести к потере результата врезки, связанного с прорисовкой первого эллипса.

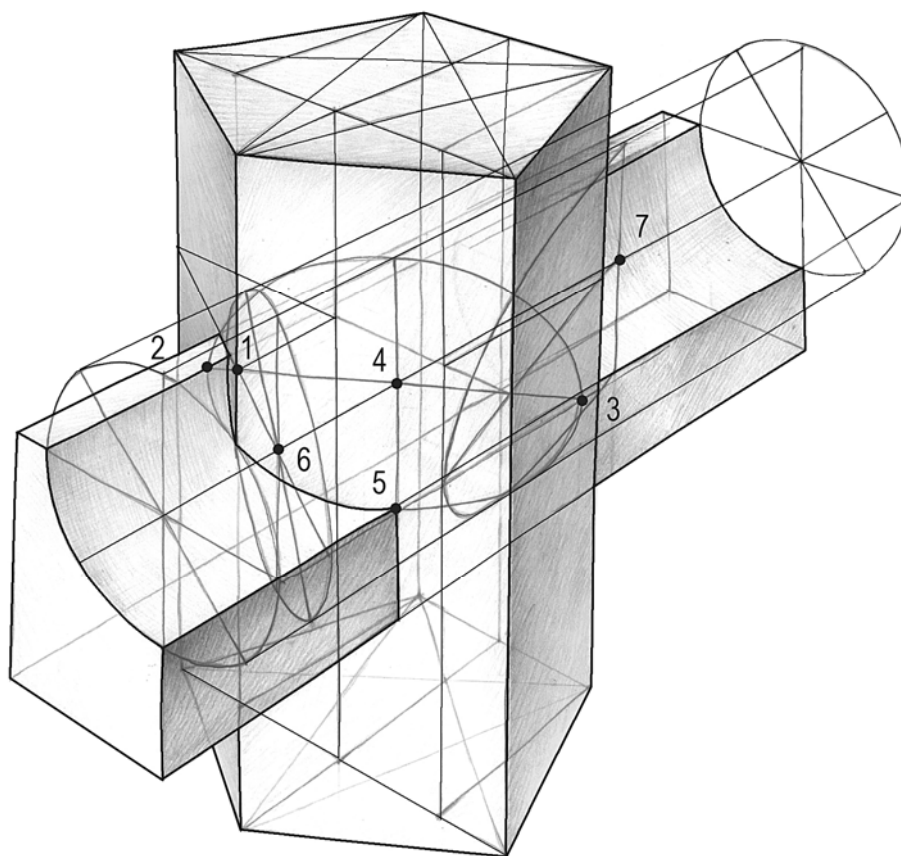


Рис. 7.10

8. ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНАЯ ПРИЗМА С ПОЛУЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВЫРЕЗОМ

8.1. Линейно-конструктивный рисунок четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом

Четырехугольная призма с полуцилиндрическим вырезом – геометрическое тело, относящееся к комбинированным, соединяющее в себе построение цилиндра и прямоугольной призмы. При этом ось цилиндра является центром симметрии для связанного с ним построением четырехугольного многоугольника (рис. 8.1). Пропорции призмы с полуцилиндрическим вырезом воспринимаются наиболее гармонично при условии выбора ее толщины, приближенной к пластине, а соотношения радиуса цилиндра (R) – к ширине двухсторонних выступов граненого геометрического тела (A).

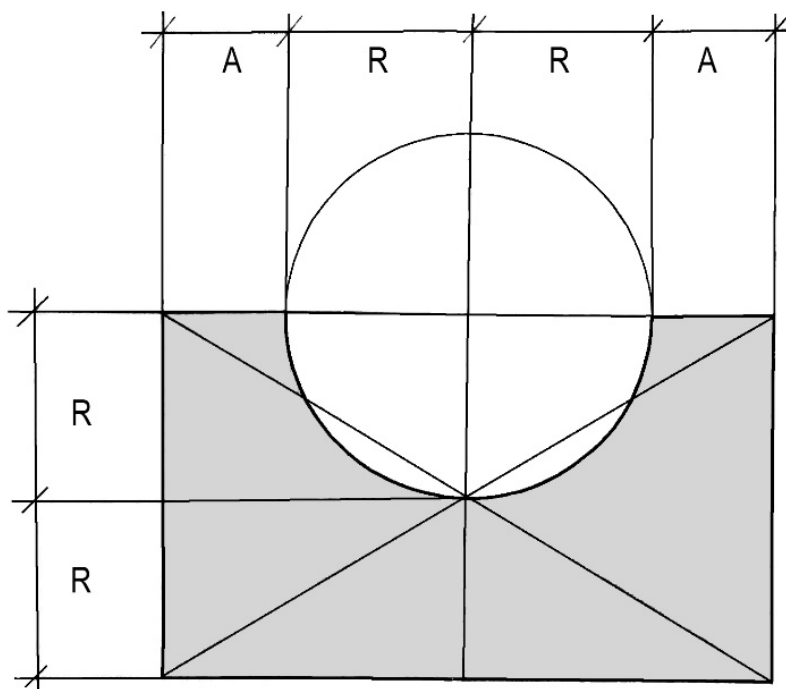


Рис. 8.1

Из-за сложности построения четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом, связанной с соблюдением ее симметрии относительно центральной оси цилиндра, рекомендуется начинать изображение данного геометрического тела с цилиндра. Произвольно выбранные пропорции тела вращения задают в конечном итоге размеры четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом.

Построение четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом в горизонтальной плоскости сводится к построению вертикального цилиндра, горизонтальные оси которого становятся основой для построения описанного вокруг него четырехугольника (рис. 8.2).

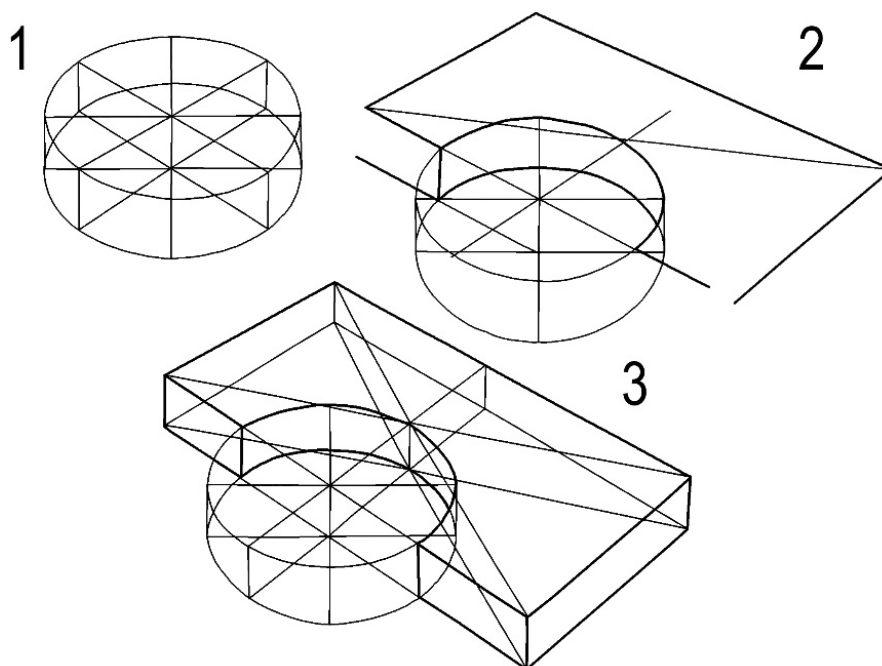


Рис. 8.2

Построение четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом в вертикальной плоскости сводится к построению горизонтального цилиндра. Его вертикальная и горизонтальная ось являются частью дальнейшей прорисовки и нахождения пропорций четырехугольной призмы (рис. 8.3).

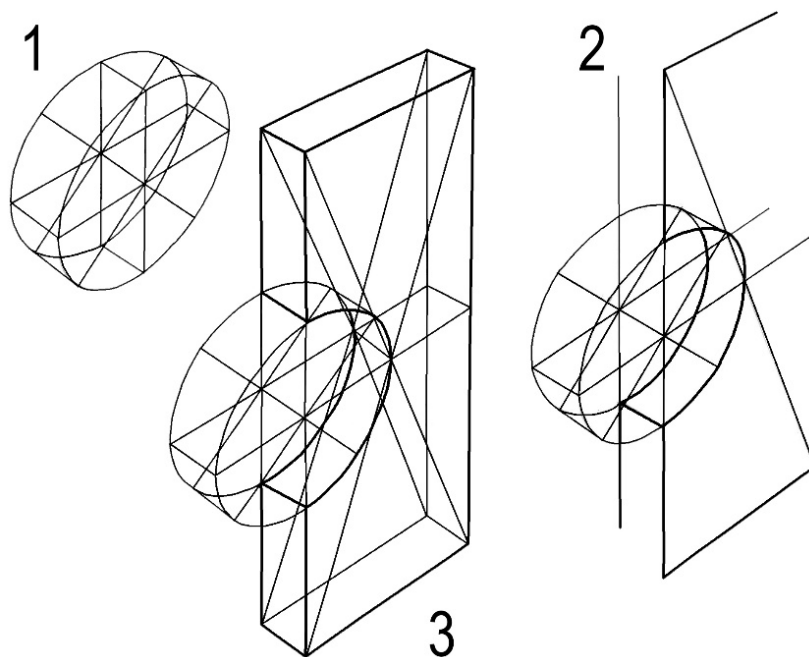


Рис. 8.3

Положение четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом в пространстве, представляемом на плоскости листа, отличается большим разнообразием по сравнению с другими геометрическими телами,

связанным с возможностью создавать различные направления ребер четырехугольной призмы, идущие от тела вращения. В композиции рекомендуется для более активного участия полуцилиндрического выреза во врезках с какими-либо геометрическими телами размещать призму отверстием к зрителю (рис. 8.4).

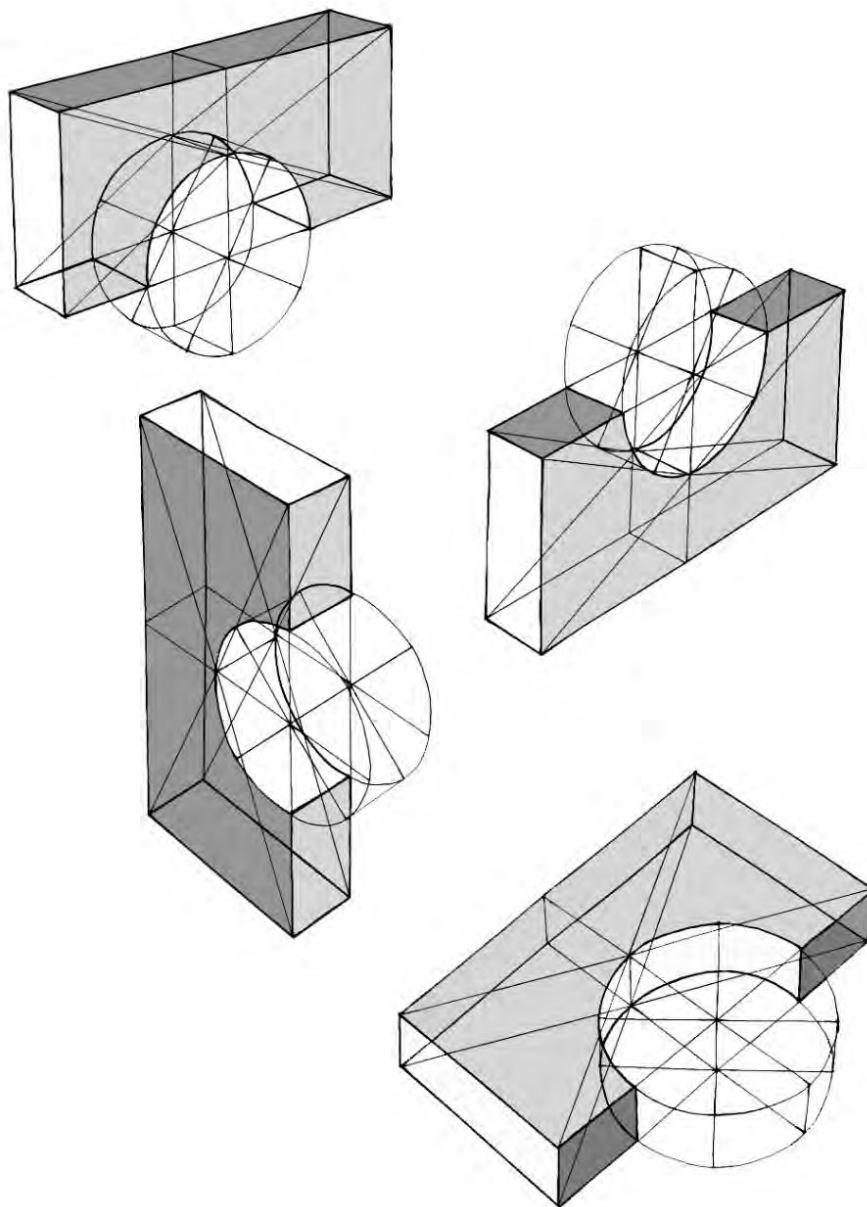


Рис. 8.4

8.2. Построение сечений четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом

В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости, проходящей через призму с полуцилиндрическим вырезом, в сечении по аналогии с цилиндром получаются такие плоские фигуры, как эллипс, прямоугольник, наклонный эллипс.

Сечение призмы с полуцилиндрическим вырезом плоскостью, параллельной основанию, представляет собой в перспективном рисунке эллипс, построение которого согласуется с законами линейной перспективы.

Сечение призмы с полуцилиндрическим вырезом плоскостью, перпендикулярной ее основанию, представляет собой прямоугольник.

Сечение призмы с полуцилиндрическим вырезом наклонной плоскостью, расположенной под произвольным углом к основанию вписанного цилиндра, представляет собой наклонный эллипс. Характер наклона эллипса будет зависеть от направления плоскости сечения (рис. 8.5).

Все сечения цилиндра представляют собой взаимодействие между собой двух осей, ограниченных четырьмя горизонтальными (вертикальными) образующими. Данные оси, формируя сечения, принимают горизонтальное, вертикальное или в соответствии с наклонной плоскостью направления. Особенностью сечения призмы с полуцилиндрическим вырезом является то, что результатом сечения становится внутренняя часть эллиптической врезки.

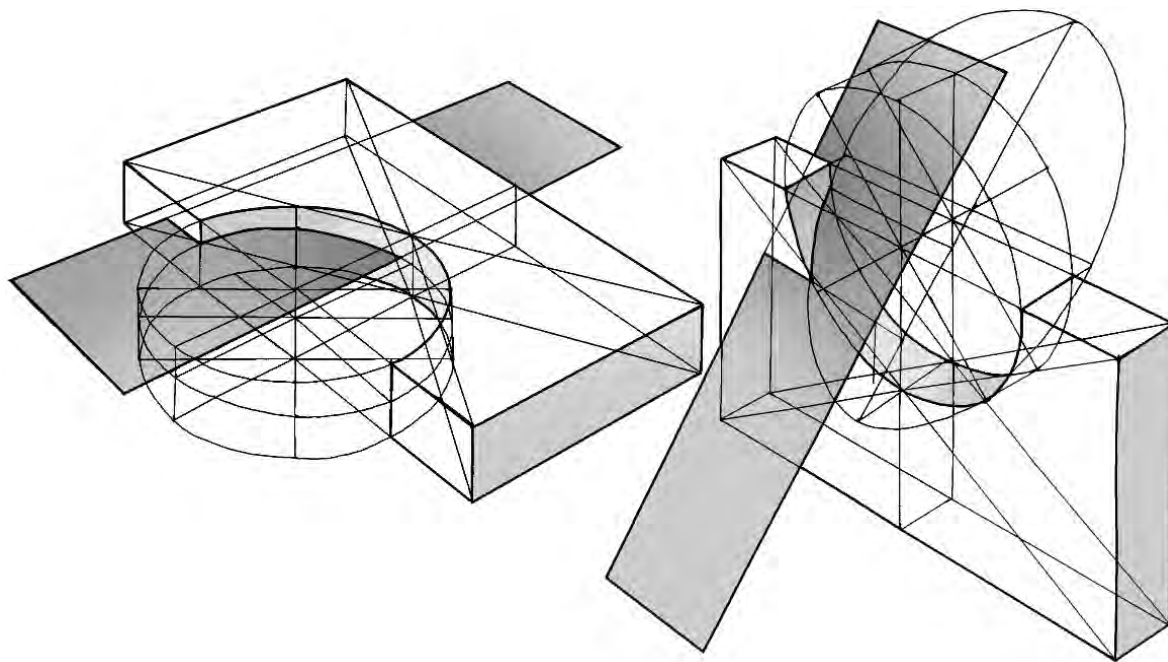


Рис. 8.5

8.2.1. Сечение четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом наклонной плоскостью на примере врезки в треугольную прямоугольную призму

Выразительное сочетание комбинированного геометрического тела с граненым происходит благодаря ярко выраженному контрасту наклонной плоскости, пересекающей полуцилиндрический вырез четырехугольной призмы (рис. 8.6). От точки отсчета сечения 1 при построении прямоугольного сечения задается основа для получения выхода треугольной призмы

из вертикальной плоскости четырехугольной, а также входа – в криволинейную поверхность полуцилиндрического выреза. Первое сечение не представляет сложности при построении, второе – рассмотрим подробнее. На грани вертикальной секущей плоскости и горизонтального следа сечения (точка 2) проходит ось наклонного эллипса для дальнейшего изображения его фрагмента, связанного с получением его центра сечения (точка 3) и второй горизонтальной оси (точки 4 и 5). При этом допускается минимальное построение фрагмента наклонного эллипса. Для этого достаточно из точки пересечения наклонной оси со следующей вертикальной гранью четырехугольной призмы (точка 6) провести горизонтальный след сечения до встречи с ее полуциркульным вырезом.

На рис. 8.7 показан вариант, аналогичный предыдущему, но при котором четырехугольная призма с полуцилиндрическим вырезом меняет свое положение в пространстве с вертикального на горизонтальное. Суть сечений не меняется. На этот раз вперед выступает ребро треугольной прямоугольной призмы. Построение начинается с выбора точки отсчета сечения – точки 1. Ось наклонного эллипса находится в точке пересечения линии врезки горизонтального сечения с осью видимого основания цилиндра (точка 2). Минимальное построение фрагмента наклонного эллипса связано с нахождением момента выхода оси за пределы геометрического тела, т. е. в точке пересечения с осью невидимого основания цилиндра (точка 3). Горизонтальный след сечения, проходящий через точку 3, задает ширину раскрытия фрагмента наклонного эллипса (точки 4 и 5). Для наглядности изображение эллипса дается полностью.

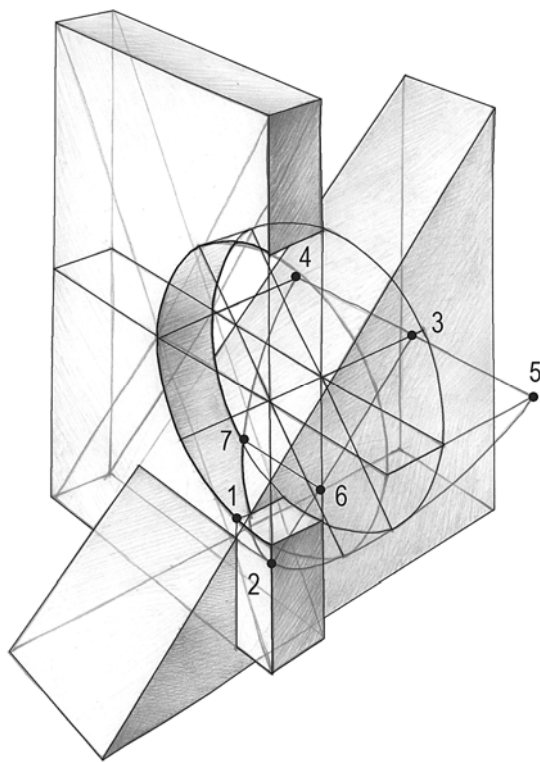


Рис. 8.6

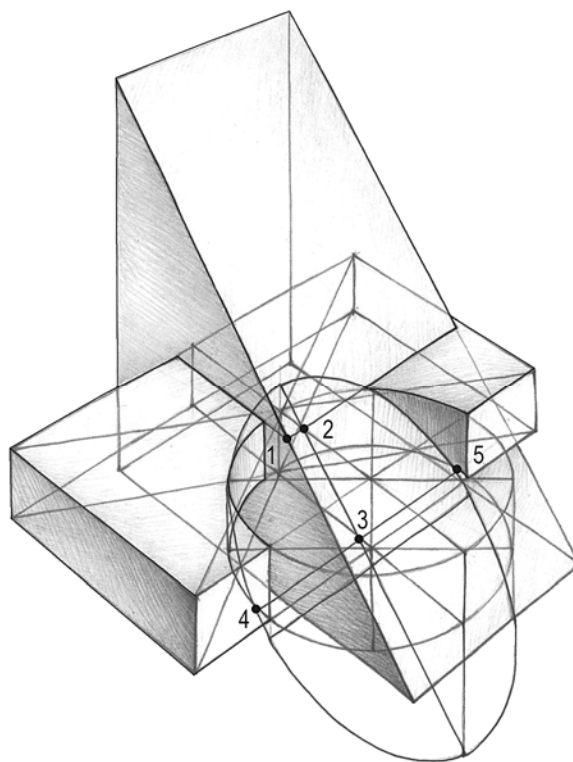


Рис. 8.7

8.2.2. Сечение четырехугольной призмы с полуцилиндрическим вырезом наклонными плоскостями на примере врезки в пирамиду

Пересечение призмы с полуцилиндрическим вырезом с пирамидой с квадратным основанием сводится к построению трех взаимосвязанных между собой сечений: квадрата и фрагментов наклонных эллипсов (рис. 8.8). Построение начинается с точки отсчета 1, от которой образуется сечение квадрата. Он, в свою очередь, задает основание для построения оставшихся двух сечений. На продолжении линий врезок по горизонтальному и вертикальному направлениям на пересечении с осями видимого основания цилиндра находятся точки, дающие начало осям эллипсов (точки 2 и 3). Данные оси идут параллельно апофемам пирамиды до пересечения с осями невидимого основания цилиндра (точки 4 и 5). Чтобы достроить фрагменты эллипсов, достаточно провести следы сечения от каждой из полученных точек в вертикальном и горизонтальном направлении до полуциркульного выреза (точки 6 и 7). Соединенные дугами точки 6–8 и 7–9 являются фрагментами эллипсов, полученных от взаимодействия цилиндра с двумя наклонными плоскостями, и имеют общую точку пересечения на грани секущей плоскости (точка 10).

Пересечение призмы с пирамидой с треугольным основанием строится аналогично вышерассмотренному примеру (рис. 8.9).

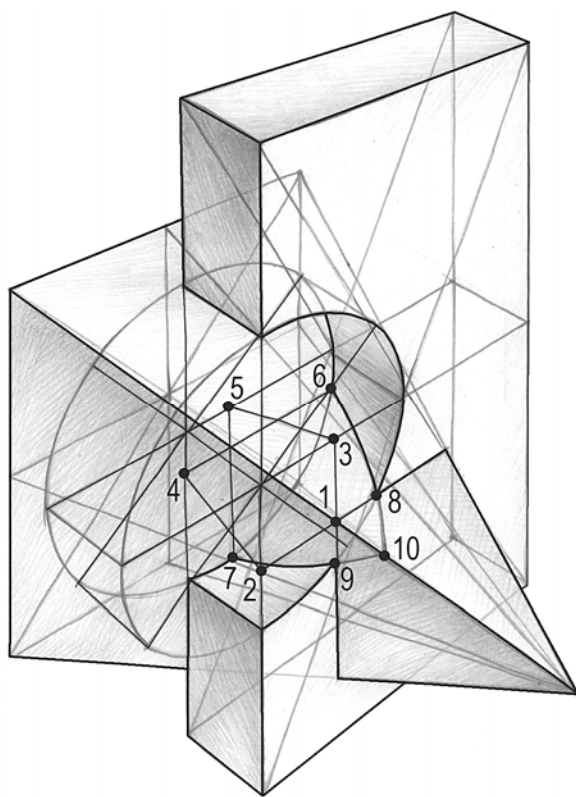


Рис. 8.8

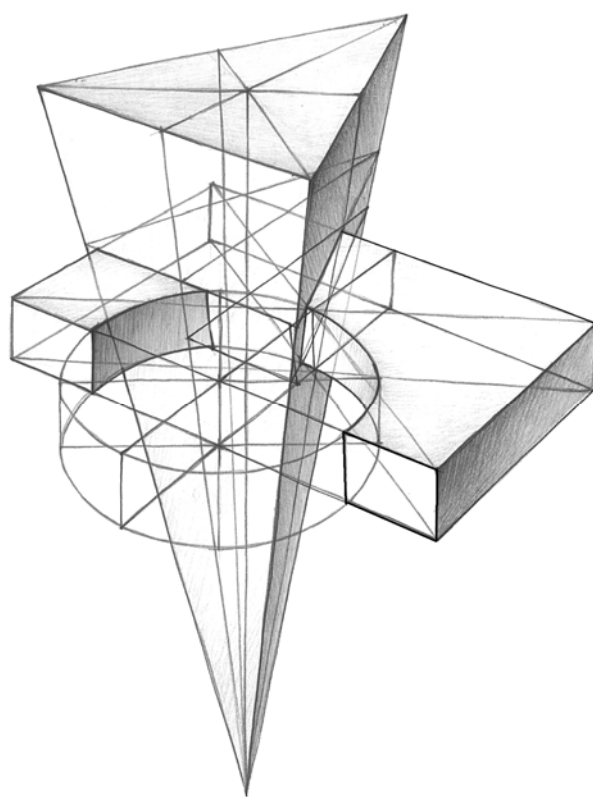


Рис. 8.9

9. ШЕСТИУГОЛЬНАЯ ПРИЗМА С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВЫРЕЗОМ

9.1. Линейно-конструктивный рисунок шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом

Шестиугольная призма с цилиндрическим вырезом – геометрическое тело, относящееся к комбинированным, соединяющее в себе построение цилиндра и шестиугольной призмы. При этом ось цилиндра является центром симметрии для связанного с ним построением шестиугольного многоугольника (рис. 9.1). Пропорции призмы с цилиндрическим вырезом воспринимаются наиболее гармонично при условии выбора ее толщины, приближенной к пластине.

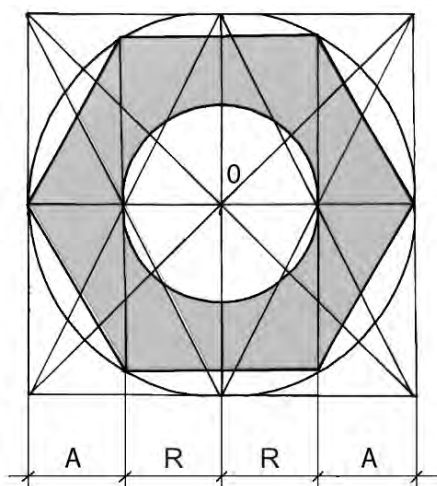


Рис. 9.1

Построение шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом в вертикальном или горизонтальном положении рекомендуется начинать с изображения видимого основания цилиндра, вокруг которого в дальнейшем описывается основание шестиугольника с соблюдением его симметрии относительно центральной оси тела вращения. При этом желательно задать модуль построения шестиугольной призмы равным радиусу цилиндра ($A = R$). Произвольно выбранные пропорции тела вращения задают размеры шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом.

9.2. Построение сечений шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом

В зависимости от направления в пространстве секущей плоскости, проходящей через шестиугольную призму с цилиндрическим вырезом, в сечении по аналогии с цилиндром получаются такие плоские фигуры, как эллипс, прямоугольник и наклонный эллипс.

Сечение шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом плоскостью, параллельной ее основанию, представляет собой в перспективном рисунке эллипс, построение которого согласуется с законами линейной перспективы.

Сечение шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом плоскостью, перпендикулярной ее основанию, представляет собой прямоугольник.

Сечение шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом наклонной плоскостью, расположенной под произвольным углом к основанию вписанного цилиндра, представляет собой наклонный эллипс. Характер наклона эллипса будет зависеть от направления плоскости сечения.

Все сечения цилиндра представляют собой взаимодействие между собой двух осей, ограниченных четырьмя горизонтальными (вертикальными) образующими. Данные оси, формируя сечения, принимают горизонтальное, вертикальное или в соответствии с наклонной плоскостью направления. Особенностью сечения шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом является то, что результатом сечения становится внутренняя часть эллиптической врезки. Аналогии сечений шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом можно увидеть в разделах 7.2 и 8.2.

9.2.1. Композиционный узел из шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом, четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием и треугольной прямоугольной призмы

Изображение композиционного узла на рис. 9.2 начинается с появления шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом и треугольной прямоугольной призмы. Сечение в виде прямоугольника между двумя геометрическими телами проходит через точку отсчета 1, таким образом, чтобы ребро треугольной призмы выходило через цилиндрический вырез шестиугольного многоугольника. Продлевая горизонтальный след сечения, находится точка его пересечения с осью видимого основания цилиндра (точка 2), из которой проводится фрагмент оси наклонного эллипса, идущей до пересечения с осью невидимого основания эллипса (точка 3). Через полученные точки 4 и 5 по плавной дуге проводится фрагмент эллипса, являющийся результатом взаимодействия цилиндра наклонной плоскостью.

Построение четырехугольной призмы с прямоугольным отверстием начинается со следа сечения будущей врезки. Он представляет собой прямоугольник, через точку перелома которого и задается вертикальная линия (точка 6), которая впоследствии становится основой для построения четырехугольного многоугольника. В результате образуется тройная врезка, при которой четырехугольная призма с прямоугольным отверстием последовательно врезается в шестиугольную призму с цилиндрическим вырезом, а затем – в треугольную прямоугольную призму. Взаимодействие с последней будет давать сечение в виде вертикального треугольника.

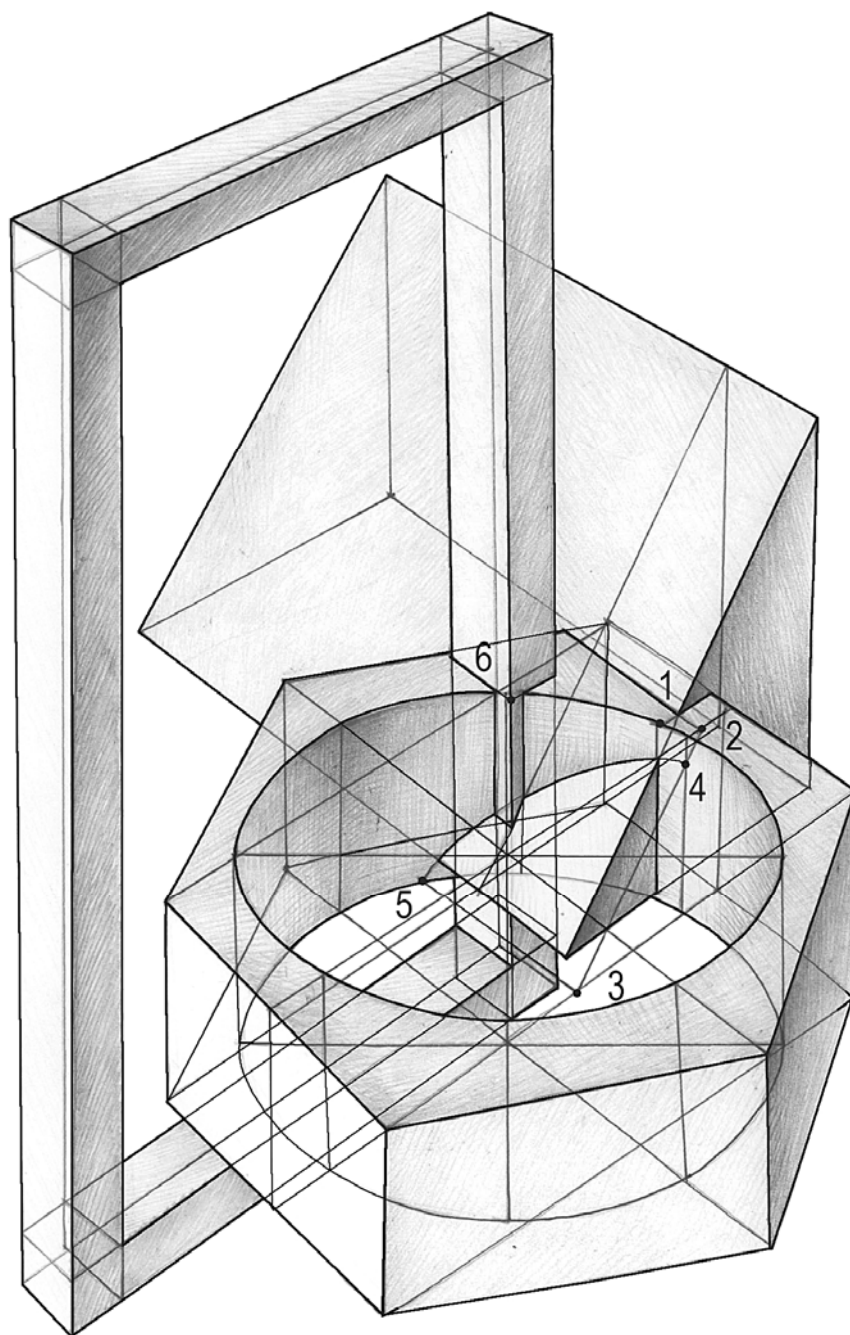


Рис. 9.2

9.2.2. Композиционный узел из шестиугольной призмы с цилиндрическим вырезом, четырехугольной призмы и четырехугольной призмы с четвертным вырезом

Простая и в тоже время динамичная композиция из геометрических тел представлена на рис. 9.3. Как наиболее сложная по построению первой изображается шестиугольная призма с цилиндрическим вырезом, расположенная в вертикальной плоскости. Далее появляется четырехугольная призма с четвертным вырезом. Сечение в виде прямоугольника между двумя геометрическими телами начинается через точку отсчета 1, от кото-

рого в результате взаимодействия с вертикальными плоскостями четырехугольной призмы образуются вертикальный прямоугольник и вертикальный эллипс. Данные сечения можно представить фрагментарными изображениями. Последнее третье геометрическое тело – четырехугольная призма. Ее построение рекомендуется начинать по заранее предусмотренному эскизу следу сечения, который проходит через точку 2. Взаимодействие четырехугольной призмы с остальными двумя геометрическими телами представляют фрагменты прямоугольников и вертикального эллипса.

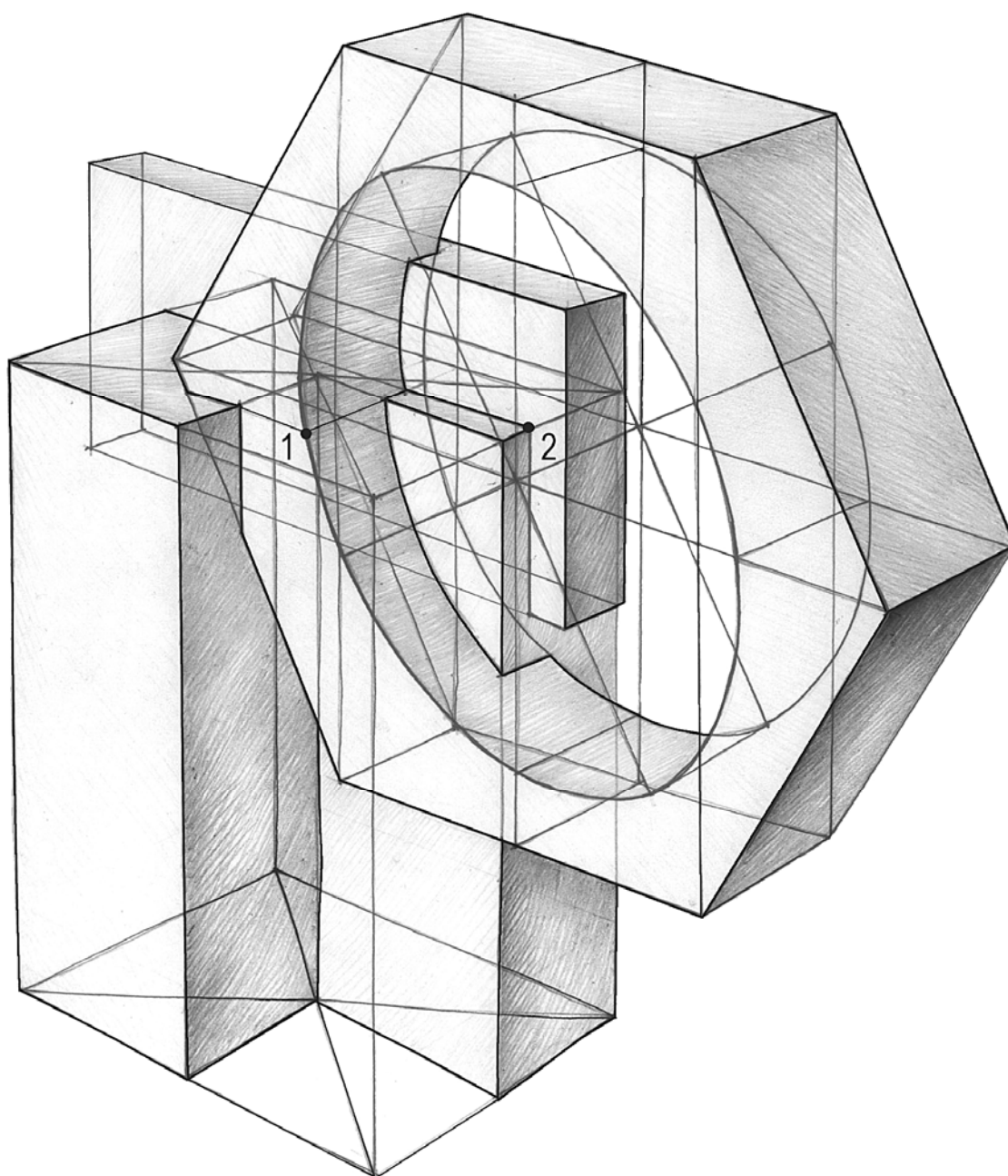


Рис. 9.3

10. СВЕТОТЕНЕВОЙ РИСУНОК ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

В процессе работы над выявлением объема геометрических тел в композиции следует придерживаться определенных принципов. Важно, чтобы на каждом этапе рисования графическая работа имела одинаковую степень завершенности. Принцип «от общего к частному» поможет правильно организовать процесс на завершающем этапе.

Распределение светотени на поверхности геометрических тел, используемых в композиции, играет ключевую роль в выявлении их объема. Для достижения эффекта реалистичности изображаемых тел важно следовать законам светотени. Для правильного и выразительного отображения объемности всей композиции необходимо определить общий источник света для всех ее элементов. Оптимально размещать источник света перед композицией, «слева-сверху-сзади» от зрителя. Сначала необходимо выявить все освещенные (области с большим светом) и затененные (области с большой тенью) поверхности, а затем акцентировать внимание на нюансах формы как на свету, так и в тени. Поскольку композиция является своего рода моделью, не следует изображать падающую тень и фон. Плотность штриховки не должна быть чрезмерной или «глухой». Даже на затененных плоскостях и поверхностях должны быть четко видны невидимые линии построения геометрических тел и их сечений.

Чтобы передать объемную форму геометрического тела, следует представить его внутреннее строение. Штриховка должна использоваться для выявления различных по характеру геометрических тел. Тела вращения следует выявлять округлыми штрихами, следуя их форме. Для создания эффекта световоздушной среды в композиции необходимо учитывать и отраженный свет – рефлекс.

При штриховке **шара** определяются, где находятся блик – самый яркий участок, расположенный под прямым углом к источнику света, и наиболее темный участок тени на противоположной стороне от источника света. Штрихи наносятся по направлению к центру шара, чтобы создать эффект объема. Штриховка постепенно осветляется, приближаясь к освещенным участкам, создавая более светлые области и плавные переходы. Для создания текстуры шара можно использовать круговые или овальные штрихи по форме шара. Дополнительный объем придадут легкие штрихи на освещенной стороне, чтобы показать отраженный свет. На участке блика можно оставить лист бумаги белым или слегка затенить его очень легким штрихом.

При штриховке **цилиндра** определяются освещенные и затененные области. Наиболее светлые участки (блик) располагаются на верхней части цилиндра, где свет будет падать наиболее прямо. Наиболее выраженная тень находится на боковой стороне. Штрихи наносятся вертикально или короткими штрихами под углом 45° по форме цилиндра. Постепенно осветляйте штриховку, приближаясь к освещенной стороне.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Лаврецкий, Г. А. Объемно-пространственная композиция из геометрических тел : учебно-методическое пособие для поступающих на специальности 1-69 01 01 «Архитектура», 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн», 1-37 05 01 «Дизайн гусеничных и колесных машин», 1-36 21 01 «Дизайн производственного оборудования» : в 3 ч. / Г. А. Лаврецкий, И. Н. Ожешковская, И. А. Чижик. – Минск : БНТУ, 2015 – Ч. 1 : Граненые геометрические тела. – 2015. – 118 с.

2. Ожешковская, И. Н. Объемно-пространственная композиция из геометрических тел : учебно-методическое пособие для поступающих на специальности 1-69 01 01 «Архитектура», 1-69 01 02 «Архитектурный дизайн», 1-37 05 01 «Дизайн гусеничных и колесных машин», 1-36 21 01 «Дизайн производственного оборудования» : в 3 ч. / И. Н. Ожешковская, Г. А. Лаврецкий, И. А. Чижик. – Минск : БНТУ, 2018. – Ч. 2 : Граненые геометрические тела. – 2018. – 93 с.

3. Лаврецкий, Г. А. Методические рекомендации по композиции для поступающих на специальность «Архитектура» / Г. А. Лаврецкий, Н. Н. Лебедева. – Минск : БНТУ, 2006. – 22 с.

4. Осмоловская, О. В. Рисунок по представлению : учебное пособие / О. В. Осмоловская, А. А. Мусатов. – М. : Архитектура, 2008. – 392 с.

5. Туровская, Г. Е. Основы архитектурного рисунка : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / Г. Е. Туровская. – Минск : БНТУ, 2008. – Ч. 1. – 2008. – 96 с.

Дополнительная литература

1. Основы композиции в учебном рисунке : учебно-методическое пособие / сост. : А. Б. Александрович. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 80 с.

2. Художественно-педагогический словарь / сост. : Н. К. Шабанов, О. П. Шабанова, М. С. Тарасова [и др.]. – М. : Академический Проект: Трикста, 2005. – 480 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

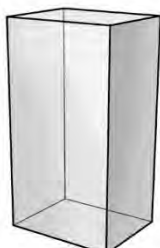
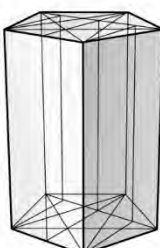
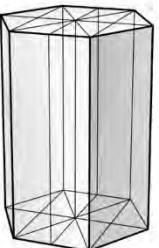
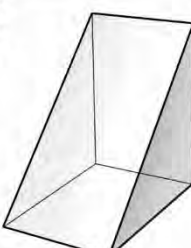
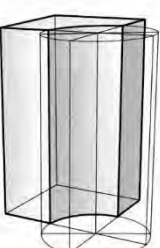
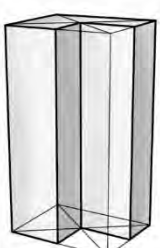
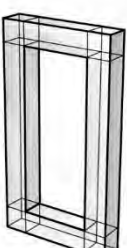
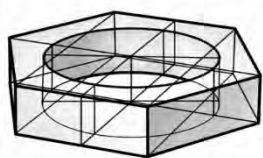
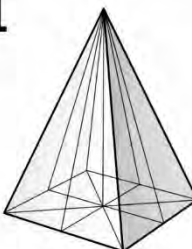
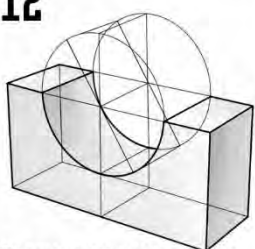
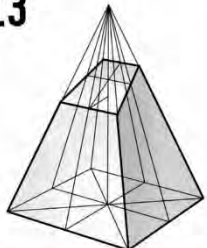
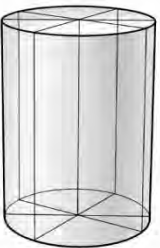
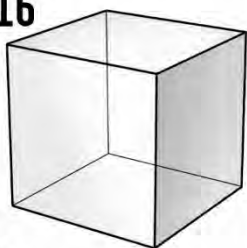
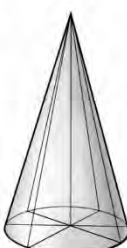
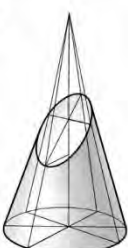
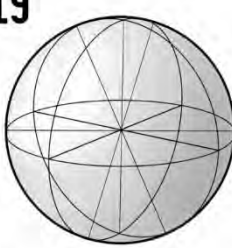
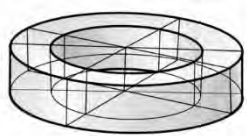
Работа над эскизом композиции

Выполнению композиции любой степени сложности предшествует работа над эскизом, которая включает в себя поиск наиболее оптимального сочетания между собой определенных геометрических тел. Предварительная работа над эскизом является важным этапом и может занимать довольно много времени. Именно на этой стадии работы решаются задачи компоновки в формат листа (горизонтальный или вертикальный), соотношения пропорций, определения вертикальных и горизонтальных доминант, композиционного центра и самого характера всей композиции (статический, динамический).

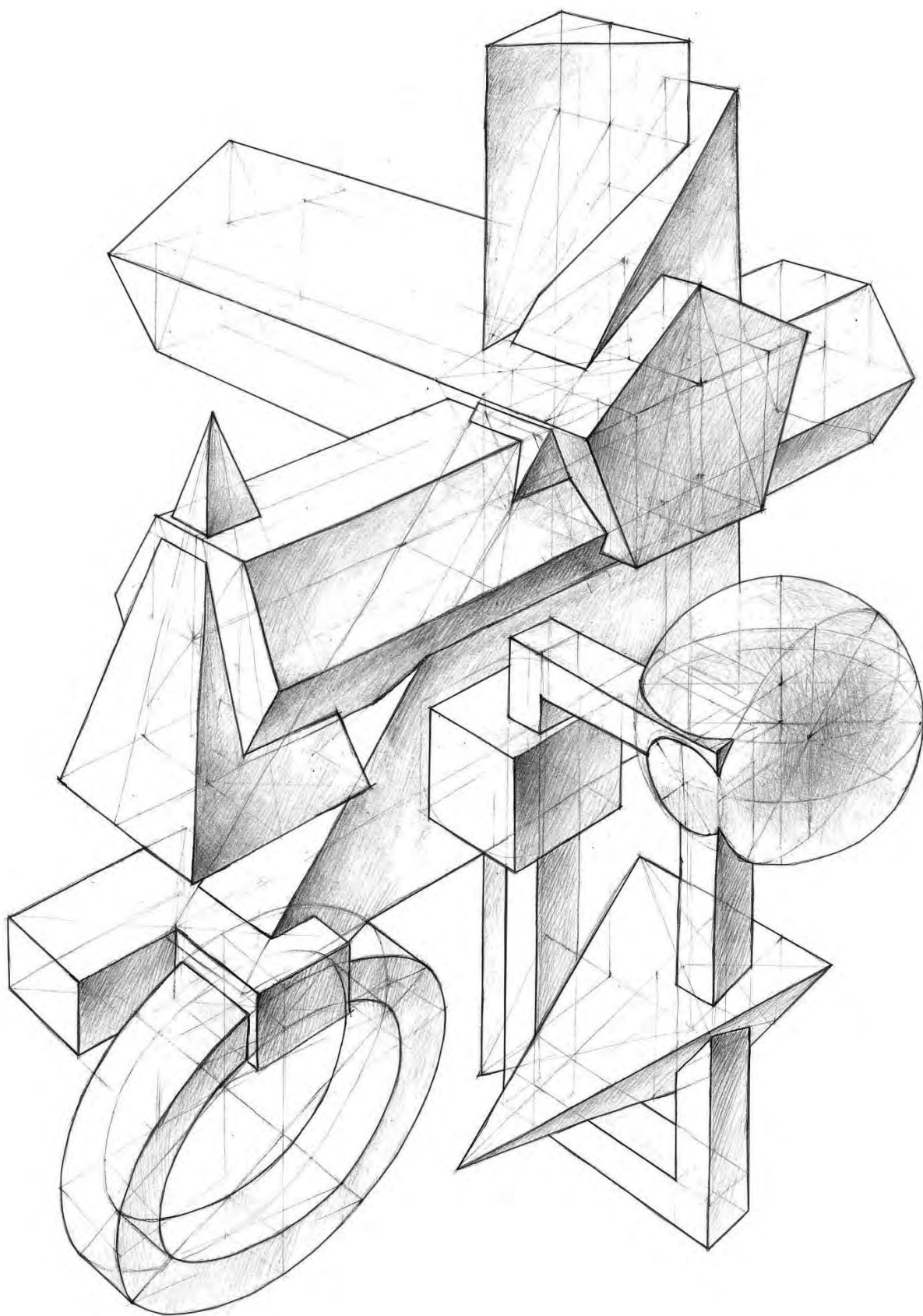
Самым первым этапом работы считается анализ геометрических тел: выбор наиболее контрастного сочетания, определения главных и второстепенных элементов будущей композиции. Не все геометрические тела могут образовывать ярко выраженный контраст между собой, являться главным элементом композиции или ее доминантой. Гармоничное соотношение параметров уже на стадии эскиза позволит правильно распределить все элементы объемно-пространственной композиции. Пропорции основных геометрических тел не должны быть чрезмерно увеличенных размеров, также как и пропорции второстепенных – чрезмерно уменьшенных. Соразмерность и соподчиненность всех элементов композиции способствует возникновению целостной высоко художественной работы. Разные по характеру, пропорциям и сложности построения геометрические тела, взятые как единое целое, образуют в каждом конкретном случае неповторимые уникальные сочетания. Тем не менее существуют наиболее выразительные образования определенных геометрических тел, которые создают общепринятую тенденцию, эталон для подражания, и это в конечном итоге не должно приводить к простому копированию, а быть своего рода стимулом для творческой переработки и импульсом к поиску новых выразительных приемов.

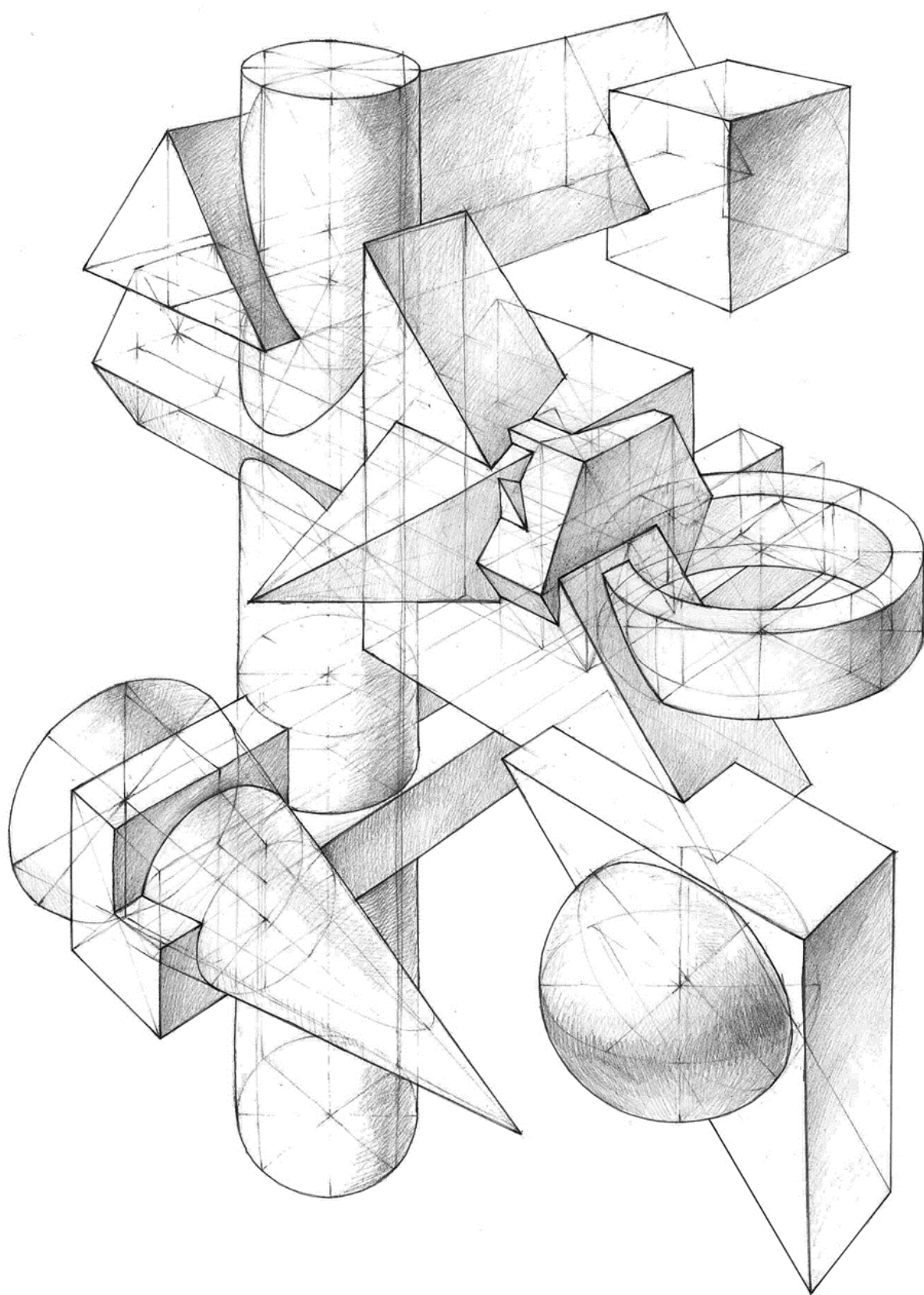
При разработке эскиза важнейшим моментом работы является прорисовка взаимодействий геометрических тел между собой, т. е. врезок одного элемента в другой. При этом следует учитывать, что все геометрические тела должны врезаться друг в друга, не должны стоять на воображаемой плоскости, ни одна на другой, как это происходит в натюрморте. Композиционный центр не должен располагаться в геометрическом центре листа или на его периферии. Он образуется, как правило, за счет наиболее напряженного участка с энтенсивными врезками, в которых взаимодействуют одновременно три и более геометрических тел. Роль контраста в этом случае будет состоять в сопоставлении активных участков врезок на фоне более спокойных. Так, врезка небольшого элемента композиции четче воспринимается рядом с крупным.

Пример приложения к экзаменационному билету

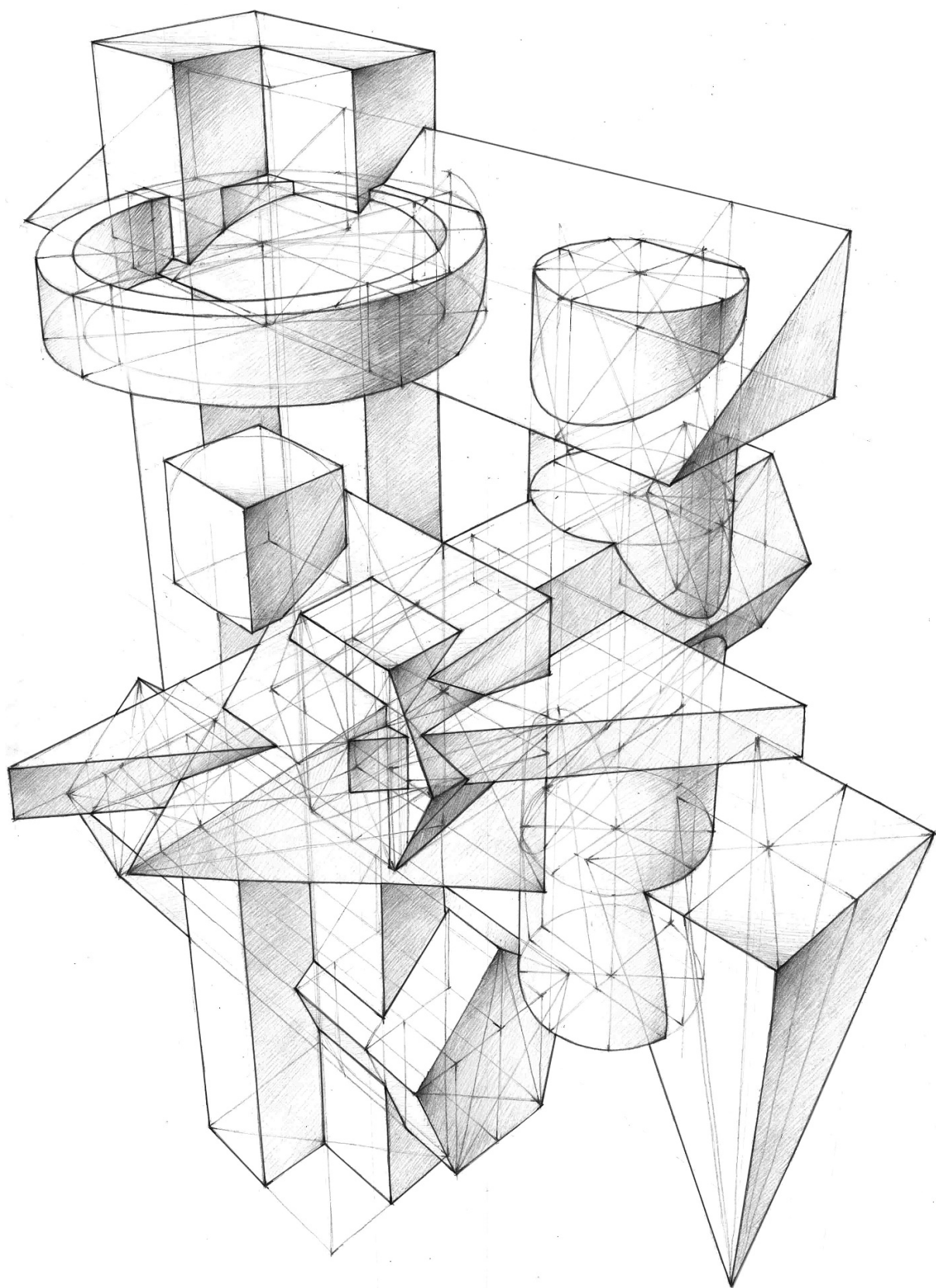
1  Призма треугольная	2  Призма четырехугольная	3  Призма пятиугольная	4  Призма шестиугольная
5  Прямоугольная треугольная призма	6  Призма четырехугольная с вырезом в виде четверти цилиндра	7  Призма четырехугольная с четвертным вырезом	8  Призма четырехугольная с прямоугольным вырезом
9  Призма шестиугольная с цилиндрическим вырезом	10  Пирамида треугольная	11  Пирамида четырехугольная	12  Призма четырехугольная с полцилиндрическим вырезом
13  Пирамида четырехугольная, усеченная плоскостью под $\angle 45^\circ$	14  Цилиндр	15  Цилиндр с четвертным вырезом	16  Куб
17  Конус	18  Конус, усеченный плоскостью под $\angle 45^\circ$	19  Шар	20  Кольцо

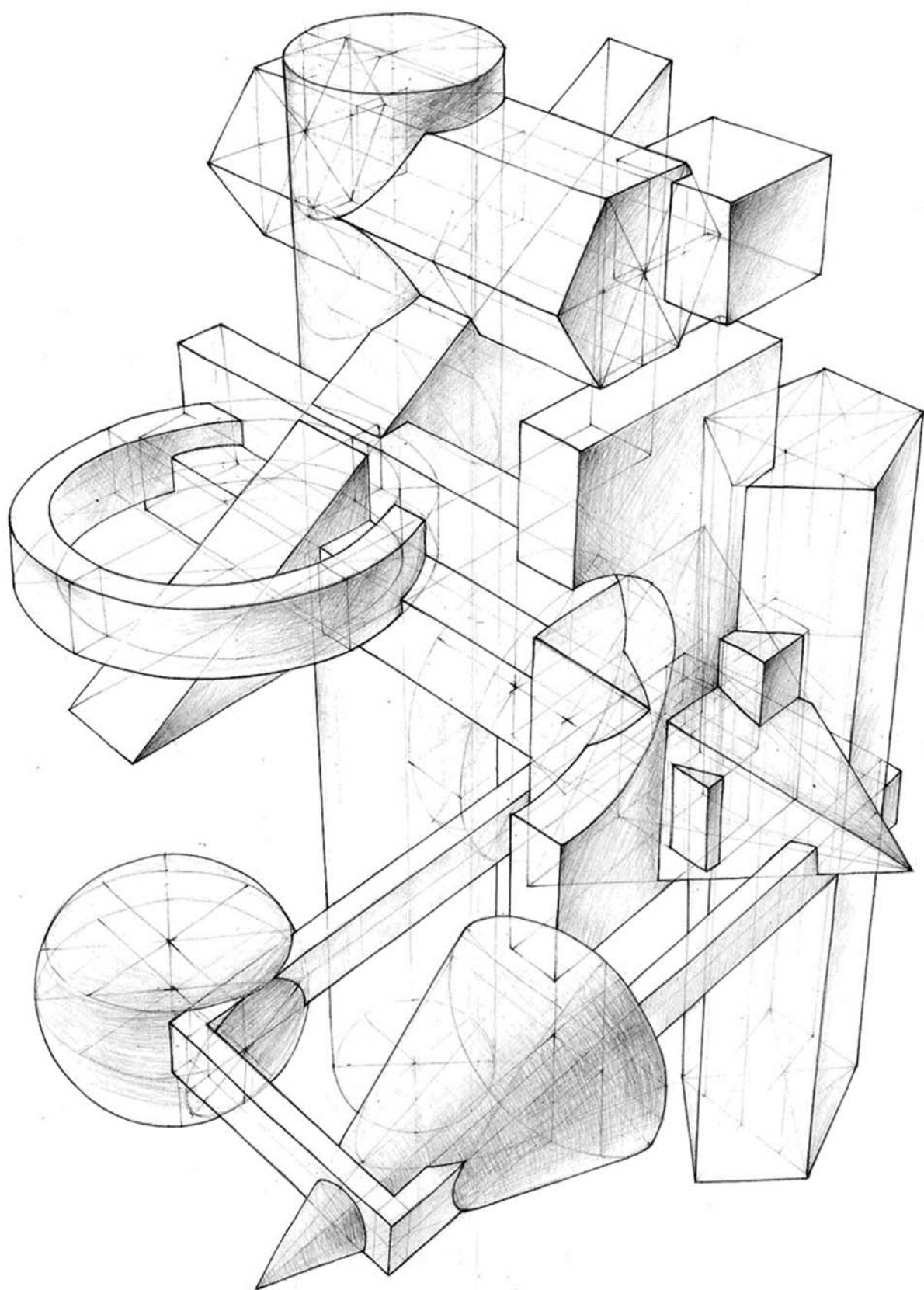
Примеры композиций с телами вращения

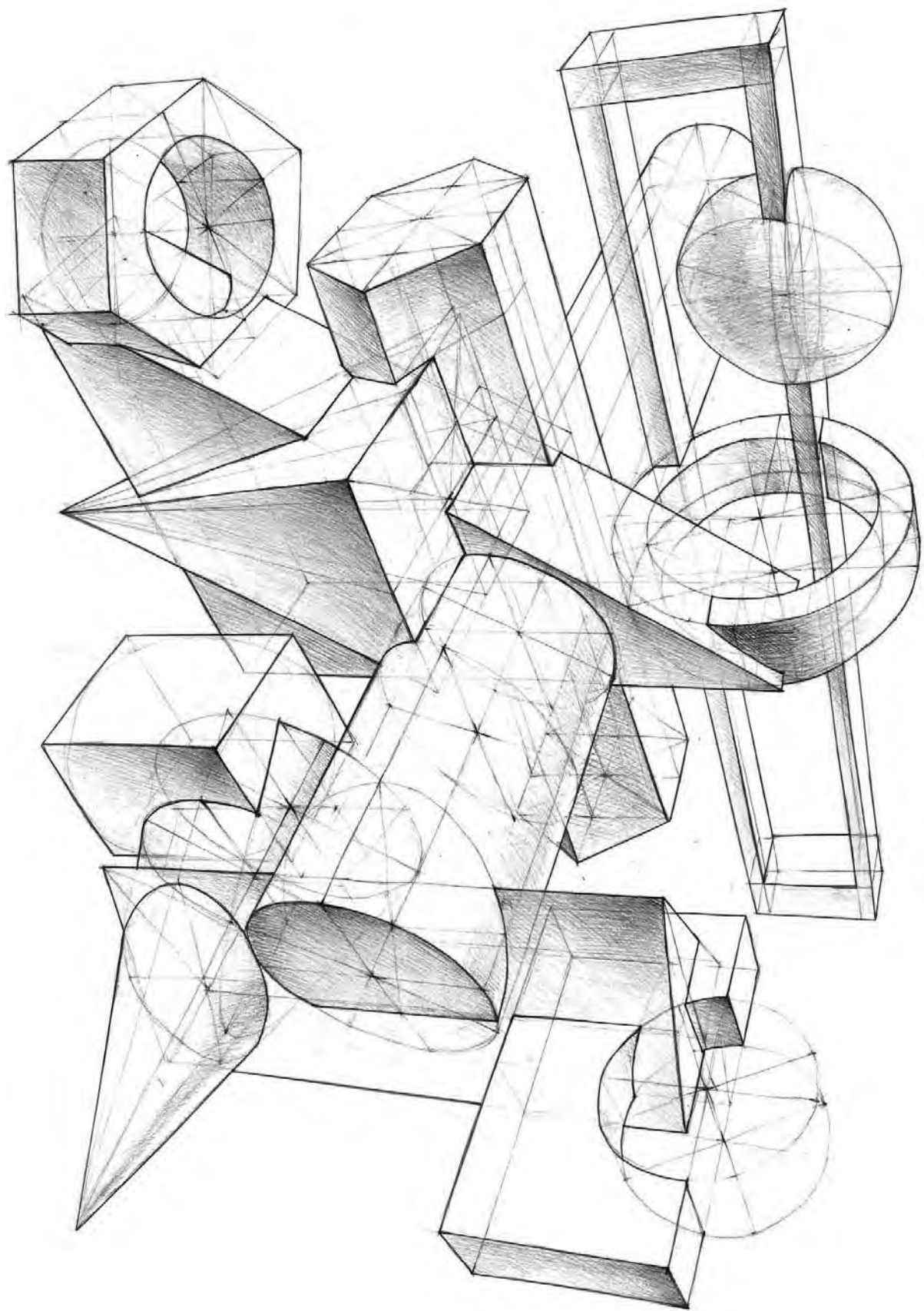


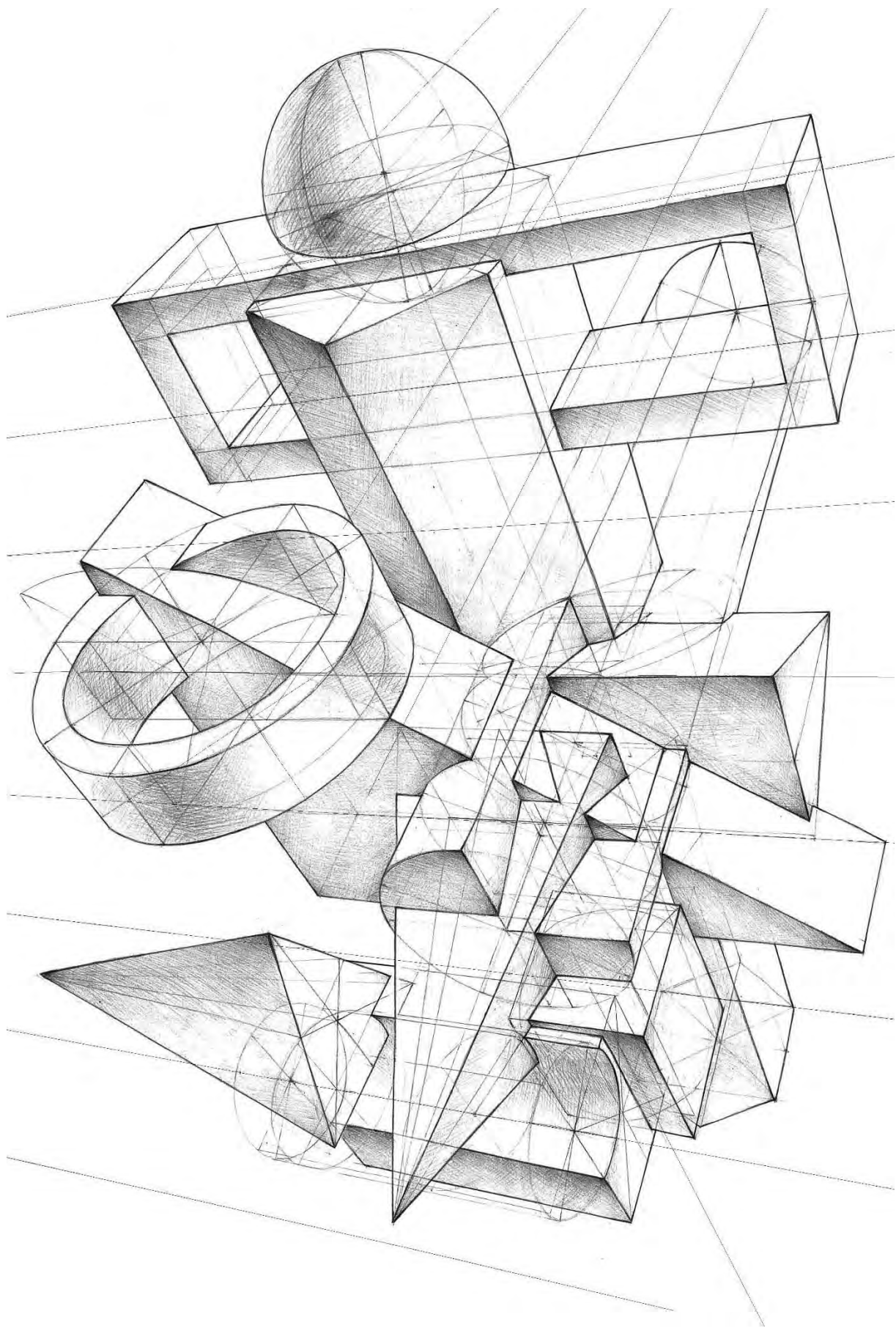


**Примеры композиций из геометрических тел
с тремя точками схода**

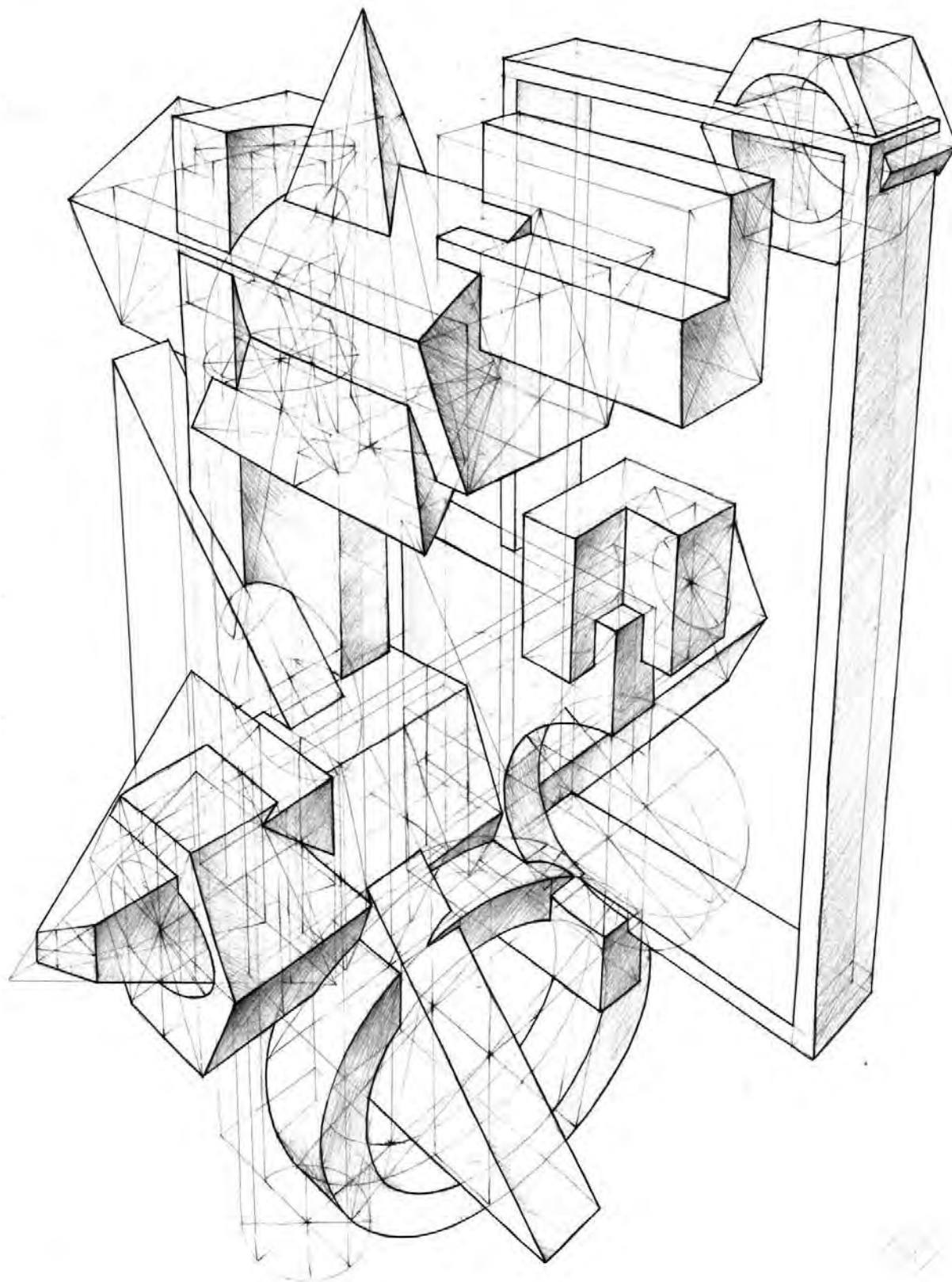


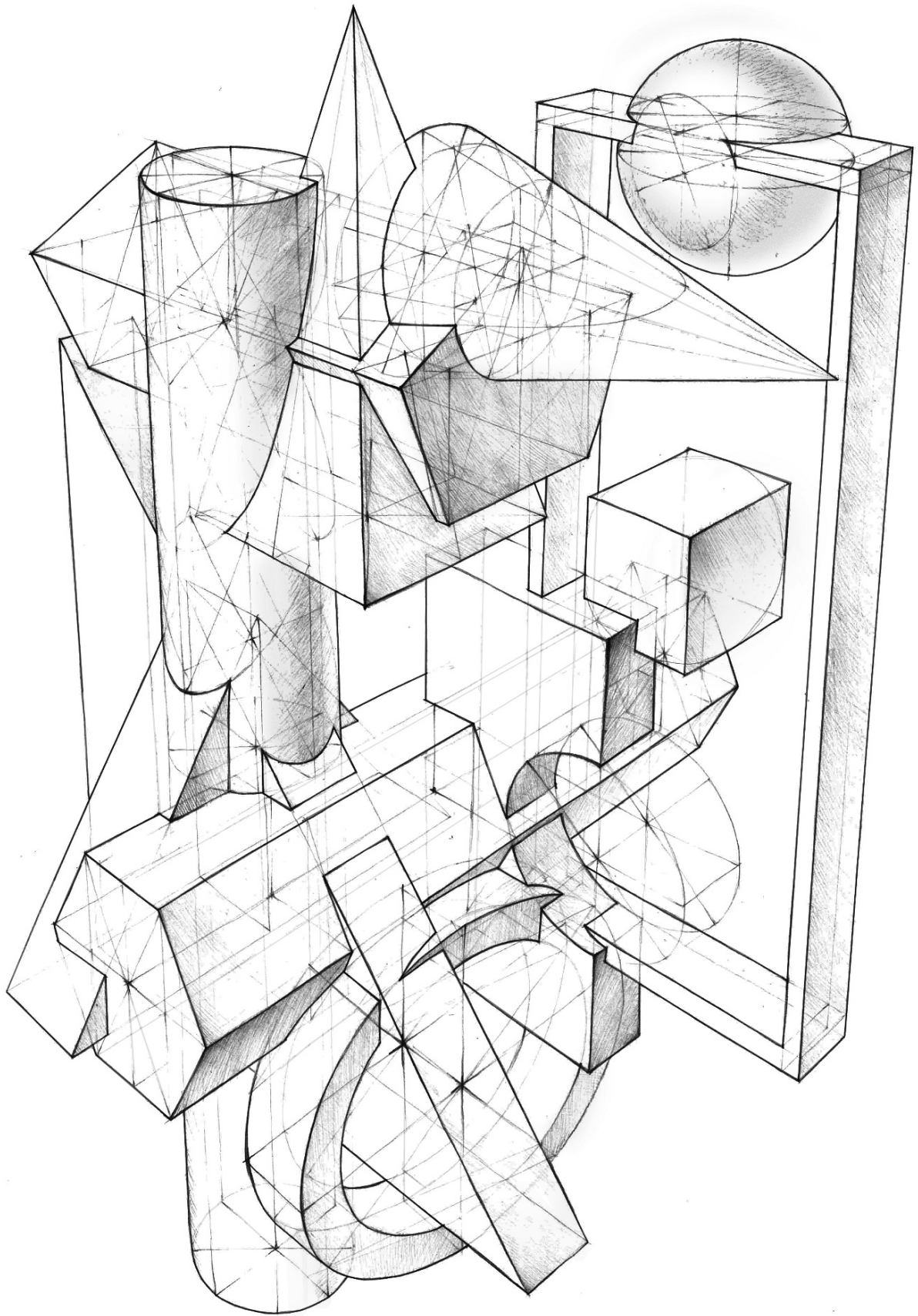


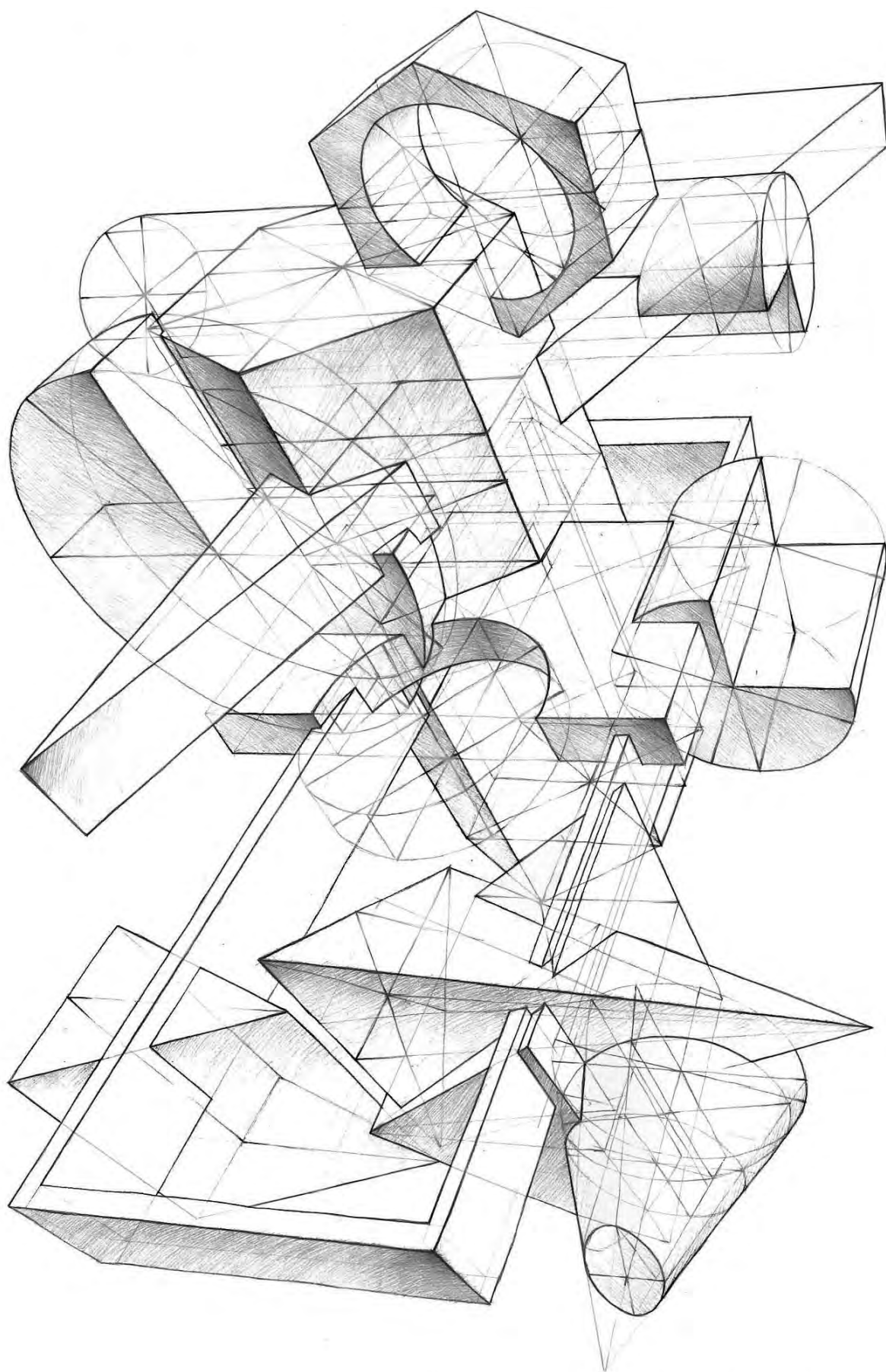


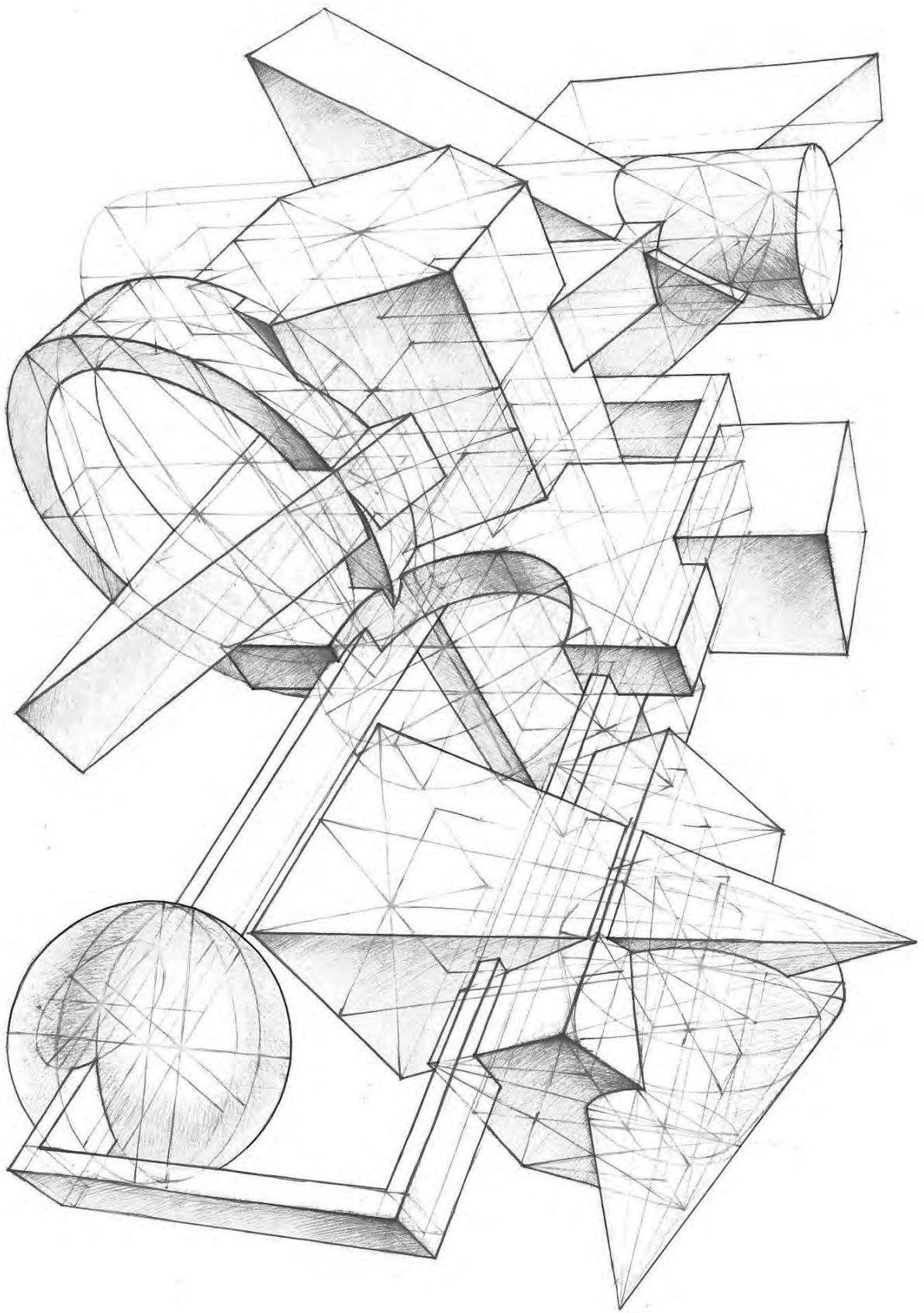


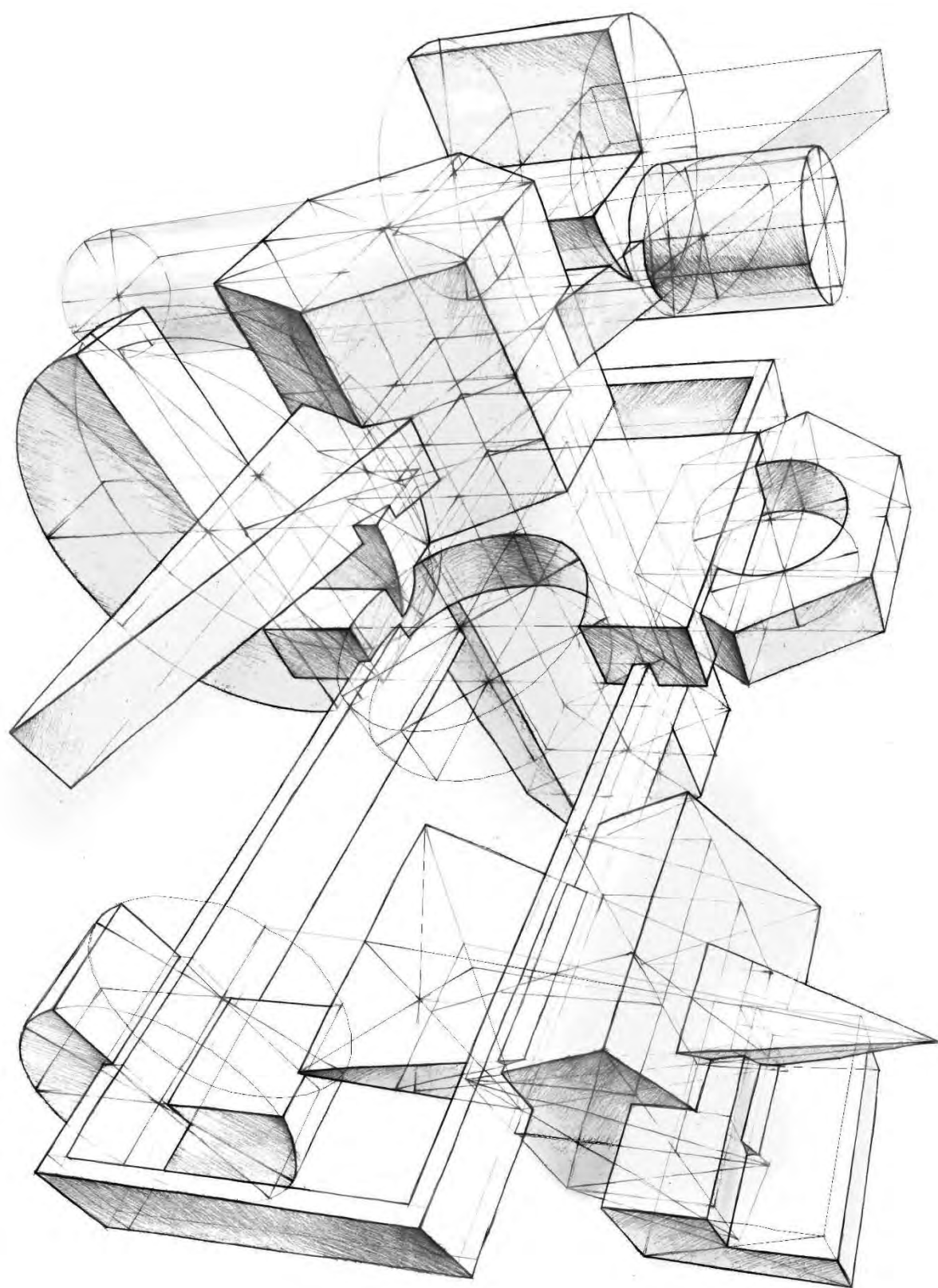
Примеры экзаменационной работы с различными вариантами геометрических тел и положением в пространстве. Вариант 1.



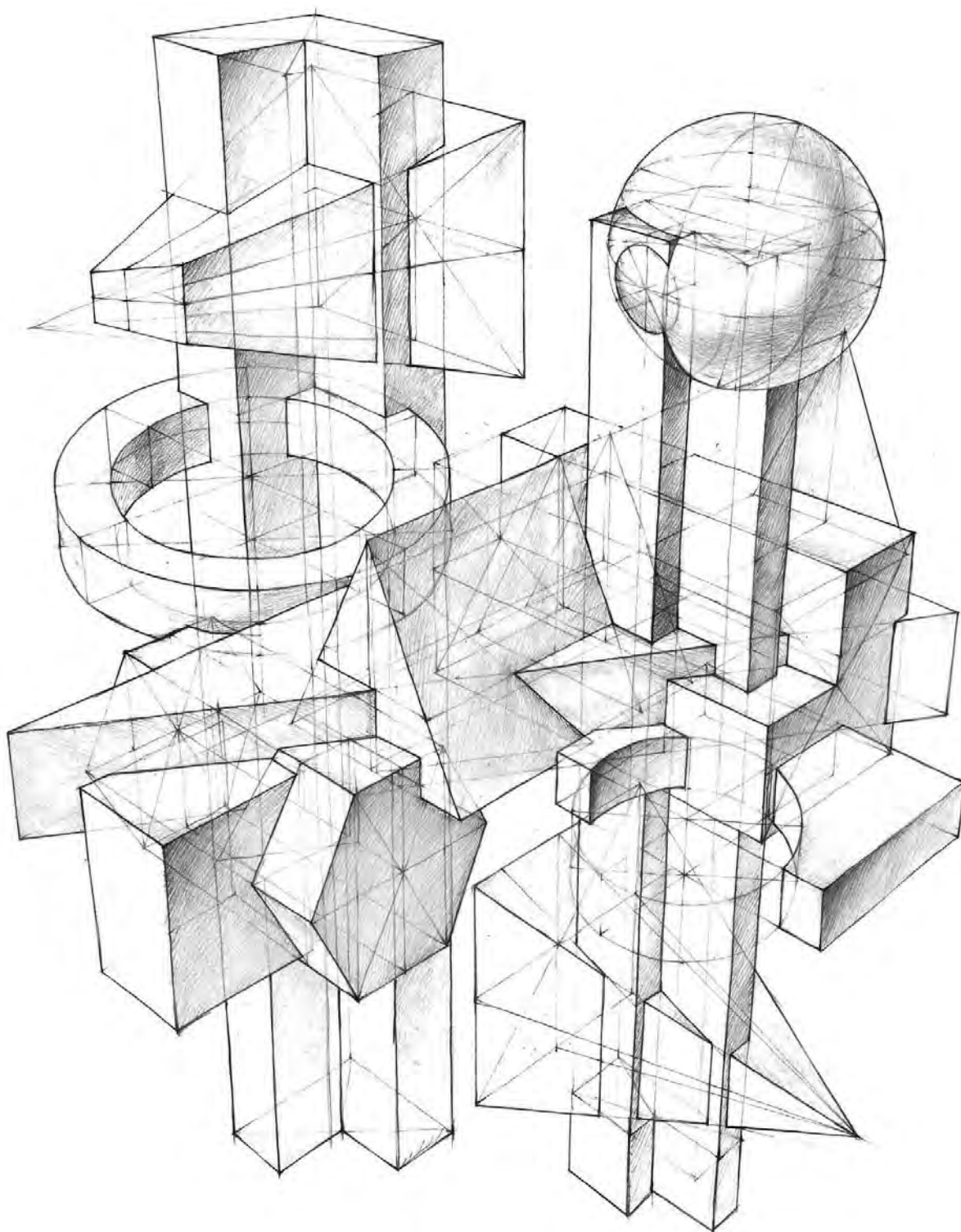


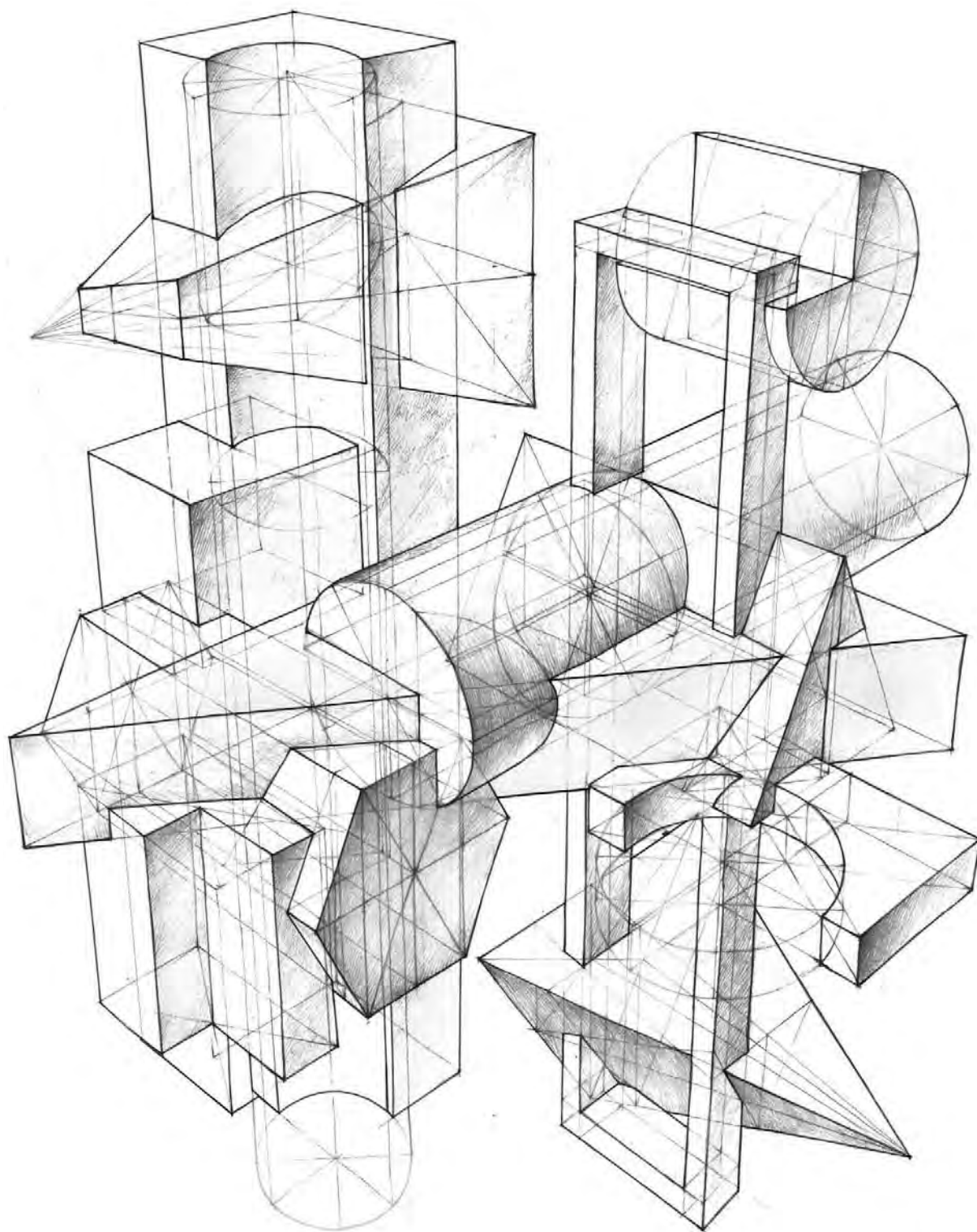


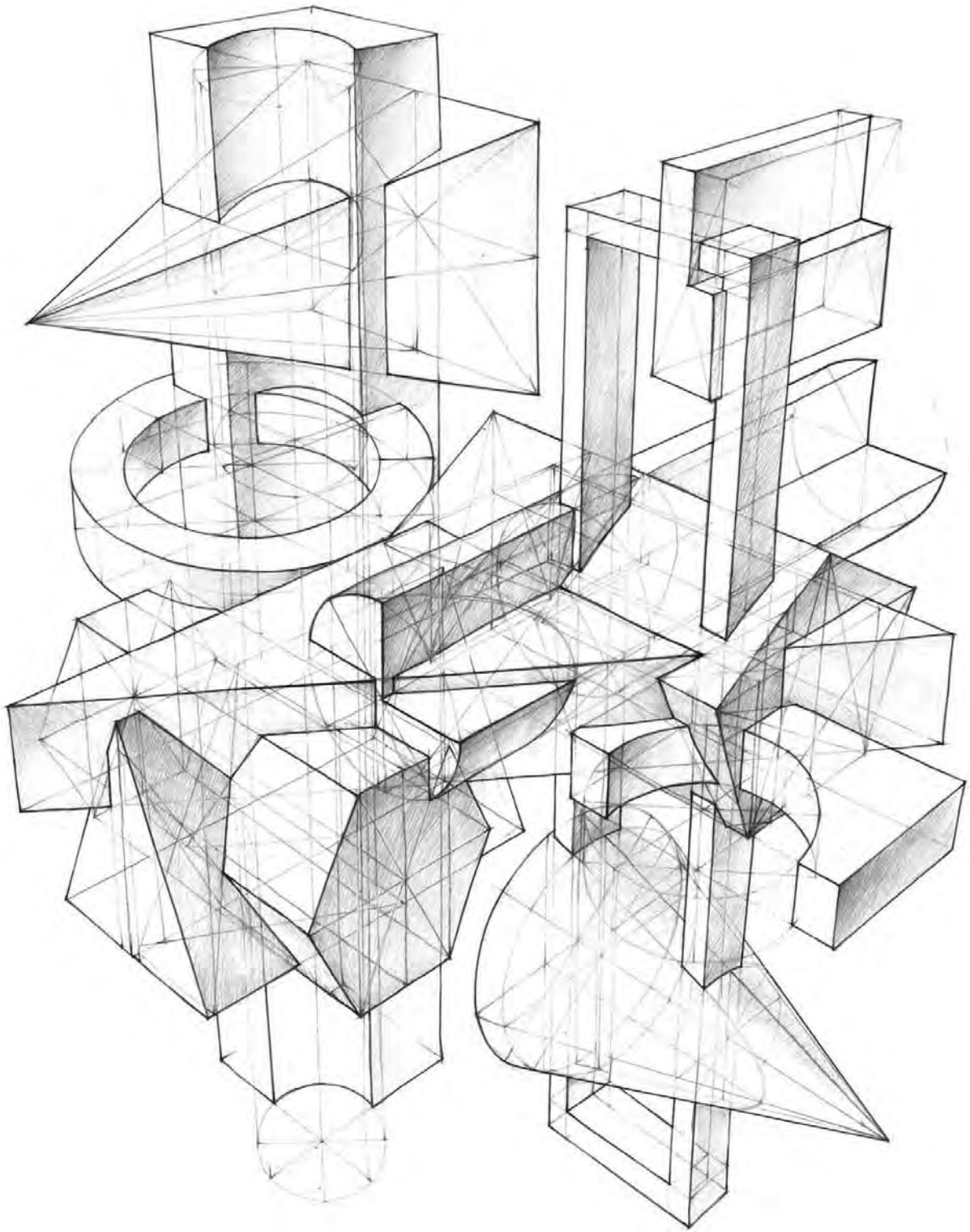


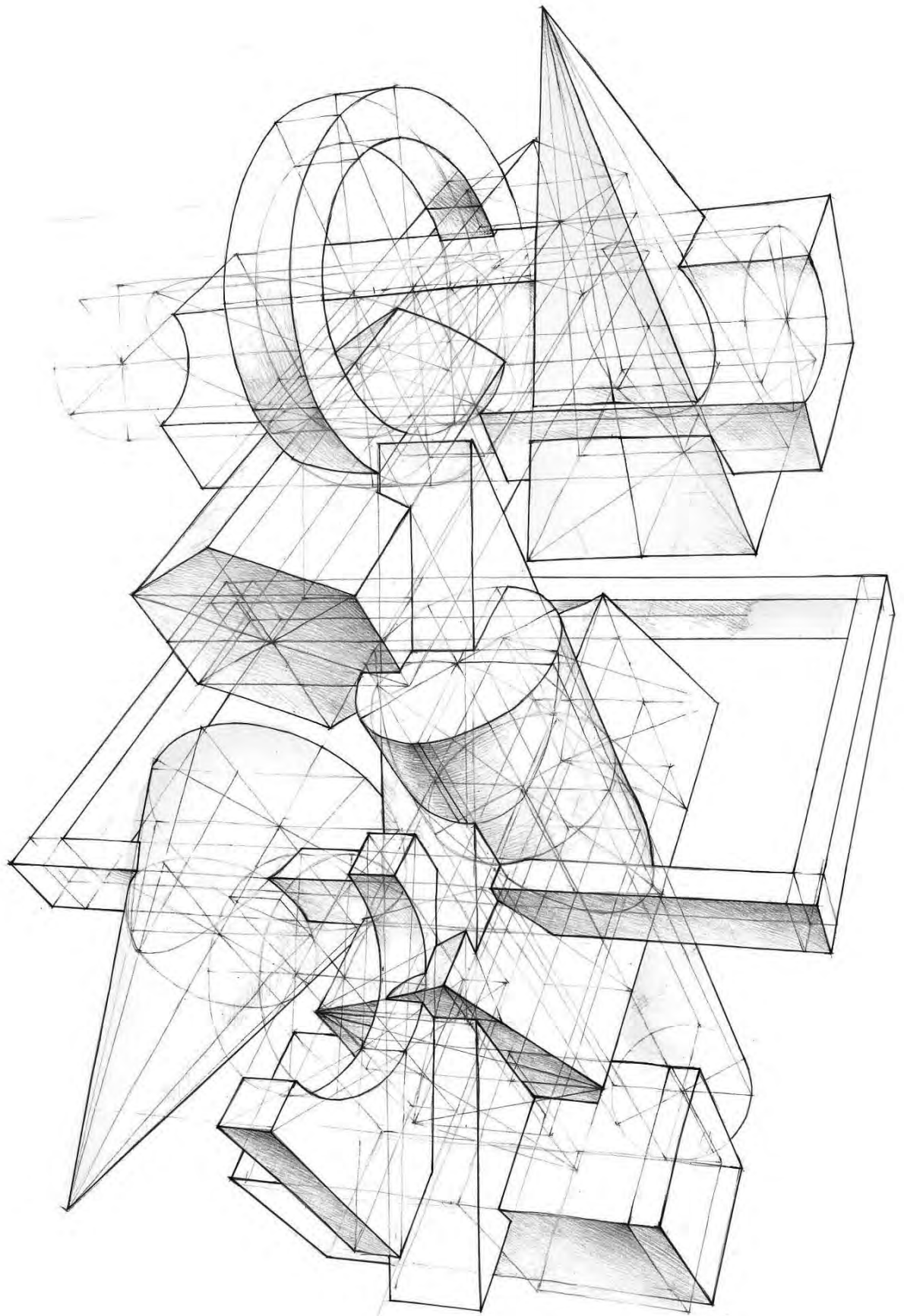


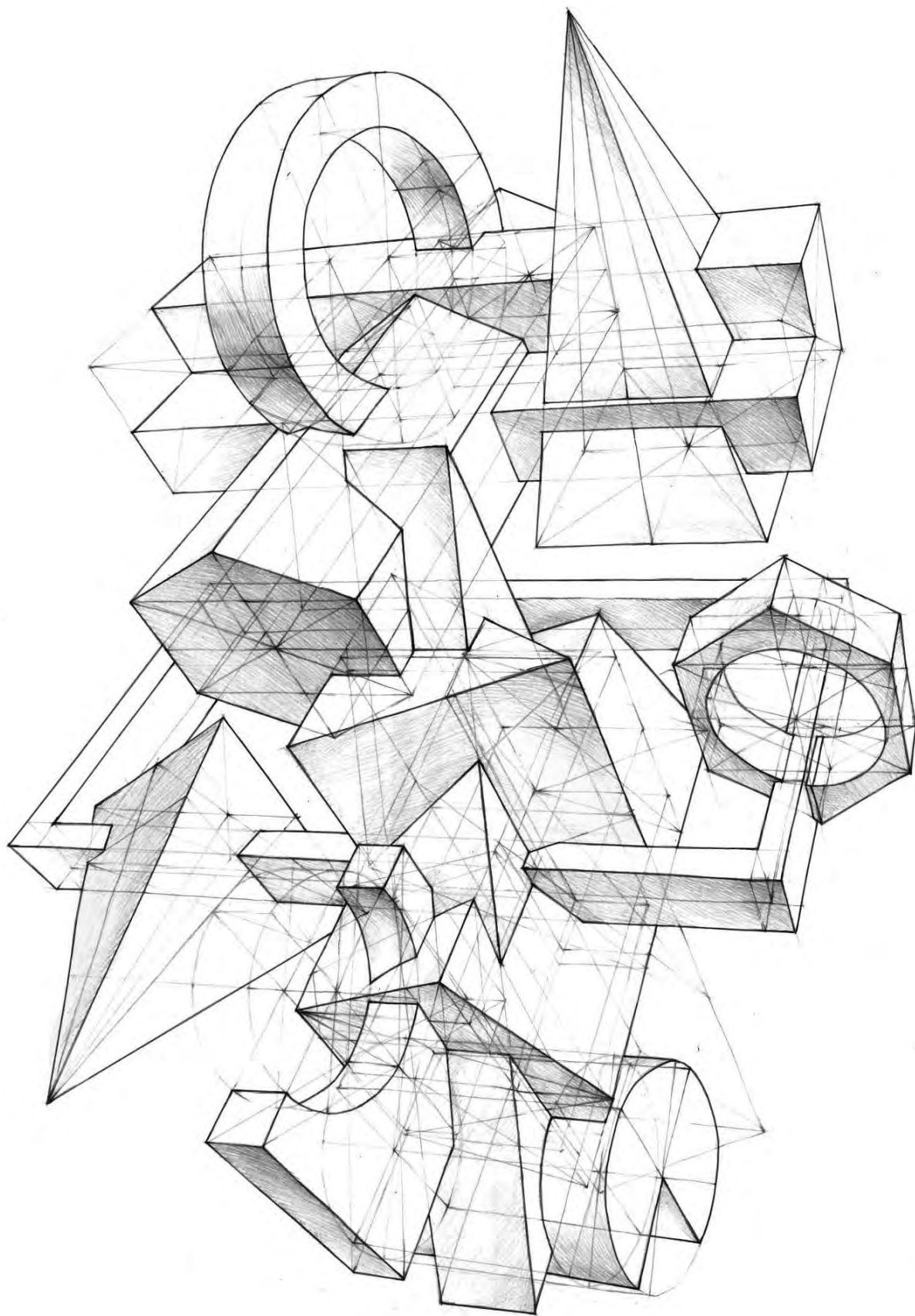
Пример экзаменационной работы с различными вариантами геометрических тел и положением в пространстве. Вариант 2.

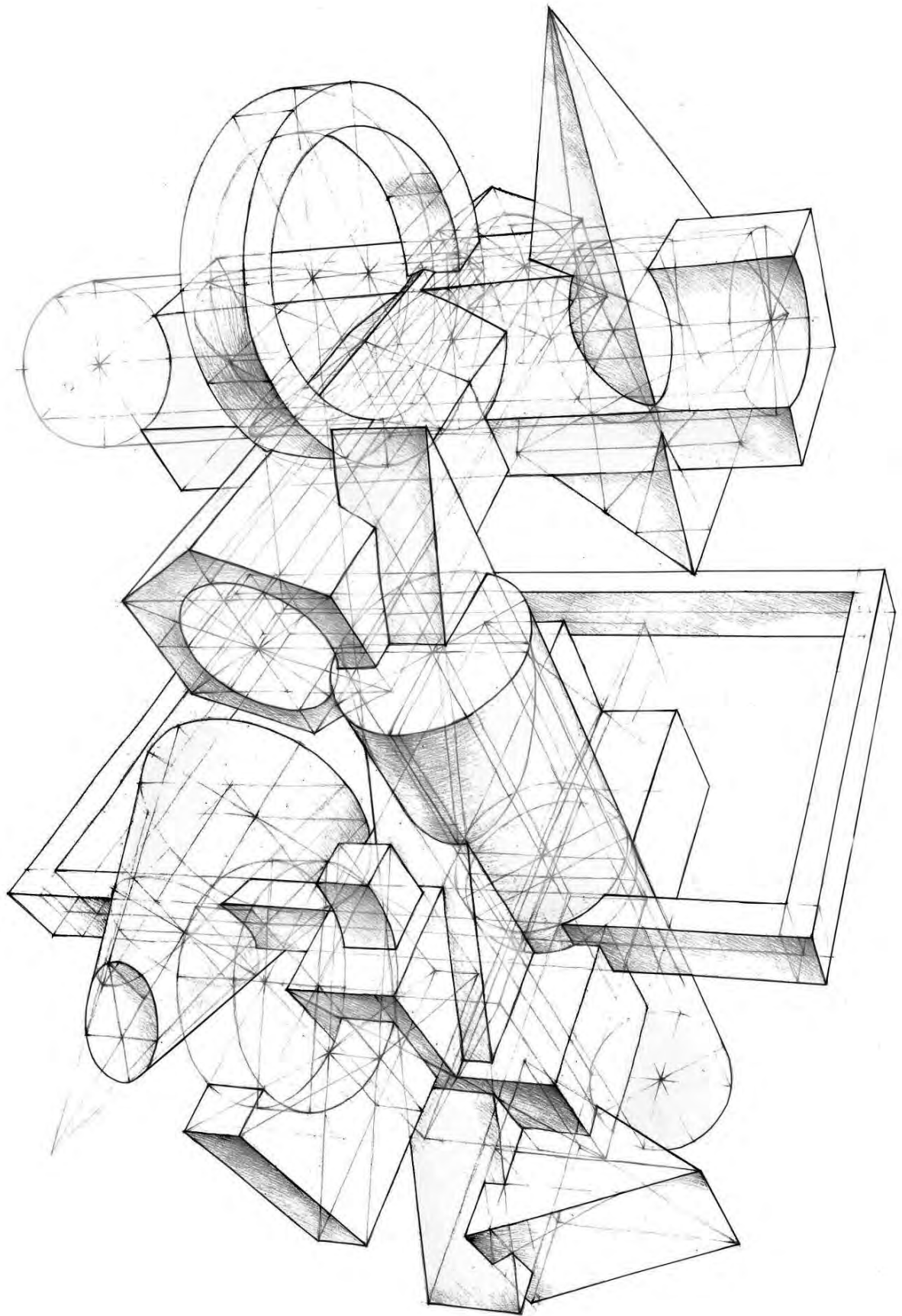


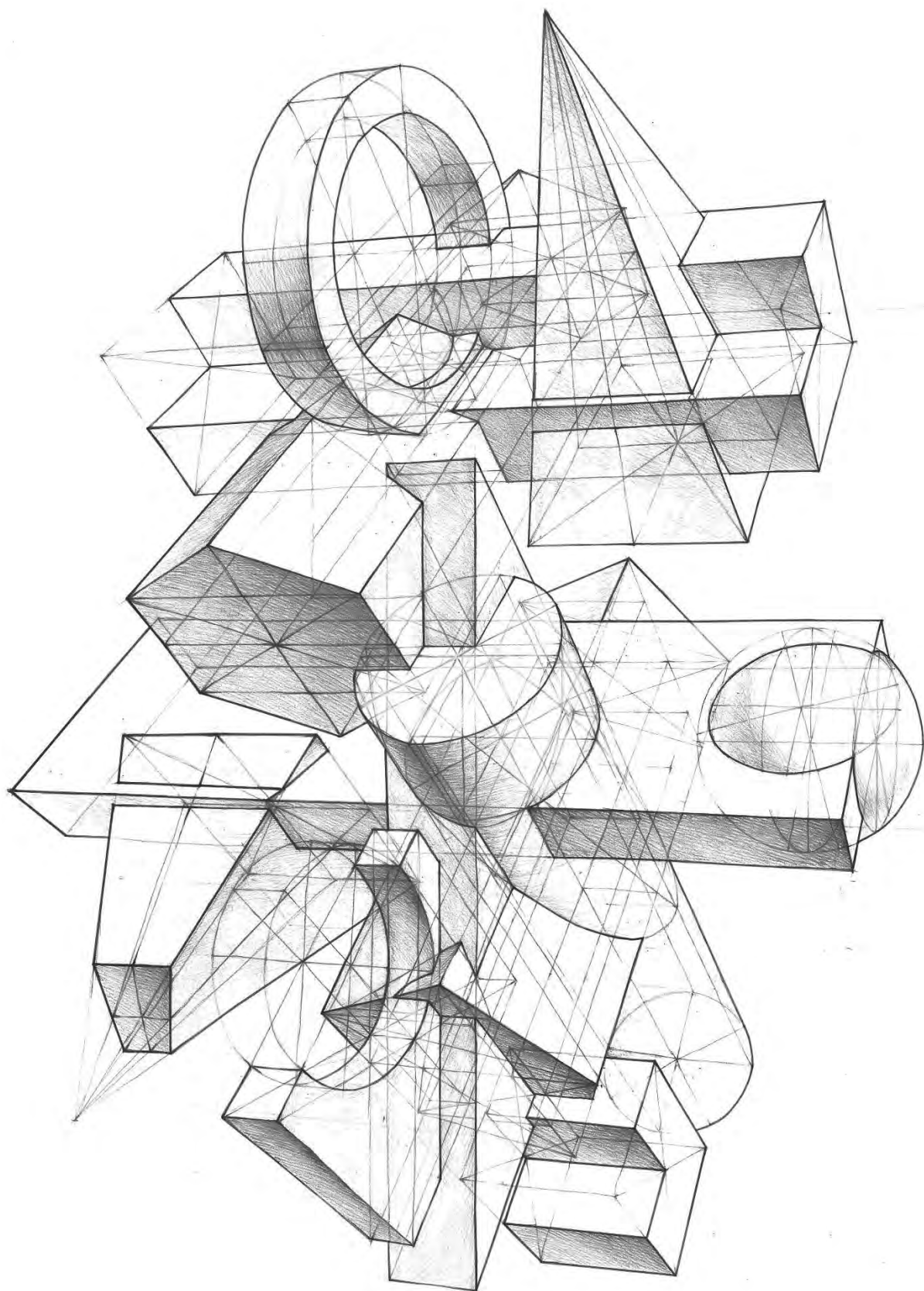


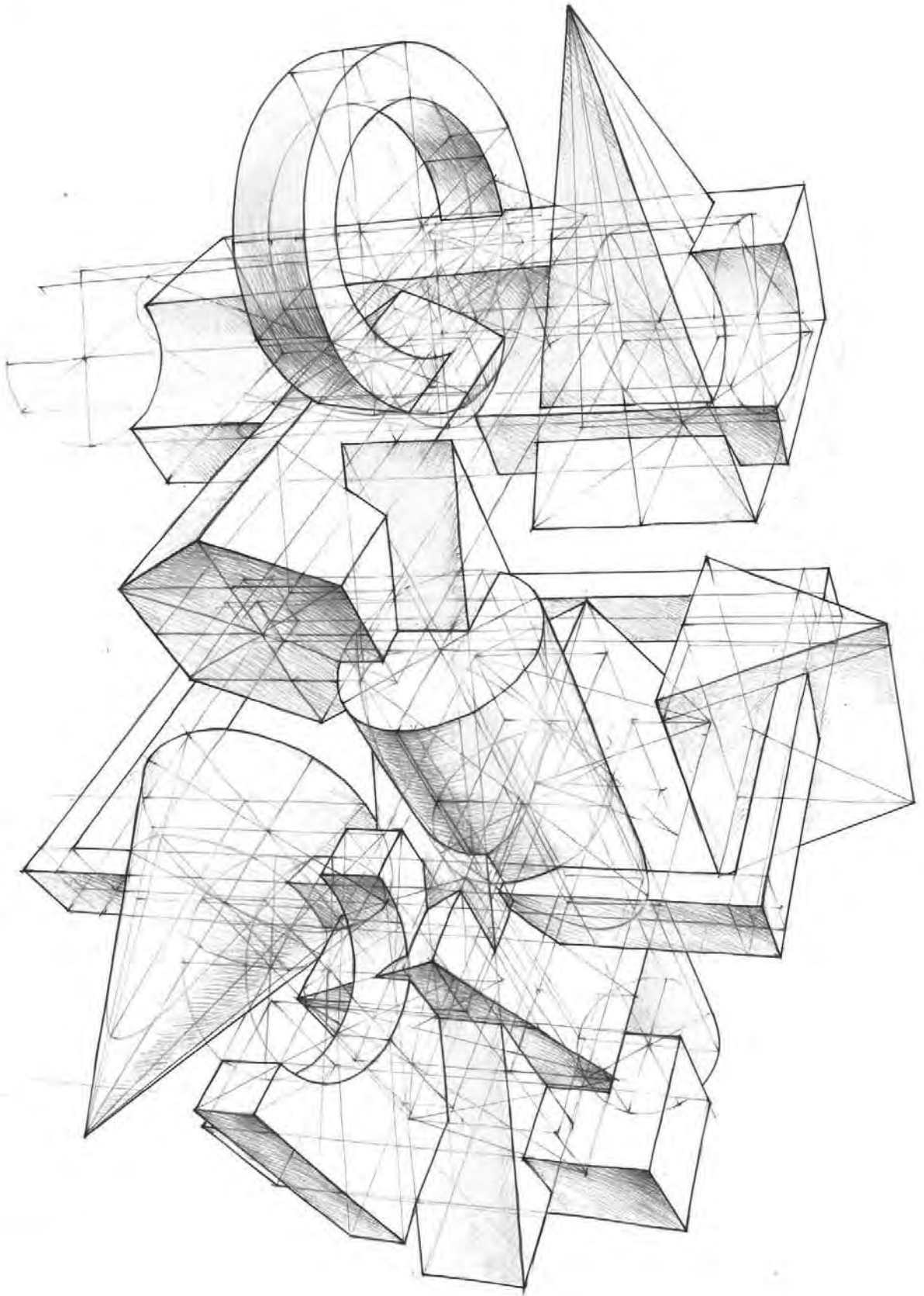












Учебное издание

ОЖЕШКОВСКАЯ Ирина Николаевна

ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОМПОЗИЦИЯ ИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Учебно-методическое пособие
для поступающих на специальности 7-07-0731-01 «Архитектура»,
7-07-0731-02 «Архитектурный дизайн»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн транспортных средств»,
6-05-0714-08 «Промышленный дизайн. Дизайн производственного оборудования»

В 3 частях

Часть 3

ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ

Редактор *А. С. Быховцова*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 07.08.2025. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 15,81. Уч.-изд. л. 11,46. Тираж 100. Заказ 798.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.