

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
“Брестский государственный технический университет”**

Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по начертательной геометрии к разделу

“Тени в ортогональных проекциях”

для студентов специальности 1- 69 01 01 «Архитектура»



Брест 2013

Методические указания разработаны в соответствии с учебной и рабочей программами курса начертательной геометрии и предназначены для самостоятельной работы студентов при подготовке к практическим занятиям, экзаменам и при выполнении индивидуальных графических работ.

Составители: Винник Н.С. – зав. кафедрой НГ и ИГ
Яромич Н.Н. – ст. преподаватель

Под редакцией ст. преподавателя Яромич Н.Н.

Рецензент: Басов В.С. – доцент, к.т.н, директор УО « Брестский государственный политехнический колледж»

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	4
2. Принципы построения теней.....	5
3. Тени точек, линий и плоских фигур.....	6
4. Тени цилиндра, конуса, сферы.....	8
5. Некоторые закономерности образования границ теней.....	12
6. Способы построения теней.....	17
7. Методические рекомендации по выполнению индивидуальных графических заданий.....	26
7.1. Задание "Тени здания".....	26
7.2. Задание "Точка, прямая, плоскость".....	29
7.3. Задание "Тень от плоскости на поверхность".....	33
7.4. Задание "Тени поверхностей вращения".....	35
8. Приложения.....	39
8.1. Приложение 1.....	39
8.2. Приложение 2.....	43
8.3. Приложение 3.....	48
8.4. Приложение 4	51
Литература	54

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В архитектурном проектировании для придания наглядности линейным изображениям, их дополняют построением теней, которые получились бы в натуре при освещении предмета. Освещение может быть солнечными лучами параллельными друг другу (солнечные тени) или лучами, исходящими из одной светящейся точки (факельные тени).

В архитектурном проектировании принимается освещение параллельными лучами, направленными по диагонали куба АВ, грани которого параллельны плоскостям проекций (рис. 1, а). Тогда проекции лучей будут располагаться под углом 45° к осям проекций x, y, z (рис. 1, б).

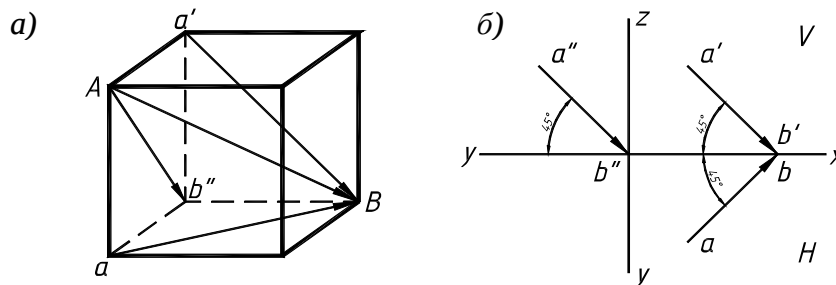


Рис. 1

Для построения теней иногда приходится проводить линии под истинным углом наклона лучей к плоскости проекций, т.е. под углом 35° , который строится следующим образом: строится квадрат АВСЕ (рис. 2), а затем диагональ АС откладывается на продолжении стороны АЕ, полученная точка D соединяется с точкой В. Полученный угол ADB и будет равен углу наклона диагонали куба.

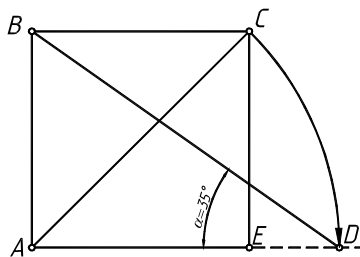


Рис. 2

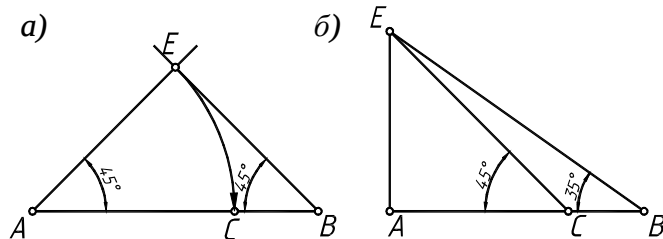


Рис. 3

В процессе построения теней часто приходится делить отрезок в отношении, равном отношению величины стороны к диагонали квадрата, т.е. равном 0.707 (округляя 0.7). Это отношение может быть построено так:

1-й прием (рис. 3, а) - из концов данного отрезка АВ проводятся линии под углом 45° до взаимного пересечения. Полученный отрезок АЕ откладываем на АВ (точка С). $AC = 0.7 AB$;

2-й прием (рис. 3, б) - из точки В отрезка АВ проводится прямая под углом 35° до перпендикуляра АЕ. Из точки Е проводится прямая под углом 45° , которая дает точку С.

Тени в ортогональных проекциях строятся преимущественно на чертежах фасадов и реже в других проекциях (плане, разрезе, генеральном плане застройки). Наглядность изображения достигается двумя операциями. Первая – построение *контуров (границ)* теней, что является задачей начертательной геометрии. Вторая – графическое выявление градаций *светотени* с учетом физических законов освещения и физиологии восприятия. Эта операция изучается в курсе «Основы архитектурного проектирования».

Тени делятся на *собственные* и *падающие* (рис. 4). Собственной тенью А называется неосвещенная часть поверхности. Падающей тенью В называется тень, которая падает на

другую поверхность или на часть самой поверхности. Линия, отделяющая неосвещенную часть поверхности от освещенной называется соответственно *контуром собственной тени* *C* и *контуром падающей тени* *D*.

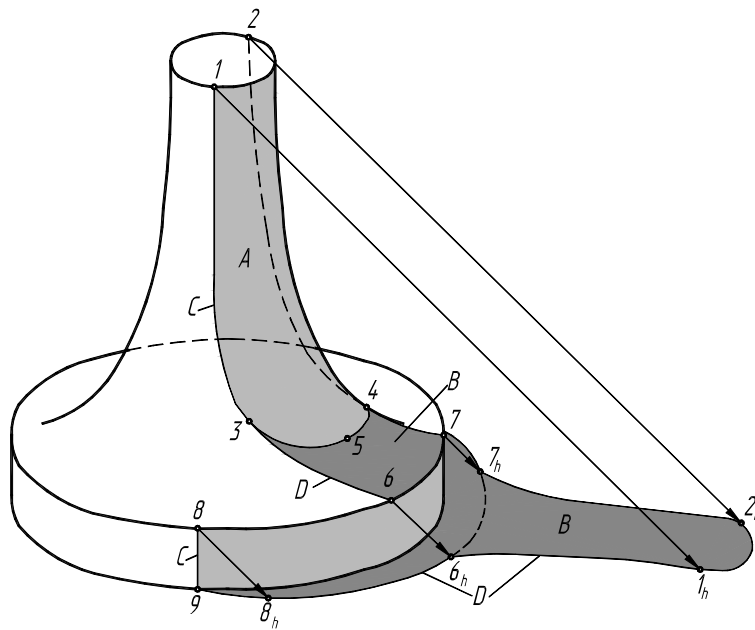


Рис. 4

Обертывающая данное тело поверхность с образующими, параллельными направлению лучей, называется *лучевой поверхностью* (или плоскостью). При освещении параллельными лучами образуется цилиндрическая поверхность, а при освещении из одной точки – коническая поверхность.

2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕНЕЙ

Построение контуров собственных теней – это задача по определению *линии касания* лучевой обертывающей поверхности P_1P_2 данного тела *A* (рис. 5).

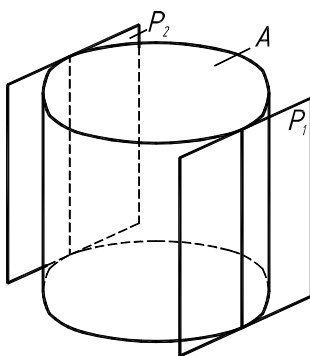


Рис. 5

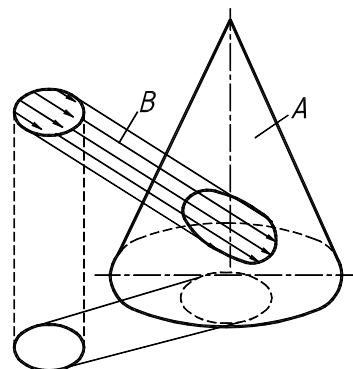


Рис. 6

Построение падающих теней – это определение *линии пересечения* двух поверхностей, из которых одна *A* данная, а другая *B* лучевая (рис. 6). Поэтому до изучения данного раздела необходимо иметь уверенные знания по проведению касательных поверхностей (плоскостей) и определению точек пересечения прямой (луча) с плоскостью и поверхностью.

Для построения контуров теней необходимо иметь обязательно две проекции и такие, которые исчерпывающе определяли бы данный объект.

При сложном объекте приходится использовать еще дополнительные проекции – планы в разных уровнях и разрезы дополнительными плоскостями. В некоторых случаях для построения теней вместо боковой проекции *A* (рис. 7) можно использовать имеющийся про-

фильм B (обратный), на котором намечается вынос карниза y , а проекции лучей проводятся «зеркально» (справа налево).

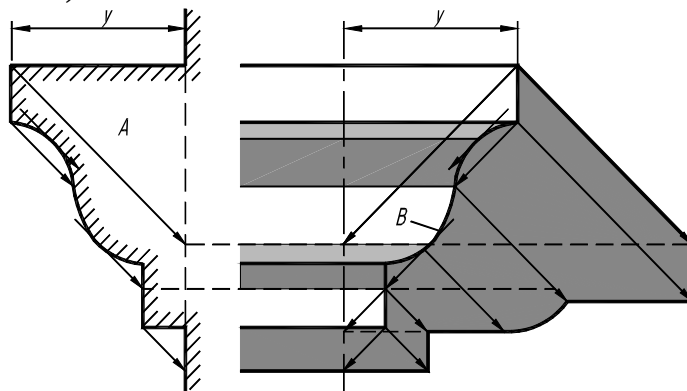


Рис. 7

3. ТЕНИ ТОЧЕК, ЛИНИЙ И ПЛОСКИХ ФИГУР

Тень от точки падает на ту плоскость проекций, расстояние до которой меньше (рис. 8). Тень от плоской фигуры на плоскости, ей параллельной, повторяет форму этой фигуры (рис. 9). Когда контур тени от фигуры располагается на двух плоскостях проекций, то он имеет точки перелома a_x e_x b_x на оси проекций (рис. 10). Тень 5_h , построенная на продолжении горизонтальной плоскости проекций, называется *фиктивной тенью*. Тени 5_h и 5_v от одной точки на разных плоскостях проекций (действительная и фиктивная) лежат на одной горизонтали. Часть тени, перекрываемая проекцией предмета, показывается как невидимая.

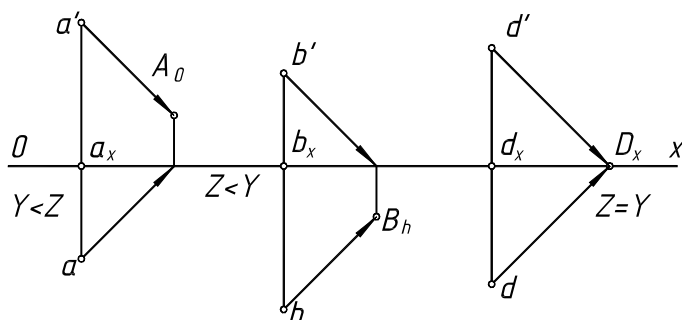


Рис. 8

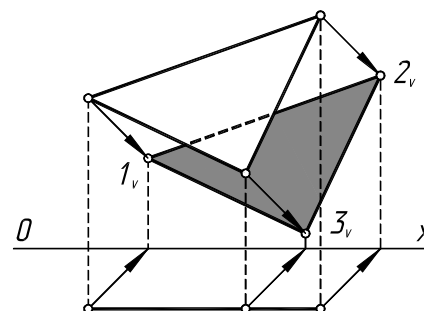


Рис. 9

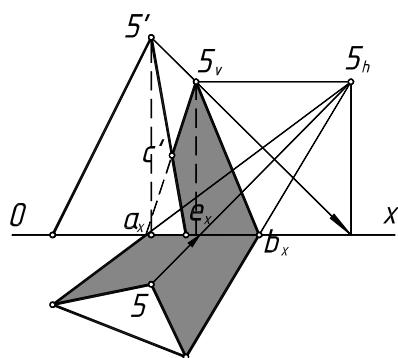


Рис. 10

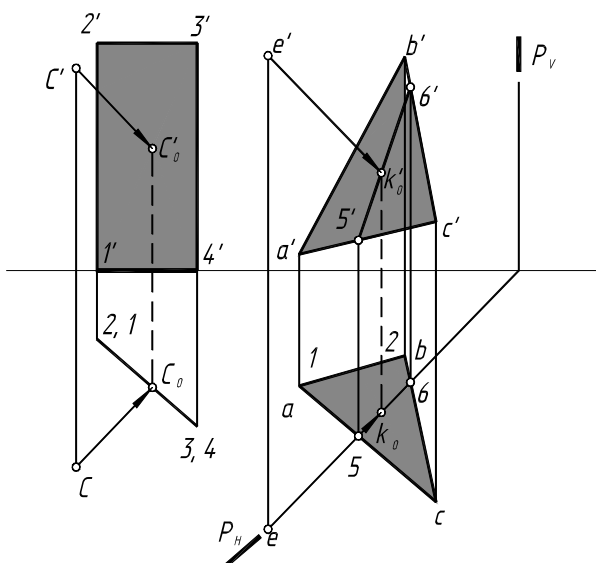


Рис. 11

Построение падающей тени от точки на любую плоскость представляет собой позиционную задачу построения точки пересечения прямой с плоскостью (рис. 11). Тень от прямой строится по двум ее точкам.

Тень от горизонтальной окружности на фронтальную плоскость (рис. 12). Тень от окружности удобно строить по восьми точкам аналогично построению эллипса, вписанного

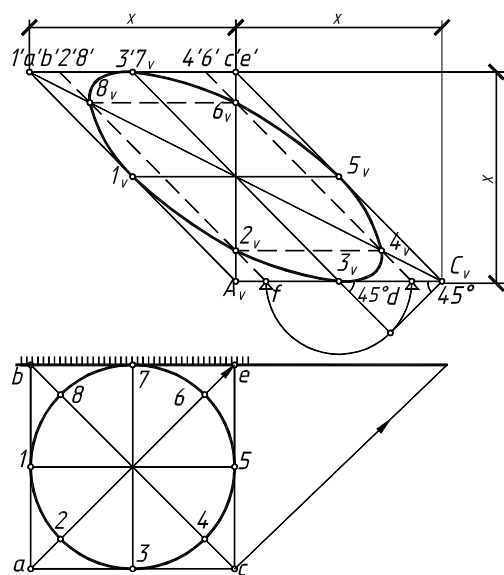


Рис. 12

в контур тени квадрата.

В числе этих точек четыре точки $1_v, 7_v, 5_v, 3_v$ касания к линиям тени от сторон квадрата и четыре точки пересечения с линиями теней от диагоналей квадрата. Точка A_v располагается на одной вертикали с e' . Далее, половина стороны квадрата $3_v C_v$ делится в отношении 0.7, проводятся прямые под углом 45° , которые, пересекаясь с диагоналями, дают точки $2_v, 4_v, 6_v, 8_v$.

Падающая тень окружности образует эллипс. При освещении из одной точки падающая тень окружности может получиться в виде параболы или гиперболы.

Тень от окружности общего положения (рис. 13). Могут быть известны только проекции двух сопряженных диаметров AB и ED . Строятся в стороне тени от отрезков, параллельных этим диаметрам, и через точку C_v (тень от центра) проводятся прямые $A_v B_v$ и $E_v D_v$, параллельные построенным в стороне $c'd'$ и $c'b_v$, на которых находятся тени от концов сопряженных диаметров, и строится параллелограмм. Контур падающей тени – эллипс, вписанный в параллелограмм.

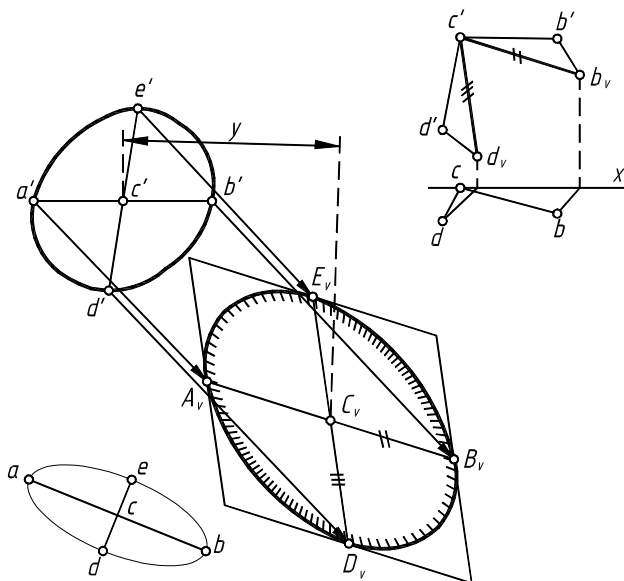


Рис. 13

Построение падающей тени горизонтальной окружности на фронтальную плоскость – наиболее распространенный случай и как самостоятельная задача, и как вспомогательная при построении падающих теней на круглые и цилиндрические детали. Поэтому даются рациональный прием построение тени и ее графическое выполнение.

Тень горизонтальной полуокружности на фронтальную плоскость. Построения можно выполнить без использования плана (рис. 14). Двумя засечками под углом 45° из концов радиуса полуокружности находятся точки $1'$ и $3'$. Точка $1'$ отбрасывает тень на вертикальную ось – 1_v ; тень точки $3'$ находится на одной горизонтали с 1_v на расстоянии $2x$ от вертикальной оси; точка $2'$ отбрасывает тень на вертикаль, проведенную через точку b' .

Контур тени – полуэллипс, у которого $a'b'$ и $2'2_v$ – сопряженные диаметры. Построения выполнены без плана, который приведен для пояснения.

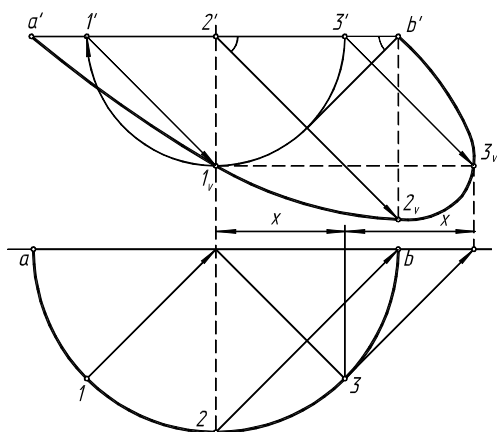


Рис. 14

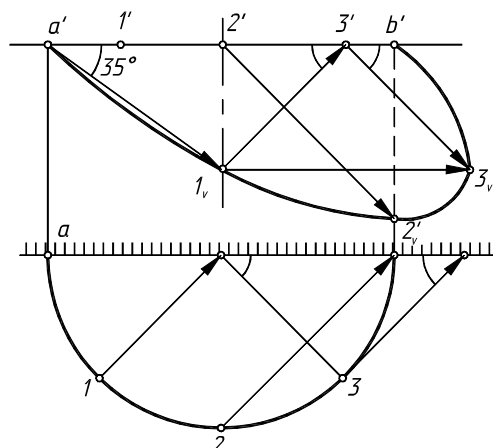


Рис. 15

На рис. 15 приведен другой способ. Из точки a' проводят прямую под углом 35° до оси окружности и находят точку 1_v как тень от точки $1'$. Точка 3_v найдена с помощью двух линий, идущих под углом 45° к горизонтали из точек 1_v и $3'$. План приведен только для пояснения.

4. ТЕНИ ЦИЛИНДРА, КОНУСА, СФЕРЫ

Тень цилиндра. Две плоскости P и Q , касательные к цилиндру (рис. 16, а), дают собственные и падающие тени. Тень от верхнего основания строится по точкам 1 2 3 4 5. Падающая тень от цилиндра на стену по ширине равна 1,4 диаметра цилиндра. Это следует из того, что диаметр проецируется на плоскость лучами, направленными под углом 45° , и тем самым ширина тени будет равна диагонали квадрата со стороной, равной диаметру. В точках 1_v и 5_v – прямые, касательные к кривой. Тень от полуцилиндра на стенку строится по размеру x (рис 16, б).

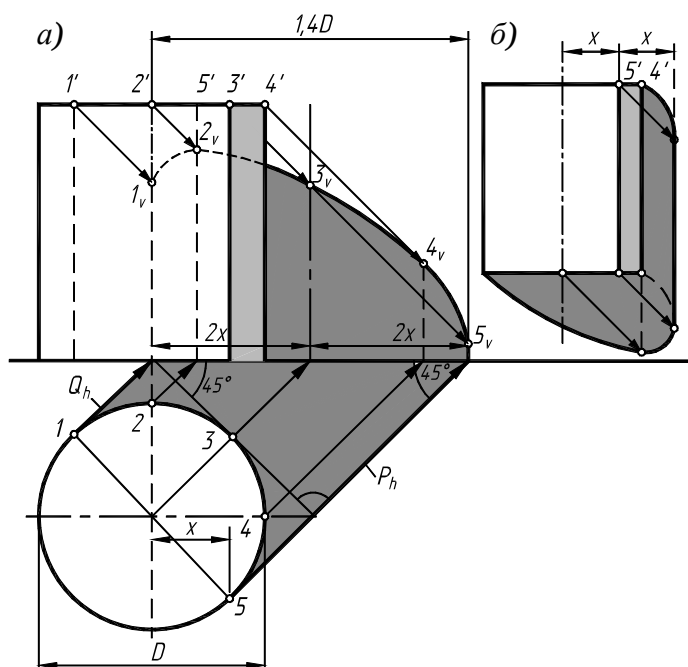


Рис. 16

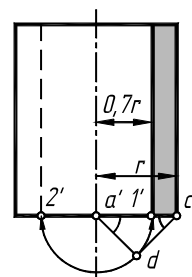


Рис. 17

На рис. 17 показан рациональный прием построения собственной тени кругового цилиндра на фронтальной проекции. Через концы радиуса основания (a' и c') проводятся ли-

нии под углом 45° до взаимного пересечения в точке d . Величина отрезка $a'd$ переносится на основание цилиндра. Точки $1'$ и $2'$ определяют положение образующих – границы собственной тени (видимой и невидимой).

Тень конуса. Поверхность конуса – это единственная поверхность, для построения контура собственной тени которой надо сначала построить падающую тень на плоскость его основания.

1. Через вершину S (рис. 18, *a* и 18, *б*) проводится луч SS_h (обратный SS_0 – для обратного конуса).

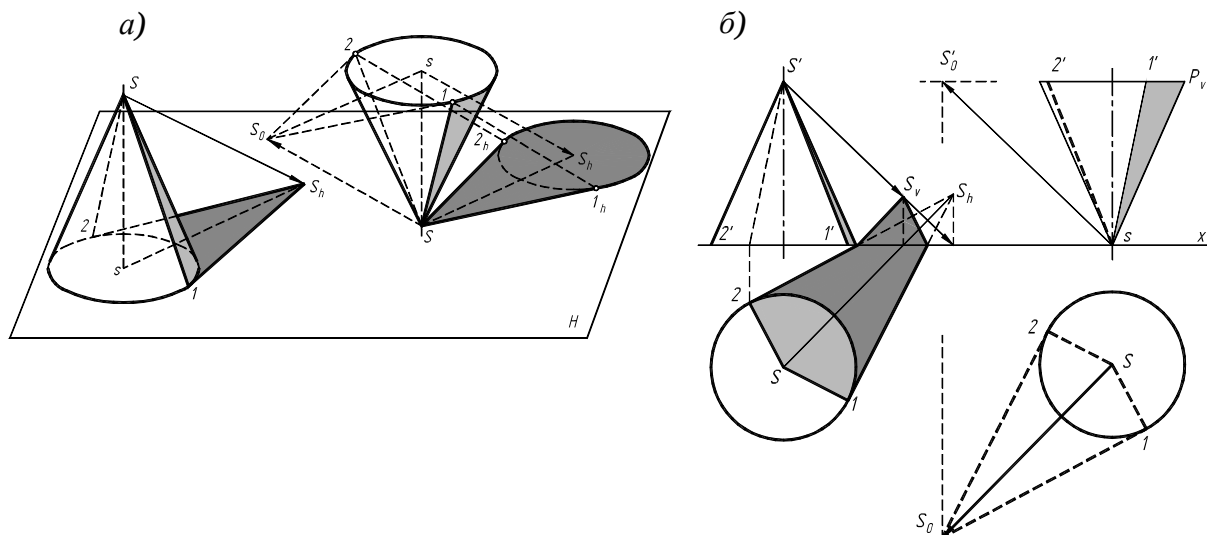


Рис. 18

2. Находится точка его пересечения с плоскостью основания конуса S_h (S_0).

3. Из полученной точки S_h (или S_0) проводятся касательные S_h1 , S_h2 (S_01 , S_02) к основанию конуса. Эти точки касания 1 и 2 определяют образующие конуса $S1$, $S2$ – границу собственной тени.

У прямого конуса в тени будет меньше половины поверхности, у обратного – больше половины.

Если образующая конуса имеет наклон в 45° или 35° , то построение собственной тени упрощается. Такие конусы используются при построении теней поверхностей вращения.

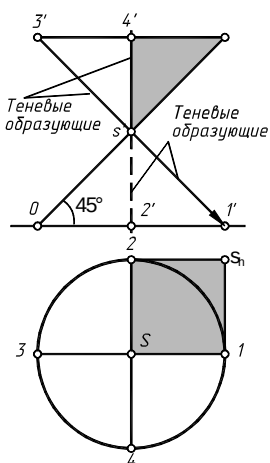


Рис. 19

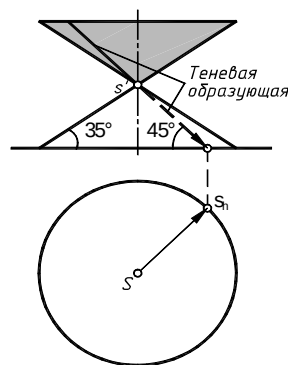


Рис. 20

Собственная тень конуса с наклоном образующей в 45° (рис. 19) занимает: на прямом конусе – четверть поверхности, а на обратном – три четверти поверхности. Теневые образующие у прямого конуса – правая очерковая и профильная невидимая; а у обратного конуса – левая очерковая и профильная видимая.

Конус с наклоном образующей в 35° (рис. 20) имеет одну образующую в скользящем освещении, совпадающую с лучом на фасаде (она располагается под углом 45°). Прямой круговой конус весь освещен, обратный – весь в тени.

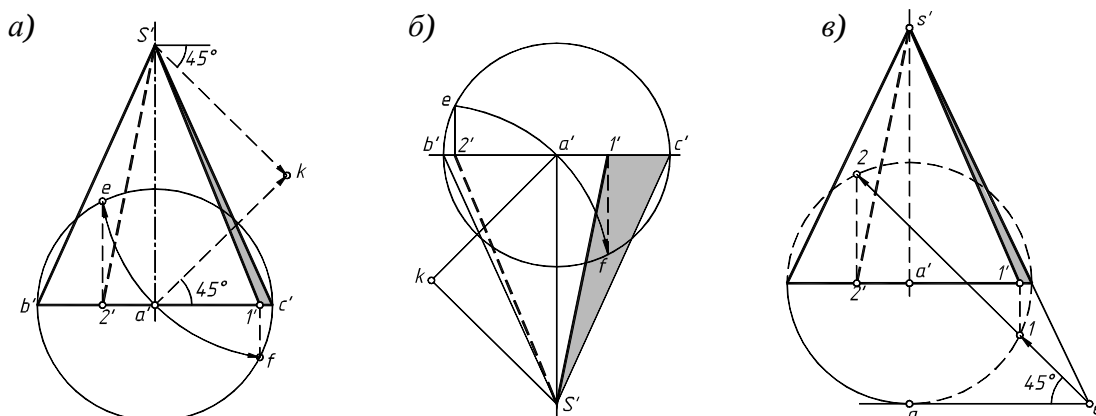


Рис. 21

На рис. 21, а показан рациональный прием построения собственной тени кругового конуса на фронтальной проекции. На основании конуса $b'c'$, как на диаметре, строится окружность (совмещенный план). Из вершины s' и из центра основания a' проводятся прямые под углом 45° до взаимного пересечения в точке k . Величиной ka' как радиусом делаются засечки f и e на окружности основания. Эти точки проектируются перпендикулярно основанию конуса в точки $1'$ и $2'$, которые и определяют образующие – границы собственной тени конуса.

При обратном конусе (рис 21, б) прямые для получения точки k проводятся в обратном направлении, тем самым все построения, как и сам конус, являются как бы «перевернутыми» на 180° .

На рис 21, в показан второй способ построения тени конуса. Правая очерковая образующая конуса продолжается до пересечения с горизонталью ae , касательной к совмещенному плану основания конуса. Из полученной точки пересечения e проводится обратный луч $e1$, который в пересечении с окружностью основания конуса дает точки 1 и 2 собственной тени на совмещенном плане. Эти точки переносятся линиями связи на фасад ($1'$ и $2'$). Этот способ удобен тем, что дает минимальное количество построений, а также, когда вершина конуса не размещается на чертеже.

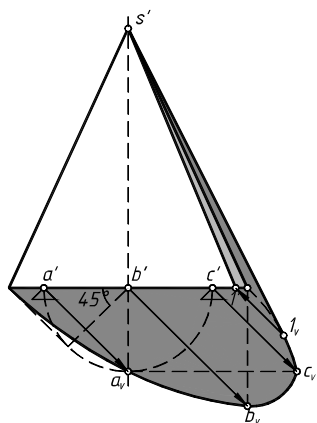


Рис. 22

Если надо построить падающую тень от конуса на стену, то ее можно использовать и для нахождения собственной (рис. 22). Строится контур падающей тени от основания конуса на стену $a_v b_v c_v$, и к нему из точки s' проводится касательная $s'1_v$. Обратным лучом из точки 1_v находится на основании конуса точка $1'$.

Тень сферы. Световые лучи, касающиеся поверхности сферы, образуют обертывающую цилиндрическую лучевую поверхность. Она касается сферы по большой окружности – контуру собственной тени сферы. Проекциями контура собственной тени являются эллипсы. Большая ось эллипса равна диаметру сферы, а малая ось $\approx 0,6D$ (рис. 23, а). Чтобы определить этот параметр, можно применить замену плоскости проекции H и построить новую проекцию сферы и ее собственную тень на плоскости проекций, параллельной лучам света. В этом случае при истинном наклоне луча ($\approx 35^\circ$) новая проекция контура собственной тени будет пер-

пендикулярна проекциям лучей (графическое построение угла в 35° показано на дополнительной проекции).

Построение падающей тени сферы на фронтальную плоскость проекций понятно из чертежа.

Собственная тень сферы может быть построена на фасаде без второй проекции по восьми точкам (рис. 23, б). Точки $3'$, $4'$, $5'$ и $6'$ определяются с помощью горизонтальных и вертикальных прямых, проведенных из точек $1'$ и $2'$ до пересечения с горизонтальным и вертикальным диаметрами. Точки $7'$ и $8'$ находят построением равностороннего треугольника и проведением прямых под углом 30° из точки $2'$ к диаметру

Падающая тень полусферы (рис. 23, в) представляет собой полуэллипс, большая полуось которого равна $1,7$ радиуса. Она определяется засечкой из точки $1'$ отрезком, равным диаметру.

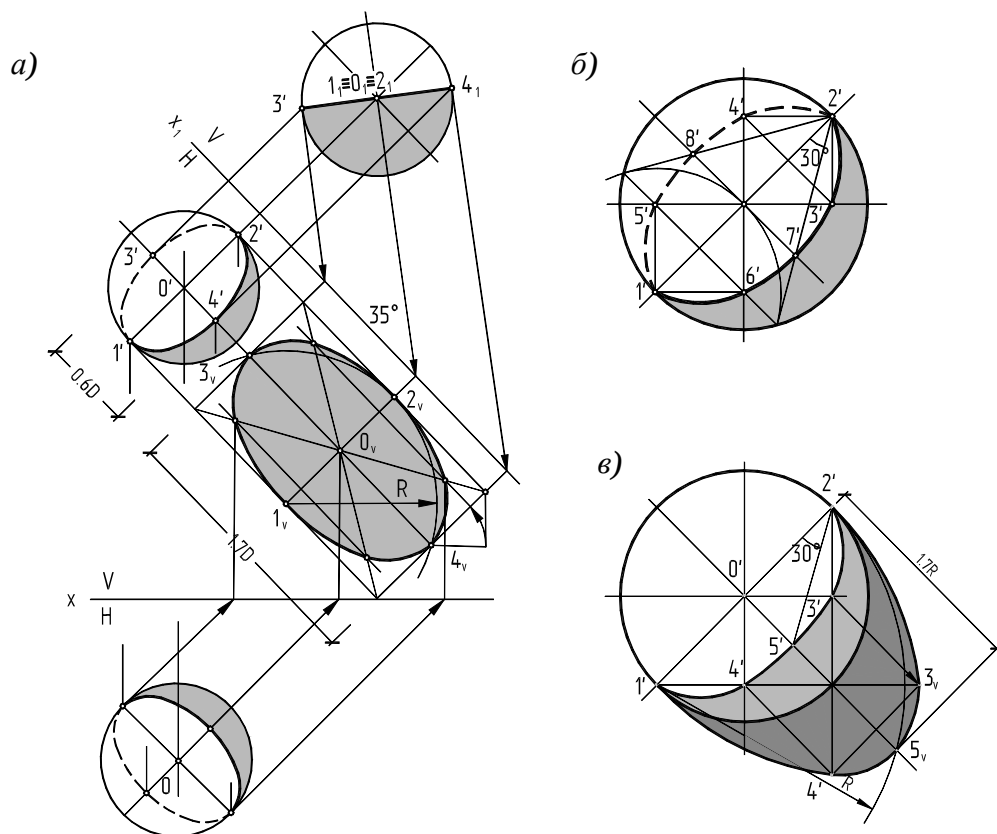


Рис. 23

На основании рассмотренных примеров можно сделать вывод, что построение теней объектов, имеющих простую геометрическую форму и находящихся в частном положении, можно выполнить по одной (преимущественно фасадной) проекции и дополнительным пояснениям, как бы заменяющим вторую проекцию (см. рис. 24).

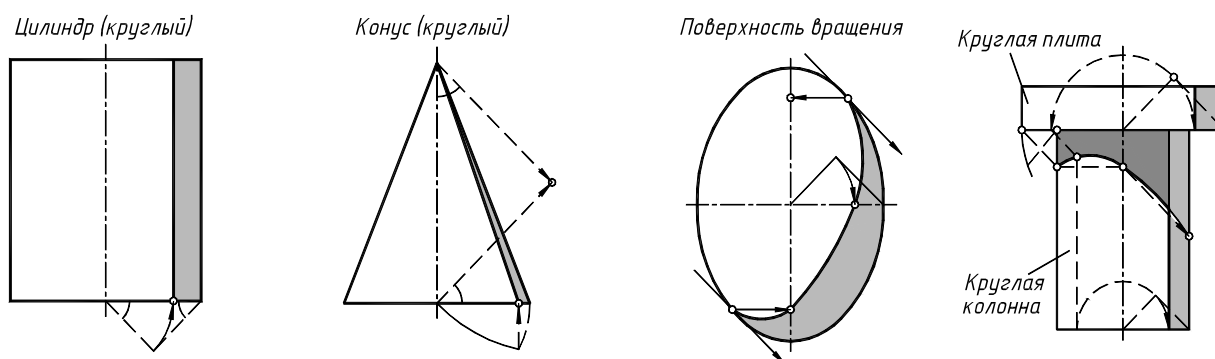


Рис. 24

5. НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГРАНИЦ ТЕНЕЙ

При освещении параллельными лучами, расположенными в пространстве по направлению диагонали куба, наблюдаются определенные закономерности между элементами фигуры и ее тенью.

1. Тень от отрезка на плоскость, ему перпендикулярную, располагается по проекции луча, т.е. под углом 45° (рис. 25, а) к оси проекции.
2. Тень от отрезка на плоскость, ему параллельную, располагается параллельно соответствующей проекции отрезка (рис. 25, б).
3. Тень от горизонтальной прямой, расположенной под углом 45° к фронтальной плоскости, на этой плоскости получается с уклоном 1:2 (рис. 25, в). Такие линии называют «биссекторными горизонталями».
4. Тень от любого отрезка, лежащего в лучевой вертикальной плоскости, совпадает со следом этой плоскости, следовательно, на фасаде будет расположена вертикально (рис. 25, г).

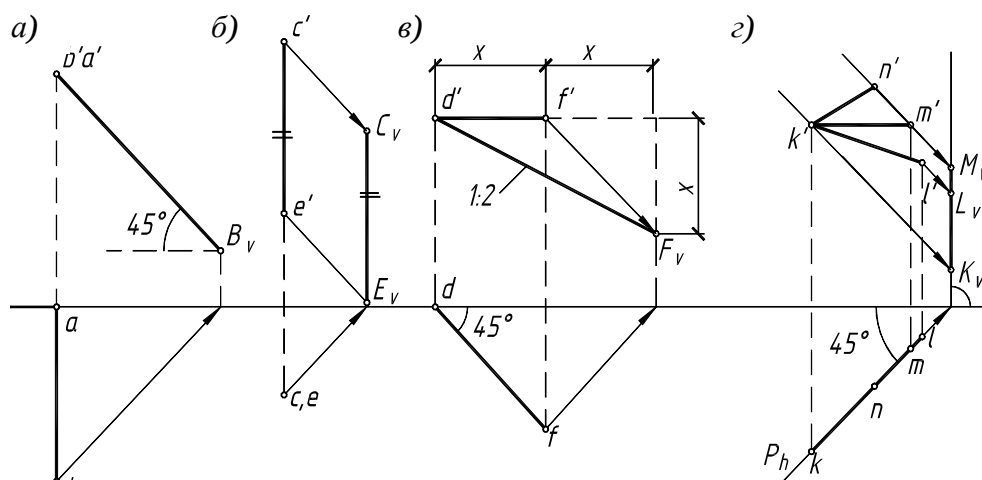


Рис. 25

5. Тень от плоской фигуры на плоскость, ей параллельную, изображается фигурой, равной и одинаково расположенной с исходной. Для ее построения достаточно определить тень одной точки и вычертить тень в виде того же контура (рис 26, а). Для построения тени окружности на плоскость, ей параллельную, определяют тень от центра и вычерчивают такую же окружность, которая и будет тенью (рис. 26, б).

6. Тень падающая на плоскость от плоской фигуры, лежащей в лучевой плоскости, вырождается в отрезок прямой (рис. 26, в).

7. Для построения теней обязательны две проекции объекта и такие, которые полностью его определяют (рис. 25, 26).

8. Падающая тень может образовываться один раз и располагаться только на освещенной части поверхности (рис. 27).

9. Граница падающей тени есть тень от границы собственной тени. К обеим границам должны быть касательны крайние лучи (рис. 27).

10. Три границы: граница собственной тени, граница падающей тени и граница (очерк) поверхности имеют общие касательные лучи (в проекции точки $1'$, 1_v и $2'$, 2_v , рис. 27).

11. Линия границы собственной тени при переходе с видимой части кривой поверхности на невидимую касается очерка поверхности (точки $1'$ и $2'$, рис. 27).

12. Максимальная ширина падающей тени на фронтальную плоскость от поверхности вращения равна 1,4 диаметра экватора поверхности (см. рис. 27).

13. Границей собственной тени поверхности второго порядка будет кривая того же порядка.

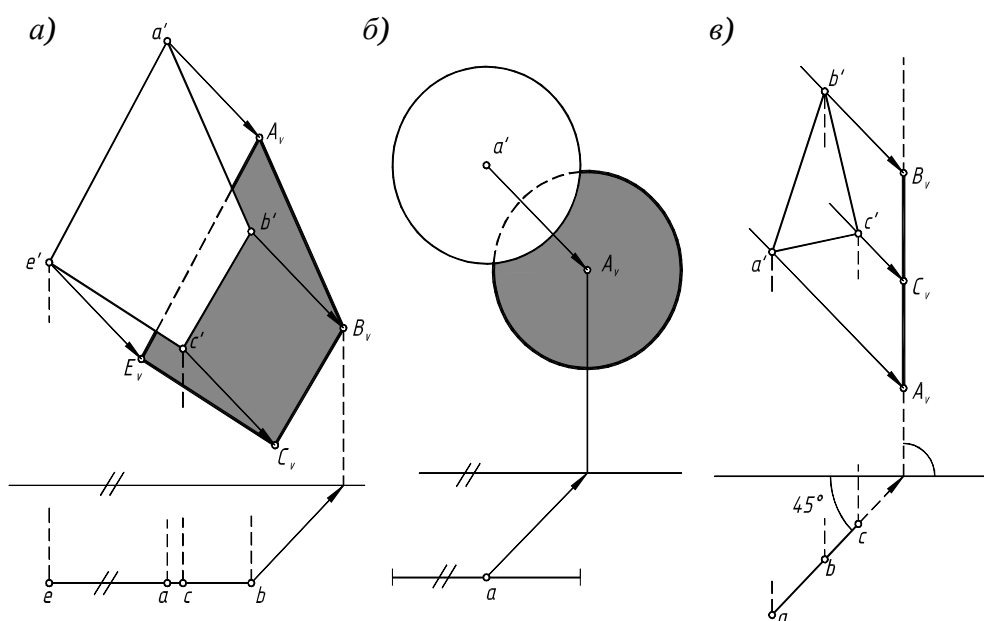


Рис. 26

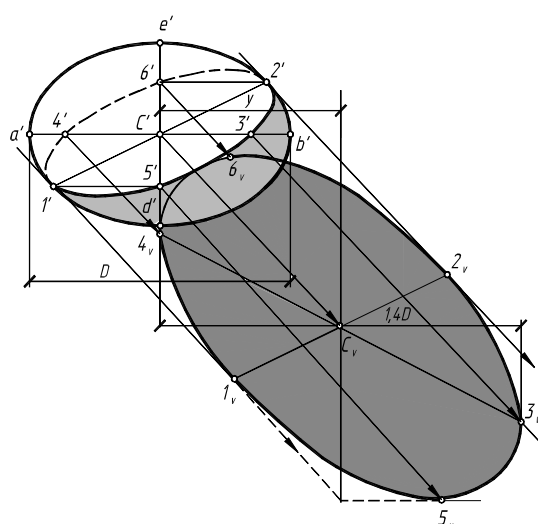


Рис. 27

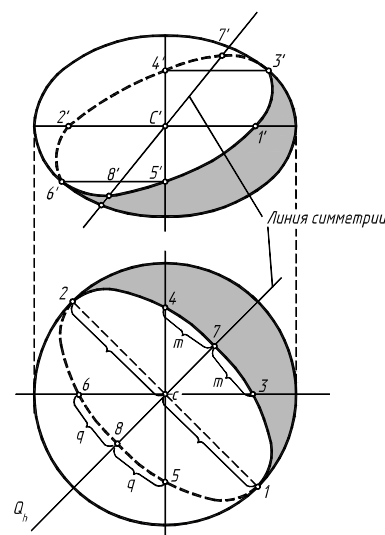


Рис. 28

14. Если для поверхности тела лучевая плоскость, проходящая через ось поверхности, является плоскостью симметрии, то граница собственной тени также будет симметрична относительно этой же плоскости. На плане линии симметрии расположены под углом 45° (нормально к проекции луча), а на фасаде линии симметрии расположены горизонтально. Поэтому точки границ собственных теней круглых форм на фронтальном и на профильном очерках располагаются на одних горизонталях – точки $3'$, $4'$ и $5'$, $6'$ (рис. 28).

15. Если линия, дающая падающую тень на поверхность, будет также симметрична относительно указанной выше плоскости, то и граница падающей тени будет симметрична относительно той же плоскости (рис. 29).

16. Проекция тени на любой поверхности от проецирующей прямой изображается прямой, совпадающей с проекцией луча (тень падает по лучу, рис. 30, а).

17. Тень от вертикальной прямой на цилиндрическую поверхность с образующими параллельными OX повторяет нормальное сечение (профиль) этой поверхности (рис. 30, б).

18. Ширина тени равняется «выносу» линии (рис. 31).

19. Вынос тени от карниза равен удвоенному «выносу» карниза $2y_1$ (рис. 31).

20. Тень прямой, касательной к кривой, будет касательна к тени этой кривой – точки 3 и 5 (рис. 32)

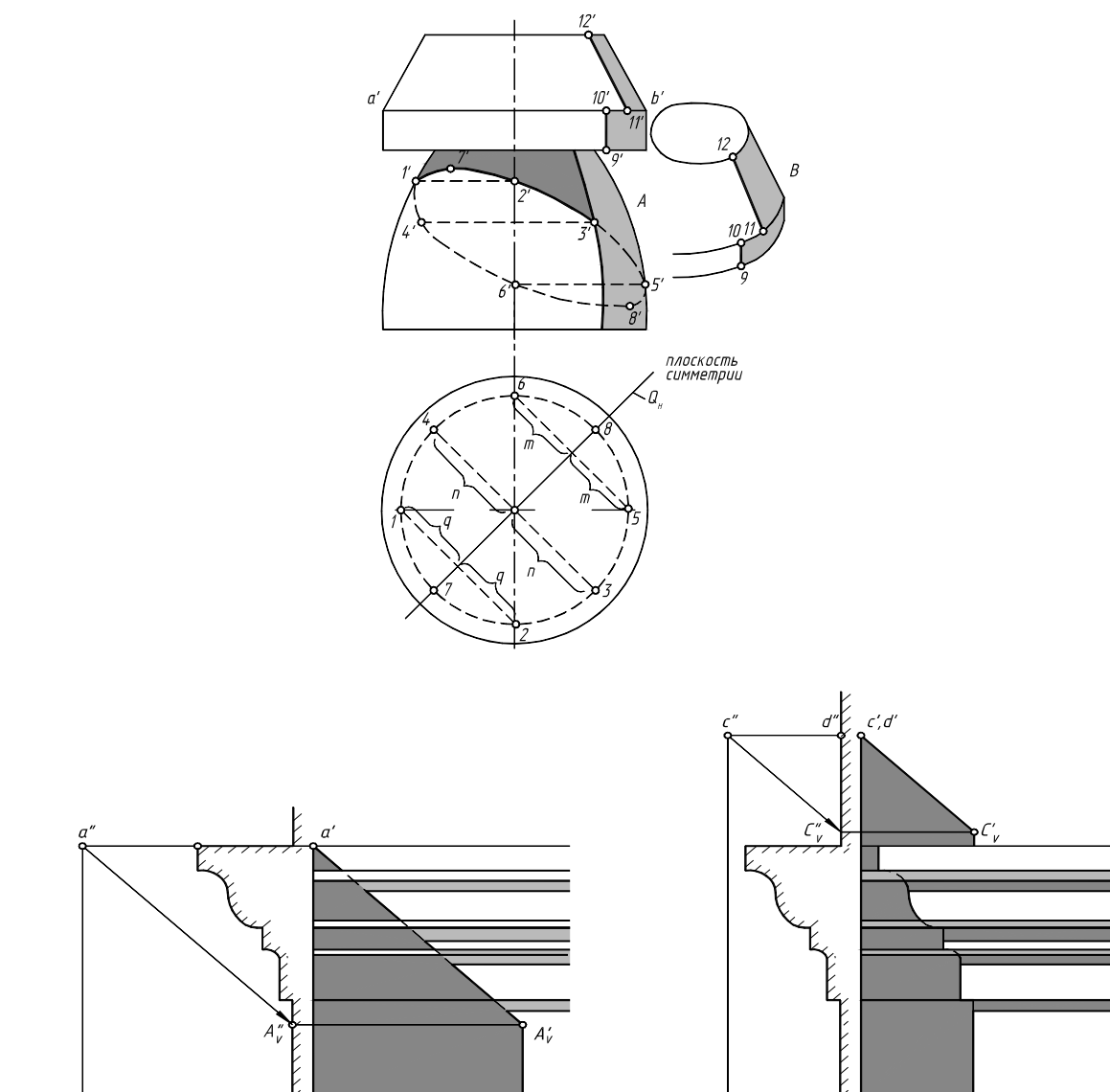


Рис. 29

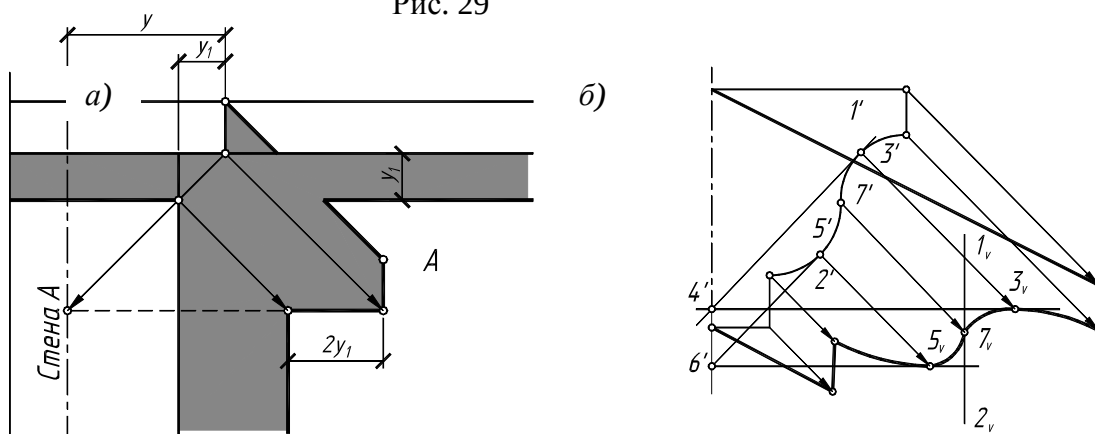


Рис. 30

21. Проекция тени от вертикальной прямой на наклонную плоскость, параллельную оси OX на фасаде, изображается с углом наклона, равным наклону плоскости (рис. 33).

22. На этом основании тень от вертикальной прямой на ступени лестницы повторяет нормальное сечение лестницы (рис. 34).

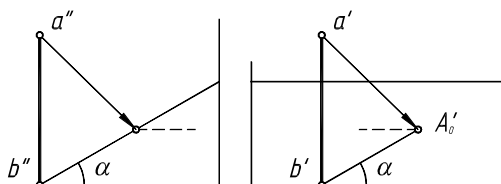


Рис. 33

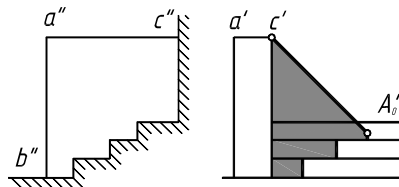


Рис. 34

23. Тень, падающая от одной поверхности на другую, проходит через точку пересечения границы собственной тени одной поверхности с другой поверхностью, и будет касательна к линии взаимного пересечения двух поверхностей (точка 1 на рис. 35, точка 6' на рис. 36).

24. Когда граница падающей тени пересекает границу собственной тени поверхности, то в точке их пересечения граница падающей тени будет касательна к лучу (точка 3 на рис. 35, точка 7' на рис. 36, точки 3', 4' на рис. 37). Эта точка называется «точкой исчезновения».

25. Точка исчезновения и точка пересечения падающих теней находятся на одном луче, называемом «лучом переноса» (точки $3_H, 4_H$ на рис. 35, точки 7', 7_v на рис. 36, точки $3'_0, 5_v, 4_v$ на рис. 37).

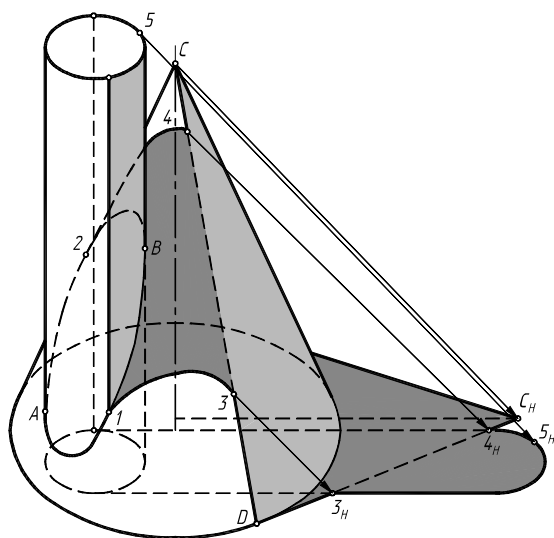


Рис. 35

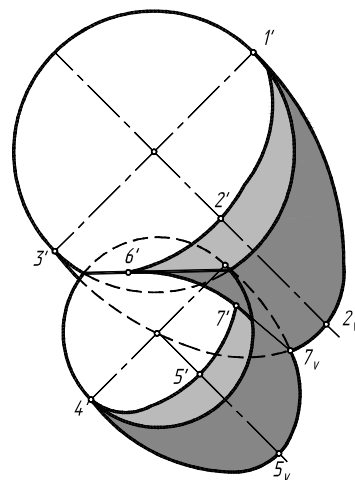
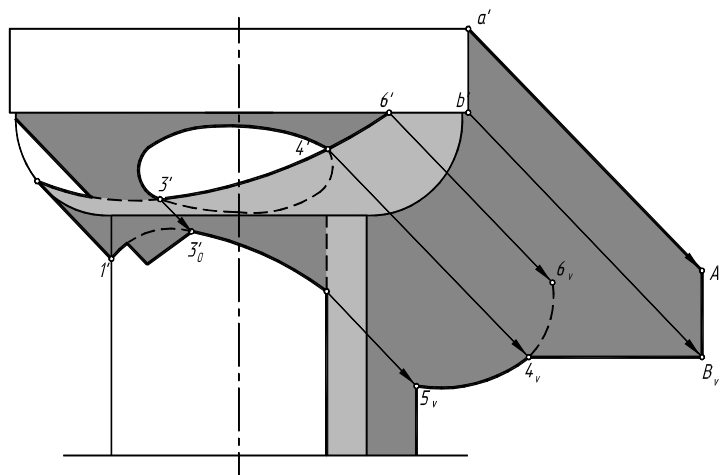


Рис. 36



26. Собственная тень шара проецируется эллипсом с малой осью, равной 0,6 диаметра, а падающая тень – эллипсом с большой осью, равной 1,7 диаметра. Другие оси эллипса равны диаметру шара (рис. 38).

27. Если поверхность ограничена плоским сечением, то границы падающих теней и поверхности и плоского сечения имеют общую касательную прямую (точки $1_V, 2_V$ на рис. 39, точка 1_V на рис. 40).

28. Если дана часть поверхности, ограниченная сечениями, то граница собственной тени этой части поверхности остается без изменения (линия $1' 2'$ на рис. 39). В таких случаях для большей точности рекомендуется построить всю тень поверхности.

29. Когда две поверхности имеют общую линию пересечения, то границы собственных теней этих поверхностей не будут иметь общей точки на этой линии пересечения (точки $2'$ и $3'$ на рис. 40). В этом случае может образоваться тень, падающая от одной поверхности на другую ($2' 4'$ на рис. 40).

30. На линии соприкосновения двух поверхностей, плавно переходящих одна в другую, границы собственных теней этих поверхностей не имеют плавного перехода – образуется точка перелома ($5'$ на рис. 41, б; точки $3', 4'$ на рис. 41, а). В такой точке одна лучевая плоскость будет касательной к границам собственных теней обеих поверхностей, что дает плавный переход линий падающей тени.

31. Тень от квадратной плиты на круглую колонну проецируется окружностью того же радиуса (рис. 42), а вынос падающей тени на стену будет значительно больше выноса y_1 плиты относительно колонны на фасад $y_2 > y_1$.

32. Ширина (по горизонтали) падающей тени от прямоугольной колонны на стену равна сумме сторон плана прямоугольника (рис. 43, б).

33. Ширина (по горизонтали) падающей тени от круглой колонны составляет 1,4 диаметра колонны (рис. 43, а).

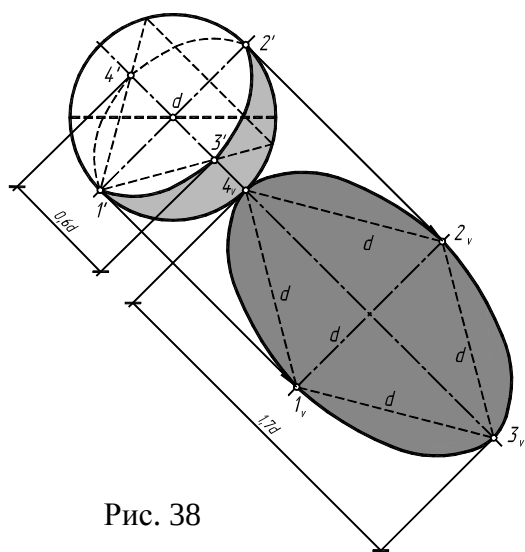


Рис. 38

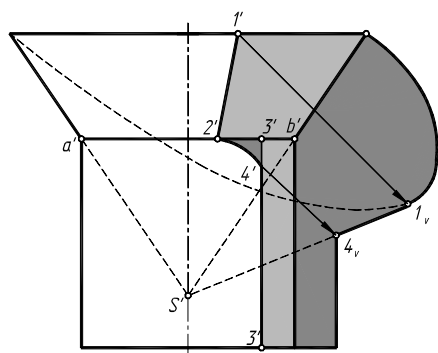


Рис. 40

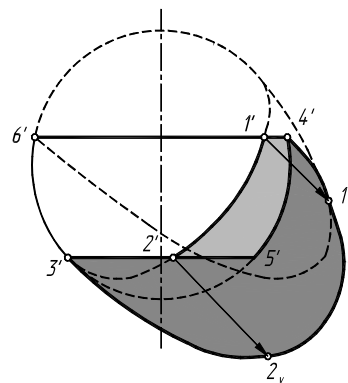
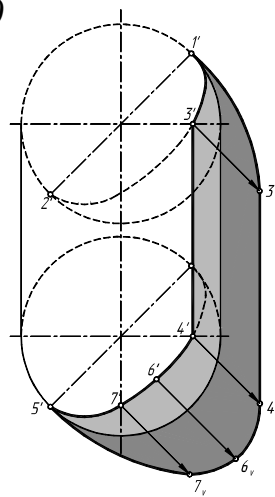


Рис. 39



б)

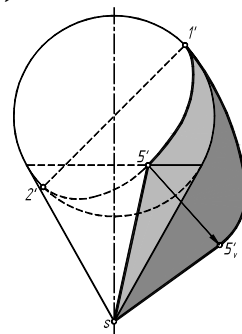


Рис. 41

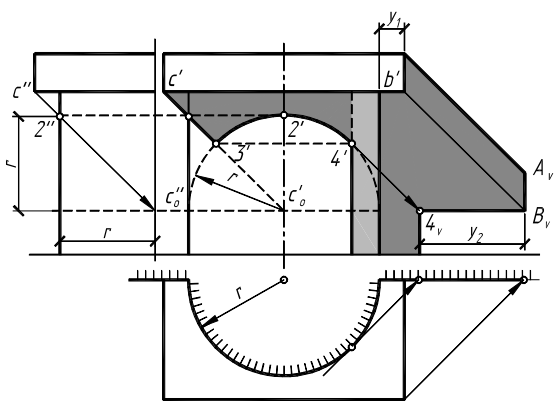


Рис. 42

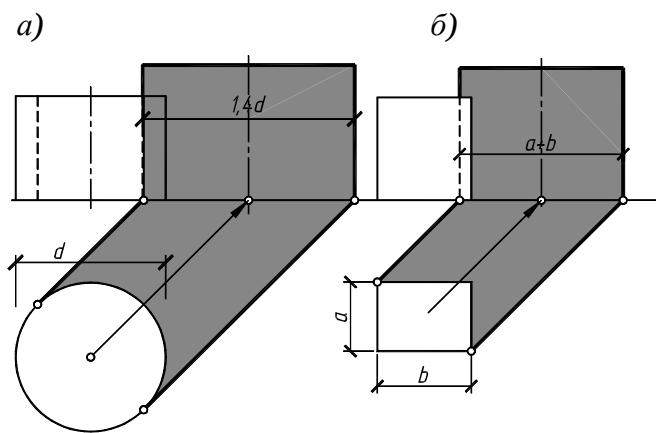


Рис. 43

6. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕНЕЙ

В зависимости от формы объекта и его положения в пространстве применяются различные способы построения проекций теней: способ *лучевых сечений*, способ *касательных поверхностей*, способ *обратных лучей*. Кроме указанных основных способов построения теней применяются также способ *вспомогательных плоскостей уровня*, способ «*выноса*», способ *вспомогательного проецирования*.

При построении теней выбирают такой способ, который дает наиболее точное построение тени с наименьшим количеством графических операций. В ряде случаев указанные способы применяются совместно.

Способ лучевых сечений. Этот способ является основным и универсальным и может быть использован для построения контуров как собственных, так и падающих теней любых форм. По своей геометрической схеме он несложен, но требует довольно значительных графических операций, связанных с построением вспомогательных лучевых сечений.

Сущность способа состоит в том, что для построения тени, падающей от одного объекта на другой, через данные объекты проводят ряд лучевых секущих плоскостей, строят по точкам вспомогательные сечения и определяют точки пересечения ряда лучевых прямых, проведенных через характерные точки первого объекта, с построенными сечениями второго. Построив ряд точек падающей тени и соединив их в определенной последовательности, получим контур падающей тени. Построение падающей тени дает возможность определить и контур собственной тени, если он не

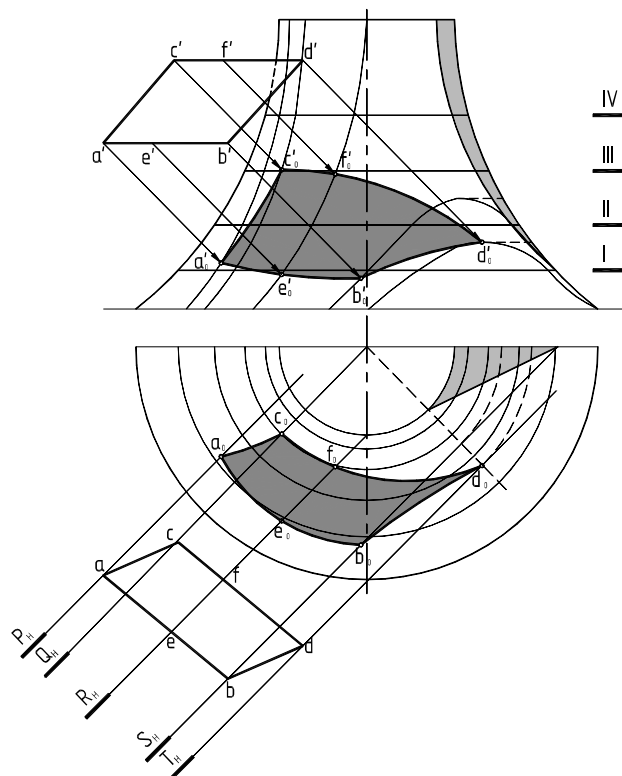


Рис. 44

был известен.

Таким образом, способ лучевых сечений основан на главных позиционных задачах начертательной геометрии – это задачи на точку пересечения прямой с плоскостью или поверхностью и на пересечение поверхности плоскостью.

Построение падающей тени от плоской фигуры на поверхность вращения (рис. 44). Световые лучи, проходящие через контур плоской фигуры, образуют призматическую лучевую поверхность, которая в пересечении с поверхностью вращения определит контур падающей тени. Таким образом, решение задачи сводится к построению линии пересечения двух поверхностей – четырехгранной призмы с поверхностью вращения.

Для построения падающей тени через вершины плоской фигуры проводят лучевые секущие плоскости P, Q, S, T и еще одну промежуточную плоскость R . Следует также провести секущую плоскость через ось поверхности вращения для определения наивысшей точки контура тени (в данном примере она совпадает с плоскостью Q).

Для построения вспомогательных лучевых сечений поверхности на ней следует построить каркас линий – окружности $I, \dots, IV$. Затем определяются точки пересечения лучевых прямых с построенными линиями сечений поверхности. Для каждого отрезка кривых линий контура тени необходимо построить не менее трех точек тени.

Способ касательных поверхностей. Способ касательных описанных (или вписанных) поверхностей конусов и цилиндров применяется при построении на фасаде контуров *собственных теней поверхностей вращения* без второй проекции. Сущность этого способа состоит в следующем (рис. 45).

Для построения точек, принадлежащих контуру собственной тени, используются вспомогательные цилиндрические и конические поверхности, тени которых, как уже было показано, определяются просто. Эти поверхности касаются заданной поверхности вращения по окружностям – параллелям. Если параллель является экватором поверхности или его горловиной, применяются касательные цилиндры, в других случаях – вспомогательные конусы, соосные с данной поверхностью. Затем определяют теневые образующие вспомогательных поверхностей и отмечают точки их соприкосновения с соответствующими параллелями данной поверхности. Эти точки принадлежат контуру собственной тени поверхности вращения. Полученные точки тени соединяют плавной кривой.

При построении контура собственной тени, прежде всего, необходимо построить *характерные точки* контура – точки тени, лежащие на фронтальном и профильном очерках поверхности (точки видимости), а также высшую и низшую точки контура тени. Первые две точки определяют с помощью касательных конусов с углом наклона образующей 45° , а вторые две – с помощью конусов с углом наклона образующей 35° .

Пример 1. Построить контур собственной тени выпуклой поверхности вращения – овиода (рис. 46). Для построения точек тени на экваторе поверхности опишем вокруг поверхности соосный цилиндр и на окружности касания определим общие точки тени $1'$ и $2'$. Затем построим фронтальные проекции вспомогательных касательных конусов с углом наклона образующей 35° , проводя касательные к очерку овиода до пересечения с осью, а из этой точки – прямую под углом 45° до пересечения с линией касания, получим высшую точ-

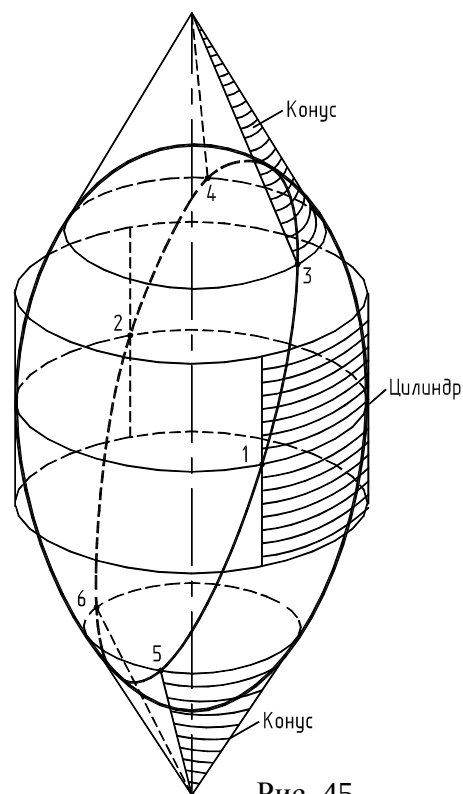
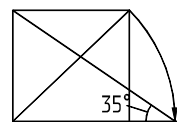
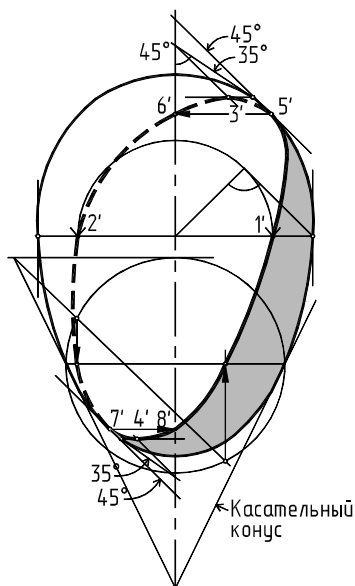


Рис. 45

ку 3' (невидимую). Аналогично строим низшую точку 4' (видимую). Конусы с углом наклона образующей 45° дадут на очерке поверхности точки 5' и 7' и точки, совпадающие с проекцией оси, 6' (невидимая) и 8'. Если восьми точек окажется недостаточно, проводят дополнительную параллель поверхности и строят касательный конус произвольного вида. Через полученные точки проводят плавную кривую, в точках 5' и 7' она должна коснуться очерка овоида.



Пример 2. Построить контур собственной тени вогнутой поверхности вращения – сколии (рис. 47). Форма поверхности вращения – «предельной» сколии такова, что падающей тени от верхней кромки не будет, так как кривая очерка в верхней и нижней точках касательна к прямой под углом 35° . Точки 1' и 2' построены с помощью вписанного цилиндра. Для более точного построения точек касания образующих вспомогательных конусов к с

Рис. 46

рхности можно воспользоваться прямыми, проведенными под углами, равными дополнительным углам (55° и 45°), из центров дуг очерка поверхности.

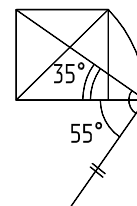
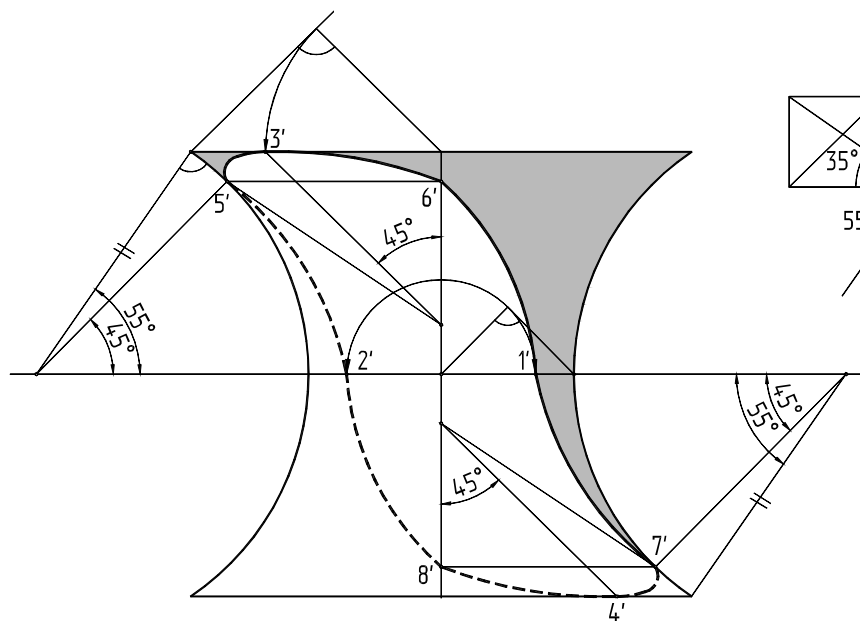


Рис. 47

Способ обратных лучей. Способ обратных лучей применяется для построения падающих теней от одного предмета на другой. Сущность этого способа заключается в следующем (рис. 48, а). Если требуется построить падающую тень от одного геометрического объекта на другой, сначала строят падающие тени от этих объектов на одну из плоскостей проекций и отмечают на ней точку пересечения контуров падающих теней. Она представляет собой совпавшие тени двух точек этих объектов, лежащих на одном световом луче. Затем из этой точки проводят «обратный» по направлению луч, с помощью которого определяют тень точки от одного объекта на другой.

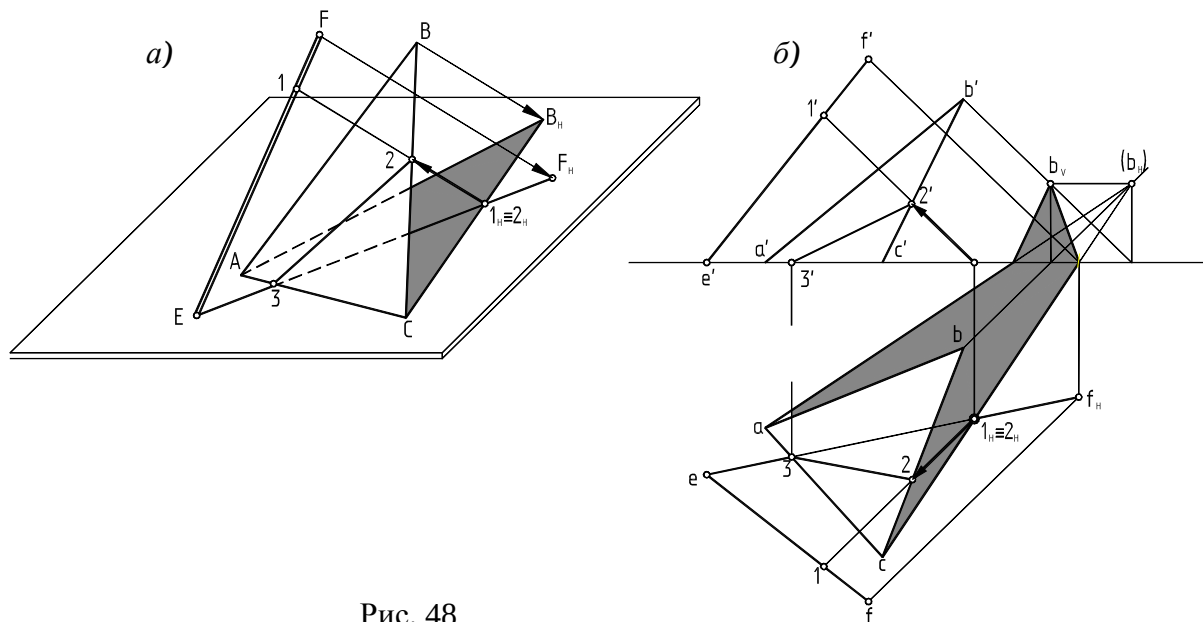


Рис. 48

На рис. 48, б показано *построение падающей тени от прямой EF на плоскость треугольника ABC* в ортогональных проекциях. Прежде всего, строят падающие тени треугольника и прямой на плоскость H . Точка $1_n \equiv 2_n$ является точкой пересечения контуров теней. Из этой точки проводят обратный луч до пересечения со стороной треугольника в точке 2, 2'. Эта точка будет тенью от точки прямой на плоскости треугольника. Падающая тень прямой должна пройти от точки 3, 3' к построенной точке 2, 2'. Если продолжить обратный луч до пересечения с прямой EF , определим точку 1, которая бросает тень в точку 2 треугольника, а затем в точку $1_n \equiv 2_n$ на плоскости H . Все три точки лежат на одном световом луче.

На рис. 49 приведено *построение падающей тени от прямой на поверхность конуса*. Световые лучи, проходящие через прямую, образуют лучевую плоскость, которая пересекает конус по кривой второго порядка и представляет собой падающую тень от прямой на конусе. Сначала построены падающие тени от прямой и от конуса на плоскости H . Затем отмечают точку c_n пересечения контуров теней и с помощью обратного луча определяют точку тени c , c' на теневой образующей $S-1$ конуса. Точку c , c' называют *точкой исчезновения тени*. В ней кривая падающей тени касается луча. Для построения между точками c и 4 промежуточных точек падающей тени проводят вспомогательную образующую $S-3$ (или несколько образующих) и строят мнимую падающую тень $3-s_n$ образующей на плоскости H . Отмечают точку e_n пересечения контуров теней и обратным лучом определяют точку тени e , e' . Так можно строить любое число точек тени.

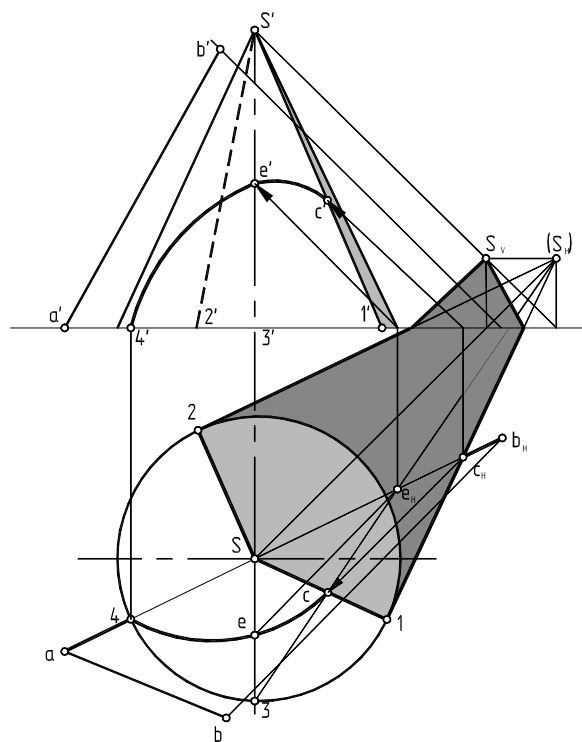


Рис. 49

Рассмотрим два примера построения падающей тени на фасаде без плана, когда вынос некоторых точек объекта известен.

Пример 1. Построить падающую тень раскреповки стены с карнизной частью. На рис. 51, а на фасаде построена падающая тень с использованием плана. Однако если известна величина раскреповки стены y , то вся остальная часть падающей тени может быть построена без плана способом выноса.

На рис. 51, б приведено *построение падающей тени карниза по выносу y* . Вынос карниза y_1 проецируется на фронтальной плоскости проекций, следовательно, величина тени от карниза будет равна этой величине. Затем строится тень карнизного выступа; необходимо отметить такую особенность - ее величина равна удвоенному выносу $2y_1$ карниза.

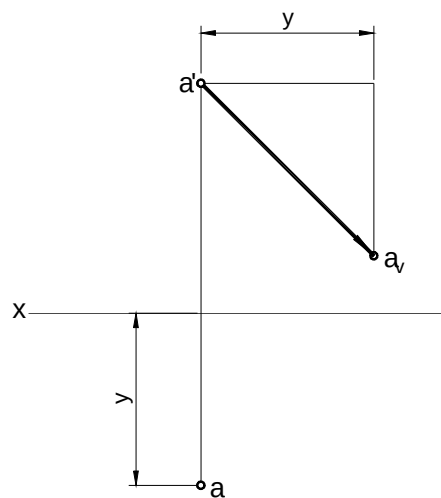


Рис. 50

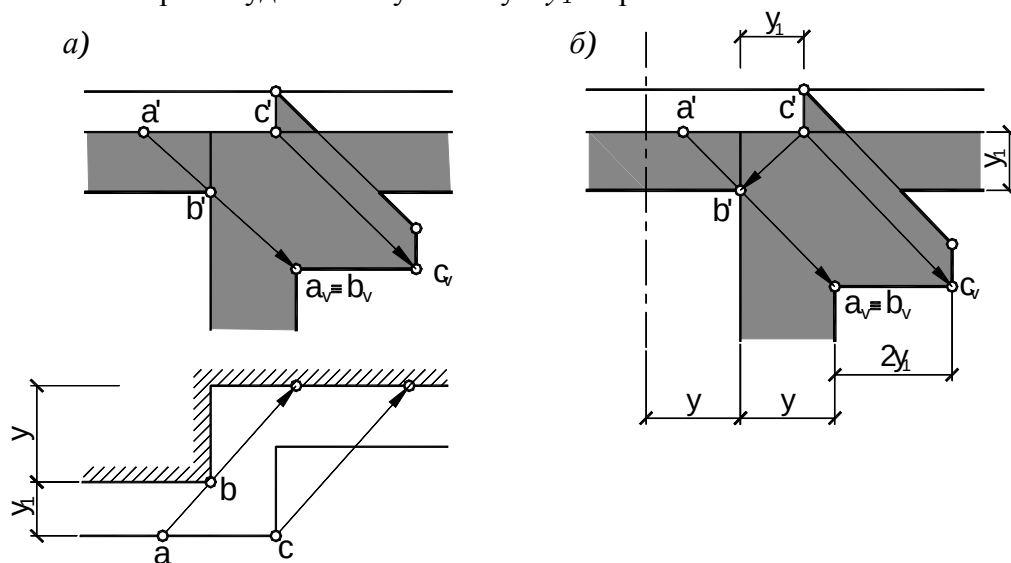


Рис. 51

Пример 2. Построить падающую тень от валика на меридиональной фронтальной плоскости способом выноса (рис. 52). Схема плана приведена для пояснения хода рассуждений. Собственная тень валика построена способом касательных поверхностей.

Точки 1' и 5' являются началом и концом контура падающей тени. Точка 2 – низшая точка контура собственной тени, лежит в плоскости лучевой симметрии, проходящей через ось валика. Величина ее выноса равна y – расстоянию на фасаде по горизонтали до проекции оси. Вынос точки 3, равный y_1 , определяется на фасаде, он равен горизонтальному отрезку $3' - 3_0$. Вынос точки 4, равный y_2 , также определяется на фасаде. Он равен расстоянию от проекции оси до точки 4' (вынос y_2 на плане является высотой прямоугольного треугольника). Построенные точки тени соединяются плавной кривой. Точному вычерчиванию кривой способствует выполнение касания кривой к четырем прямым: в точке 3_v – к горизонтали, в точке 4_v – к вертикали, в точках 1' и 5' – к прямым, наклоненным под углом 45° .

Способ вспомогательных плоскостей-посредников. Этот способ применяется для построения *падающих теней* на поверхностях, которые могут быть заданы линейным каркасом из прямых или окружностей. Для построения теней применяют вспомогательные плоскости-посредники (горизонтальные или фронтальные), на которых несложными приемами строятся вспомогательные тени, с помощью которых определяются затем отдельные точки искомого контура падающей тени.

Рассмотрим построение падающих теней на конкретных примерах.

Пример 1. Построить падающую тень от прямой на поверхность вращения (рис. 53). Для выполнения построений используются *горизонтальные плоскости-посредники*.

Лучи, проходящие через прямую, определяют лучевую секущую плоскость. Линия сечения поверхности будет падающей тенью прямой.

Сначала строят падающую тень от прямой AB на плоскость H и получают начальную 1 и конечную 2 точки сечения. Затем проводят вспомогательную горизонтальную плоскость-посредник P и строят окружность-сечение поверхности этой плоскостью. Падающая тень от прямой BC на плоскость P будет прямой, параллельная тени AB_H . В пересечении этой тени со вспомогательной окружностью-сечением, получим еще две точки 3 и 4 контура падающей тени. Так можно построить любое число точек падающей тени. Световой луч, проведенный из точки B прямой, определит на линии сечения конечную точку B_0 искомой падающей тени.

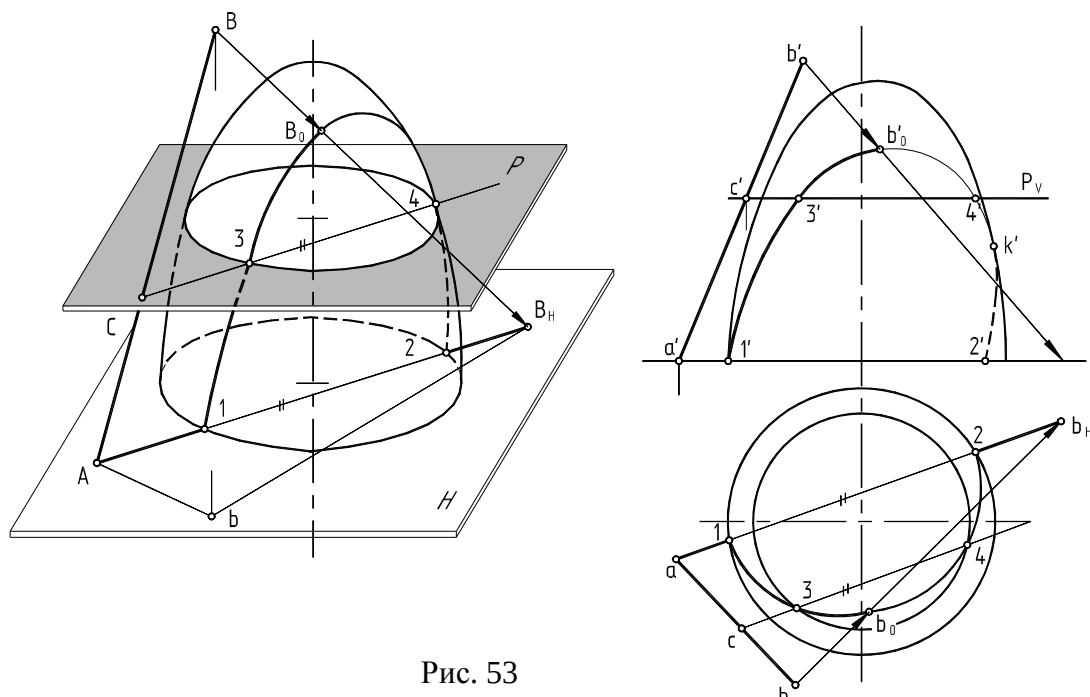


Рис. 53

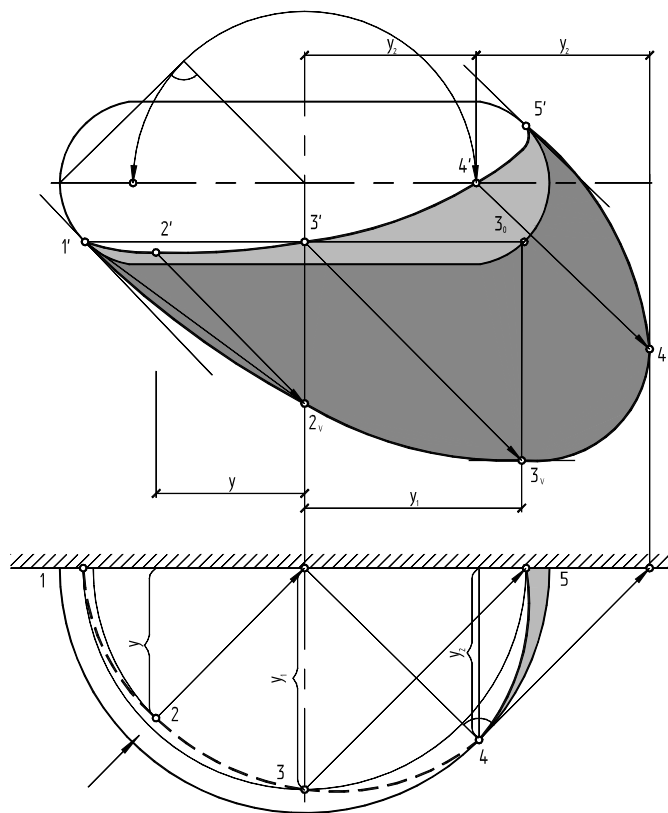


Рис. 52

Пример 2. Построить падающую тень от квадратной плиты на поверхность вращения – эхин колонны (рис. 54). Собственная тень на поверхности вращения построена способом касательных поверхностей. Для построения фронтальной проекции падающей тени от квадратной плиты на поверхность вращения применим *горизонтальные секущие плоскости-посредники*.

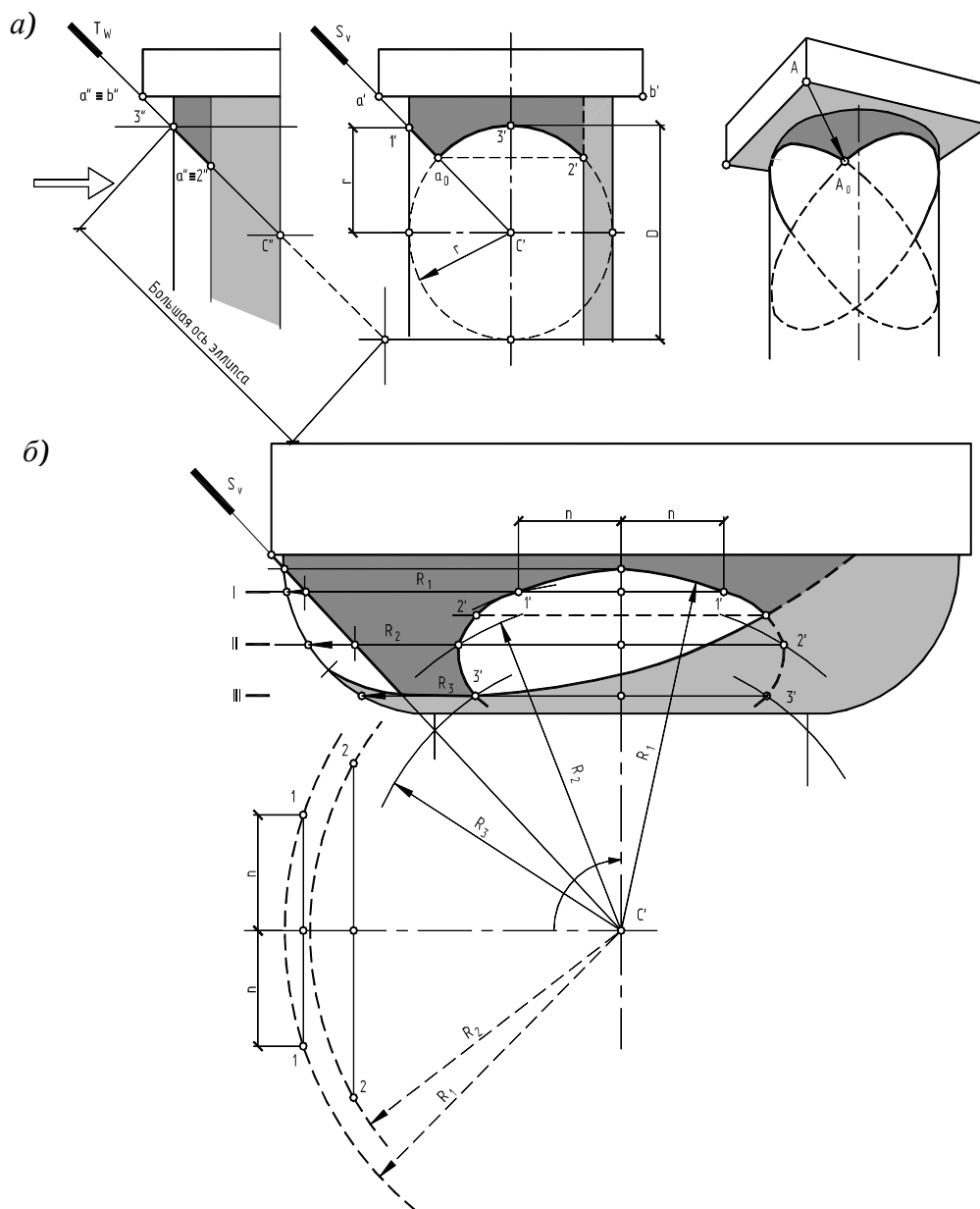


Рис. 54

Световые лучи, проходящие через два горизонтальных ребра плиты – фронтальное и профильное, образуют на поверхности вращения два одинаковых и симметрично расположенных лучевых сечения. Так, например, тень от квадратной плиты на цилиндрическую поверхность проецируется в виде двух пересекающихся окружностей (рис. 54, а). Эти окружности являются проекциями эллипсов, которые образуются при пересечении цилиндра лучевыми плоскостями S и T . Эта закономерность используется при построении падающей тени на любой другой поверхности вращения (рис. 54, б).

Для построения падающей тени на эхине колонны проведем вспомогательные плоскости-посредники I , II и III , которые пересекут эхин по окружностям, имеющим радиусы R_1 , R_2 и R_3 .

Чтобы построить аналогичный контур падающей тени на фасаде от фронтального ребра плиты, примем левую часть фронтальной проекции эхина и плиты за профильную проекцию и выполним на фасаде построения, аналогичные сделанным на плане. Из точки c' радиусами R_1 , R_2 и R_3 сделаем засечки на соответствующих фронтальных следах секущих плоскостей-посредников I , II и III и получим точки $1'$, $2'$ и $3'$ искомого контура падающей тени. Верхняя точка тени переносится с профильного лучевого сечения.

В тех случаях, когда каркас поверхности может быть задан фронтальными окружностями, для построения падающей тени применяют *вспомогательные фронтальные плоскости-посредники*.

Если цилиндрическая поверхность занимает не проецирующее положение, а параллельное плоскости проекций, то тени строят, используя вспомогательную проекцию луча на плоскость сечения поверхности (рис. 56). При этом направление вспомогательного проецирования берут параллельным образующим цилиндрической поверхности. В этом примере $a'A_0$

будет вспомогательной проекцией луча на плоскость основания цилиндра. Касательная к основанию поверхности, проведенная параллельно полученной проекции луча, определяет границу собственной тени K и контур падающей тени от теневой образующей цилиндра.

Пример 1. Построить собственные и падающие тени цилиндрической арки (рис. 57). Спроецируем световой луч AB (см. дополнительную схему) на плоскость основания цилиндра. Прямая CB является вспомогательной проекцией луча. Касательная к основанию цилиндра в точке K определит теневую образующую. Падающая тень на плоскости H построена с помощью точек тени k_H и d_H . Тенеобразующая кромка полуцилиндра бросит тень на внутреннюю сторону поверхности. Точки $1'_0$ и $2'_0$ этого контура тени построены с помощью вспомогательных проекций лучей $1'-1$ и $2'-2$.

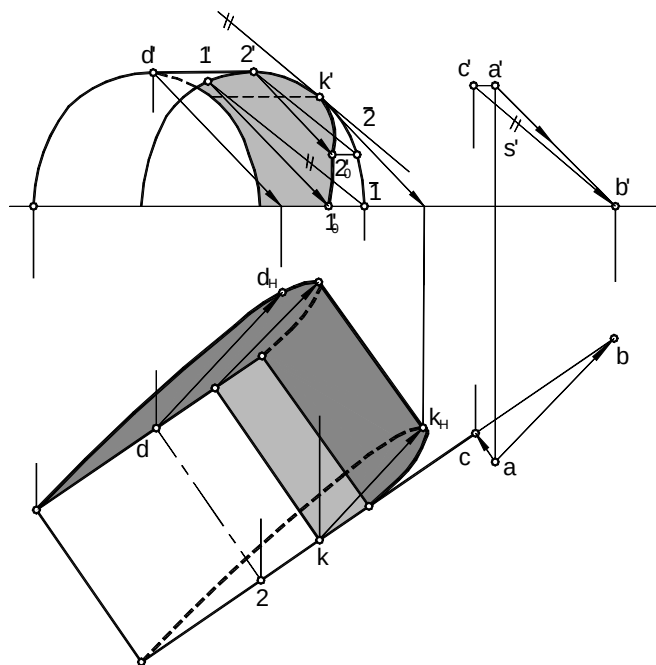


Рис. 57

Пример 2. Построить собственные и падающие тени наклонного карниза (рис. 58). Правый профиль карниза не лежит в лучевой плоскости, поэтому световой луч AB следует спроецировать на плоскость профиля. Направление вспомогательного проецирования должно быть параллельным образующим карниза, тогда вспомогательной проекцией луча будет отрезок A_1B . Вспомогательную проекцию луча и построение теней выполняют без плана (см. вспомогательную схему на фасаде). План приведен для пояснений.

Для построения собственных и падающих теней следует к профилю карниза провести вспомогательные проекции лучей и определить точки касания и пересечения лучей с кривой профиля.

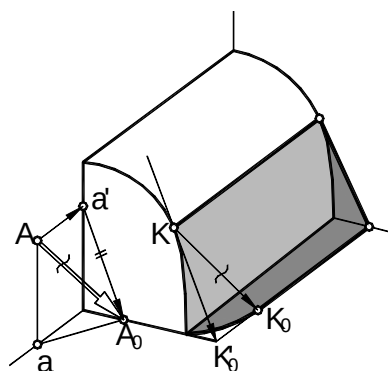


Рис. 56

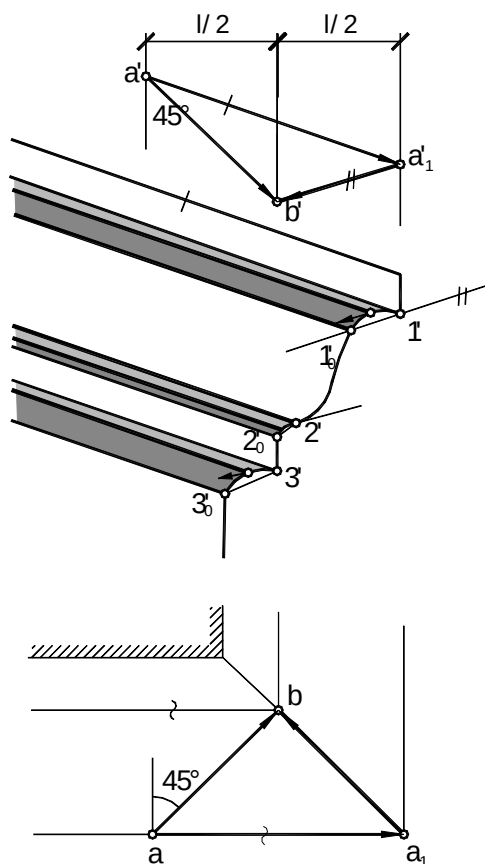


Рис. 58

**Методические рекомендации
к выполнению индивидуальных графических заданий**

Задание «Тени в ортогональных проекциях»

1. Перечертить из приложения 1 план и фасад здания, увеличив чертеж в четыре раза.
2. Построить, где нужно, линии взаимного пересечения скатов крыши, а также линию пересечения поверхности трубы с крышей.
3. Построить падающую тень от здания на землю (горизонтальную плоскость проекций), а также собственные и падающие тени от отдельных элементов на фасаде и плане здания. Тени отмыть.

Рекомендации по выполнению задания.

Работа выполняется на формате А3, расположенном вертикально.

На чертеже сохраняются все линии построения.

1. Так как тень на землю падает справа и сзади здания, чертеж здания следует сдвинуть несколько влево от середины листа, в тоже время расстояние между планом и фасадом должно быть не менее одной высоты здания.
2. Построение линий взаимного пересечения скатов крыши и поверхности трубы с поверхностью крыши выполняют по профильной проекции.
3. Построение *падающей на землю тени от здания* сводится к построению теней ряда точек здания. Например, чтобы построить падающую тень поверхности крыши на плоскость проекций H (рис. 59), а также определения плоскостей, находящихся в собственной тени, строим падающие тени от отдельных прямых (ребер) на плоскость H . Для облегчения и простоты построений нужно, проанализировав, установить положение ребер относительно плоскости проекций H .

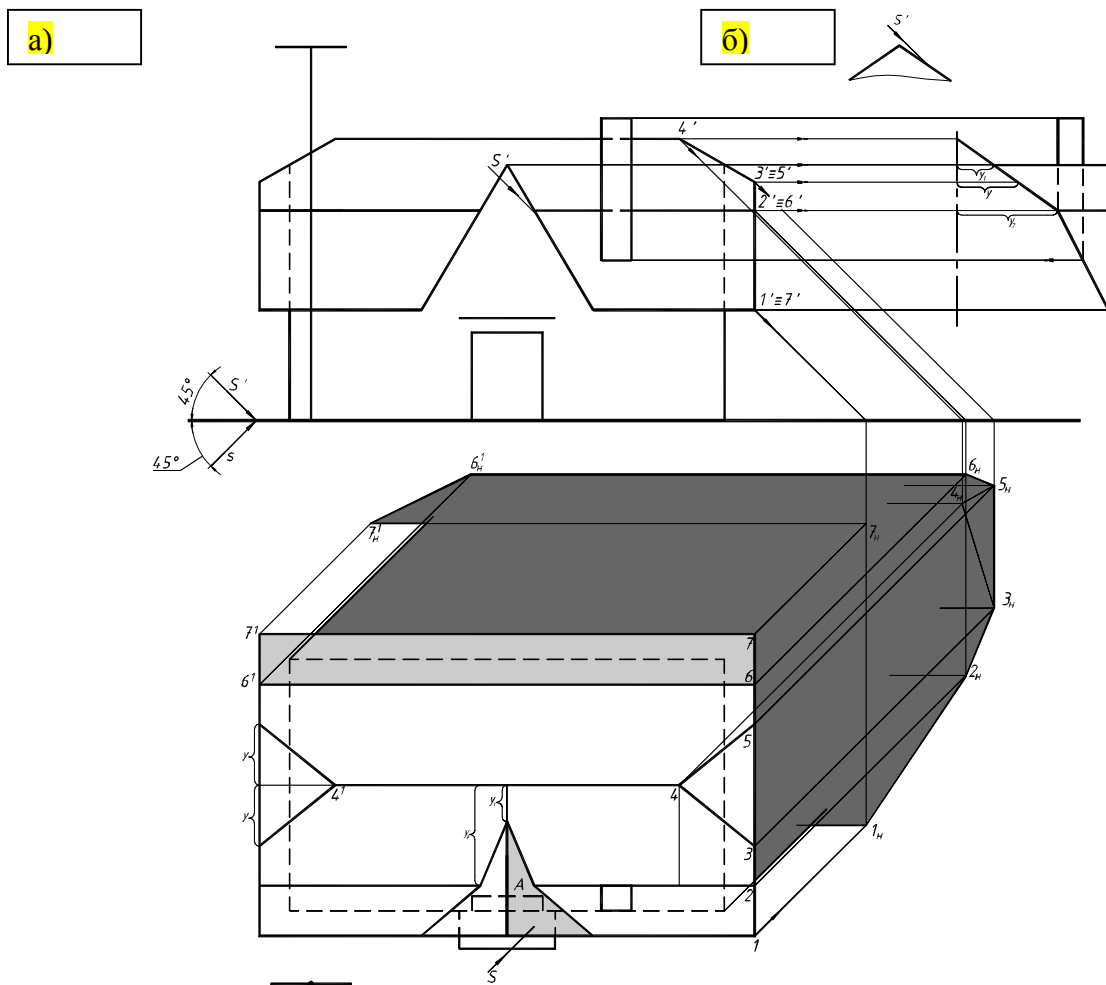


Рис. 59

В нашем примере общее положение занимают только ребра 34 и 45. Все остальные параллельны плоскости H . По конструкции падающей тени $1_H 2_H 3_H 4_H 5_H 6_H 7_H$ можно определить, какие грани крыши находятся в собственной тени. В собственной тени будет та грань, тень на землю от которой упала дальше. В нашем примере ребро 66^1 ближе к нам, чем ребро 77^1 , однако тень $6_H 6_H^1$ от упала дальше, чем тень $7_H 7_H^1$. Следовательно, грань $66^1 77^1$ находится в собственной тени.

Собственная же тень поверхности A крыши надстройки может быть определена по положению плоскости относительно луча $S (s, s')$. На рисунке 59 а луч S освещает скат A с левой нижней стороны и, следовательно, верхняя плоскость крыши, обращенная вправо, находится в собственной тени. Если луч встречается со скатом (рис. 59, б), то поверхность будет освещена.

В собственной тени находятся и другие поверхности здания, но они невидимы.

Падающая тень от крыши на стене (рис. 60, а) строится следующим образом. Находится тень на стенке хотя бы от одной точки свеса, например, от точки $A (a, a')$. Для этого через эту точку проводят луч до пересечения со стеной в точке $A_1 (a_1, a'_1)$, которая и будет искомой тенью от точки A . Точка A_1 в нашем примере получилась на продолжении стены. Так как AB параллельна стене, то $A_1 B_1$ параллельна AB .

Следует обратить внимание на расположение тени $C_1 D_1$ от края крыши CD на стене. Если линия $c_1 d_1$ располагается правее линии $c' d'$, то левая нижняя поверхность правого ската крыши надстройки освещена, а правая верхняя поверхность того же ската будет в собственной тени. В этом случае, как в нашем примере, на фасаде будем видеть характерный участок тени $k' d'_1$ – тень участка KD линии пересечения правого ската крыши надстройки с крышей основного здания. Здесь точка K – точка пересечения ребра KD со стеной, поэтому тень от ребра KD начинается именно в точке $K (k, k')$ и заканчивается в точке $D_1 (d, d'_1)$.

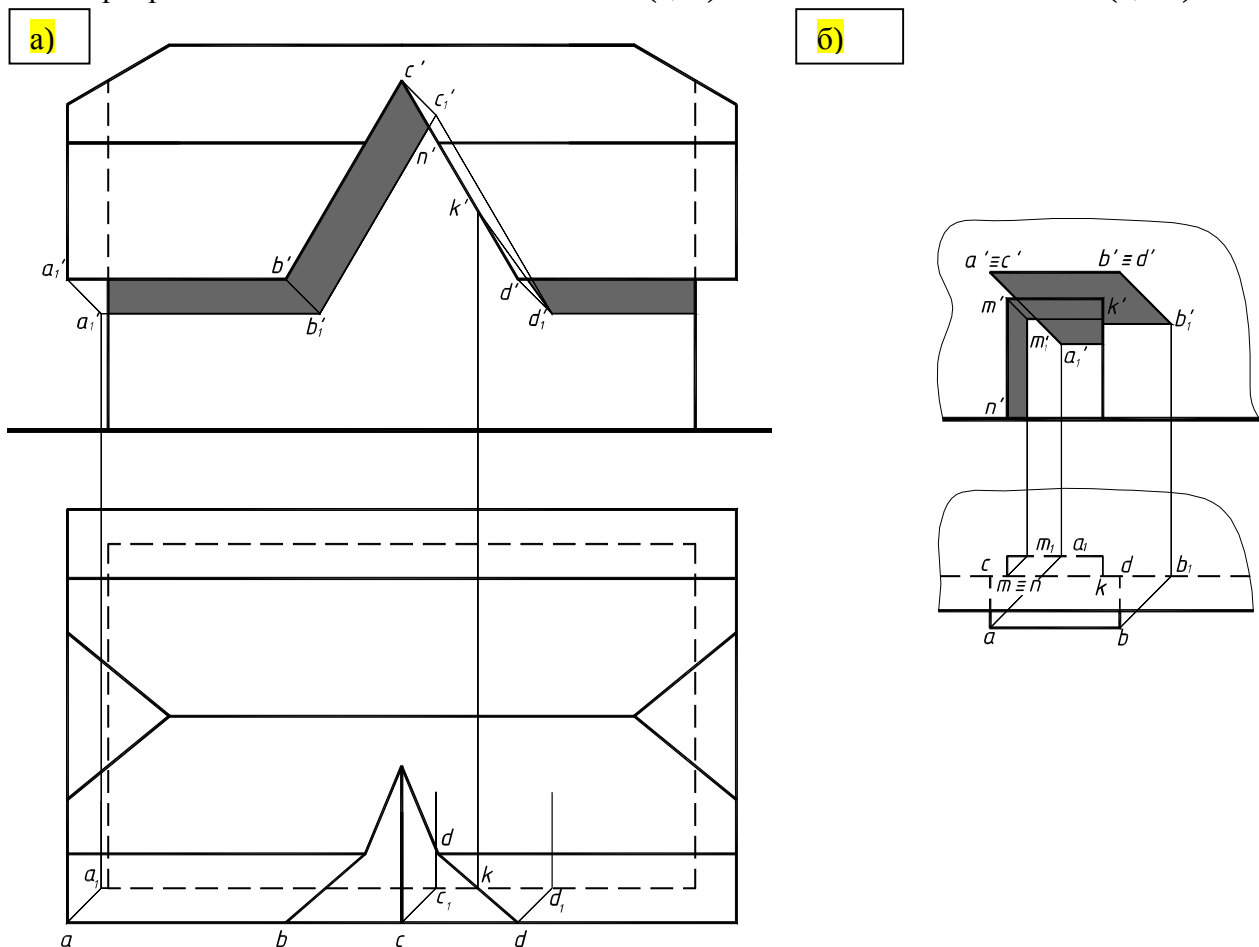


Рис. 60

Тень в дверной нише и тень от навеса на стене и в нише (рис. 60, б) строятся аналогично тени от крыши на стене. Так, чтобы построить тень в нише, сначала нужно построить тень $M_1(m_1, m_1')$ от точки $M(m, m')$. Для этого через точку M проводят луч до пересечения с плоскостью ниши в искомой точке M_1 .

Контур тени в нише определяется тенью от ребра MK и вертикального ребра MN . Так как эти ребра параллельны фронтальной плоскости ниши, то тенью от них будут линии, параллельные самим ребрам. Поэтому через точку M_1 проводят линии, параллельные ребрам MK и MN . На примере тень от навеса падает частично на стену, частично в дверную нишу. Сначала строят тень на стене от одной из точек, например, тень B_1 от точки B . Тень от прямой AB параллельна самой прямой, а тени прямых AC и BD , перпендикулярных плоскости V , располагаются на стене параллельно s' и заканчиваются там, где заканчиваются сами прямые.

Реальная тень A_1 от точки A падает в нишу, следовательно, реальная тень от навеса располагается частично на стенке, частично в нише, а реальная тень в нише, в конечном счете, будет состоять из тени самой ниши и тени от навеса в нише (рис. 60, б).

Тень, падающая от антенны на крышу и на землю, строится способом лучевого сечения. Луч, проходящий через шест антенны MN , заключается в горизонтально-проецирующую лучевую плоскость $Q(Q_H)$ (рис. 61, а), строится лучевое сечение 12345 пересечения плоскости Q с поверхностью крыши и определяется тень верхней точки шеста $N_1(n, n_1')$. Тень от шеста антенны MN начинается в точке M_H , частично падает на землю, а затем переходит на стену и крышу здания и заканчивается в точке n_1' .

Чтобы построить падающую от крыши надстройки на крыше основного здания (рис. 61, б), достаточно построить падающие тени от конька KM и края крыши MN на крыше основного здания. Для этого конек KM заключают во фронтально-проецирующую лучевую плоскость $P(P_V)$, которая рассекает переднюю часть крыши основного здания по ломаной линии 123 (123, $1'2'3'$). Через точку M проводим луч до пересечения с этой линией в точке $M_1(m, m_1')$, являющейся тенью точки M .

Точка K – точка пересечения конька KM с крышей основного здания. Следовательно, тень от этой точки есть сама точка K . Таким образом, тень от конька KM будет ломаная линия $K2M_1$.

На основе аналогичных рассуждений устанавливаем, что тенью от края крыши MN будет линия M_1N . Итак, контуром падающей тени от крыши надстройки на крыше основного здания будет линия $K2M_1N(k2m_1n, k'2'm_1'n')$.

Построение тени, падающей от трубы на крышу (рис. 61, в), начинают с построения тени от одного из вертикальных ребер трубы, например, от ребра MK . Для этого ребро заключают в горизонтально-проецирующую лучевую плоскость $R(R_H)$. Тенью ребра NK будет часть линии пересечения 123 плоскости P с крышей – линия $K2N_1(k2'n_1, k'2'n_1')$. Естественно, тени от других вертикальных ребер будут линии, параллельные $K2N_1$.

Задание «Точка, прямая, плоскость. Тени.»

1. Построить пересечение трехгранной пирамиды с вырезом здания.
2. Построить следы плоскостей скатов кровли (P и Q).
3. Построить полную развертку пирамиды с нанесением линии сечения.
4. Построить все собственные и падающие тени.

Рекомендации по выполнению задания.

Работа выполняется на формате А3, расположенном горизонтально.

Перечертить из приложения 2 условие задания в масштабе 1:400.

1. В масштабе 1:100 вычертить вырез (заштрихованный участок) здания (рис. 62).

Построение выреза начинают с плана, который повернут к плоскости V на угол α . Горизонтальную проекцию точки s выбирают произвольно. По плану вычерчивают фронтальную проекцию s' .

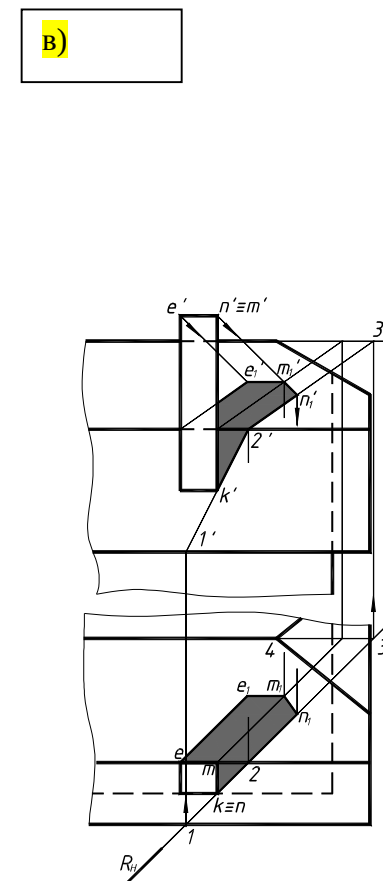
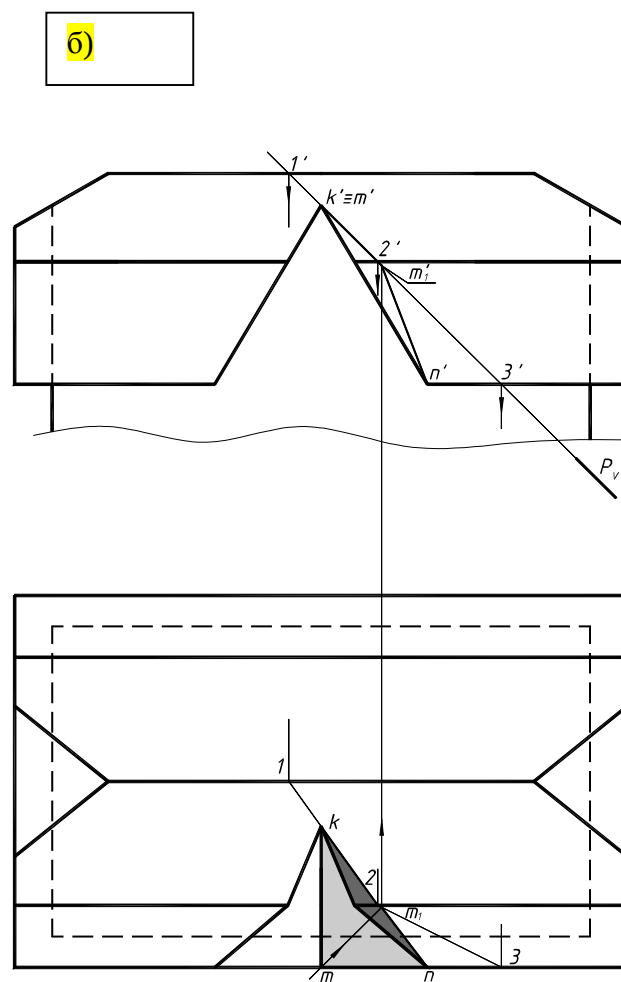
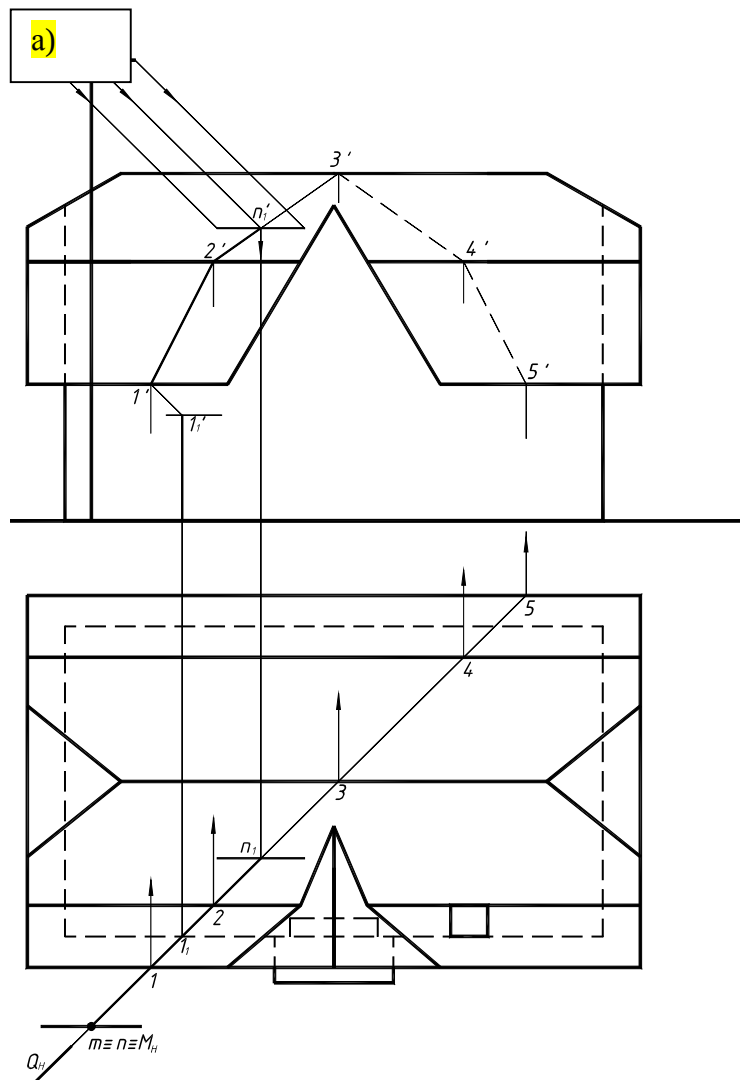


Рис. 61

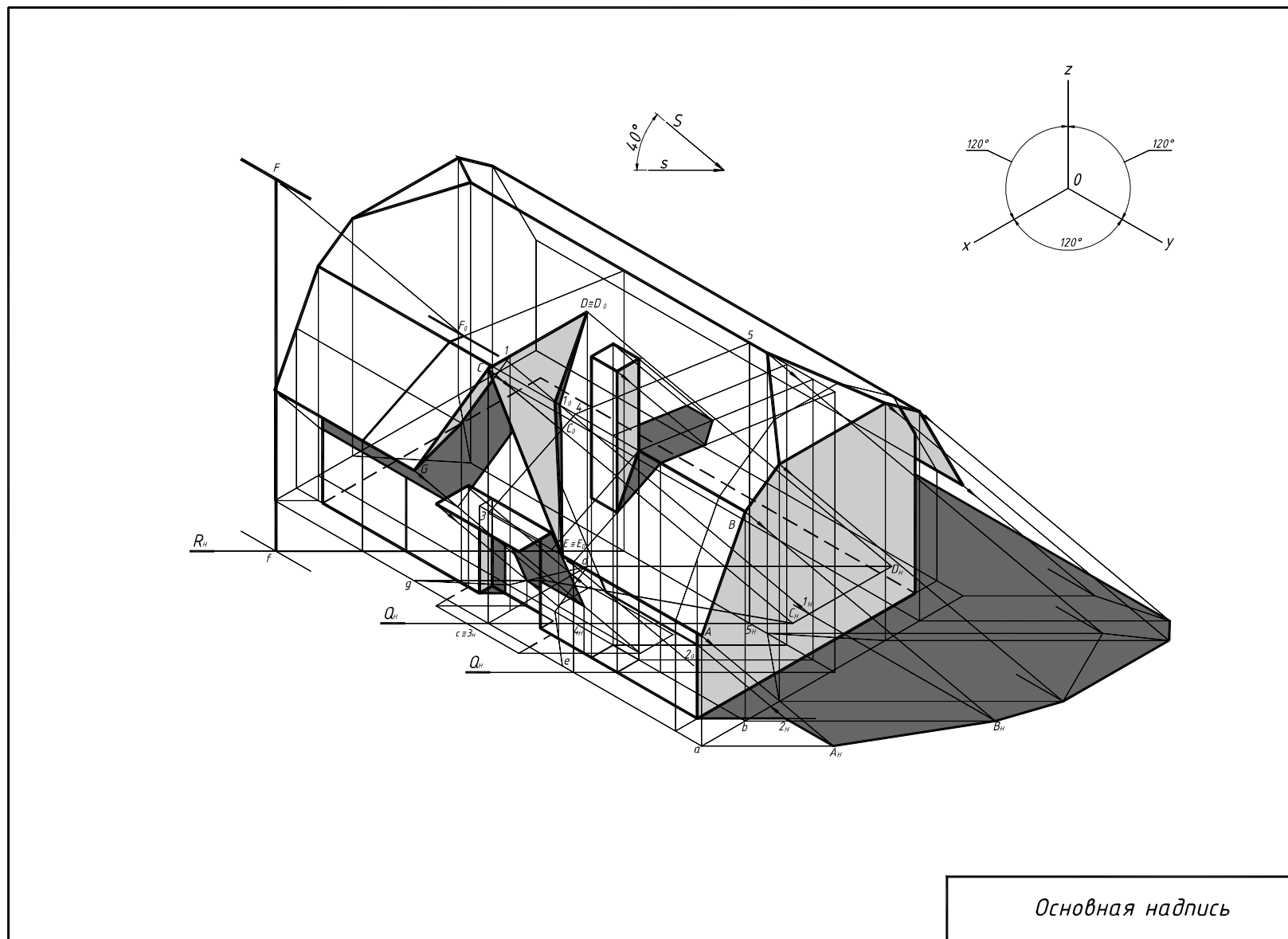


Рис. 62

Высота (координата z) точки берется с фасада здания. Затем относительно точки C достраивают все точки выреза здания (вершины плоскостей скатов крыши), наносят проекции точки A (a, a').

2. Принимая точку A за вершину, вычерчивают трехгранную пирамиду, у которой одно ребро перпендикулярно переднему скату крыши; два других ребра образуют в плане три равных угла (120°) и наклонены к вертикали под углом равным половине угла наклона первого ребра к вертикали. Основание пирамиды лежит на плоскости H .

Ребро $A1$ строится перпендикулярно плоскости ската $BCDE$ (горизонтальная проекция $a1 \perp h$, фронтальная проекция $a'1' \perp f'$). Нетрудно доказать, что угол между вертикалью, проходящей через точку A , и прямой равен углу β . Следовательно, ребра $A2$ и $A3$ составляют с вертикалью угол $\beta/2$. Этот угол откладывается без искажения на фронтальной плоскости проекций, и полученный отрезок $a'2'$ является натуральной величиной ребер $A2$ и $A3$. Проводятся горизонтальные проекции недостающих ребер под углом 120° к отрезку $a1$. Горизонтальные проекции точек 2 и 3 определяются вращением вокруг вертикальной оси. В рассматриваемом примере вращением определена проекция только точки 3, так как ребро $A2$ параллельно фронтальной плоскости проекций.

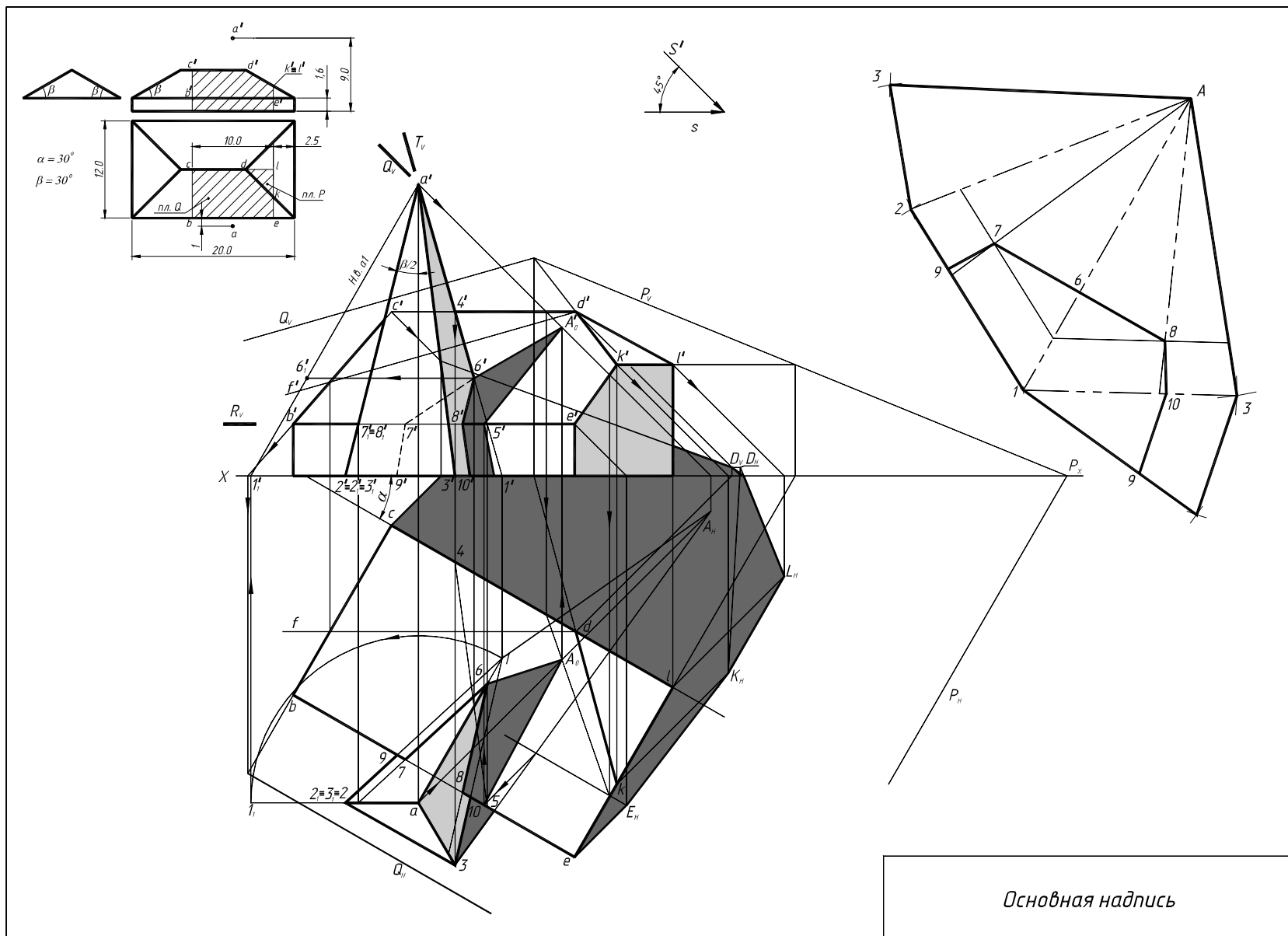
3. Строят линию пересечения пирамиды с вырезом здания. Точка пересечения ребра $A1$ со скатом крыши (точка б) определяется с помощью фронтально проецирующей плоскости T . С помощью плоскости R горизонтального уровня определяют точки пересечения (7, 8) ребра BE с гранями пирамиды.

4. Для построения *следов* плоскостей скатов крыши необходимо построить следы прямых, ограничивающих скаты. Удобно использовать прямую DK , так как она является линией пересечения скатов P и Q . Через следы этой прямой проходят следы обоих скатов. Горизонтальный след P_H плоскости P проходит параллельно горизонтальной проекции lk прямой LK , так как эта прямая является горизонталью плоскости ската P . Аналогично горизонтальный след Q_H параллелен be . Для построения фронтальных следов скатов определены также фронтальные следы прямых DK и KL .

5. Развертку пирамиды в плоскую фигуру строят путем определения натуральной величины граней и вычерчивания их в определенной последовательности.

Так как пирамида стоит на горизонтальной плоскости проекций H , то натуральная величина сторон ее основания изображена на плане. Натуральные величины ребер определяются одним из известных способов. В рассматриваемом примере вращением до фронтального уровня определена натуральная величина только ребра $A1$. Ребро $A2$ параллельно фронтальной плоскости проекций, соответственно изображено в натуральную величину.

6. *Построение теней.* Вначале строят падающие тени пирамиды и выреза на горизонтальную плоскость проекций H . Тень от пирамиды $1A_H3$. Тень от выреза здания проходит через точки $E_H K_H L_H D_H$. При построении указанных теней определяются контуры собственных теней. Тени от вершины пирамиды A_0 построена с помощью лучевой фронтально-проецирующей плоскости Q .



Основная надпись

Рис. 63

Задание «Тень от плоскости на поверхность»

1. Построить тень от плоскости на поверхность вращения.
2. Построить собственные и падающие тени поверхности.

Рекомендации по выполнению задания.

Работа выполняется на формате А3, расположенном вертикально.

Перечертить из приложения 3 условие задания, расположив заданную плоскость так, чтобы она давала тень на поверхность (рис. 65).

Для построения собственных и падающих теней поверхности применяют рассмотренные ранее способы построения теней в различных сочетаниях (рис. 64). Чтобы построить тень «сложной» поверхности вращения необходимо вначале определить из каких «простых» поверхностей она состоит. В нашем примере поверхность состоит из двух: скоции в верхней части и валика в нижней. Тени скоции построены способом касательных поверхностей (см. пункт 6, рис. 47), тени валика – способом вспомогательных плоскостей-посредников (см. пункт 6, рис. 52).

Для построения контура падающей тени от плоскости на поверхность применяют способ лучевых сечений, рассмотренный в пункте 6, рис. 44. Через характерные точки (вершины) плоскости проводят лучевые секущие плоскости P , Q , R и т.д. Для построения вспомогательных лучевых сечений поверхности на ней следует построить каркас линий - окружности I, II, III, IV, V. Затем определяют точки пересечения лучевых прямых с построенными линиями сечений поверхности.

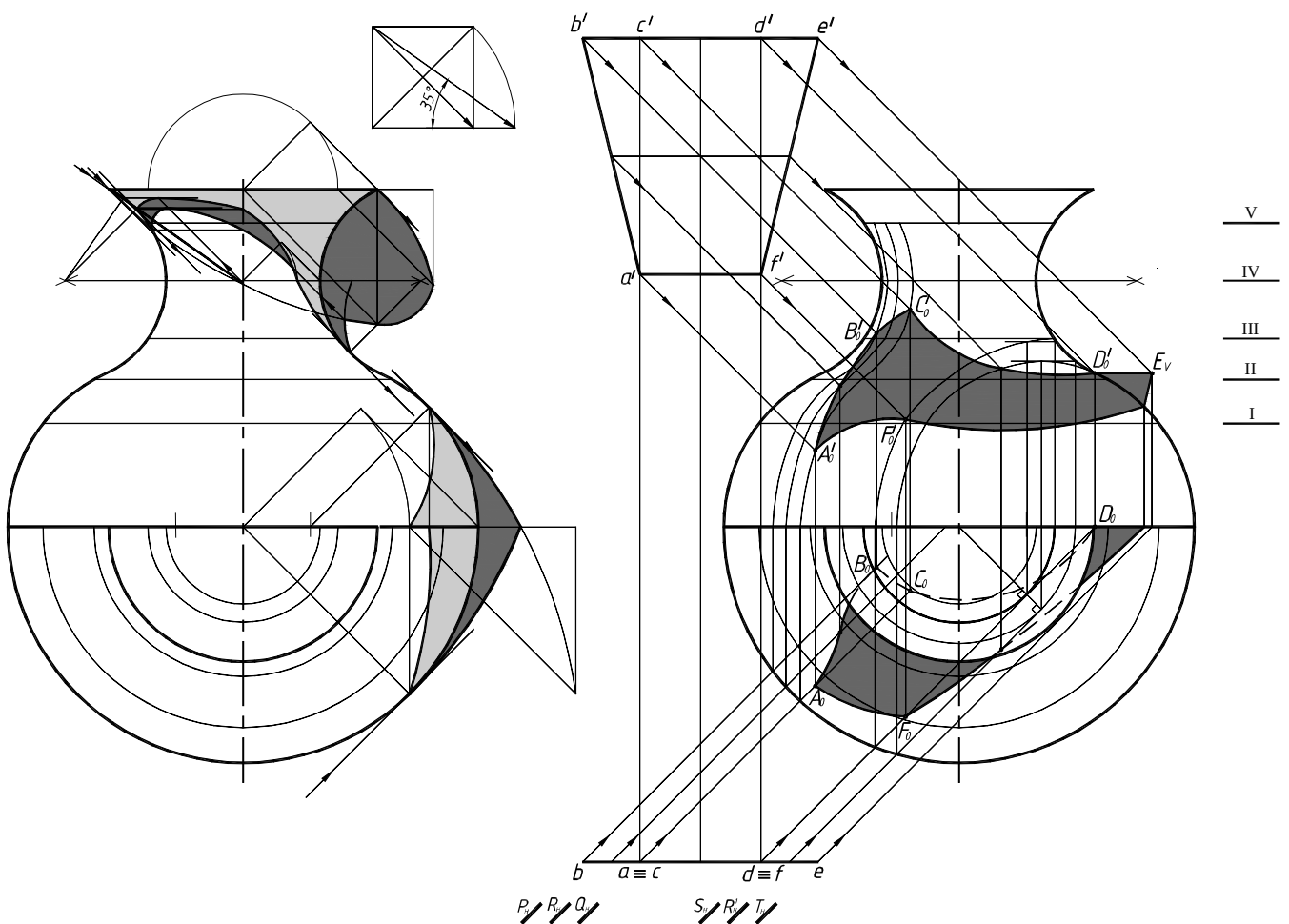
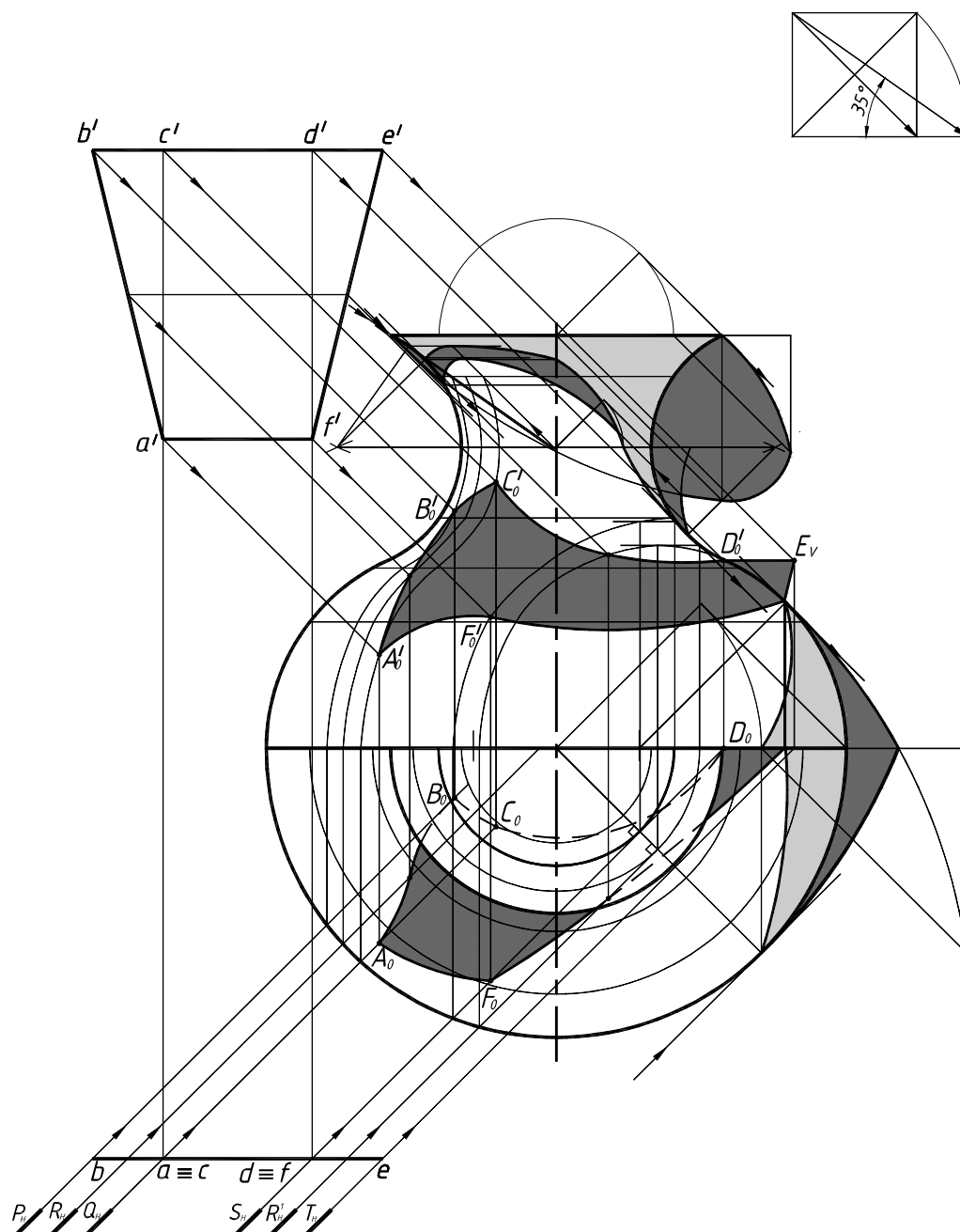


Рис. 64



Основная надпись

Рис. 65

Задание «Тени поверхностей вращения»

1. Построить собственные и падающие тени балясины.

Рекомендации по выполнению задания.

Работа выполняется на формате А3, расположенном вертикально.

Перечертить из приложения 4 условие задания, увеличив условие в 4 раза (вид сверху не показывать). При перечерчивании следует отметить центры радиусов перекрестием линий. Это необходимо для большей точности построений (отыскивания точек сопряжения и касания проекций лучей). Верхний и нижний элементы балясины – плиты квадратной формы.

Для упрощения строят тени только на видимой половине поверхности, считая, что ее ось находится на плоскости стены (рис. 68).

Сначала строят границы собственной, а затем падающей тени в отдельности на каждой из форм, составляющих тело балясины (рис. 67 а, б). Построенные падающие тени, пересекаясь между собой и с лежащими ниже поверхностями, дают возможность определить две теневые точки, одну слева, на очерке балясины, и другую – справа, точку «исчезновения» падающей тени на границе собственной тени поверхности, которую определяют обратным лучом, проведенным от точки пересечения двух контуров падающих теней.

В тенях венчающей части балясины (рис. 66) падающие тени от квадратной плиты и от собственной тени эхина на стену дают в пересечении точки 5 и 6. Обратные лучи, проведенные из этих точек, позволяют получить пару точек 1 и 2 – точки падающей тени от квадратной плиты на эхин на границе собственной тени эхина.

Две тени, падающие на стену от собственной тени эхина и от кромки круглого пояска прямоугольного сечения, пересекаясь, дают точку 7. С помощью обратного луча, проведенного из этой точки, получим точку 3.

Точка 4 определена с помощью точки 8 – пересечения собственной тени очерка цилиндра и падающей тени круглого пояска на стену.

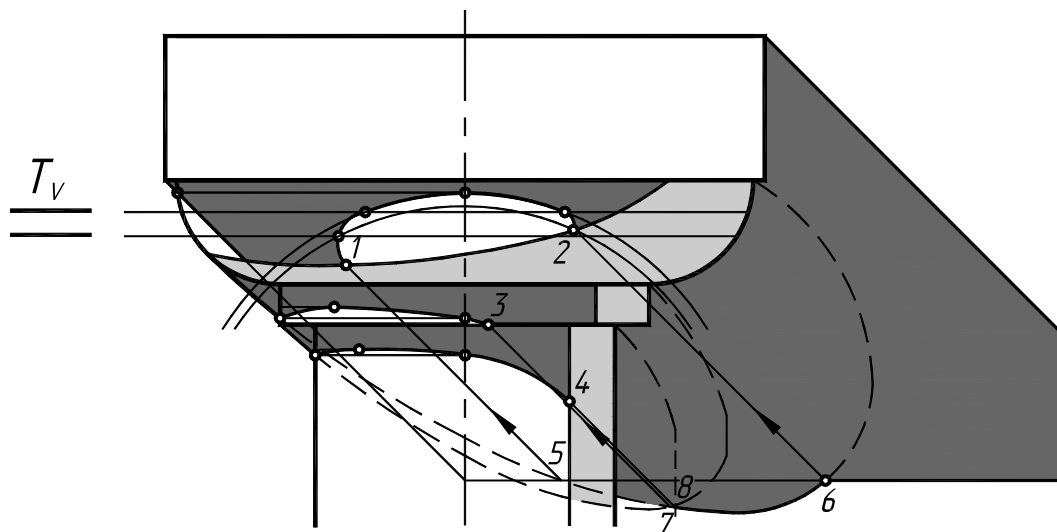


Рис. 66

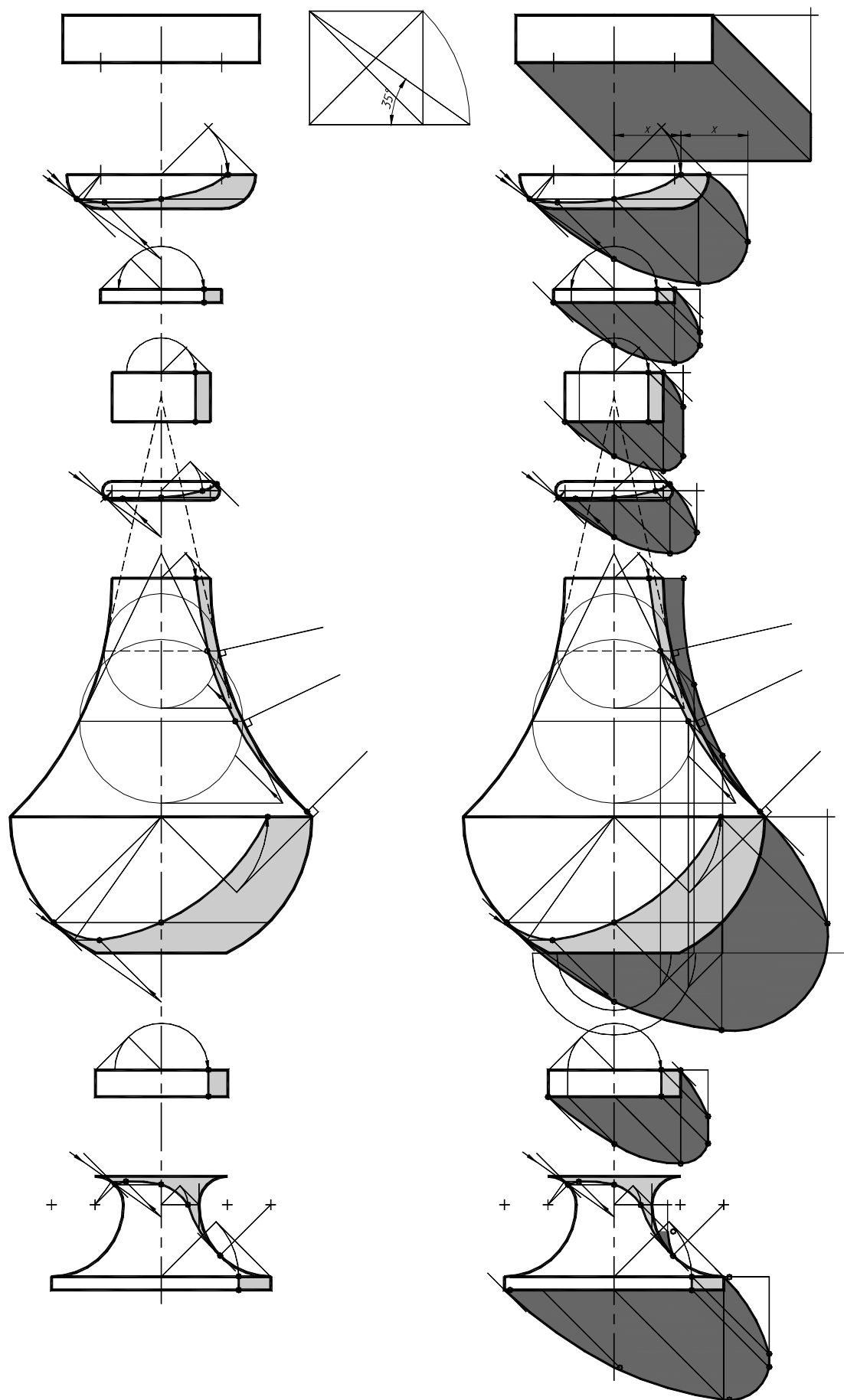


Рис. 67, а

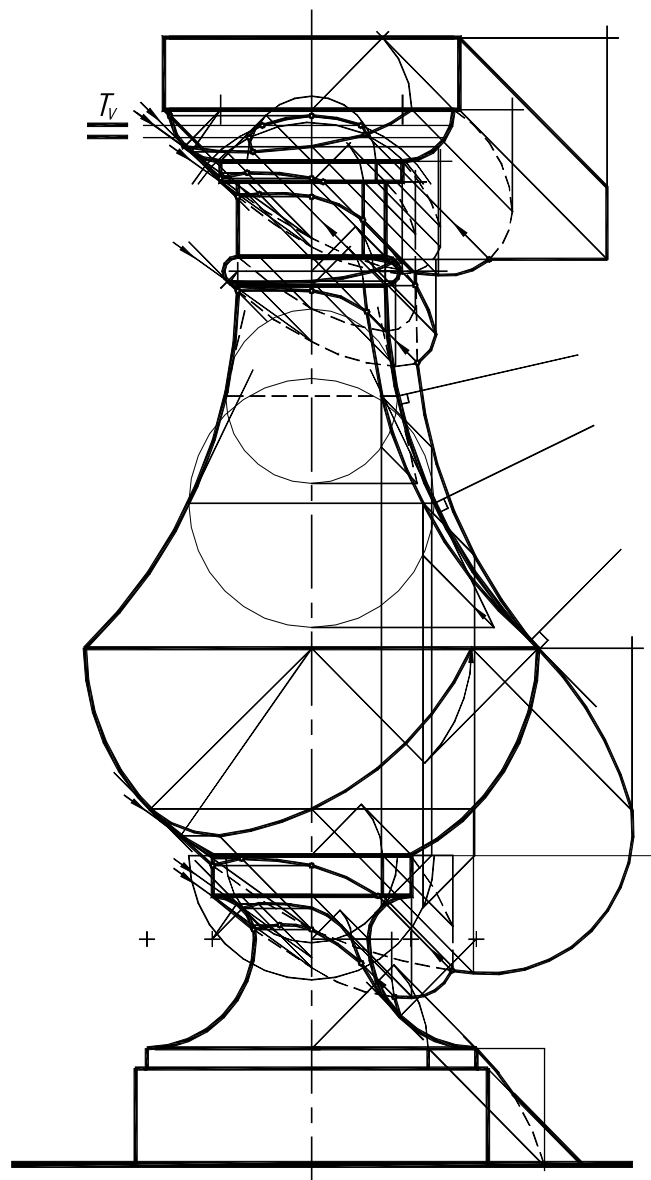
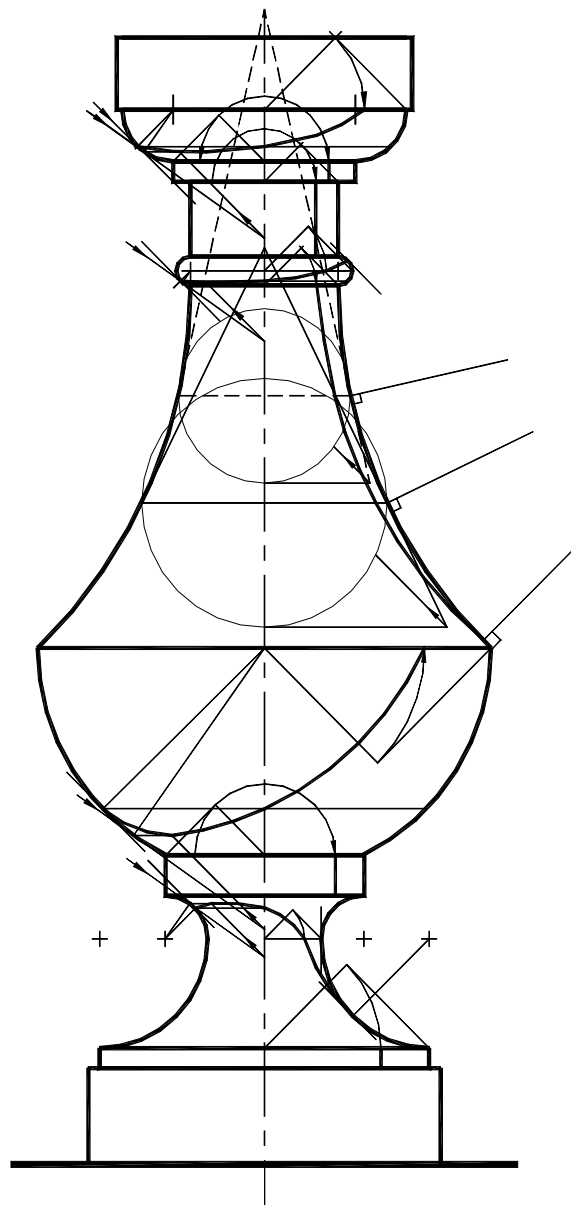
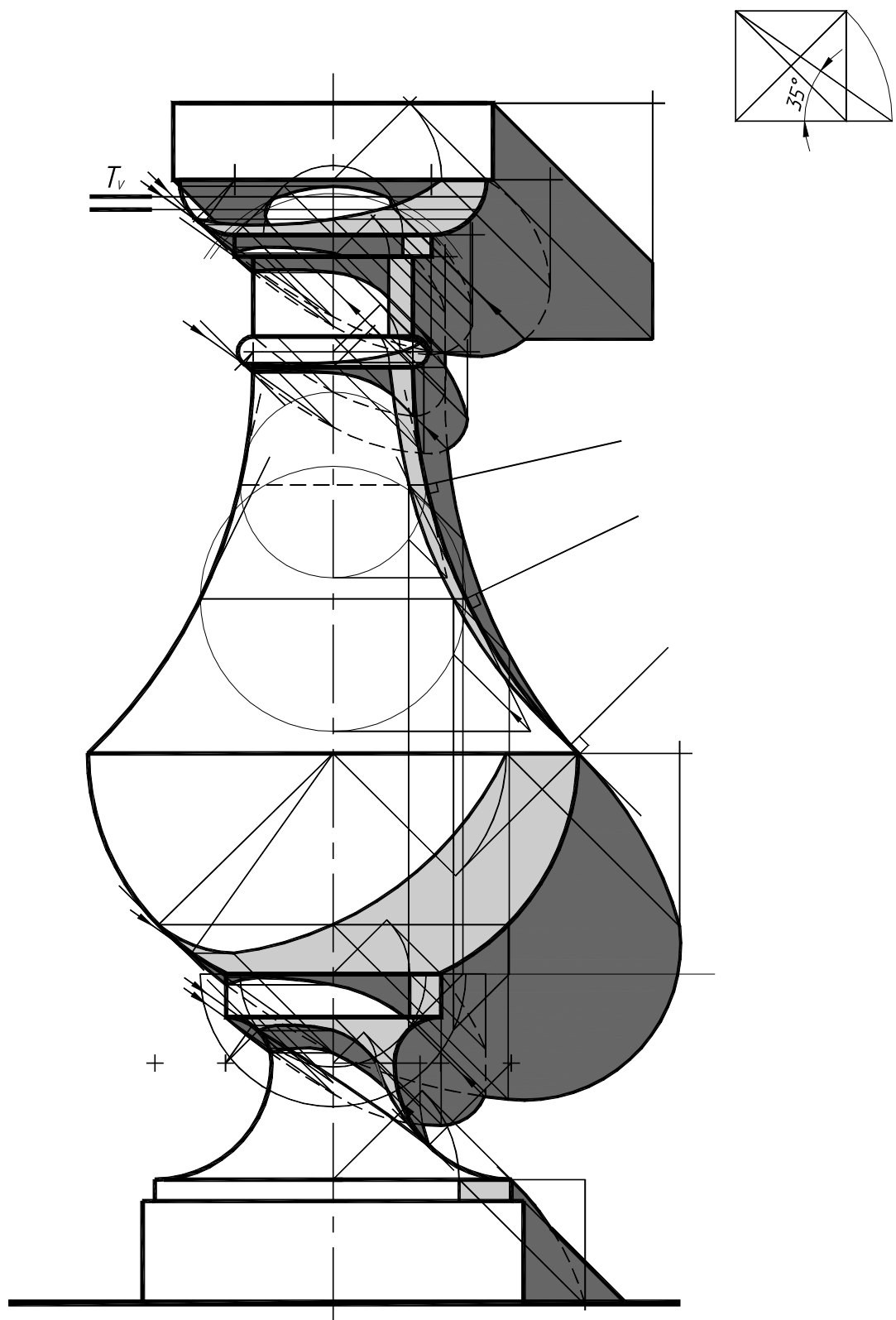


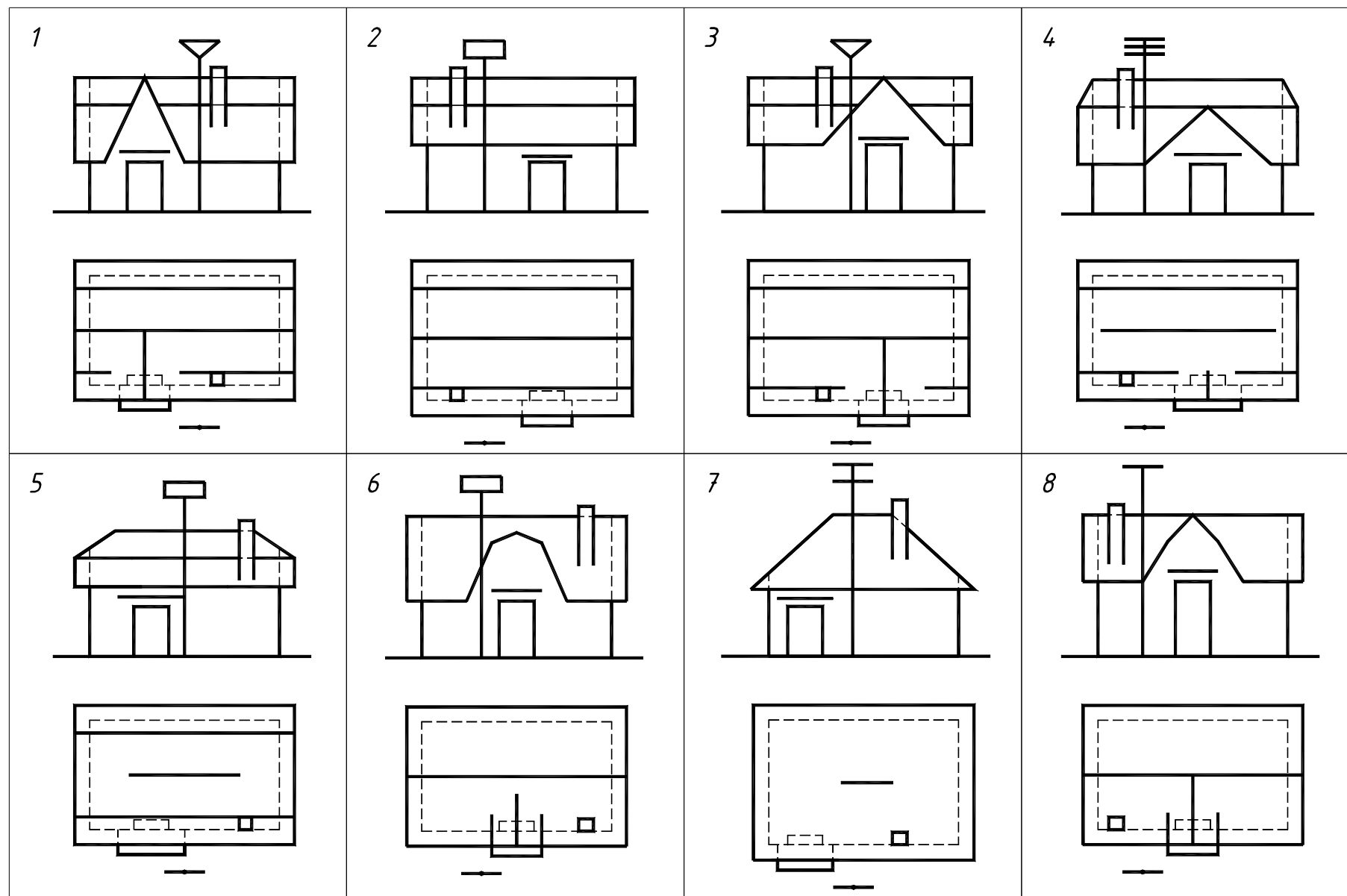
Рис. 67, б

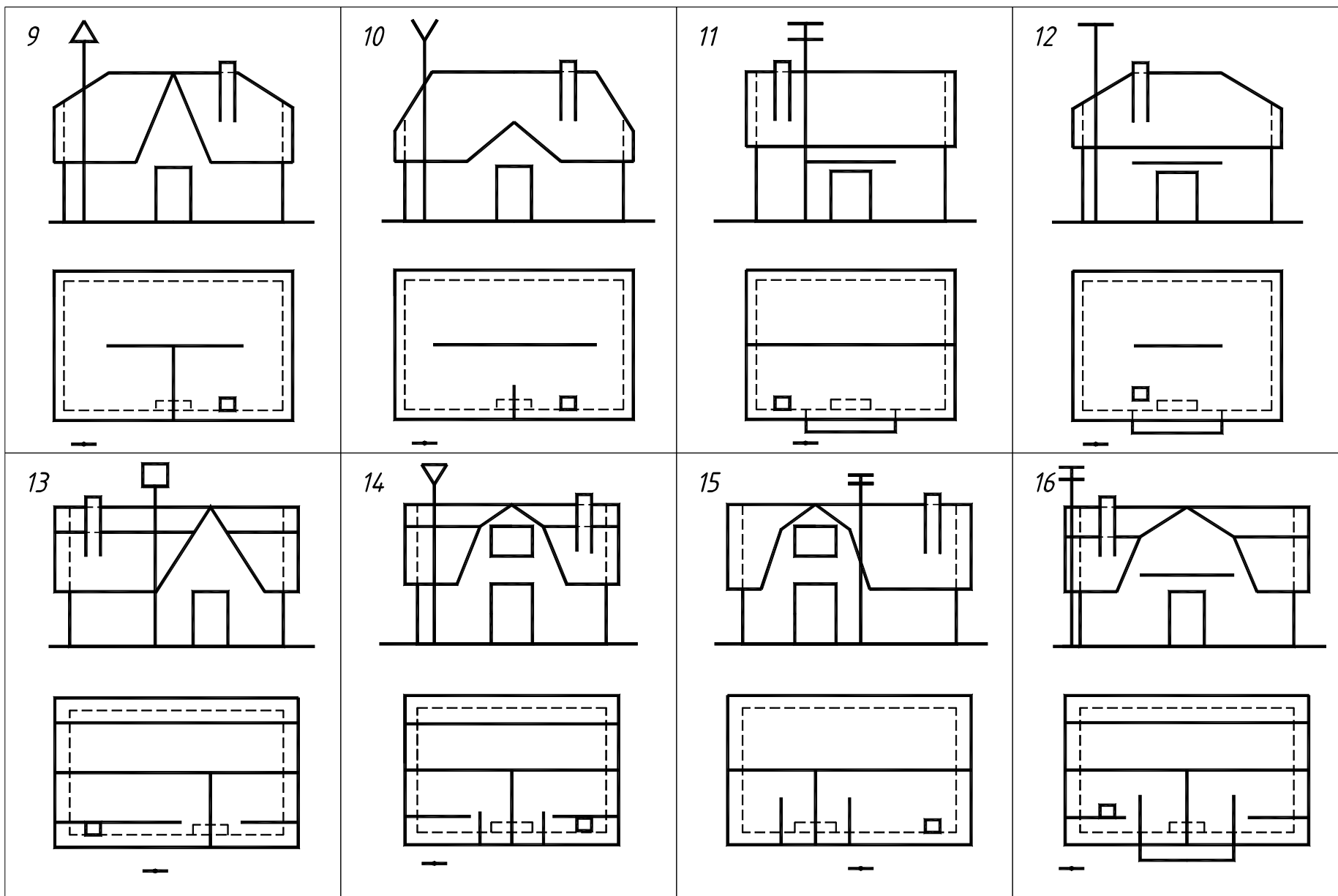


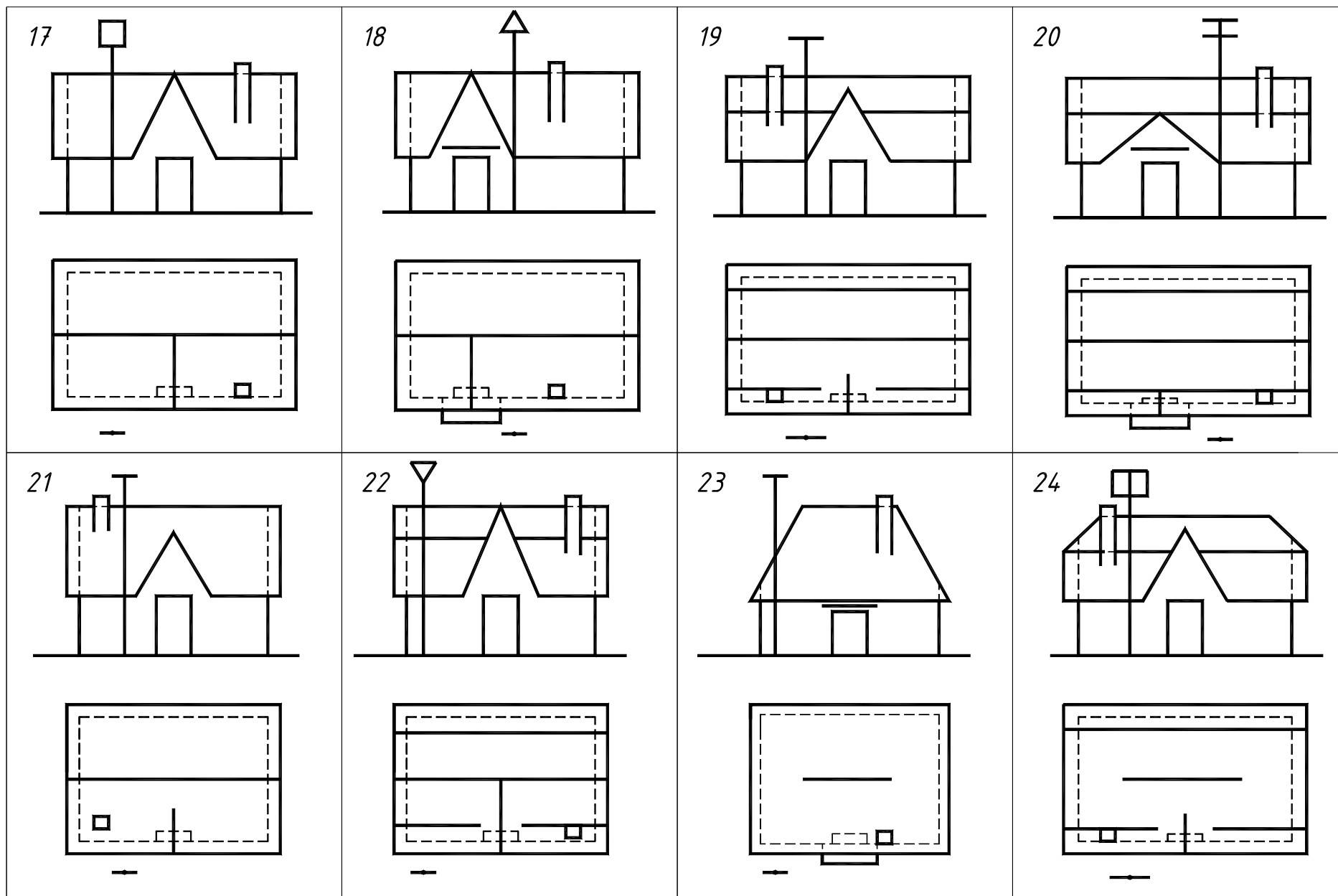
Основная надпись

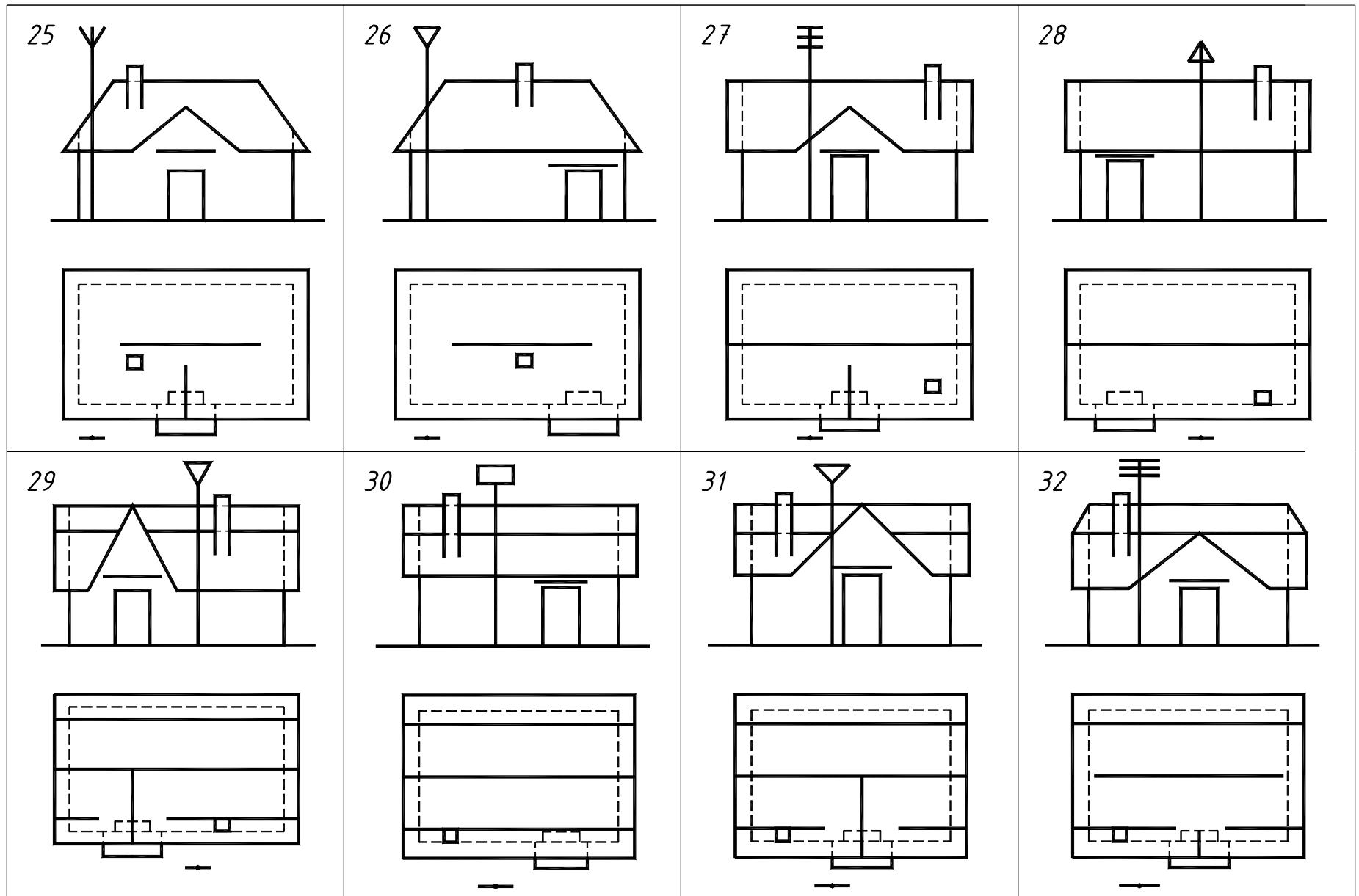
Рис. 68

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

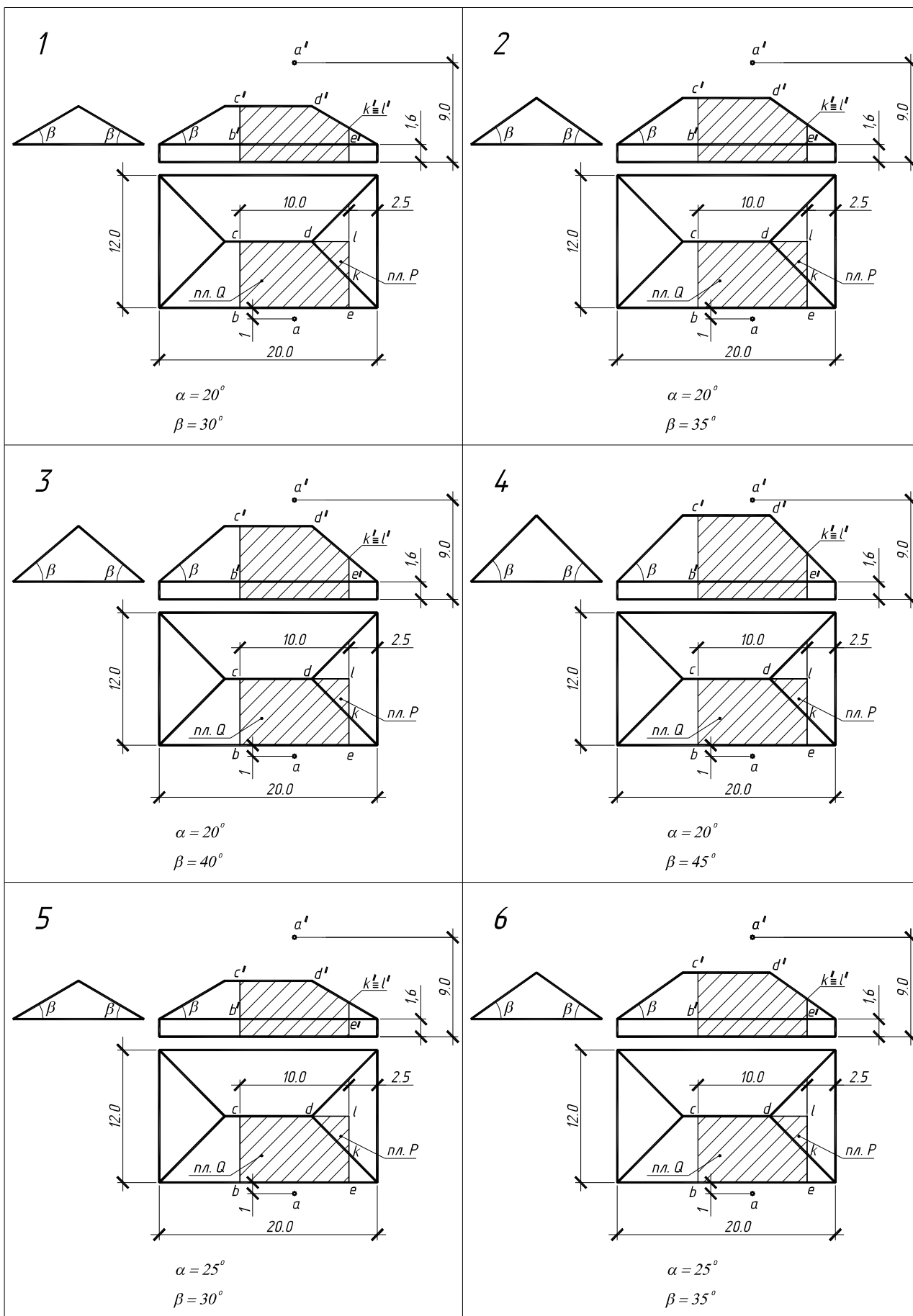


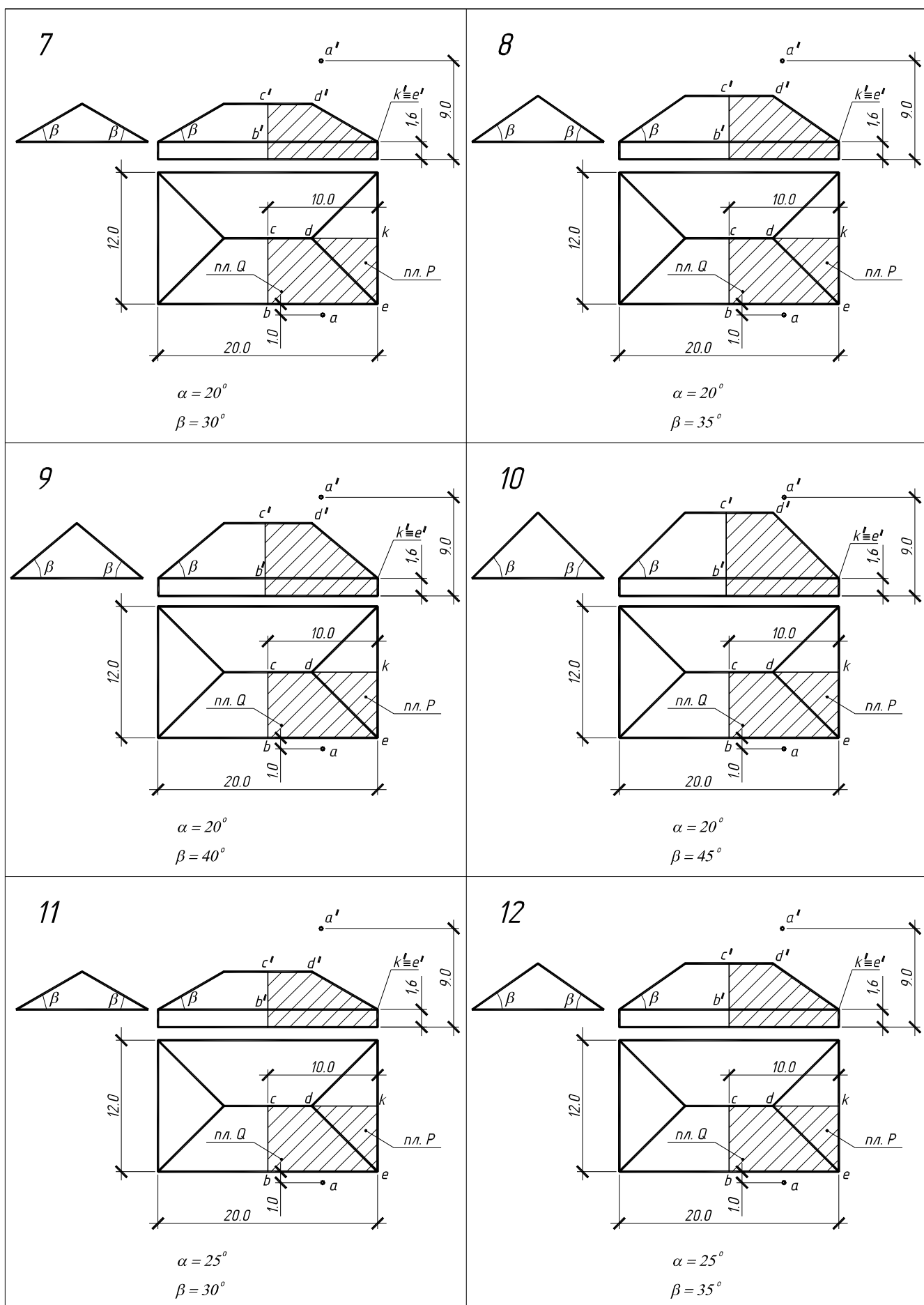




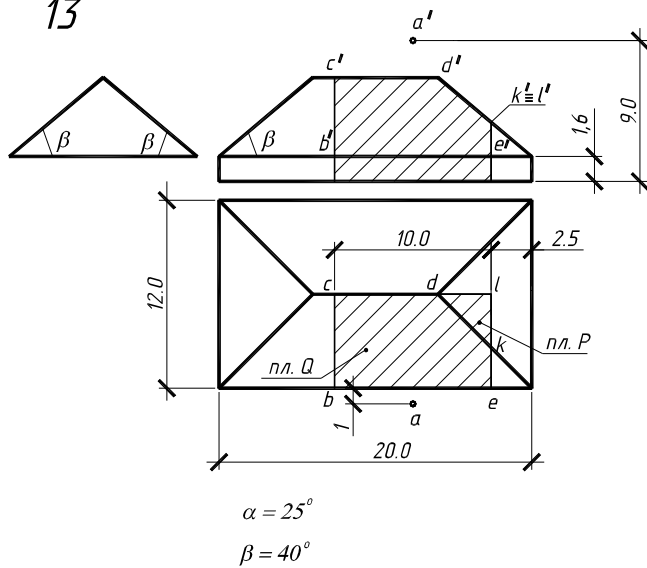


ПРИЛОЖЕНИЕ 2

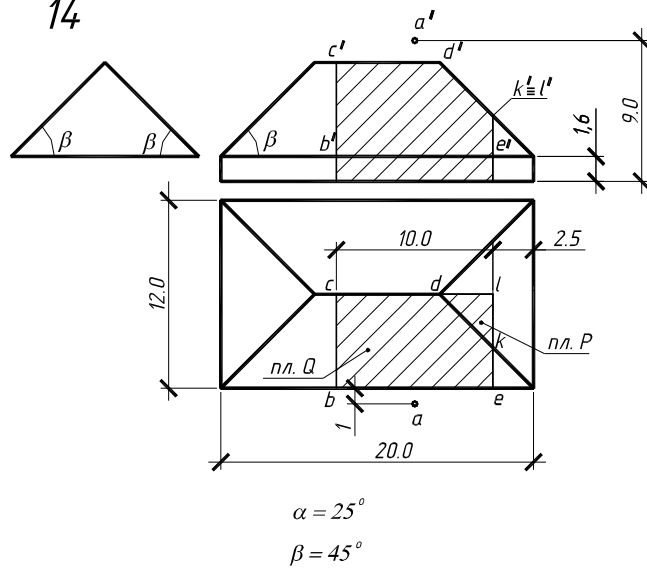




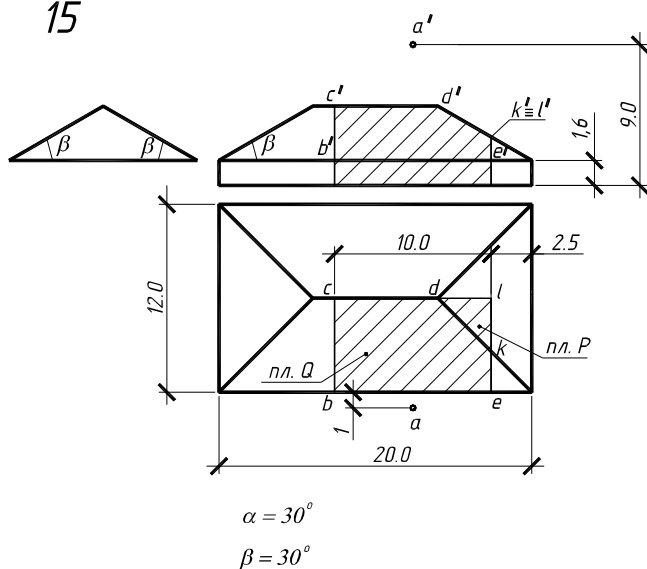
13



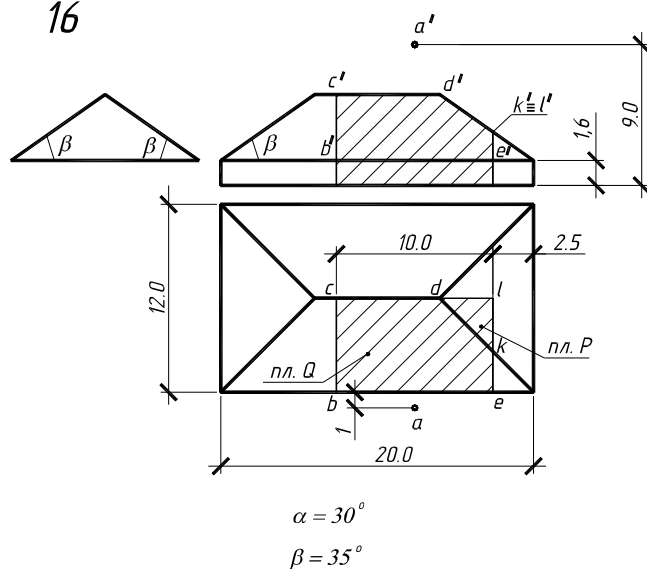
14



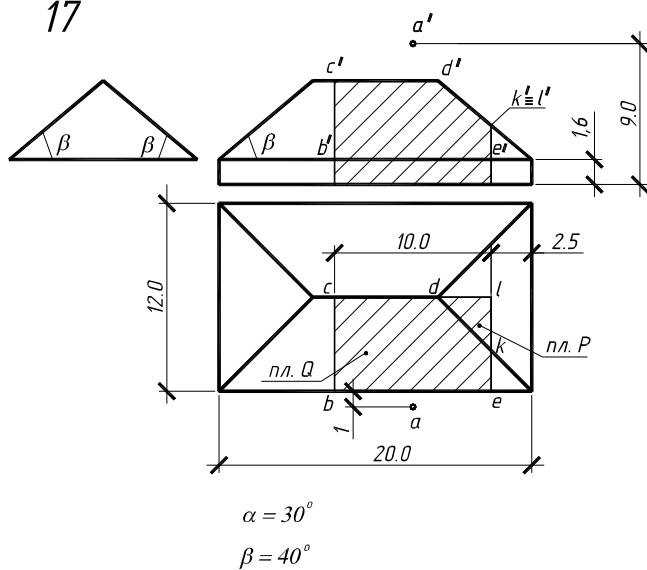
15



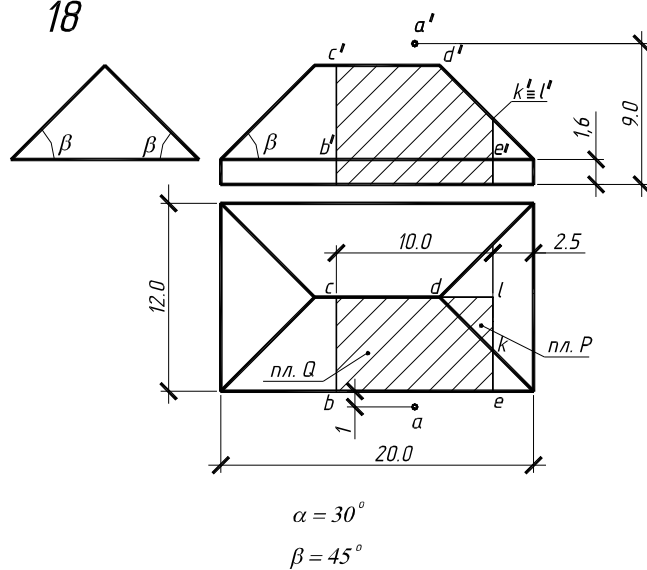
16

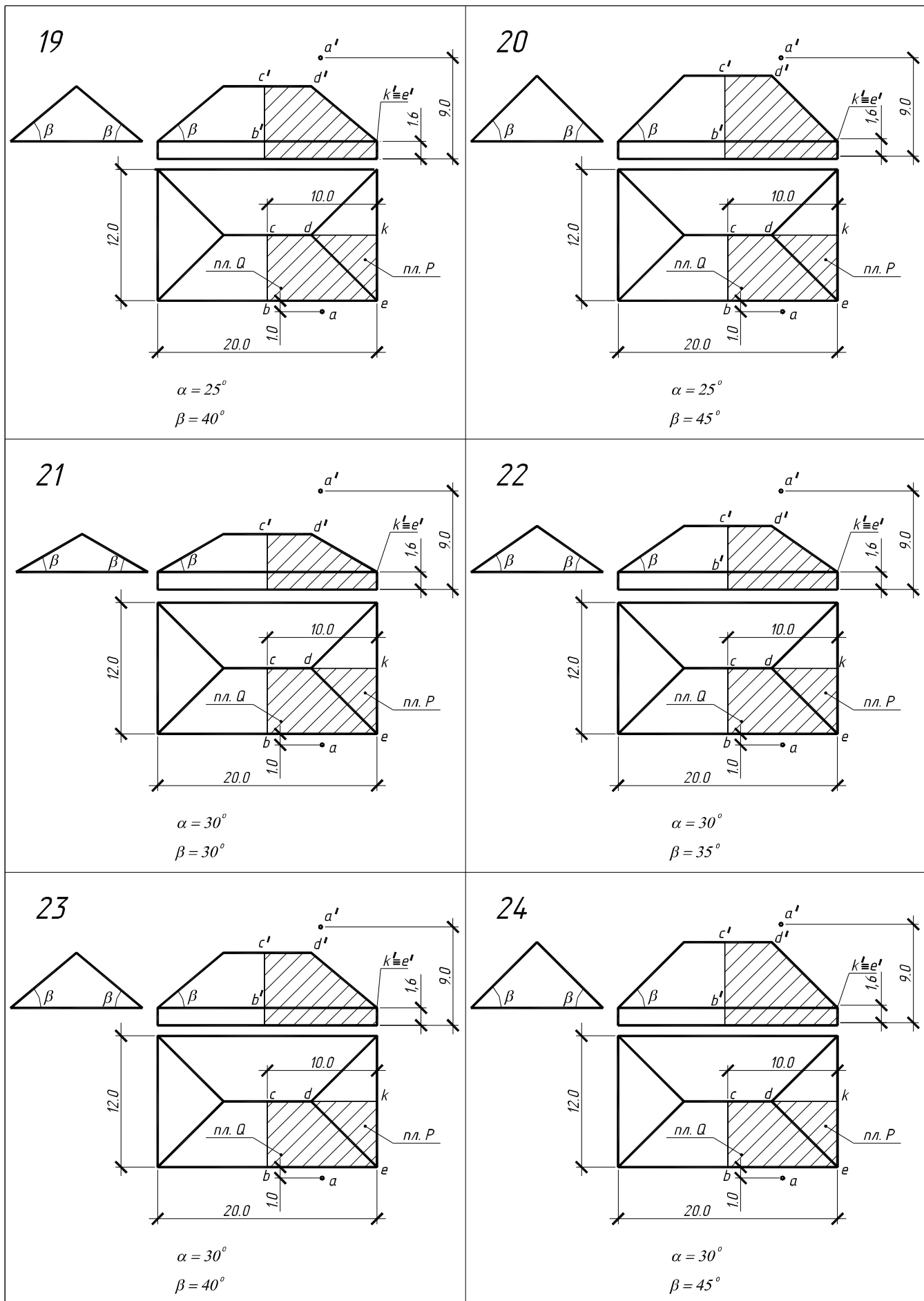


17

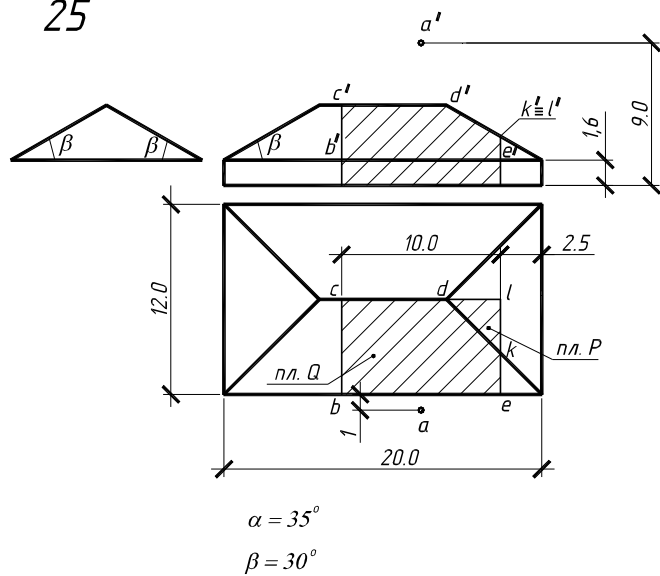


18

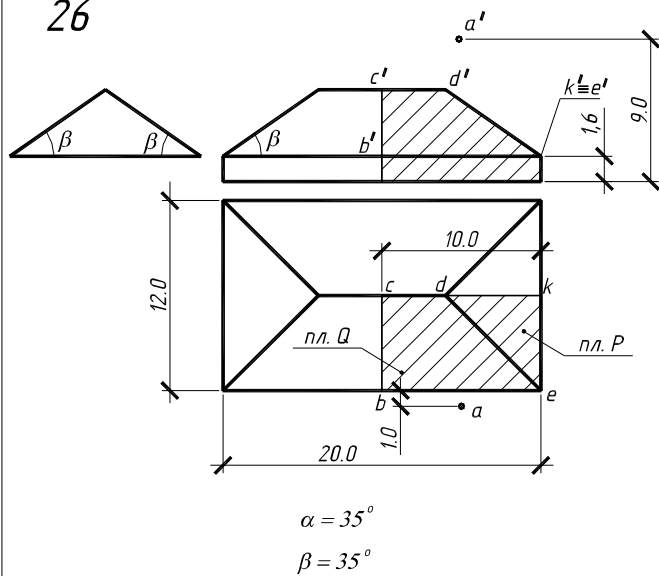




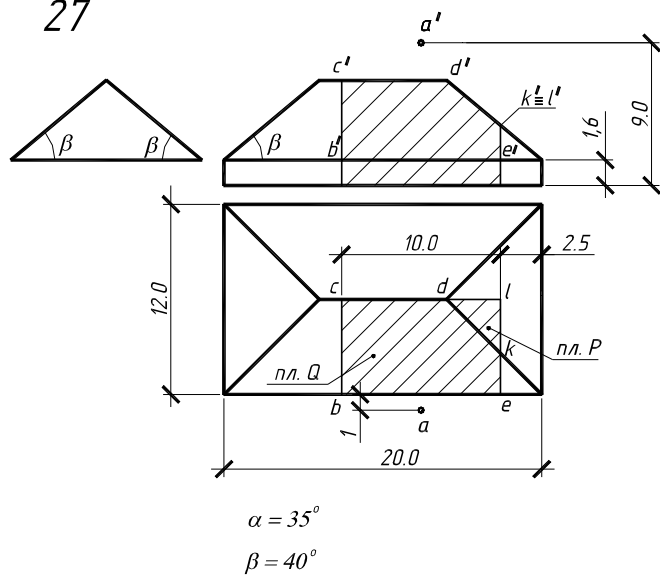
25



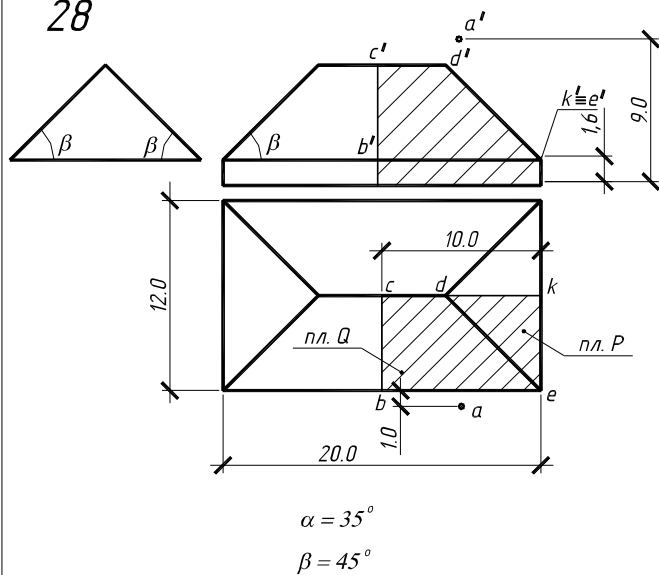
26



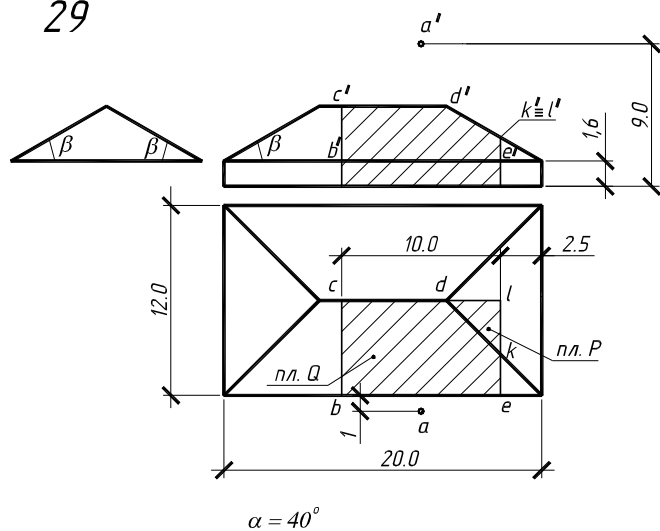
27



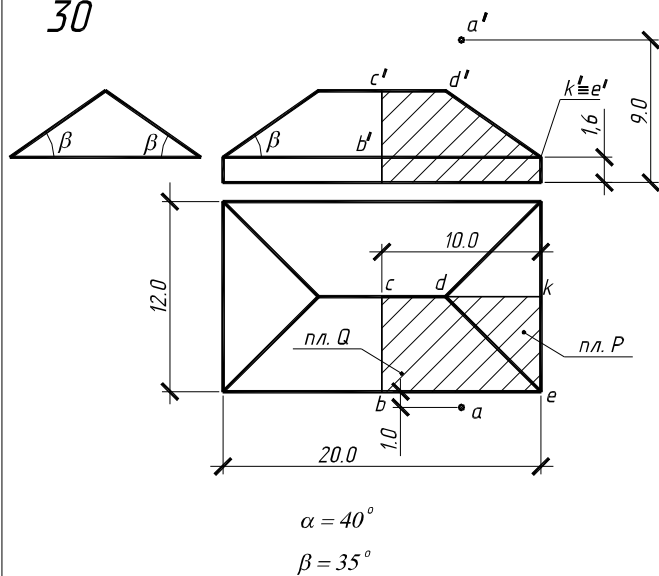
28



29

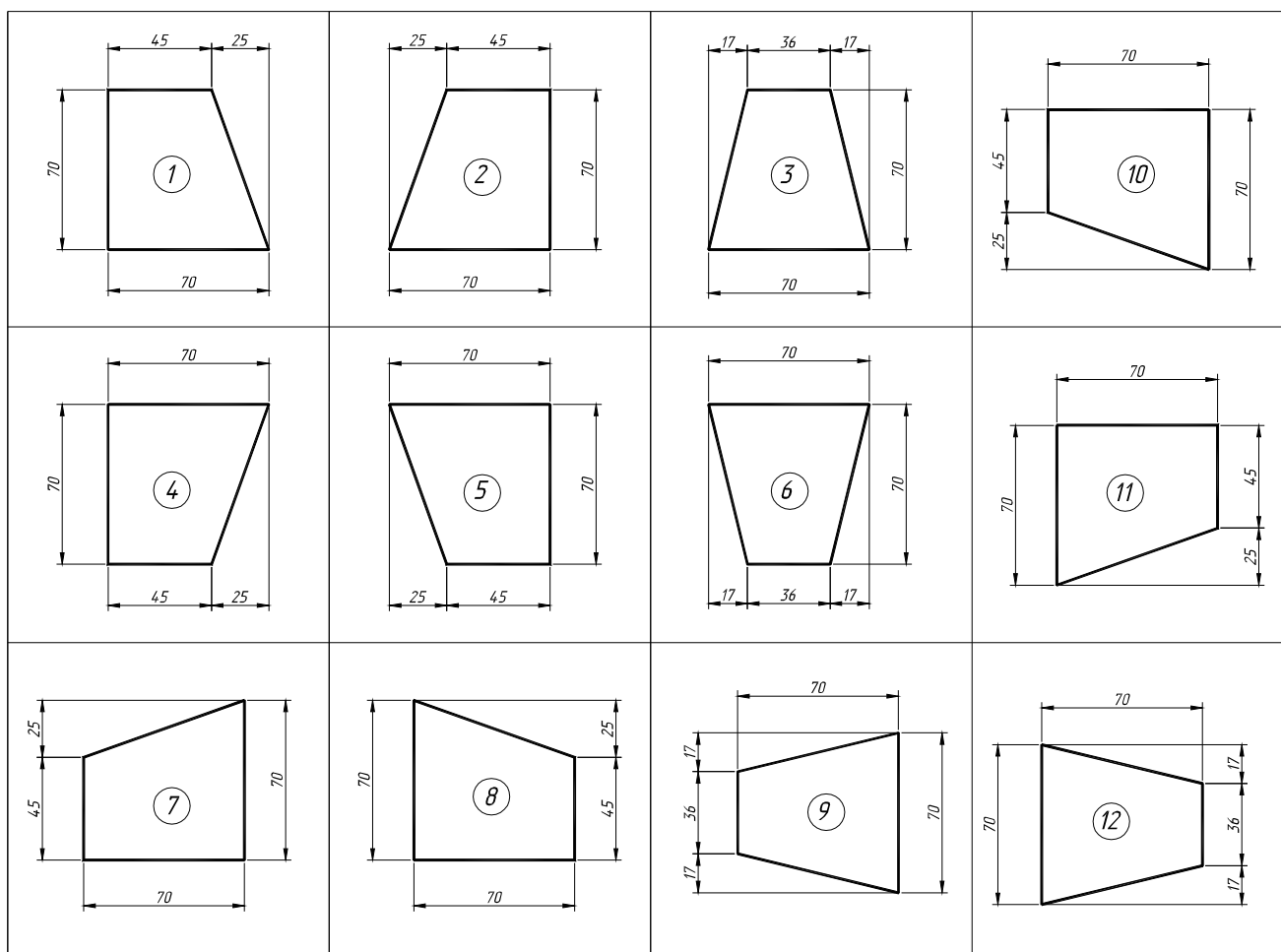


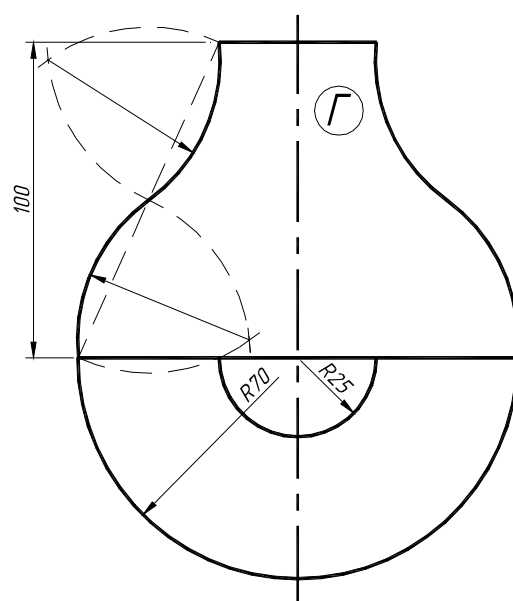
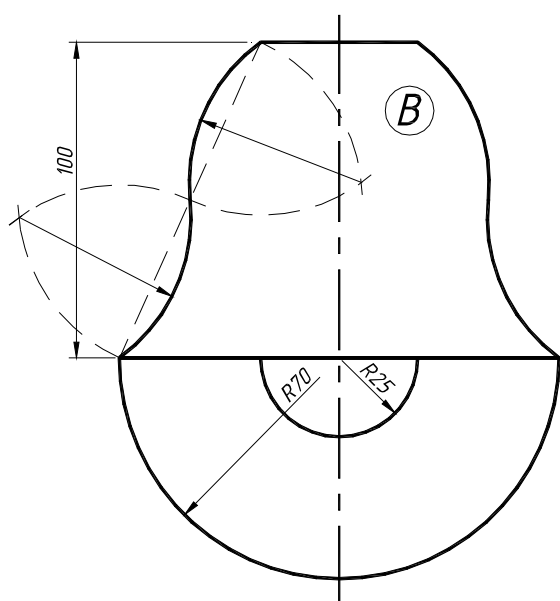
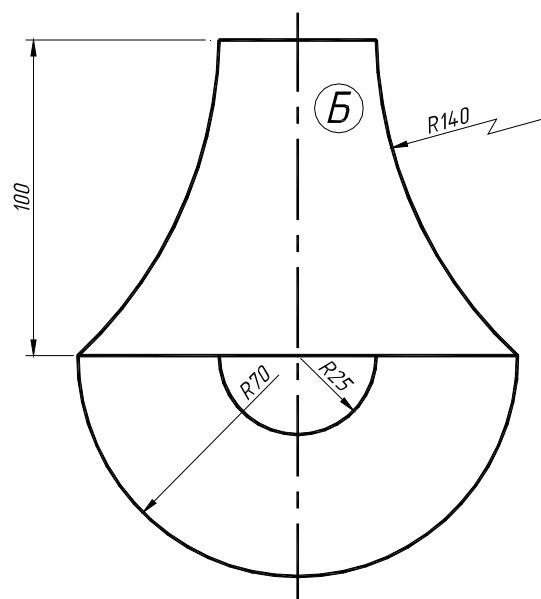
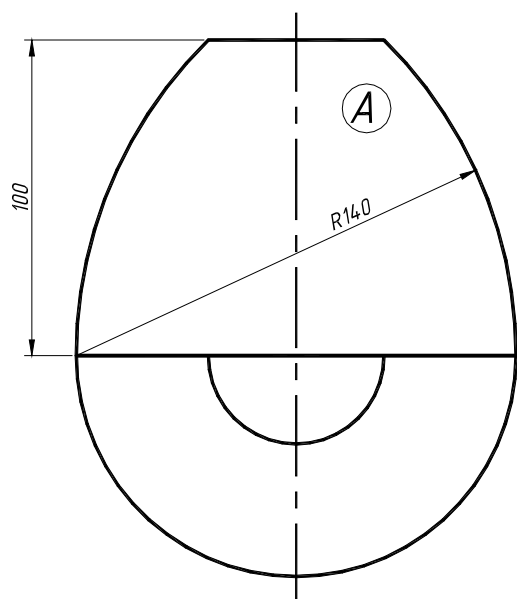
30

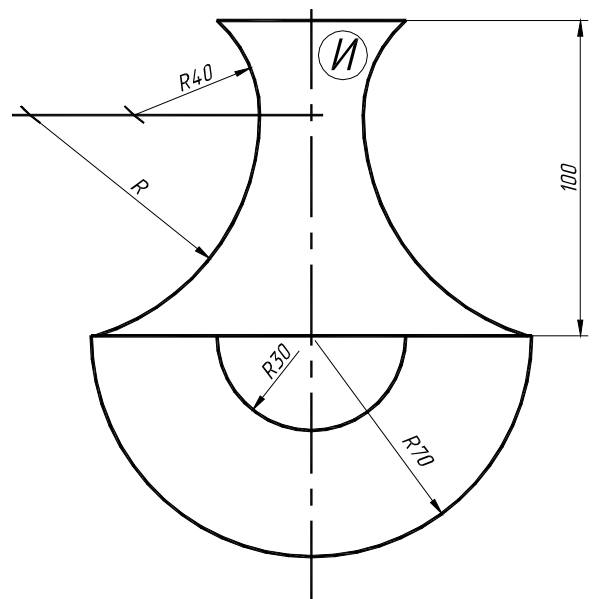
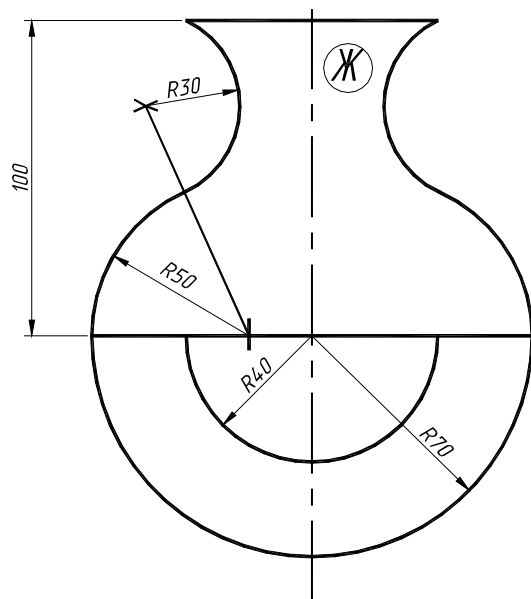
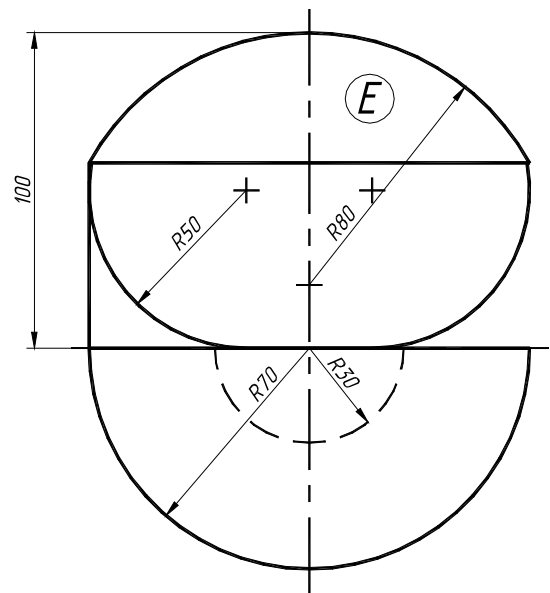
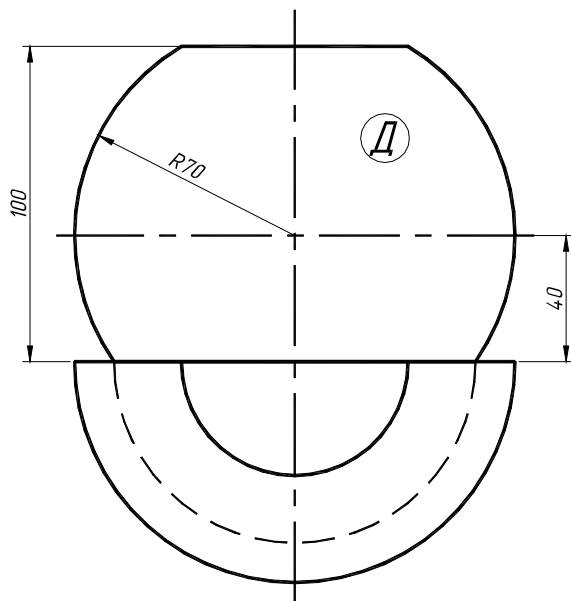


ПРИЛОЖЕНИЕ 3

№ варианта	№ поверхно-сти	№ плоскости	№ варианта	№ поверхно-сти	№ плоскости
1	А	1	16	И	4
2	Б	2	17	А	5
3	В	3	18	Б	6
4	Г	4	19	В	7
5	Д	5	20	Г	8
6	Е	6	21	Д	9
7	Ж	7	22	Е	10
8	И	8	23	Ж	11
9	А	9	24	И	12
10	Б	10	25	А	1
11	В	11	26	Б	2
12	Г	12	27	В	3
13	Д	1	28	Г	4
14	Е	2	29	Д	5
15	Ж	3	30	Е	6

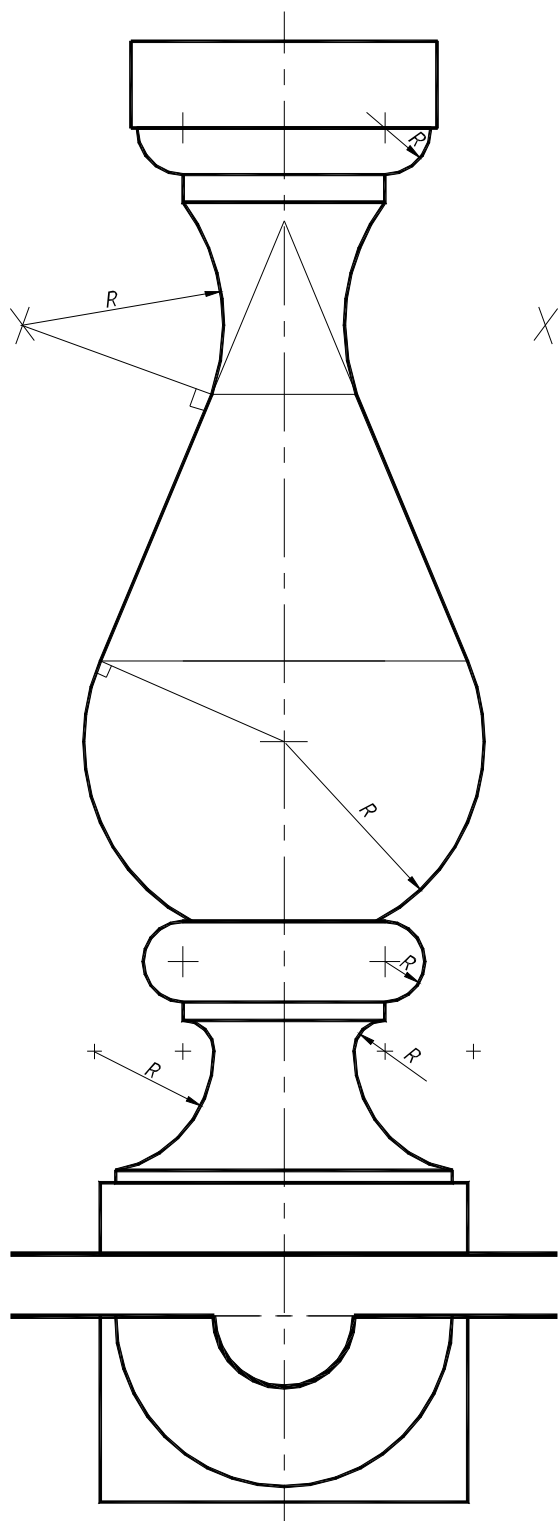




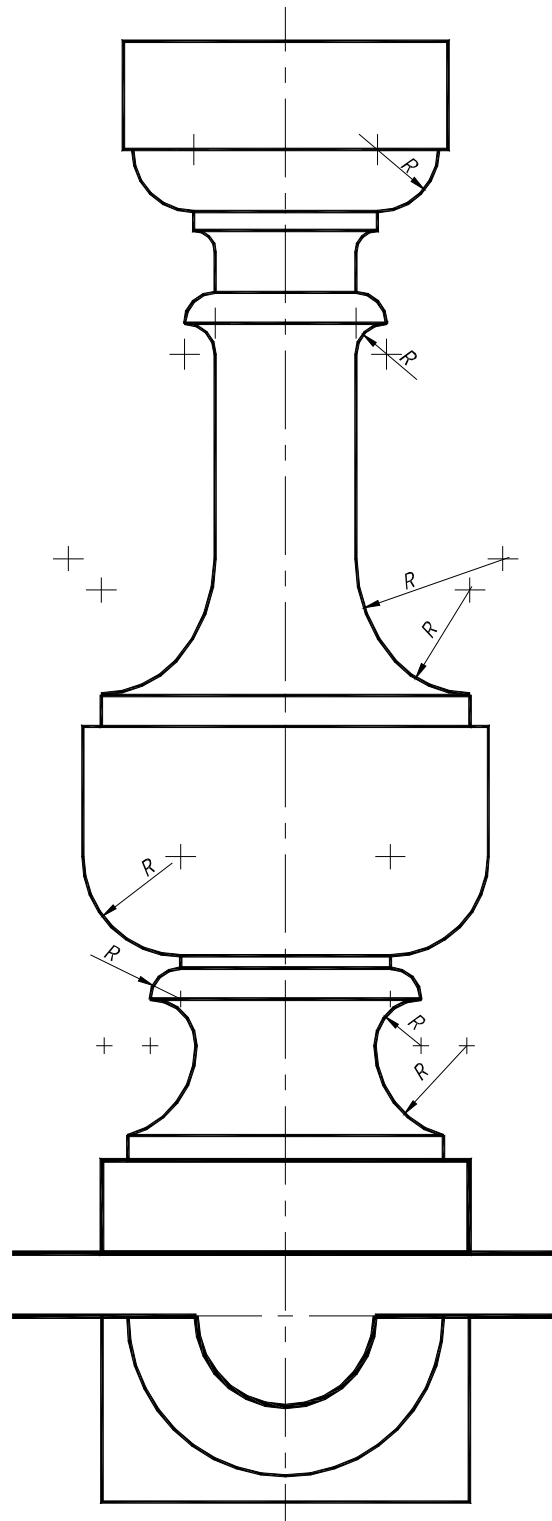


ПРИЛОЖЕНИЕ 4

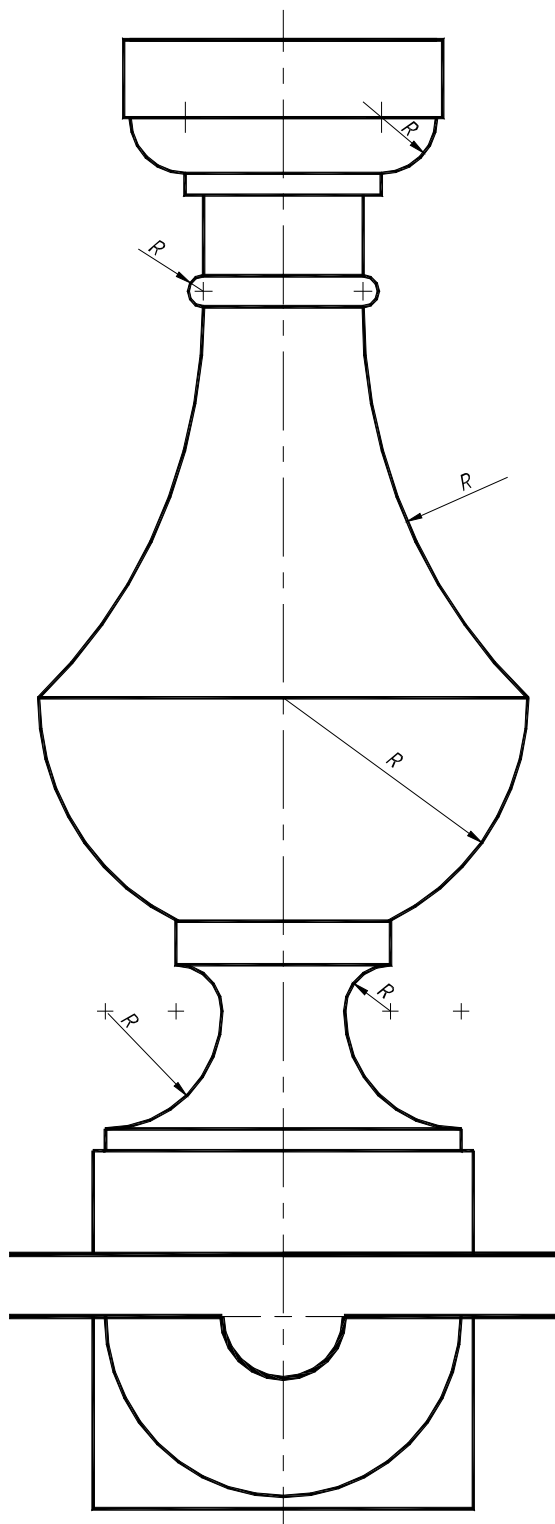
1, 7, 13, 19, 25



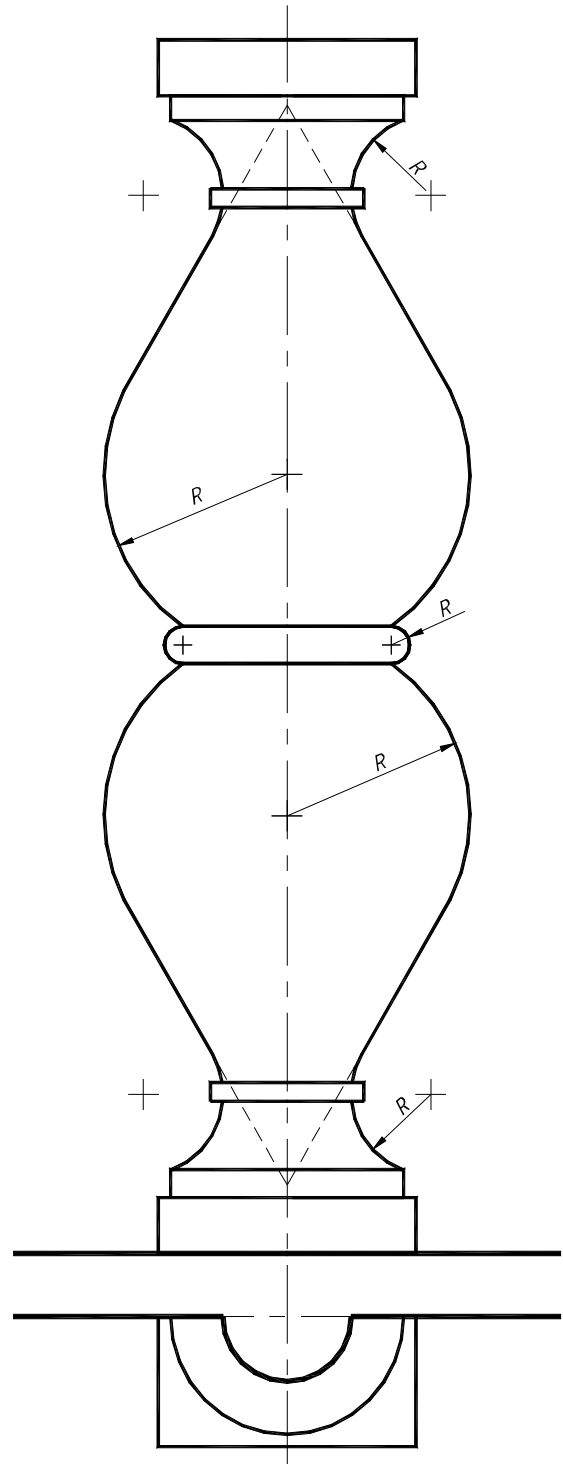
2, 8, 14, 20, 26



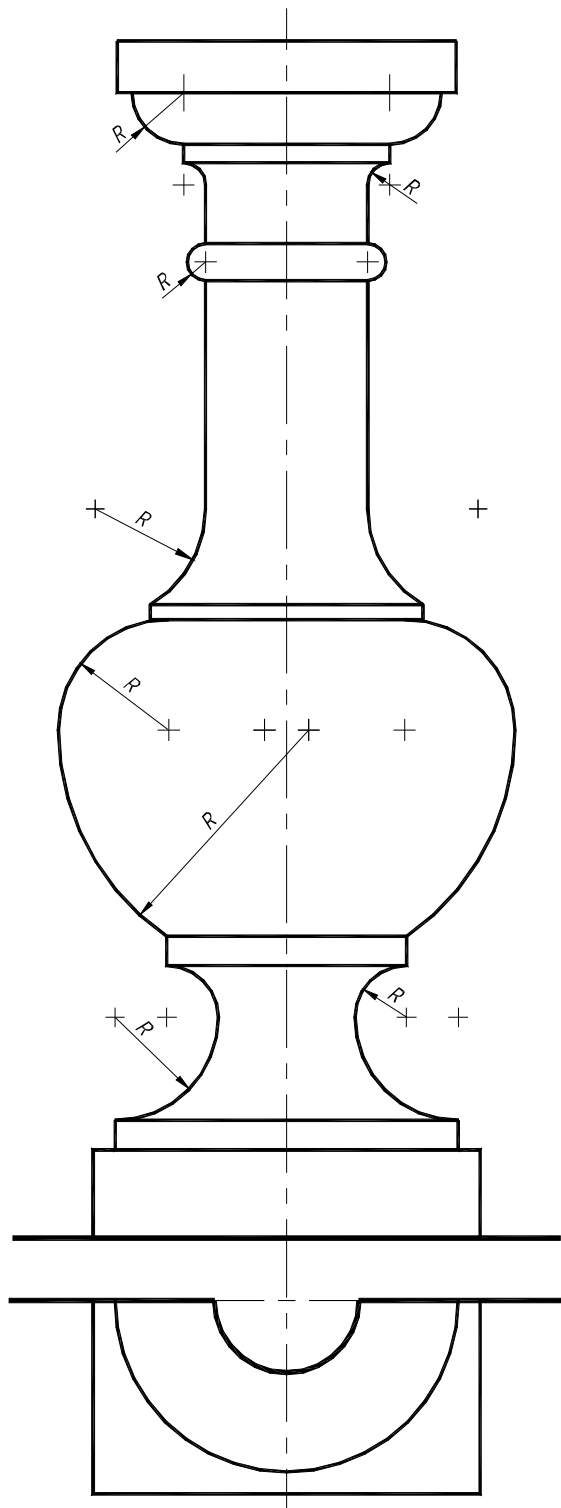
3, 9, 15, 21, 27



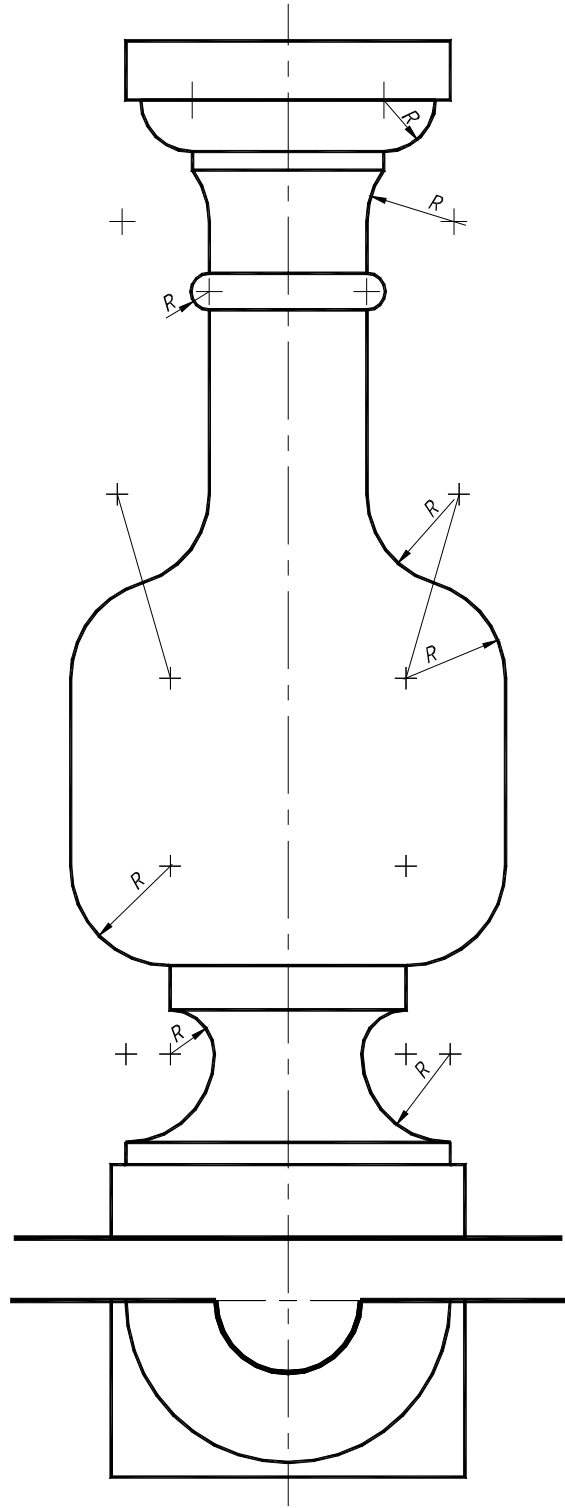
4, 10, 16, 22, 28



5, 11, 17, 23, 29



6, 12, 18, 24, 30



ЛИТЕРАТУРА

1. Климухин А.Г. Начертательная геометрия. – М.: Стройиздат, 1978. – 334 с.
2. Климухин А.Г. Тени и перспектива. – М.: Стройиздат, 1967. – 200 с.
3. Короев Ю.И. Начертательная геометрия. – М.: Стройиздат, 1987. – 319 с.

Учебное издание

Составители: Яромич Наталья Николаевна
Винник Наталья Семеновна

Методическое пособие

по начертательной геометрии по разделу “Тени в ортогональных проекциях”
для студентов специальности 1- 69 01 01 – «Архитектура»

Ответственный за выпуск: Яромич Н.Н.

Редактор: Строкач Т.В.
Техн. редактор: Никитчик А.Д.

Подписано к печати _____ г. Формат 60х84/8. Бумага писчая №1. Усл. п.л. 4.65.
Уч. изд. л. _____. Заказ № _____. Тираж _____. Отпечатанно на ризографе Брестского государственного технического университета. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.