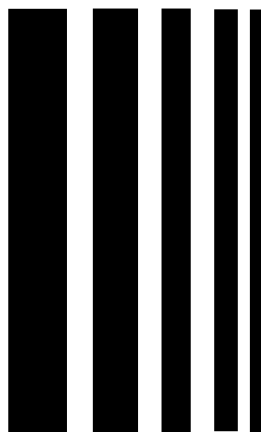


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя**



ВИКОНАННЯ ПРОЕКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ ФОРМ



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА ЗАВДАННЯ ДЛЯ
ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ
І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТАМИ ДЕННОЇ І ЗАОЧНОЇ
ФОРМИ НАВЧАННЯ**

З КУРСУ

ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА ТА САД СИСТЕМИ

**Тернопіль
2024**

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ**

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

**Упорядники: доц., к.х.н. Ковбашин В.І., доц., к.т.н. Пік А.І., доц., к.т.н.
Балабан С.М.**

**Рецензент: доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій
ТНТУ, доцент, к.т.н. Комар Р.В.**

Відповідальний за випуск: доц., к.т.н. Пік А.І.

**Методичний посібник розглянуто й затверджено на засіданні кафедри
конструювання верстатів, інструментів та машин, протокол №9 від 19.03
2024р.**

**Методичний посібник розглянуто та схвалено НМК факультету
інженерії машин, споруд та технологій, протокол №7 від 28.03 2024р.**

МЕТА ЗАВДАННЯ

Метою даного методичного посібника є надання допомоги у вивченні теми “Проекційне креслення” з курсу “Інженерна графіка та САД системи”. Ця тема висвітлює практичні методи побудови зображень просторових геометричних та технічних форм на комплексному кресленнику в ортогональних проекціях та аксонометрії. Студенти повинні вміти аналізувати просторові форми, правильно вибирати основний вигляд, виконувати розрізи, перерізи, обмірювати, наносити розміри з метою поглиблення знань, отриманих при виконанні робіт з теми “Геометричне креслення”.

1. ВИКОНАННЯ ПРОЕКЦІЙ ФІГУР

Будь-яке графічне зображення є сукупністю точок, прямих і кривих ліній. На кресленні кожна точка або лінія є проекцією тієї чи іншої частини (елемента) предмета: вершини, ребра, грані, кривої поверхні й т.д (рис.1).

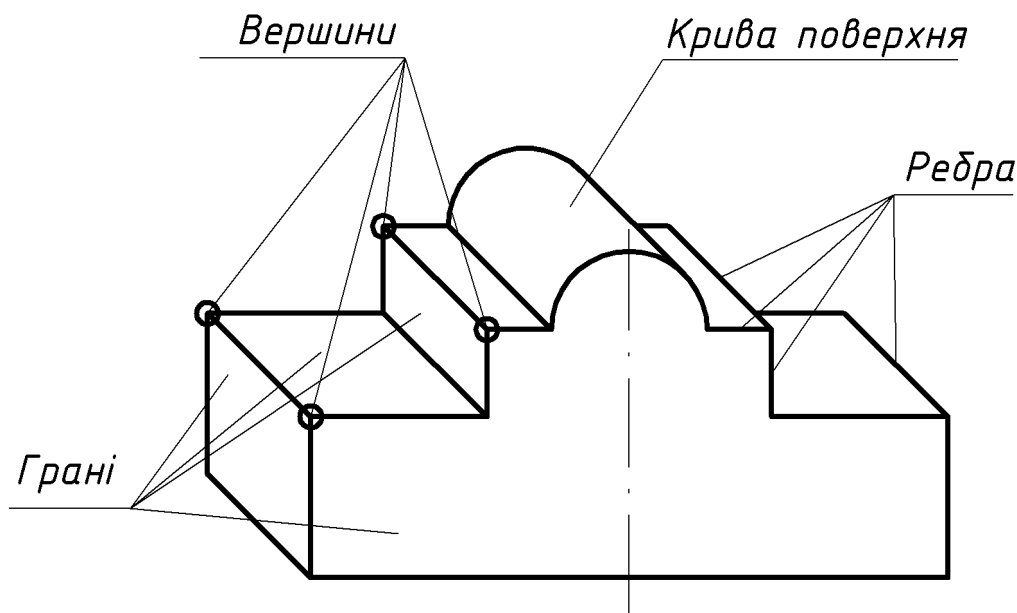


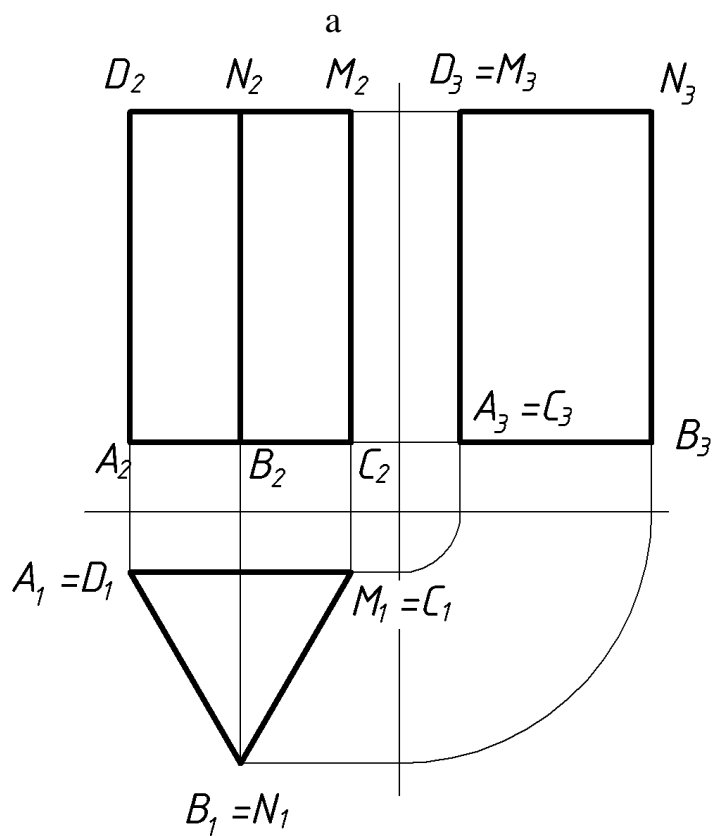
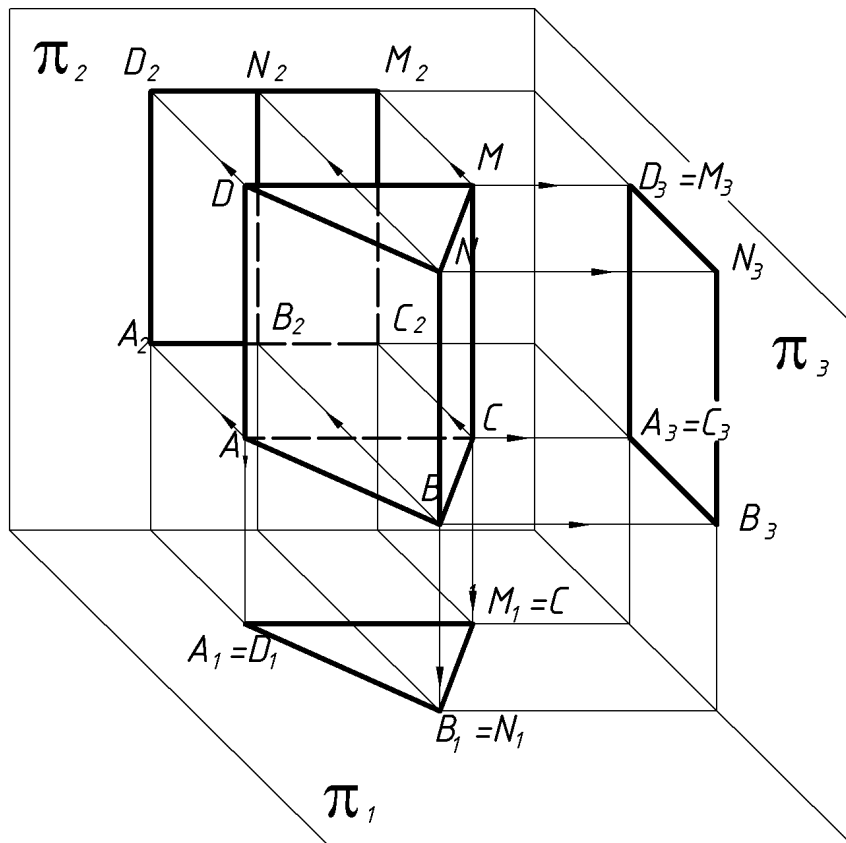
Рис. 1

Технічні деталі – це сполучення геометричних тіл. Їх можна поділити на дві групи: багатогранні та тіла обертання.

Геометричним тілом називають замкнену частину простору, обмежену плоскими або кривими поверхнями, які утворюються при русі будь-якої лінії (твірної) по іншій лінії. Якщо твірна лінія обертається навколо прямої, що називається віссю обертання, то отримане тіло називається тілом обертання.

Теоретичні основи методів і правил побудови проекцій геометричних тіл містить курс нарисної геометрії. Проте основні правила проектування окремих геометричних тіл варто нагадати.

Проектування призми. Поверхня призми утворюється двома багатокутними площинами–основами, і боковими чотирикутними площинами – гранями (рис.2а).



б
Рис. 2

Залежно від кількості кутів основи, призми поділяють на тригранні, чотиригранні, п'ятигранні й т.д. Призму називають правильною, якщо її основа –

правильний багатокутник, і прямою, якщо її бокові грані прямокутні чотирикутники. Характерними точками призми, що визначають її форму та розміри, є вершини А, В, С, D, М, N багатокутних основ. Тому, проектуючи призму, необхідно спроектувати на площини точки її вершин, а потім відповідно з'єднати їх прямими лініями (рис.2б). На рис.3а показано точку К на видимій боковій поверхні п'ятигранної призми. Так як призма пряма, горизонтальна проекція точки К знаходиться на контурі основи. Профільна – будується за допомогою постійної прямої креслення. На рис.3б показано точку К на видимій боковій поверхні чотиригранної призми. Профільну проекцію точки К визначають координатним методом.

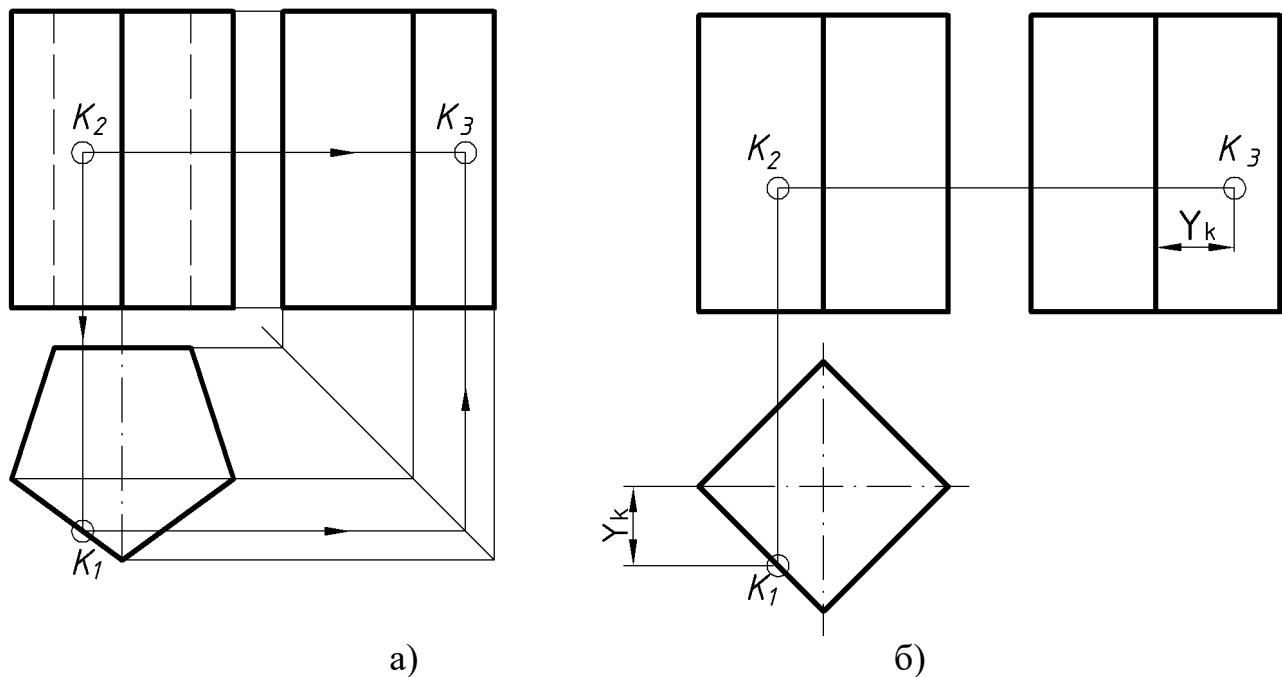
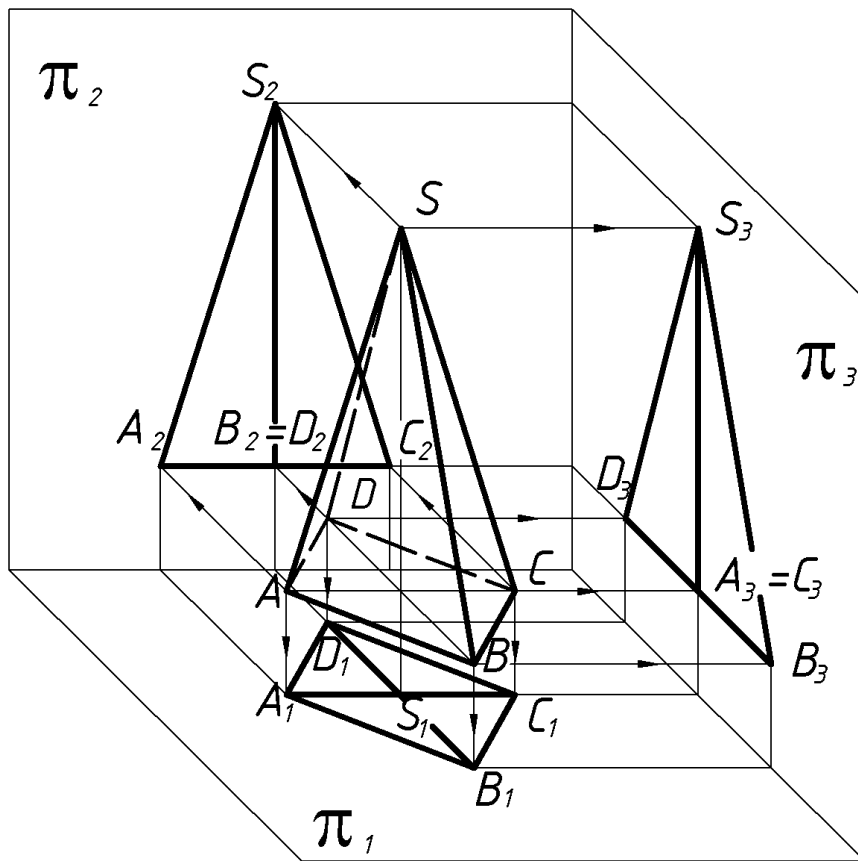


Рис.3

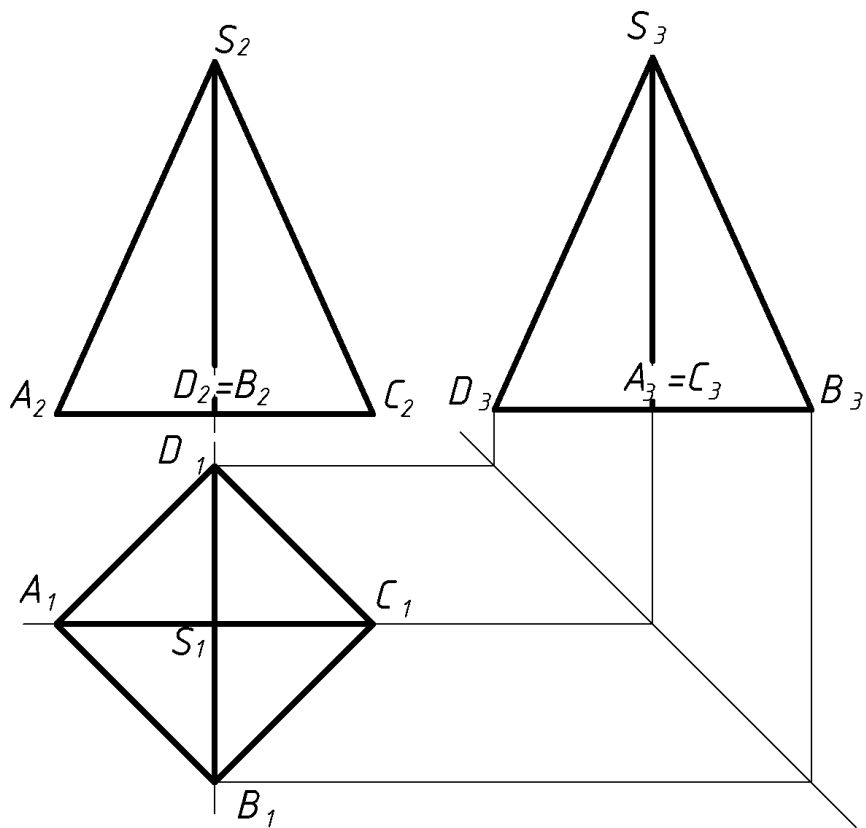
Проектування піраміди. Поверхня піраміди утворюється багатокутною основою і бічними трикутними гранями, які сходяться одним кутом у точці, що називається вершиною (рис. 4а).

Залежно від кількості кутів основи, піраміди поділяють на тригранні, чотиригранні, п'ятигранні й т.д. Висотою піраміди вважають перпендикуляр, проведений з вершини S на її основу. Піраміду називають правильною, якщо в її основі лежить правильний багатокутник, і прямою, якщо її висота проходить через центр ваги основи.

Проектуючи піраміду, її основу слід розміщувати паралельно горизонтальній площині проєкцій. Потім проектують точки, що визначають її форму та розміри. Це – вершини кутів основи А, В, С, D і вершина S (рис.4б).



a



б
Рис. 4

Отримані проєкції точок відповідно з'єднуються між собою прямими. На горизонтальну площину проєкцій піраміда проєктується в багатокутник з лініями, що сходяться від кожного кута в центральній точці. На фронтальній і профільній проєкціях піраміда проєктується в трикутник або трикутники (що мають спільні сторони) залежно від кількості граней піраміди й розміщення її в просторі. На рис. 5 показано точку, що належить боковій видимій грані піраміди. Для її знаходження на горизонтальній проєкції можна скористатися прямою на грані піраміди (рис. 5а) або січною площиною (рис. 5б). Для знаходження профільної проєкції використано координатний метод.

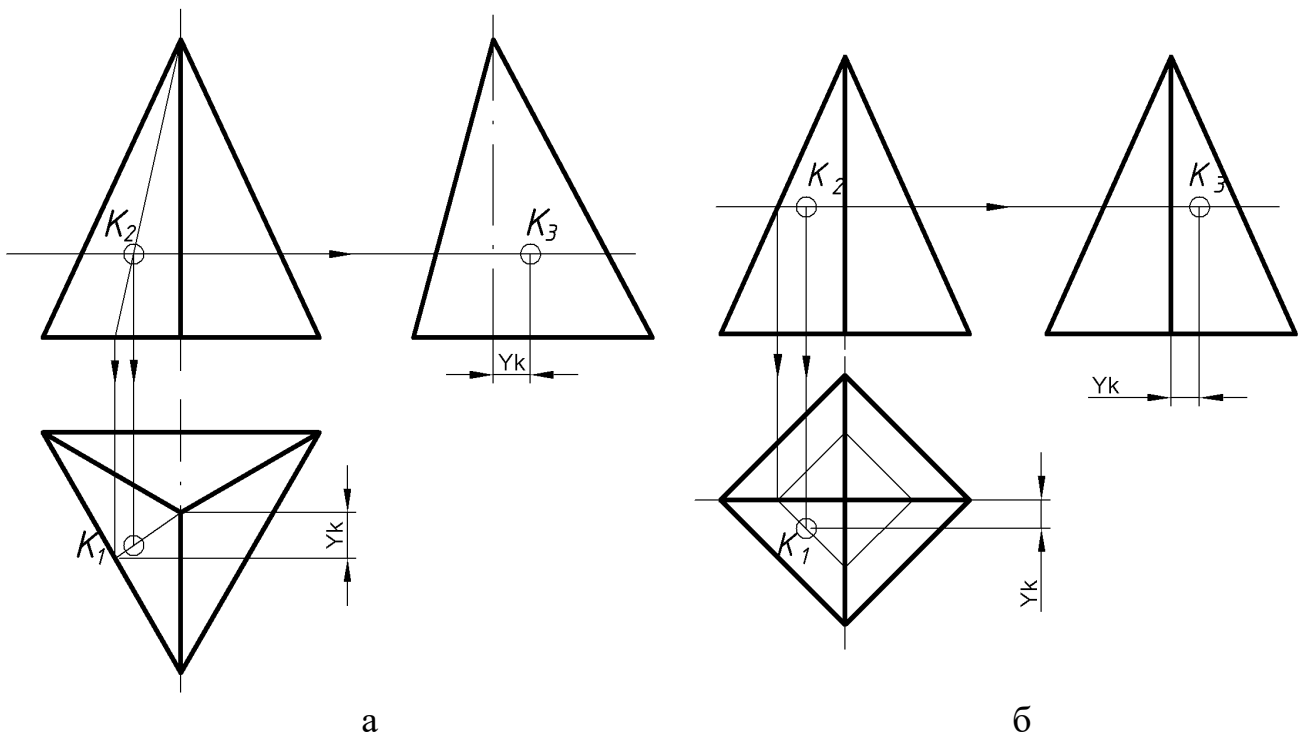


Рис.5

Проектування циліндра. Поверхня прямого кругового циліндра може бути утворена обертанням прямокутника навколо однієї його сторони (рис. 6а).

Верхня і нижня основи циліндра розміщуються паралельно і мають форму кола. На фронтальну та профільну площини проєкцій циліндр проєктується у прямокутники, на горизонтальну – в коло. На рис. 6б показано точку K на бічній видимій поверхні циліндра. На горизонтальній проєкції вона проєктується на коло, а її профільна проєкція знаходиться координатним способом.

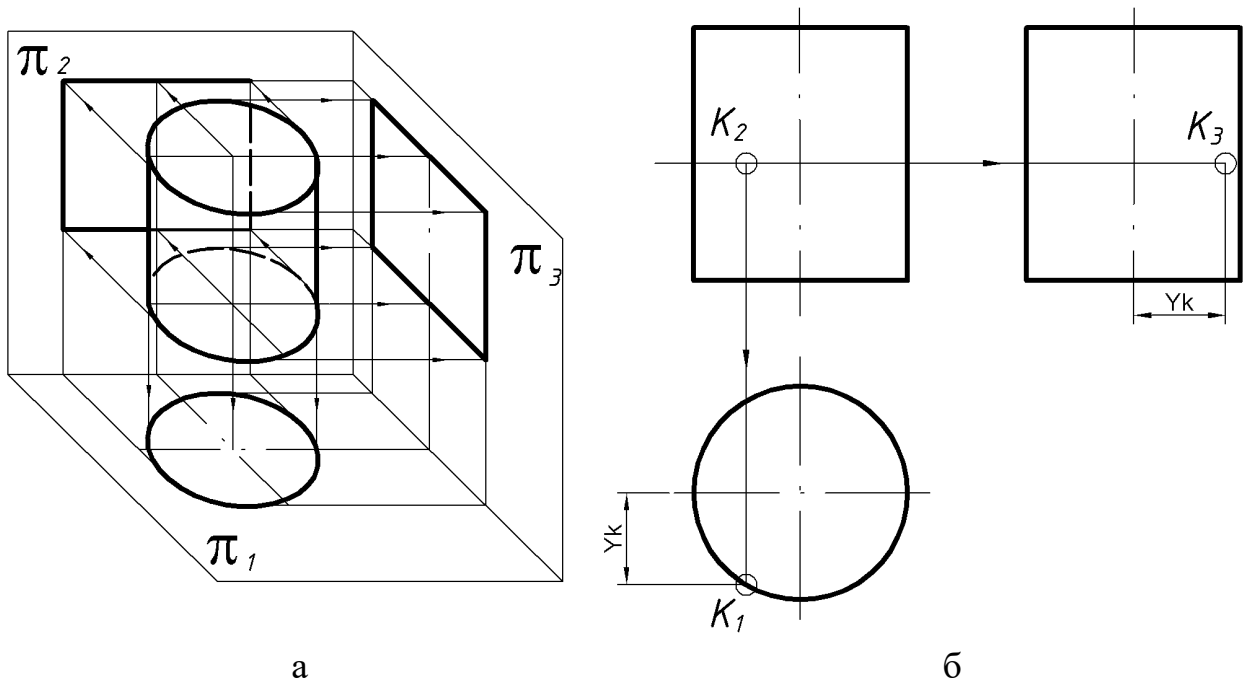


Рис. 6

Проектування конуса. Поверхня прямого кругового конуса може бути утворена обертанням прямокутного трикутника навколо одного з його катетів. Тоді гіпотенуза утворює бокову поверхню конуса, а інший катет – основу (рис. 7а). Якщо розмістити основу конуса паралельно горизонтальній площині проєкцій, то на цю площину він проєкується у вигляді кола. На фронтальній і профільній проєкціях конус буде мати вигляд однакових трикутників (рис. 7б).

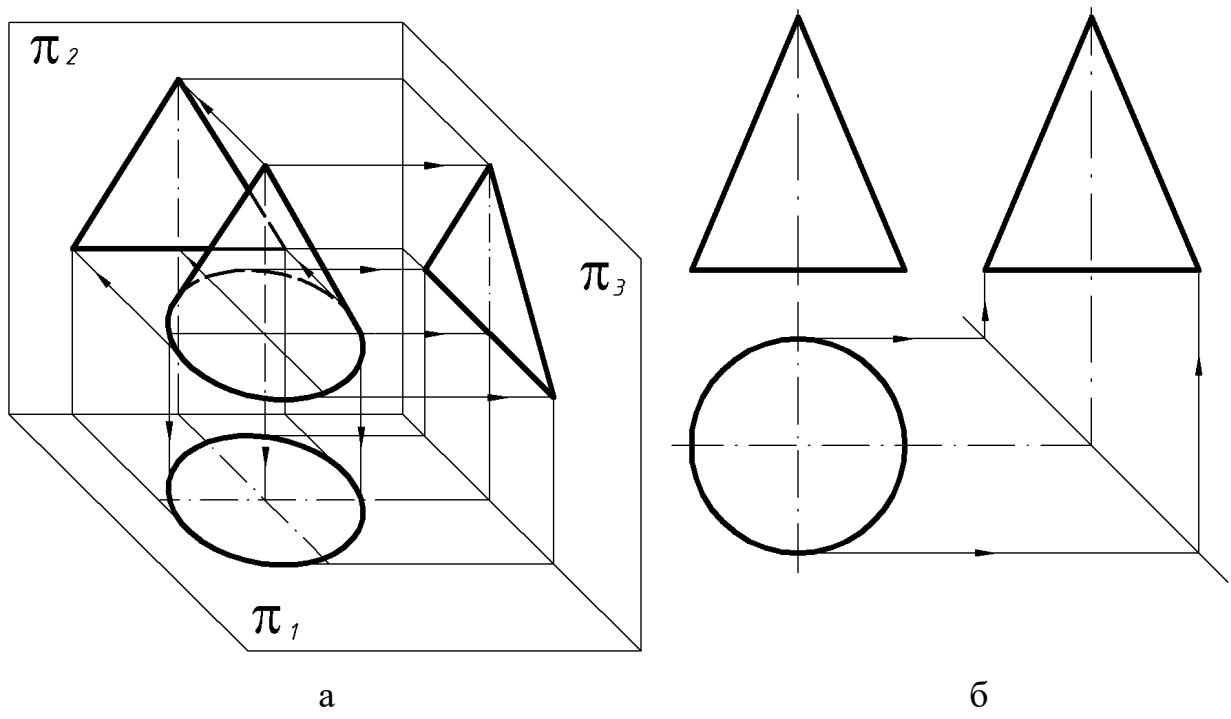


Рис. 7

На рис.8 показано побудову проєкцій точки K , що належить бічній видимій поверхні конуса. Горизонтальні проєкції побудовані за допомогою січної площини (рис. 8а) та твірної (рис. 8б). Профільні проєкції визначено координатним методом.

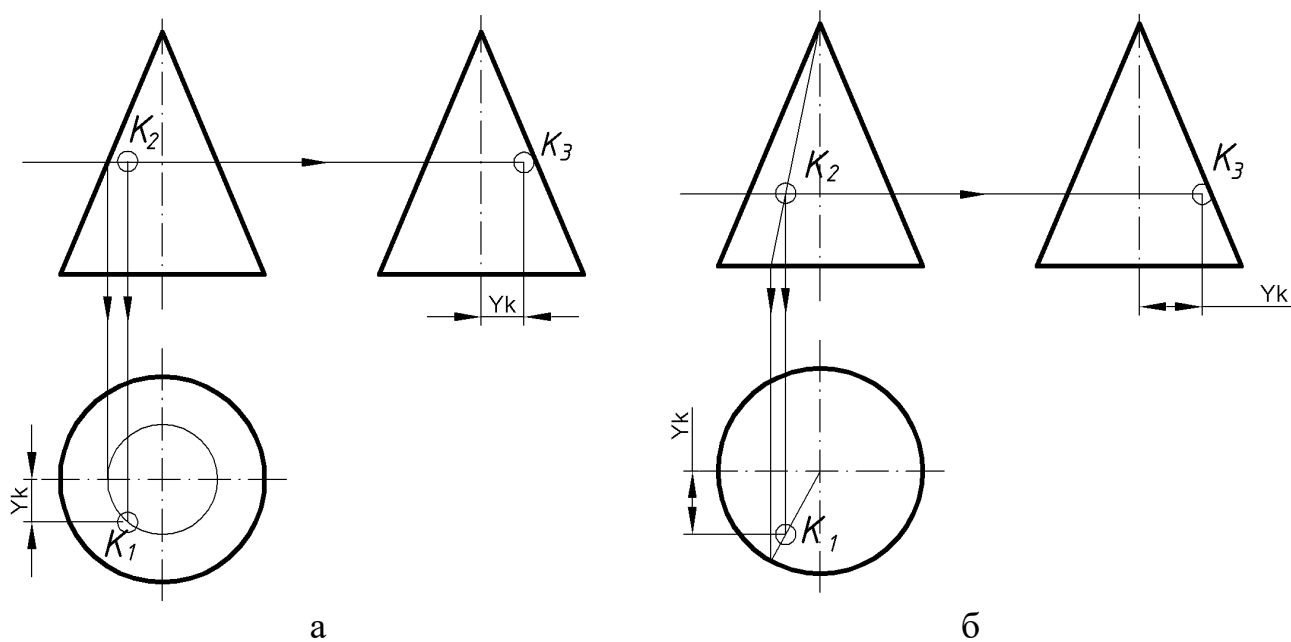


Рис. 8

Проектування сфери. Поверхня сфери може бути утворена обертанням півкола навколо його діаметра (рис. 9).

Сфера на всі три площини проєкцій проектується у вигляді кола. Точка K , що належить видимій поверхні сфери на горизонтальній проєкції, знаходиться за допомогою січної площини, яка розрізає сферу по колу радіусом R , і яке на горизонтальну площину проєкцій проектується в дійсну величину. Спроектувавши точку на це коло, отримаємо її горизонтальну проєкцію. Профільну проєкцію знаходимо одним із відомих методів.

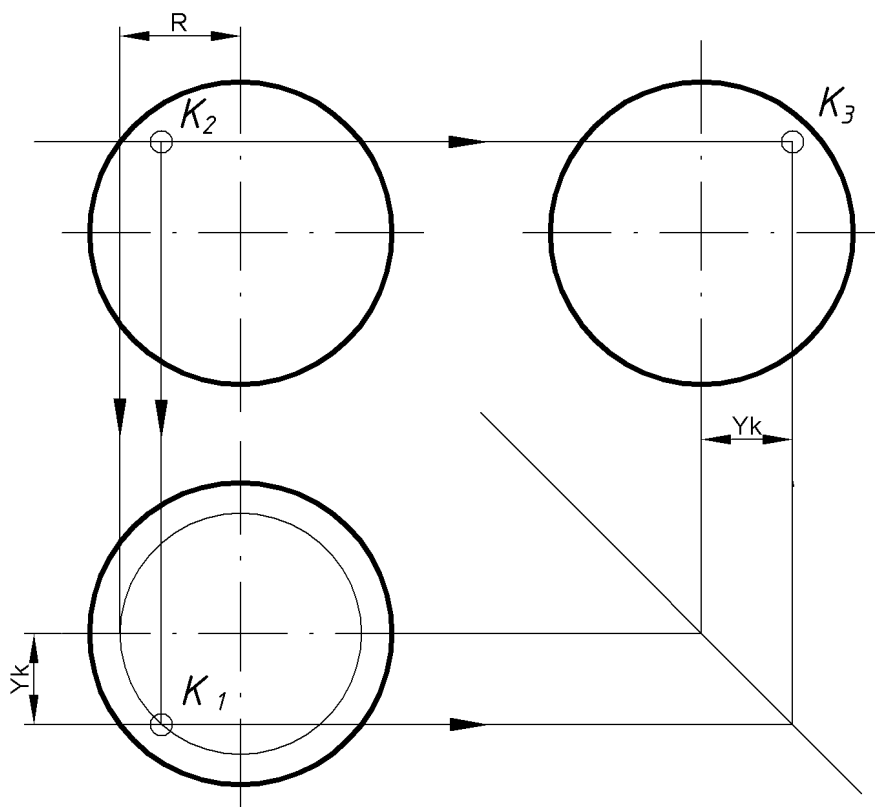


Рис. 9

У цьому розділі розглянуто основні геометричні фігури та точки на них. Уміння знаходити проєкції точки потрібне для виконання геометричних побудов на знаходження ліній перетину фігур, побудови похилих перерізів і т.д.

2. ПОБУДОВА ПОХИЛИХ ПЕРЕРІЗІВ

При проектуванні різних технічних форм часто необхідно будувати різні види розрізів, перерізів, зрізів, вирізів і т.д. Усі побудови лінії перетину та зрізу зводяться до знаходження характерних і проміжних точок. До характерних точок відносять найвищі та найнижчі точки кривої перерізу, крайні точки зліва, справа, зверху, знизу, точки, що розмежовують видимі та невидимі частини ліній тощо. До проміжних відносять точки, що належать лінії і знаходяться між характерними.

Залежно від виду поверхонь, які перетинаються площинами, утворюються різні види ліній перерізу. Пропонуємо розглянути побудову перетинів деяких простих геометричних форм площинами.

2.1. Перетин циліндра площиною

При перетині прямого кругового циліндра площиною, яка паралельна його осі (переріз А-А), бокова поверхня перетинається по твірних прямим лініям (рис. 10). При перетині утворюється прямокутник, в якому дві сторони дорівнюють

висоті циліндра, а дві інші – відстані M_1N_1 . Якщо січна площина розміщена перпендикулярно до осі циліндра (переріз Б-Б), то його бічна поверхня перетинається по колу. При перетині циліндра площиною, яка похила до осі циліндра (переріз В-В), бічна поверхня буде перетинатися по еліпсу. Перетин площини перерізу з віссю циліндра визначить центр еліпса – точка O . Відстань між точками 1_2 та 2_2 на лінії площини перерізу визначить велику вісь еліпса. Мала вісь еліпса (відстань між точками 3_1 та 4_1) буде перпендикулярна до великої і дорівнюватиме діаметру кола основи циліндра. Натуральну величину перерізу циліндра похилою площиною будуюмо так.

На вільному місці поля кресленика паралельно лінії перерізу В-В проводимо вісь перетину. На ній позначаємо центр еліпса – т.О. Від точки O уздовж осі відкладаємо великі пів осі $O1=O_21_2$ та $O2=O_22_2$. Мала вісь буде на прямій, перпендикулярній до великої. Від т.О відкладаємо величини малих пів осей $O3=O_13_1$ та $O4=O_14_1$. За великою 1-2 і малою 3-4 осями будуюмо еліпс.

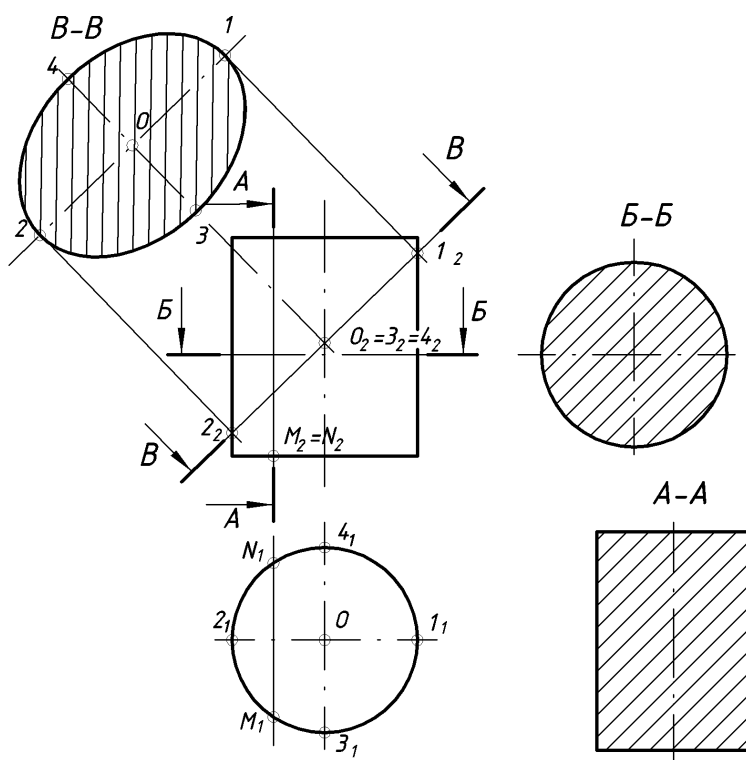


Рис. 10

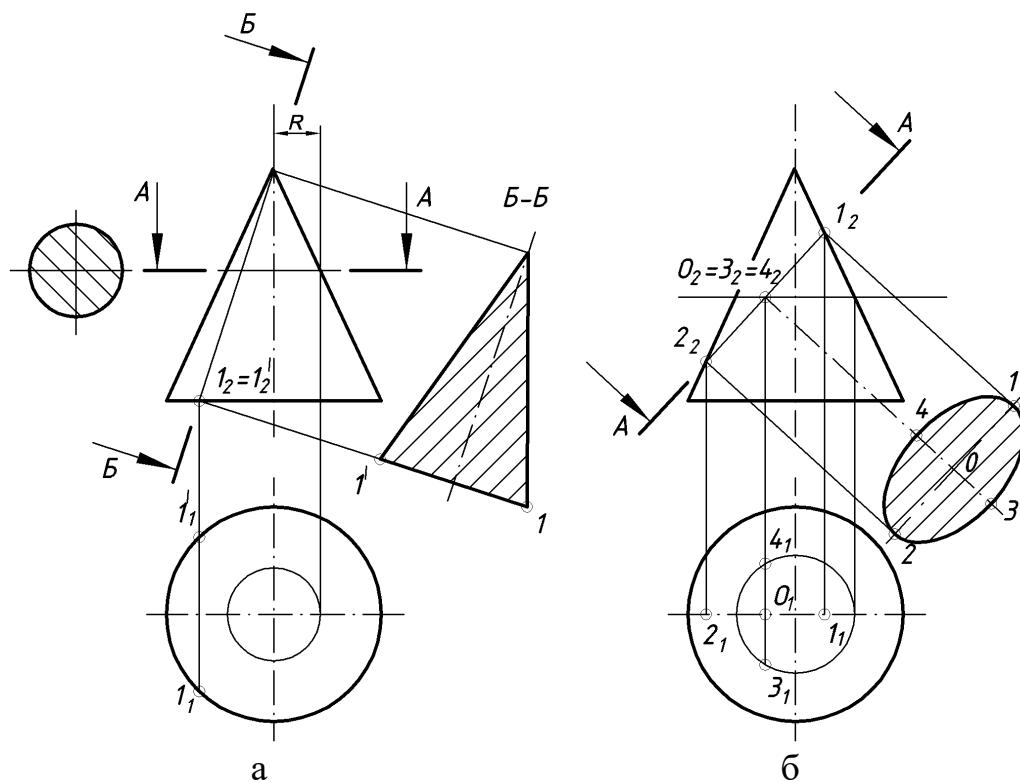
2.2. Перетин конуса площиною

Залежно від розміщення січної площини конічна поверхня може перетинатися: а) по колу, коли площина перпендикулярна осі конуса; б) по прямим твірним, якщо площина проходить через вершину конуса; в) по еліпсу, якщо площина перетинає всі твірні конуса; г) по параболі, якщо площина паралельна одній твірній конуса; д) по гіперболі, якщо площина паралельна до твірної конуса.

Центр кола при перетині площиною, перпендикулярною осі конуса (переріз А–А, рис. 11а), знаходиться на перетині осі конуса й січної площини, а радіус дорівнює відстані від осі конуса до його крайньої твірної (рис. 11а).

При перетині площиною, яка проходить через вершину й перетинає конус по прямим твірним (переріз Б–Б) утворюється рівнобедрений трикутник, дві сторони якого співпадають із крайніми твірними конуса, а третя $1-1'$ дорівнює відстані між точками 1_1 та $1'_1$, взятими з горизонтальної проекції (рис. 11а).

У випадку перетину січною площиною, яка перетинає всі твірні конуса (переріз А–А) утворюється еліпс (рис. 11б). Відстань 1_2-2_2 між крайніми твірними вздовж січної площини на фронтальній проекції визначить велику вісь еліпса $1-2$. Центр еліпса – точку O визначають поділом великої осі навпіл. Мала вісь $3-4$ перпендикулярна до великої. На фронтальній проекції вона проектується в точку $3_2=4_2$, а її натуральна величина дорівнює відрізку 3_1-4_1 . Точки 3_1 та 4_1 на горизонтальній проекції знайдені за допомогою кола, як точки, що належать конусу. Побудова натуральної величини косою перерізу виконуються аналогічно як при перетині циліндра похилою площиною.



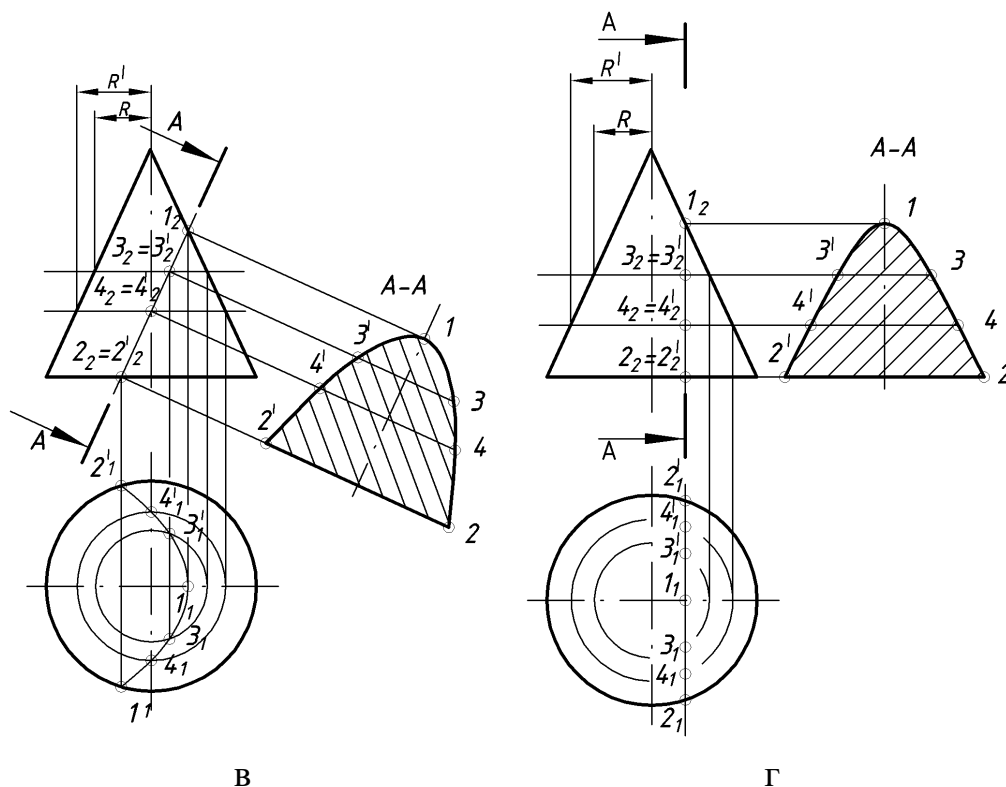


Рис. 11

У випадку перетину конуса по параболі січна площина паралельна одній твірній конуса (рис. 11в). Характерними точками буде точка 1 – вершина параболі та точки 2–2' - перетин основи конуса. Для побудови проєкцій проміжних точок 3–3' та 4–4' проводять горизонтальні січні площини, які перетинають конус по колах радіусами R та R'. Побудувавши на горизонтальній проєкції ці кола, на перетині з вертикальними лініями зв'язку отримаємо точки 3₁–3'₁ та 4₁–4'₁. Натуральну величину похилого перерізу будуюмо так.

На вільному місці поля кресленика паралельно до площини перерізу проводимо вісь перерізу. На ній позначаємо точку 1 – вершину параболі. Перпендикулярно до неї з точок 2₂, 3₂, 4₂ проводимо лінії. На цих лініях від осі відкладаємо точки 2–2', 3–3', 4–4' віддалі між якими відповідно дорівнює віддалі між точками 2₁–2'₁, 3₁–3'₁, 4₁–4'₁. Знайдені точки з'єднуємо лекальною кривою.

У випадку перетину конуса по гіперболі січна площина паралельна до осі конуса (рис. 11г). Характерними точками будуть точка 1 – вершина гіперболи та точки 2–2' - перетин основи конуса. Для побудови проєкцій проміжних точок 3–3', 4–4' проводимо горизонтальні січні площини, які перетинають конус по колах радіусами R та R'. Побудову натуральної величини похилого перерізу здійснюємо аналогічно як і в попередньому випадку.

2.3. Перетин сфери площиною

Сферична поверхня з будь-якою площиною перетинається по колу (рис. 12). Побудова натуральної величини похилого перерізу сфери зводиться до побудови кола певного діаметра. Центр кола – точка O₂, знаходиться на перетині січної площини та перпендикуляра, проведеного з центра сфери до січної площини.

Діаметр кола дорівнює відстані $1_2 - 2_2$ по січній площині. Для побудови похилого перерізу на вільному місці поля кресленика проводимо осі. В точці перетину осей, як із центра проводять коло радіусом R .

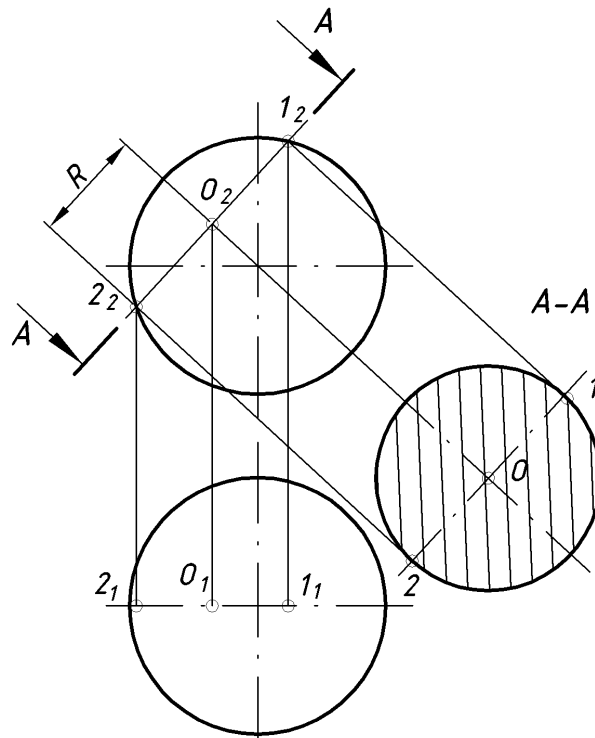


Рис. 12

2.4. Перетин призми площиною

Залежно від положення січної площини утворюються різні фігури перерізу (рис. 13). Якщо січна площина перпендикулярна до основи прямої призми (переріз А–А), то її поверхня перетинається по прямокутнику, ширина якого дорівнює відрізку $MN = M_1N_1$, а висота – висоті прямої призми. Якщо площину розміщено паралельно до основи (переріз Б–Б), то її поверхня перетинається по багатокутнику, що співпадає з основою. Поверхня призми перетинається похилою січною площиною по ламаній замкненій лінії. Число зламів відповідає кількості бокових граней призми, якщо площина перетинає всі грані призми і не перетинає основу. У випадку перетину бічних граней і основи утворюється багатокутник (переріз В–В). Характерними точками перерізу будуть точки перетину січної площини з ребрами 1, 3, 4 та точки перетину з основою – 2 та 2'. Натуральну величину похилого перерізу будемо так.

На вільному місці поля кресленика паралельно до лінії перерізу В–В проводимо вісь перетину. Відстань між ребрами та основою вздовж осі дорівнює відстані вздовж січної площини між точками $1_2, 3_2=4_2$ та $2_2=2'_2$ взятій з фронтальної проекції. Відстань перпендикулярно до осі перерізу між ребрами 3–4 – та точками основи $2=2'$ дорівнюють відстані від горизонтальної осі на горизонтальній проекції. Отримані точки з'єднуємо у багатокутник.

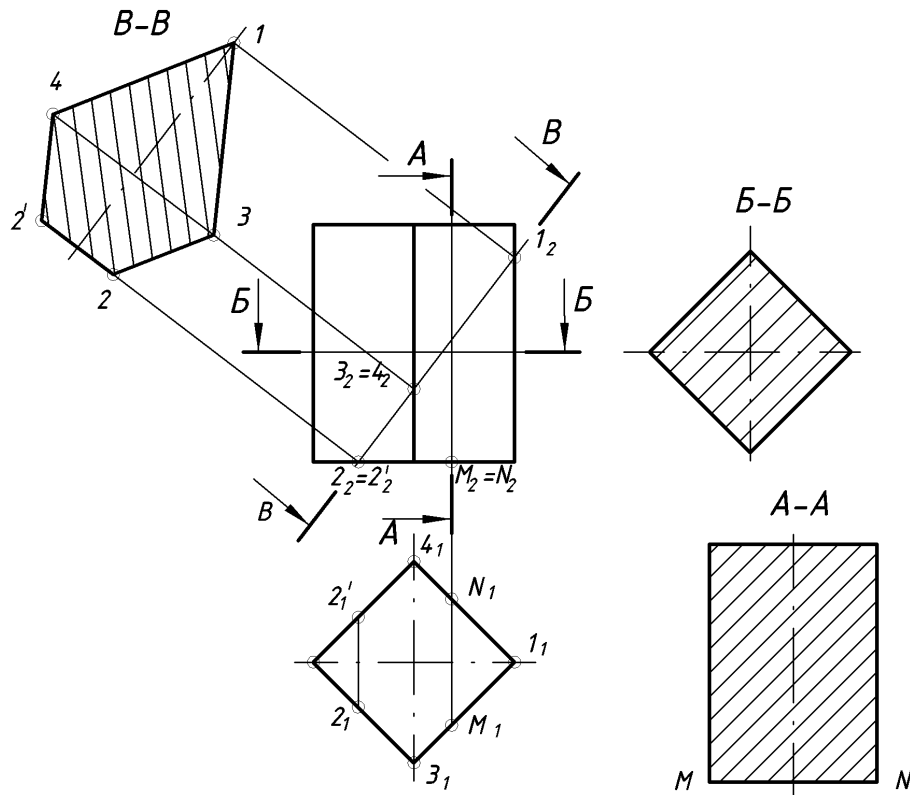


Рис. 13

2.5. Перетин піраміди площиною

При перетині піраміди площиною її поверхня перетинається по ламаній замкненій лінії. На рис. 14 задано перерізи А-А, Б-Б, В-В та побудовані фігури перерізу піраміди. Переріз А-А паралельний до основи піраміди й утворює фігуру, подібну до її основи. Переріз Б-Б проходить через вершину піраміди й утворює трикутник. Переріз В-В перетинає піраміду по багатокутнику, причому число вершин багатокутника дорівнює числу ребер піраміди. Кількість вершин багатокутника збільшиться, якщо переріз перетинатиме основу піраміди. Побудова натуральних величин перерізів піраміди аналогічна побудовам натуральних величин перерізів призми і зрозуміла з рисунка.

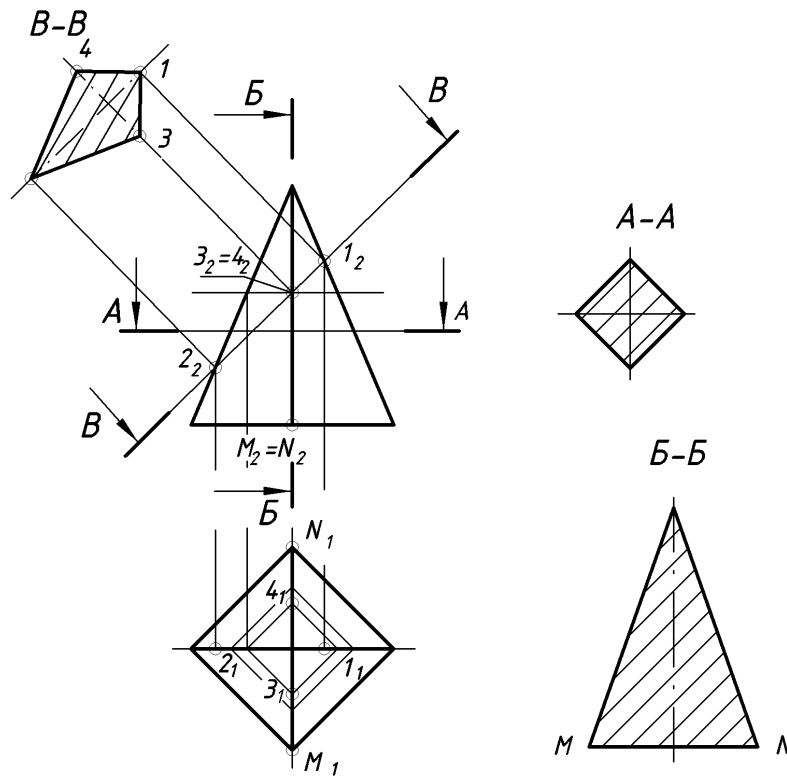


Рис. 14

3. ПОБУДОВА ЛІНІЙ ПЕРЕТИНУ, ПЕРЕХОДУ ТА ЗРІЗУ ФІГУР

Форми більшості предметів нашого оточення можна розглядати як поєднання різних геометричних поверхонь. Основними вимогами до форми деталі є конструктивна обґрунтованість, технічна реалізованість і економічна доцільність. Найдоцільнішою вважається форма деталі, поверхні якої плоскі або є поверхнями обертання. Складна форма деталі, як правило, складається з простих геометричних тіл (призм, пірамід, циліндрів, конусів, сфер, торів), які перетинаються між собою або плавно переходять одне в одне. В першому випадку виникають лінії перетину, в другому – лінії переходу. Часто деталі бувають зрізані площинами різного положення. При цьому лінії перерізу називають лініями зрізу.

3.1. Побудова ліній перетину

При перетині гранних поверхонь утворюється ламана просторова лінія. Характер лінії (її злами) визначають точки перетину ребер однієї гранної поверхні з іншою. Отже, щоб визначити лінію перетину двох багатогранних поверхонь треба побудувати точки перетину ребер одного багатогранника з гранями другого і ребер другого з гранями першого.

Розглянемо взаємний перетин призм (рис. 15). Спочатку тонкими лініями будуюмо три проекції обох призм, а потім визначимо проекції точок перетину, ребер чотиригранної призми з гранями шестигранної.

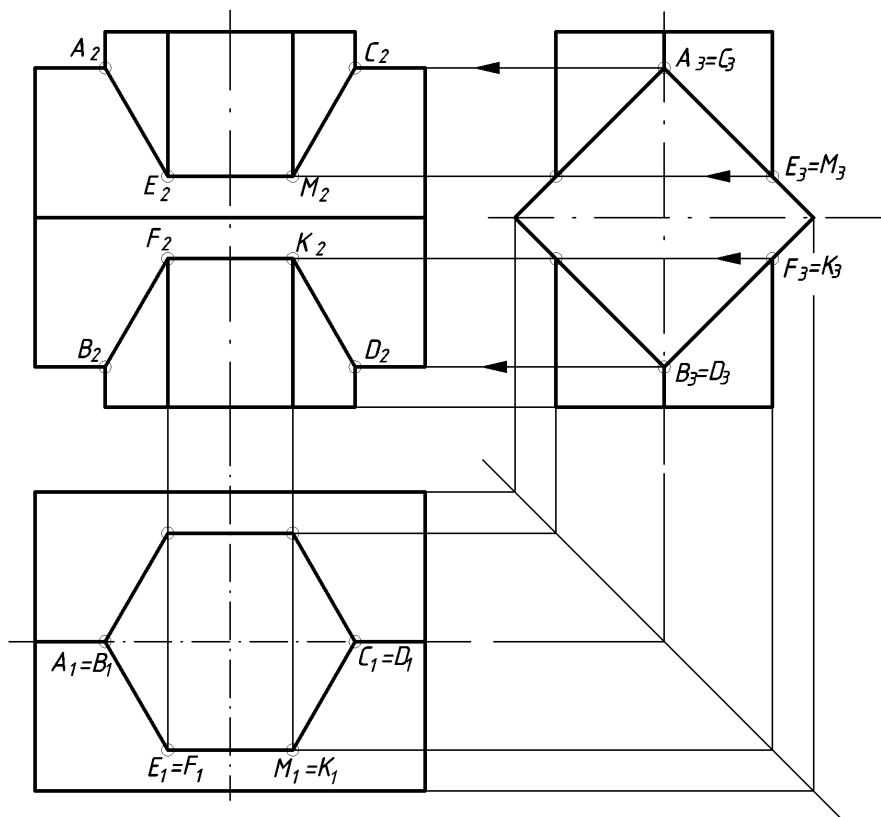


Рис. 15

Горизонтальні проекції точок, розміщені на бічних ребрах шестигранної призми, збігаються з горизонтальними проекціями цих ребер, тобто з вершинами правильного шестикутника. Профільні проекції A_3, B_3, C_3, D_3 точок A, B, C, D визначаємо перетином профільних проекцій відповідних бічних ребер обох призм. Профільні проекції точок E, F, M, K точки E_3, F_3, M_3, K_3 визначаємо перетином профільних проекцій бічних ребер шестигранної призми і бічних граней чотиригранної. Фронтальні проекції A_2, C_2, E_2, M_2, F_2 визначені перетином горизонтальних ліній зв'язку, які проведені з профільних проекцій цих точок, із фронтальними проекціями ребер, на яких вони розміщені. Отримані точки з'єднуємо прямими лініями (рис. 15).

У випадку, коли безпосередньо за проекціями не можна побудувати точки перетину ребер одного багатогранника з гранями другого і навпаки, користуються січними площинами-посередниками (детально це розглянуто в курсі "Нарисна геометрія").

Розглянемо це на прикладі перетину тригранної піраміди з пронизуючим отвором, що має форму тригранної призми (рис. 16). Так як призматичний отвір є фронтально-проектуючим, то лінія перетину фігур на фронтальній проекції співпадає з контурами тригранної призми. Позначаємо на фронтальній проекції опорні (характерні) проекції точок $A_2, A'_2, B_2, B'_2, C_2, D_2, D'_2$.

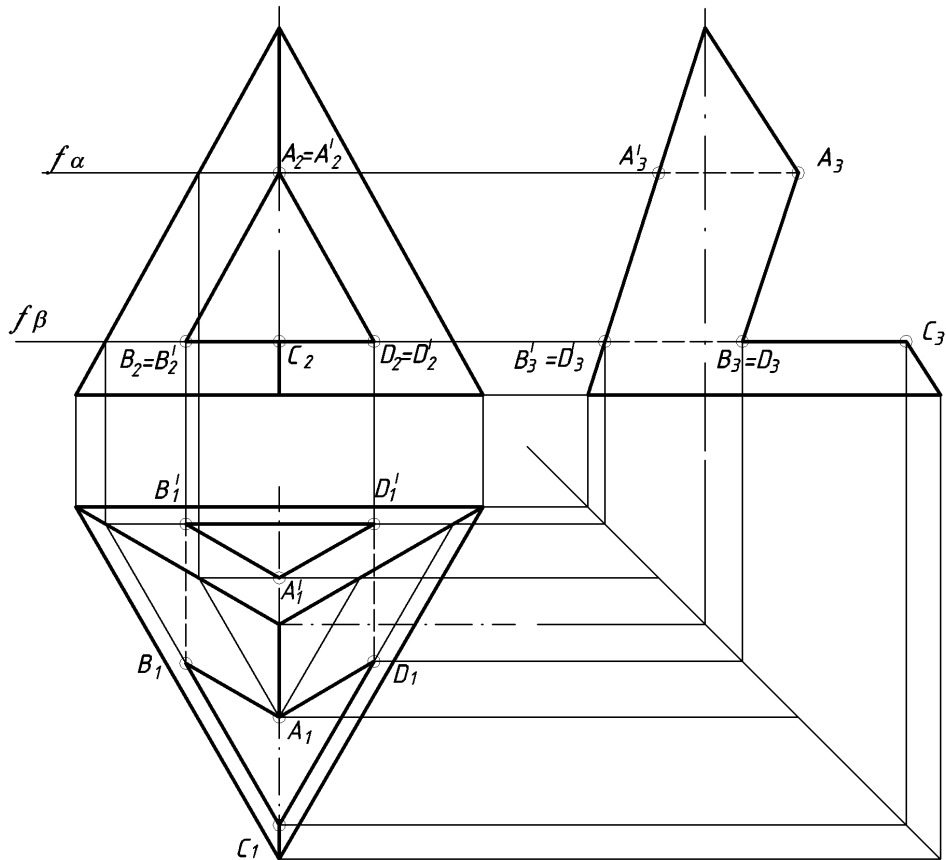


Рис. 16

Для одержання горизонтальних проєкцій цих точок використовуємо горизонтальні площини посередники α (f_α), та β (f_β). Вони перетнуть піраміду по трикутниках, перетин яких на горизонтальній проєкції з лініями зв'язку від проєкцій точок $A_2, A'_2, B_2, B'_2, C_2, D_2, D'_2$ дасть горизонтальні проєкції точок $A_1, A'_1, B_1, B'_1, C_1, D_1, D'_1$. З'єднавши знайдені точки з урахуванням їх належності граням, отримаємо горизонтальну проєкцію лінії перетину фігур. Профільні проєкції фігур та лінії перетину будуюмо за двома відомими.

При перетині тіл обертання з гранними поверхнями також є доцільним використання площин-посередників. Розглянемо це на прикладі перетину конуса з тригранним призматичним отвором (рис. 17). Так як і в попередньому випадку призматичний отвір є фронтально-проєктуючим. Тому фронтальна проєкція лінії перетину співпадає з контурами тригранної призми. Проводячи аналіз граней призми бачимо, що грань при ребрі BD паралельна основі конуса, а тому перетне конус по дузі кола. Бічна грань при ребрі AB паралельна до твірної і тому перетне конус по гілках параболи. Бічна грань при ребрі AD перетне конус по гілках еліпса.

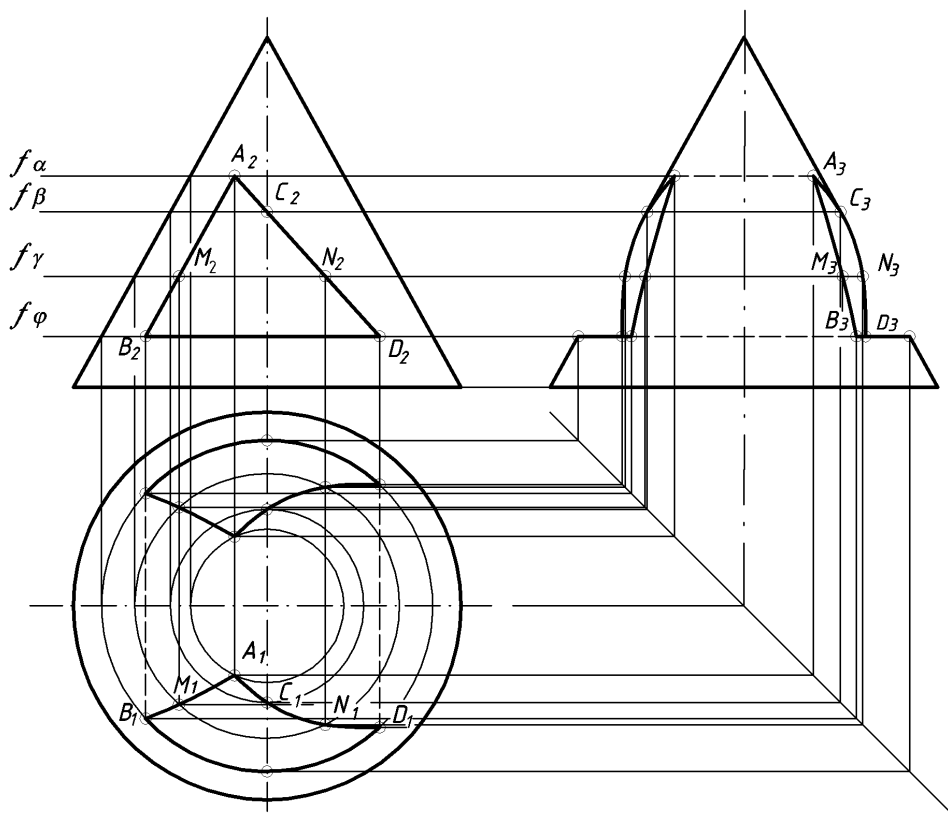


Рис. 17

Позначаємо на фронтальній проекції опорні проекції точок A_2, B_2, C_2, D_2 та проміжні – N_2, M_2 . Для одержання горизонтальних проекцій цих точок використаємо горизонтальні площини-посередники, які перерізатимуть конічну поверхню по колах, а призматичну – по твірних. Через вершину A (A_2) проводимо площину $\alpha(f_\alpha)$, яка в перерізі з конусом дасть коло. Перетин цього кола на горизонтальній проекції з вертикальною лінією зв'язку, проведеною з A_2 , визначить горизонтальну проекцію A_1 . Площини $\beta(f_\beta), \gamma(f_\gamma), \varphi(f_\varphi)$ також перетинатимуть конус по колах і визначать проекції B_1, C_1, D_1, N_1, M_1 . Отримані горизонтальні проекції точок B_1 та D_1 з'єднуємо дугами кола. Крива A_1, M_1, B_1 є частиною параболи, а крива A_1, C_1, N_1, D_1 – частиною еліпса, а тому для їх з'єднання використовуємо лекало. Профільні проекції фігур та лінії перетину будуюмо за двома відомими.

При перетині тіл обертання можна використовувати метод січних площин або метод сфер (детально розглянуто в курсі “Нарисна геометрія”) залежно від взаємного розміщення фігур.

Розглянемо перетин конуса з циліндром, де доцільне використання методу площин-посередників (рис. 18).

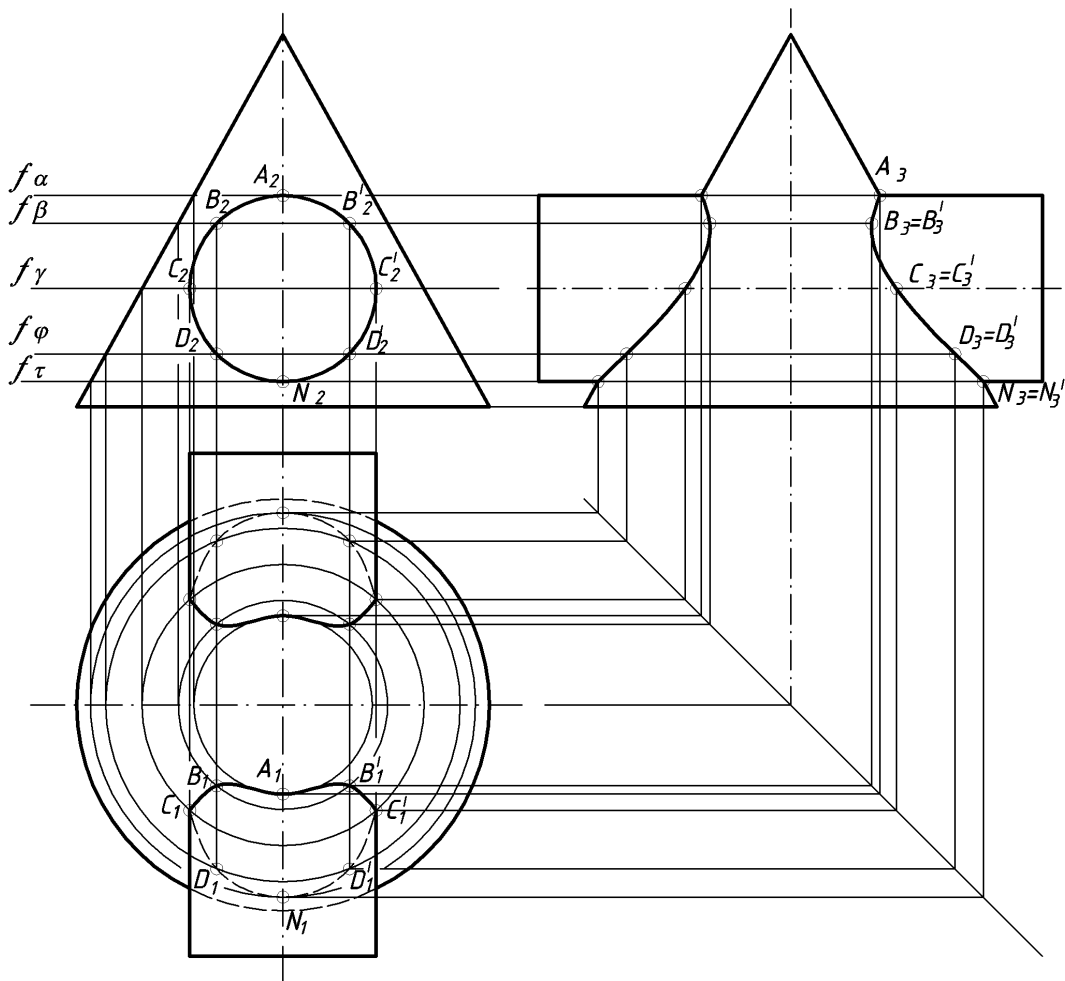


Рис. 18

На фронтальну площину проєкцій лінія перетину спроектується в коло, так як циліндр фронтально-проектуючий. Позначаємо на фронтальній проєкції опорні точки A_2, C_2, C'_2, N_2 , та проміжні B_2, B'_2, D_2, D'_2 . Горизонтальні проєкції цих точок отримуємо, використавши горизонтальні площини-посередники $\alpha(f_\alpha), \beta(f_\beta), \gamma(f_\gamma), \varphi(f_\varphi), \tau(f_\tau)$. Вони перетинатимуть конус по колах певних радіусів, а циліндр-по твірних. Перетин цих кіл із відповідними твірними на горизонтальній проєкції дасть горизонтальні проєкції точок $A_1, C_1, C'_1, N_1, B_1, B'_1, D_1, D'_1$. З'єднавши отримані точки на передній і задній частинах конуса з урахуванням видимості лекальною кривою, отримаємо горизонтальні проєкції ліній перетину. Профільні проєкції фігур і ліній перетину будуємо за двома відомими.

При перетині сфери з гранними поверхнями утворюються кола, дуги, які на площини проєкцій залежно від їх розміщення проектується в лінії, кола, еліпси. Для побудови ліній перетину використовуємо площини-посередники. Розглянемо це на прикладі перетину сфери з тригранним призматичним отвором (рис 19). Грань при стороні АВ перетинає сферу по дугах, які на горизонтальну площину проектується в дійсну величину, а на профільну – в лінію. Фронтально-проектуючі грані при сторонах АК і ВК також перетинають сферу по дугах, які на фронтальну та профільну площини проєкцій проектується в гілки еліпсів.

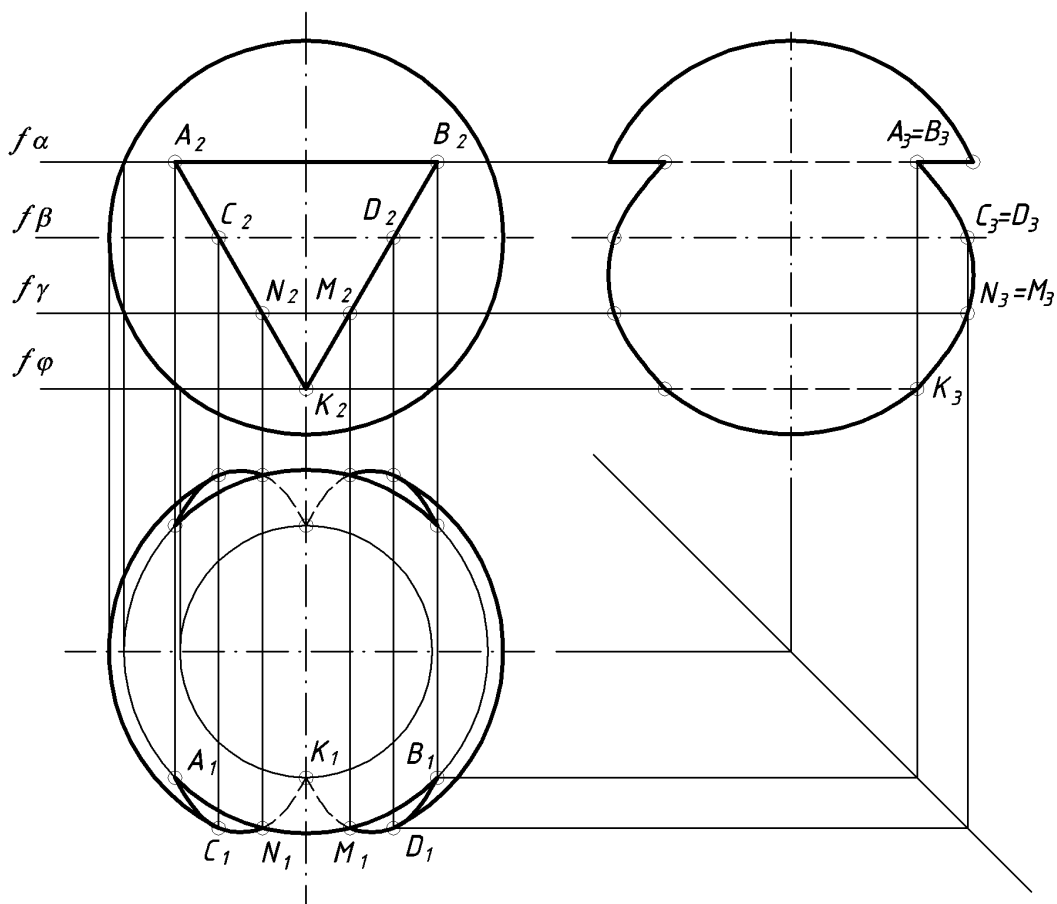


Рис. 19

Для побудови цих ліній використовуємо площини-посередники $\alpha(f_\alpha)$, $\beta(f_\beta)$, $\gamma(f_\gamma)$, $\varphi(f_\varphi)$. Так як призма фронтально-проектуюча, то лінія перетину на фронтальній площині проєкцій співпадає з контурами призми. Сфера перетинається січними площинами по колах певних радіусів, а призма – по прямих, що проходять через проєкції точок A_2 , B_2 , C_2 , D_2 , N_2 , M_2 , K_2 і є фронтально-проектуючими. Перетин відповідних кіл і прямих на горизонтальній проєкції визначить горизонтальні проєкції A_1 , B_1 , C_1 , D_1 , N_1 , M_1 , K_1 – точок ліній перетину. З'єднуємо знайдені проєкції з урахуванням належності певній грані. Точки A_1 , B_1 з'єднуємо дугою кола, точки A_1 , C_1 , N_1 , K_1 та B_1 , D_1 , M_1 , K_1 – лекальною кривою, як гілки еліпса і з урахуванням видимості відносно горизонтальної площини проєкцій. Профільну проєкцію сфери з вирізаним призматичним отвором будуюмо за двома відомими.

3.2. Побудова ліній зрізу

В машинобудуванні деталі, що являють собою тіла обертання, бувають зрізані площинами різного положення. При цьому лінії перерізу називають лініями зрізу. Для побудови ліній зрізу необхідно, насамперед, знати закони утворення поверхонь обертання, що значно полегшить визначення границь дотику чи переходу суміжних поверхонь, характерні й допоміжні точки ліній зрізу.

Лінії зрізу, як правило, будуємо по точках, які отримуємо за допомогою площин рівня: горизонтальних, фронтальних або профільних.

На рис. 20 зображено тіло обертання обмежене, на розглядуваній його частині, що розглядаємо, циліндричною, конічною, торовою, сферичною поверхнями, а також двома фронтальними площинами (ρ_τ, ρ_σ).

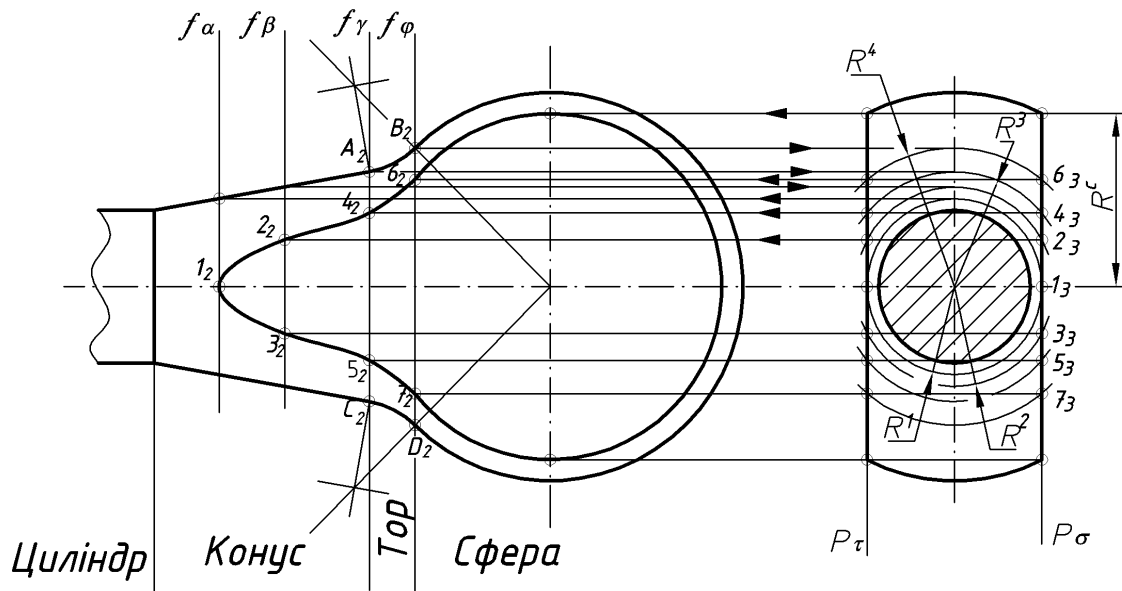


Рис. 20

Перш за все встановлені “зони” або ділянки поверхонь обертання, що обмежують фігуру, яку розглядають. Це зроблено за допомогою точок спряження (A, B, C, D), знайдених на перетині ліній, що з’єднують центр сфери з центром спряження, та перпендикулярів до твірних конуса, проведених із центра спряження з контурними лініями фігури.

Для побудови точок ліній зрізу доцільно скористатися допоміжними профільними площинами-посередниками. Кожна профільна площина перетинає деталь по колу, яке на профільну площину проєкцій відобразиться в натуральну величину. В перетині кожного з цих кіл з профільними слідами площин зрізу ρ_τ і ρ_σ визначаємо профільні проєкції точок, що належать лінії зрізу. Фронтальні проєкції точок визначаємо за проєкційною відповідністю (на фронтальних слідах площин-посередників). Лінія зрізу на конусі є гіперболою. Її вершину шукаємо на профільній проєкції деталі за допомогою кола радіуса R^1 , що дотичне до площин зрізу. За допомогою горизонтальних ліній зв’язку знаходимо на фронтальній проєкції положення площини-посередника $\alpha(f_\alpha)$, в якій і визначаємо точка $1(1_2)$. Проміжні точки 2 і 3 визначено за допомогою профільної площини $\beta(f_\beta)$. Ця площина перетинає деталь по колу радіуса R^2 . В перетині цього кола з площиною зрізу на профільній проєкції отримуємо проєкції 2_3 і 3_3 . Фронтальні проєкції 2_2 і 3_2 визначаємо за горизонтальною відповідністю на сліду профільної площини f_β . Проєкції точок 4 і 5 , 6 і 7 визначено тим же способом за допомогою площин $\gamma(f_\gamma)$ та $\phi(f_\phi)$, проведених через точки спряження, та кіл радіусів R^3 і R^4 . На ділянці сфери проміжні точки не слід знаходити, так як сфера зрізається по

колу, радіусу R^c . Знайдені точки, що належать лінії зрізу на фронтальній проекції, з'єднуємо лекальною кривою, яка плавно переходить в коло.

3.3. Зображення ліній переходу

Під час виготовлення деталі чи при її роботі в механізмі всередині матеріалу деталі виникають напруження, які можуть концентруватися в певних місцях. Щоб зменшити концентрацію таких напружень і відповідно збільшити ресурс роботи деталі, виконують різні конструктивні елементи (наприклад, скруглення кутів-галтель). Більшість деталей у машинобудуванні виготовляють із відливок, гострі або прямі кути яких заокруглюють. Такі округлені лінії перетину називають лініями переходу.

На відміну від ліній перетину їх показують умовно, як правило, не доводять до контуру суцільною тонкою лінією. Лінію, що позначає перетин чи перехід поверхонь, проводять в місці їх теоретичного перетину (рис. 21 а, б). Проте плавний перехід від однієї поверхні до іншої дозволяється не показувати (рис. 21 в, г).

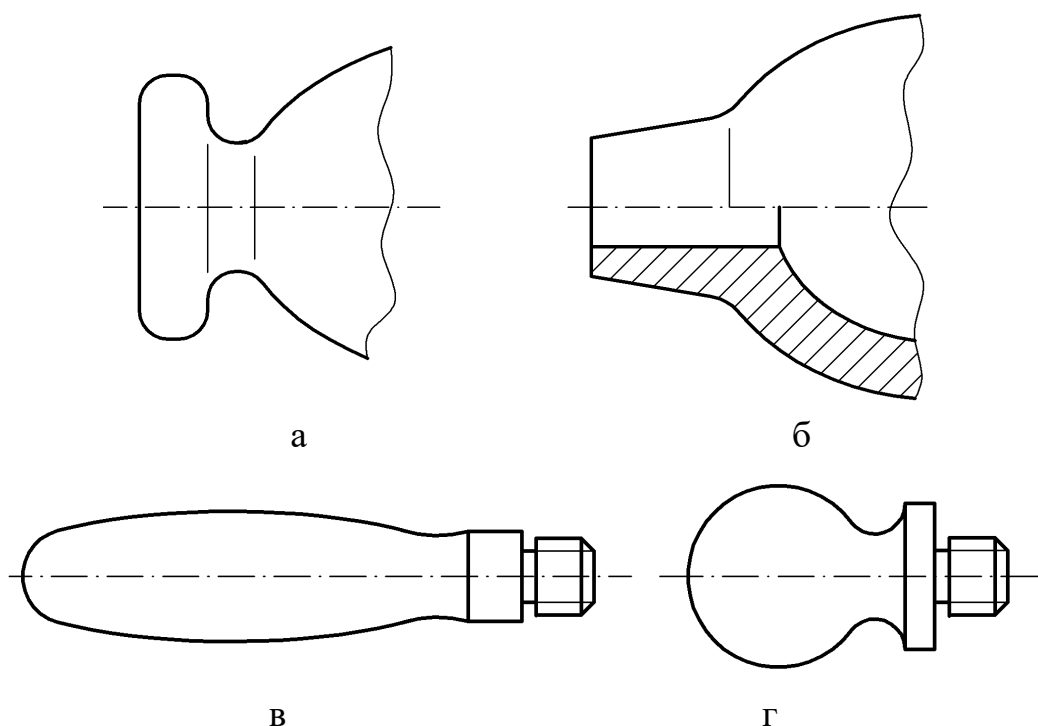


Рис. 21

4. ПРАВИЛА ЗОБРАЖЕННЯ ПРЕДМЕТІВ НА КРЕСЛЕНИКАХ

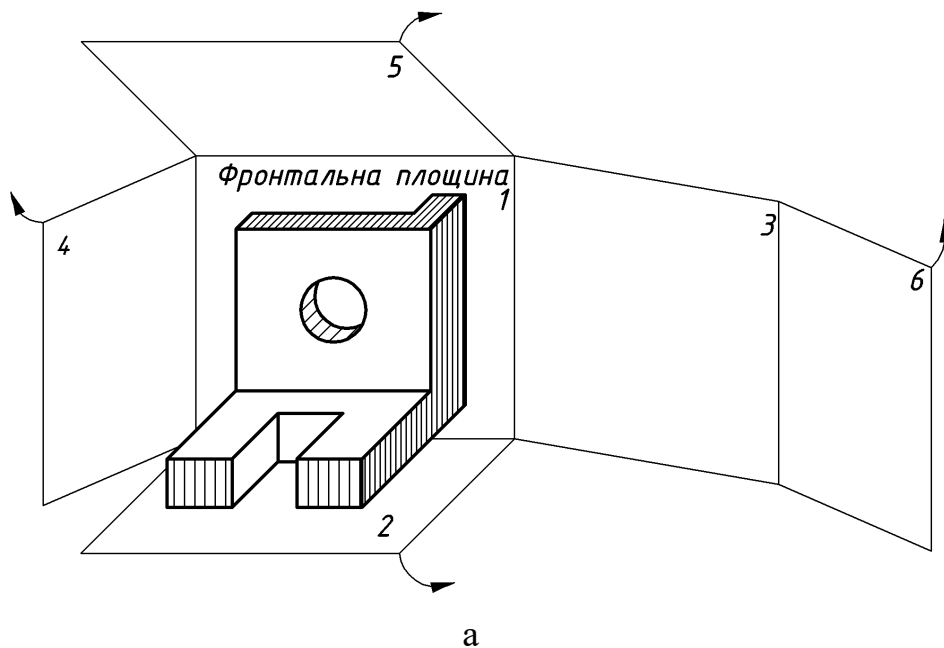
Кресленик деталі – це документ, який містить її зображення та інші дані, потрібні для її виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту. Зображення є графічним рисунком предмета, як правило, в певному масштабі, виконане певним способом проектування.

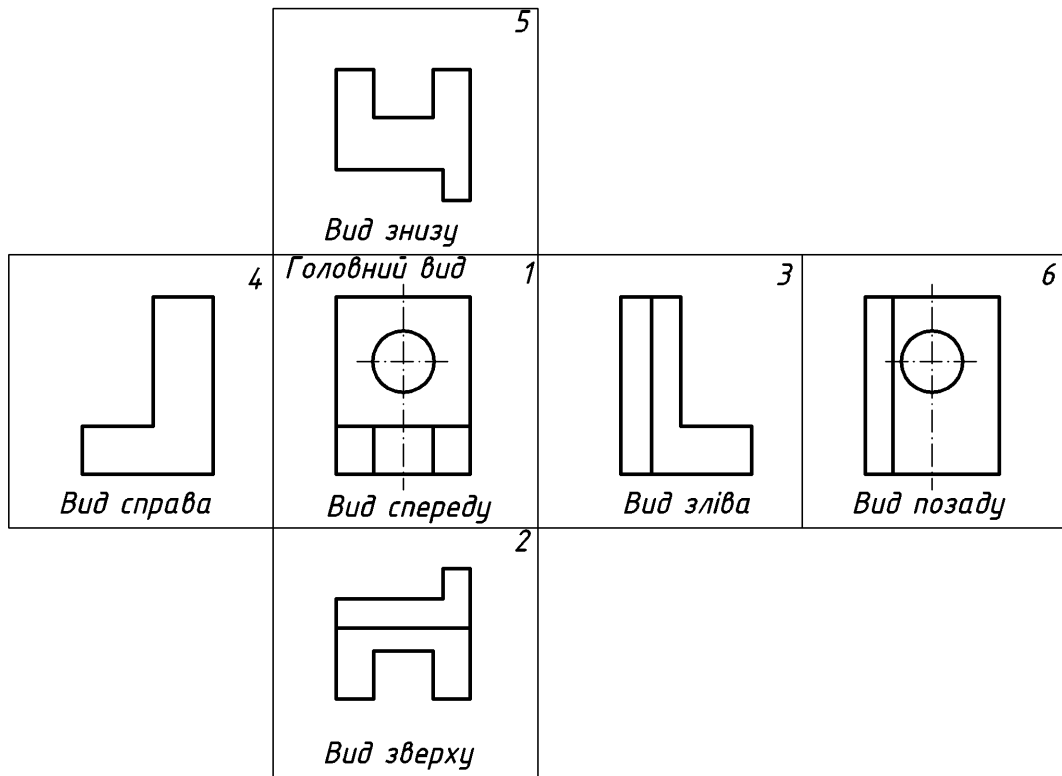
Правила зображення предметів на креслениках встановлюють стандарти ДСТУ ISO 5456-2:2005, ДСТУ ISO 128-30:2005, ДСТУ ISO 128-34:2005, ДСТУ

ISO 128-40:2005, ДСТУ ISO 128-44:2005, ДСТУ ISO 128-50:2005. Зображення предметів слід виконувати за методом прямокутного проектування. Предмет розміщується між проектантом і відповідною площиною проекцій. Основними площинами проекцій є шість граней куба, які суміщають із площиною (рис. 22а). Зображення на фронтальній площині проекцій беруть в якості головного. Предмет розміщують відносно фронтальної площини проекцій так, щоб зображення на ній найповніше відображало форму й розміри предмета. Залежно від змісту зображення поділяють на види, розрізи, перерізи. Їх кількість має бути мінімальною, але достатньою, щоб форма предмета була повністю зрозумілою.

4.1. Правила оформлення виглядів на кресленнях.

Вид – це зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. встановлює назви видів, що утворюються в основних площинах проекцій: вид спереду (головний вид), зверху, зліва, справа, знизу та ззаду. Назва виду залежить від того, з якого боку дивитися на предмет (рис. 22б). Кожен вид має чітко визначене місце на полі кресленика тоді, коли він знаходиться в проекційному зв'язку з головним видом. У цьому випадку ніякі пояснюючі написи над ним не потрібні. За головний беруть вид який дає максимум інформації про форму і розміри предмета.





б
Рис. 22

При розміщенні виду зверху, зліва, справа, знизу, ззаду не в безпосередньому проекційному зв'язку з головним видом, то обов'язково потрібно робити напис за типом "А", а на пов'язаному з ним зображенні ставити стрілку з відповідною буквою (рис. 23). Розмір стрілки для позначення виду зображено на рис. 24.

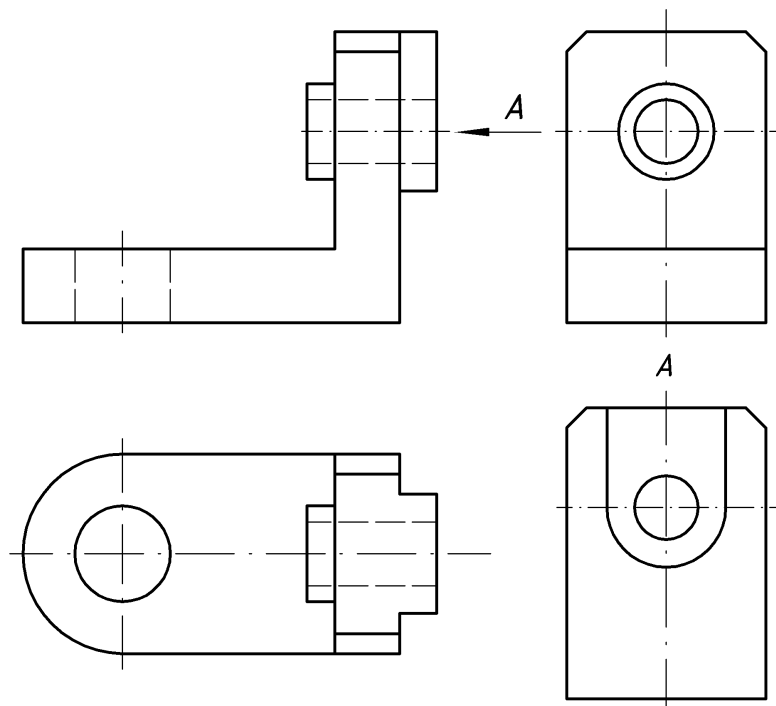


Рис. 23

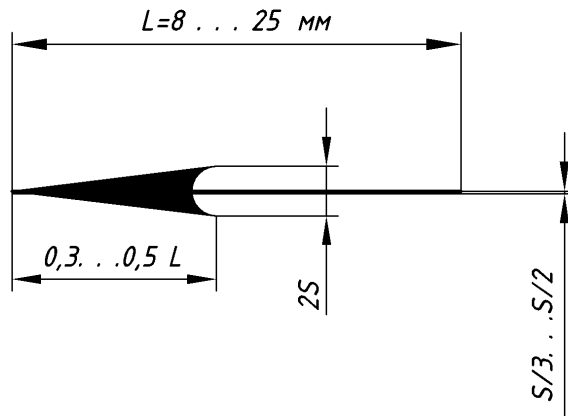


Рис. 24

Якщо будь-яка частина предмета не може бути показана на жодному з вище названих видів без спотворення її форми і розмірів, слід застосовувати додаткові види, що отримують на площинах, не паралельних до основних площин проєкцій. Додаткова площина повинна бути проєктуючою, тобто перпендикулярною до однієї площини проєкцій.

Додаткові види не надписують, якщо їх виконано в проєкційному зв'язку і не розділено іншими проєкціями (рис. 25а). В іншому випадку додатковий вид супроводжується написом за типом "А", а біля пов'язаного з ним зображенням предмета проставляють стрілку, що вказує напрям погляду з відповідним позначенням буквою (рис. 25б). Додатковий вид можна повертати на деякий кут. При цьому до напису додають позначення, що є колом діаметром 5...7мм зі стрілкою по контуру (див. рис. 25б). Основні та додаткові види можна зображати не повністю, обмежуючи їх тонкою хвилястою лінією.

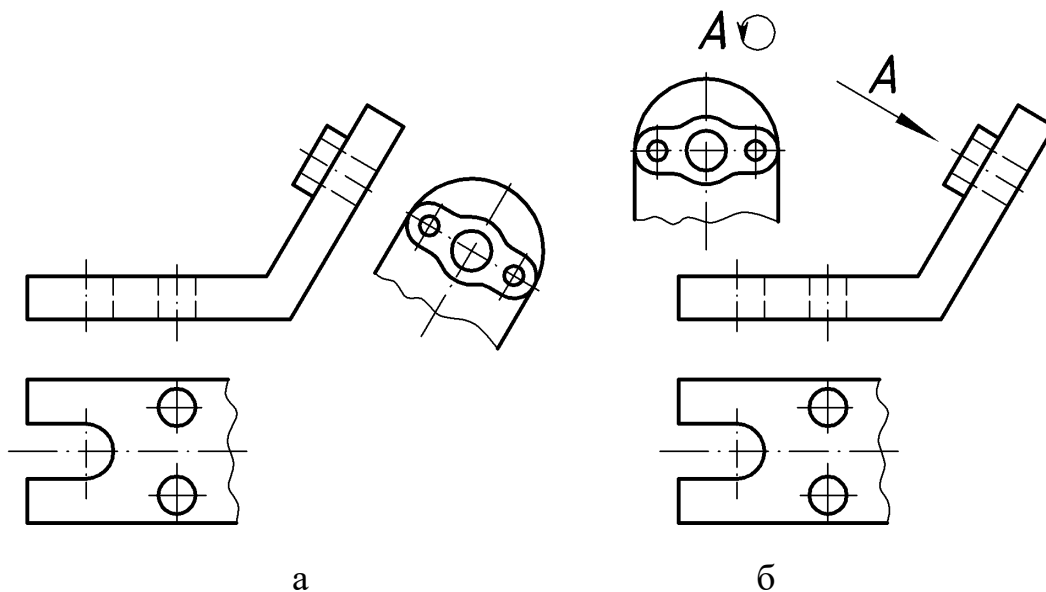


Рис. 25

Зображення окремого обмеженого місця на поверхні зображуваного предмета називається місцевим видом. Він може бути обмежений суцільною хвилястою лінією (рис. 26, вигляд А) або не обмежений (рис. 26, вигляд Б). Позначають місцеві види та як і додаткові.

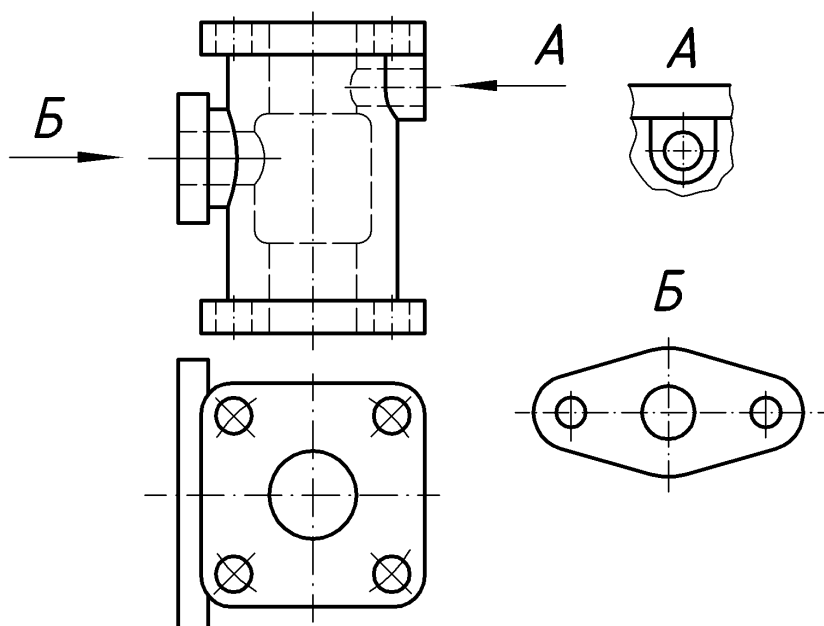


Рис. 26

4.2. Правила оформлення розрізів на креслениках

Розрізом називають зображення предмета, умовно розрізаного однією або декількома площинами. На розрізі показують те, що розміщено в січній площині й за нею. Розрізи застосовують для того, щоб невидимі внутрішні контури предмета стали видимими і зрозумілими при читанні кресленика (рис. 27а). Насправді зображуваний предмет залишається цілим, усі відкидання частин предмета здійснюються умовно. Уявне розрізання предмета належить тільки до даного розрізу і не викликає змін інших зображень того ж предмета. Все, що потрапляє в січну площину, штрихують. Місце, де січна площина проходить через порожнини, не штрихують (рис. 27б).

Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на прості й складні. До простих належать ті, які отримуємо при умовному розрізі предмета однією січною площиною (див. рис. 27б).

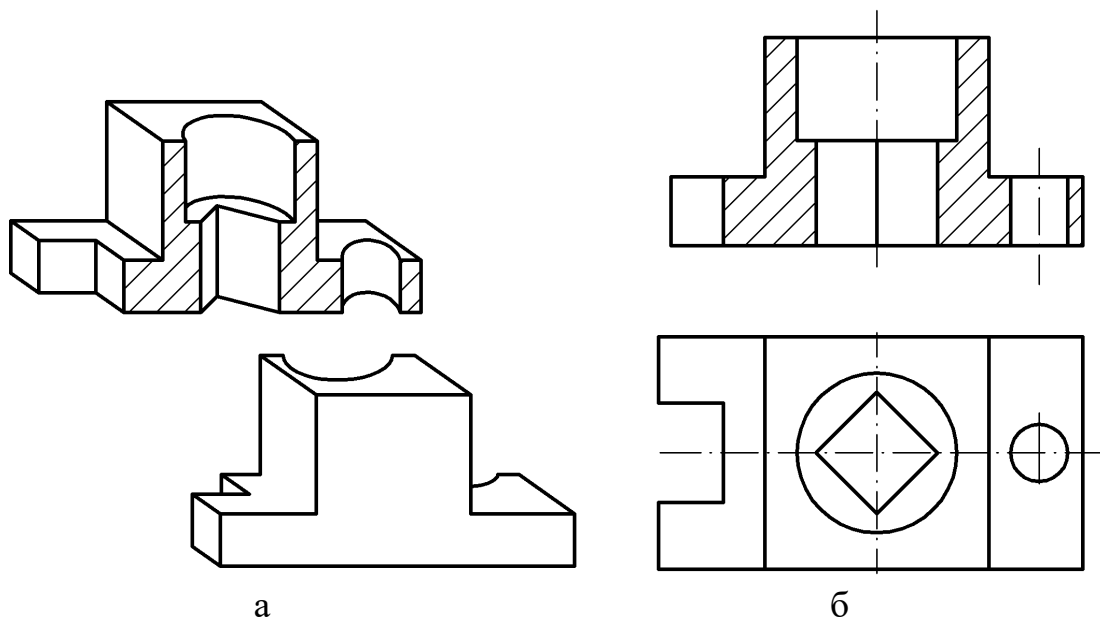


Рис. 27

Залежно від конструкції внутрішньої форми деталі січну площину доводиться розміщувати по-різному: вертикально, горизонтально, похило.

Горизонтальним називають розріз, утворений січною площиною, паралельною до горизонтальної площини проєкцій. Найчастіше його розміщують на місці вигляду зверху (рис. 28). Верхню частину предмета умовно посунена, а частину, яка залишилася, спроектовано на горизонтальну площину проєкцій.

Вертикальним називають розріз, утворений січною площиною, перпендикулярною до горизонтальної площини проєкцій. Він може бути фронтальним, якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій (рис. 29), або профільним, якщо січна площина паралельна профільній площині проєкцій (рис. 30).

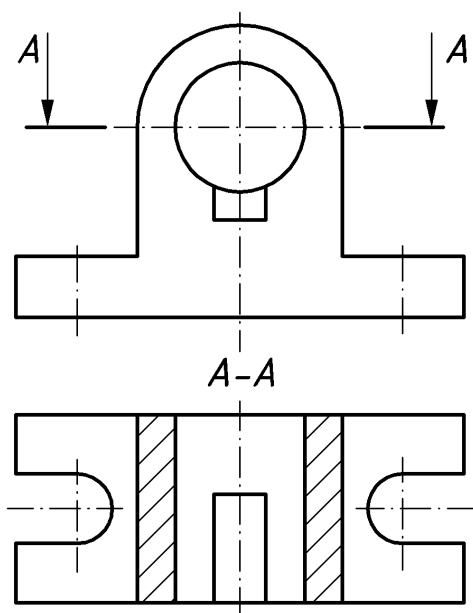


Рис. 88

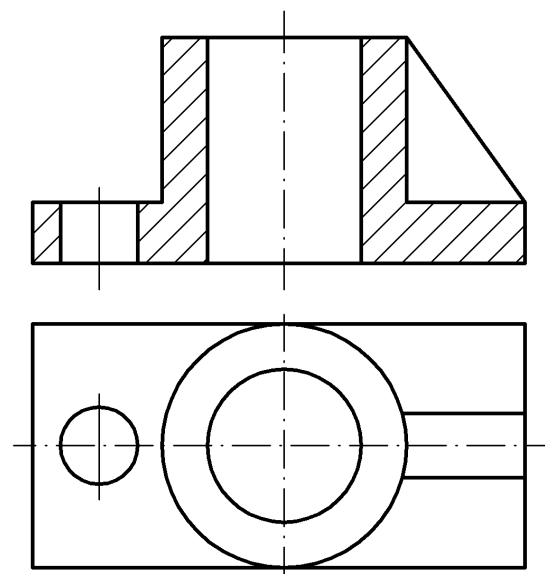


Рис.89

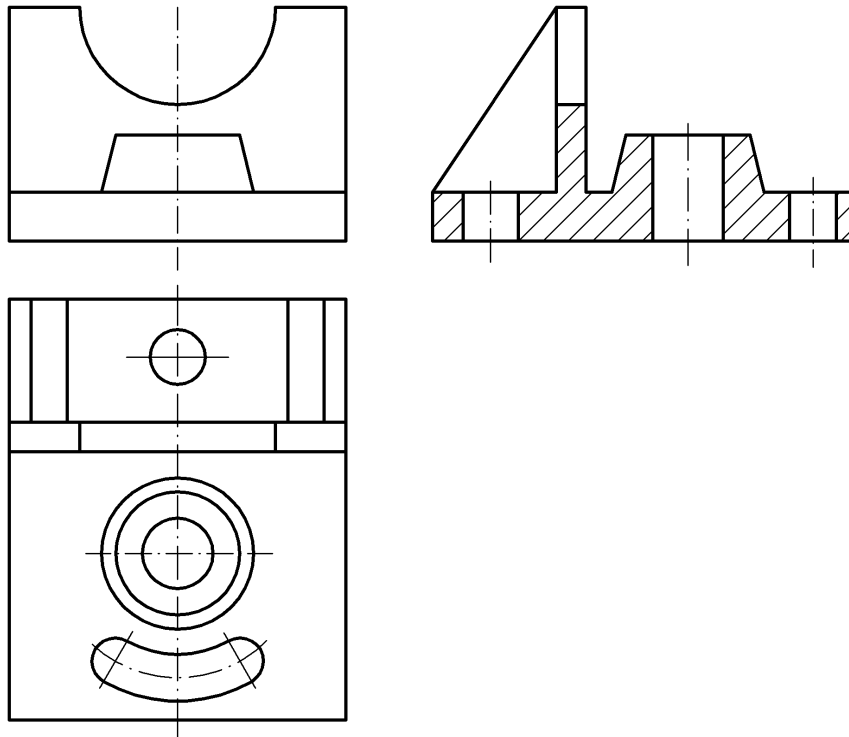


Рис. 30

Похилим називають розріз, утворений січною площиною, яка з горизонтальною площиною проєкції утворює кут, що відрізняється від прямого (рис. 31).

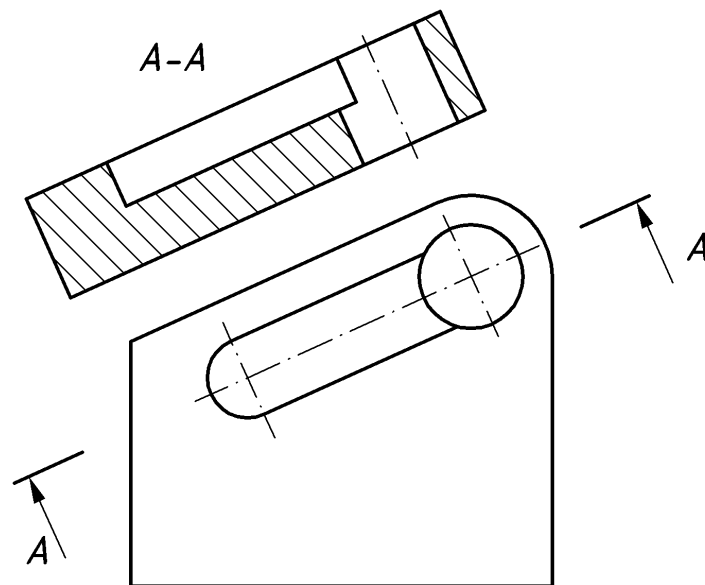


Рис. 31

Складним розрізом називають зображення, яке отримують при умовному розрізі предмета кількома площинами. Складний розріз, утворений паралельними січними площинами, називають ступінчастим (рис. 32). При виконанні ступінчастого розрізу січні площини переміщуються до суміщення їх в одну площину. Розріз, утворений непаралельними площинами, причому одна або

кілька з яких похилі, називають ламаним (рис. 33). Ламаний розріз зображують так, ніби похила площина повернута до суміщення її в одну площину. При повертанні січної площини елементи деталі, що знаходяться за нею, не повинні зміщуватися на кут повороту. Інакше кажучи, вони проектуються так, як при звичайних простих розрізах.

Площину перерізу позначають розімкненою лінією з початковим і кінцевими штрихами та стрілками, що вказують напрям проектування. Стрілки виконують із зовнішнього боку штриха на відстані 2-3мм. Товщина штрихів розімкненої лінії становить $S...1,5S$, де S – товщина ліній видимого контуру. Штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. На початку і в кінці лінії перетину ставлять однакові великі букви українського алфавіту. Букви повинні бути більшого розміру, ніж цифри розмірних чисел на тому самому рисунку. Їх треба позначати в алфавітному порядку, причому на одному рисунку вони не повинні повторюватись. Пишуть букви біля стінок з боку зовнішнього кута.

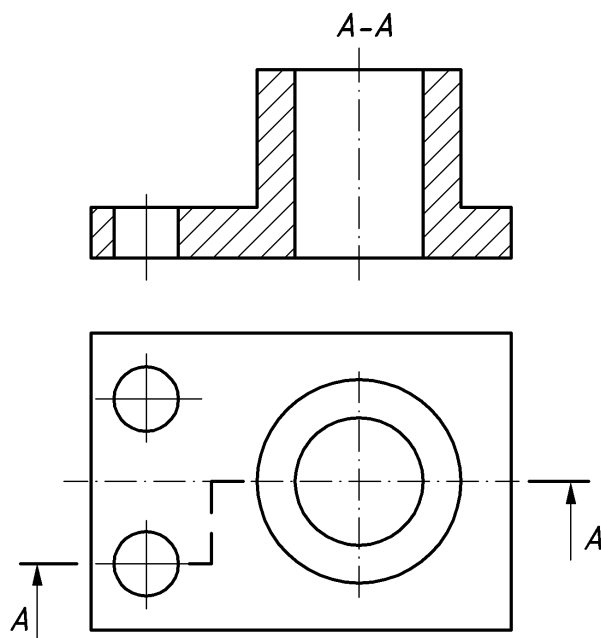


Рис. 32

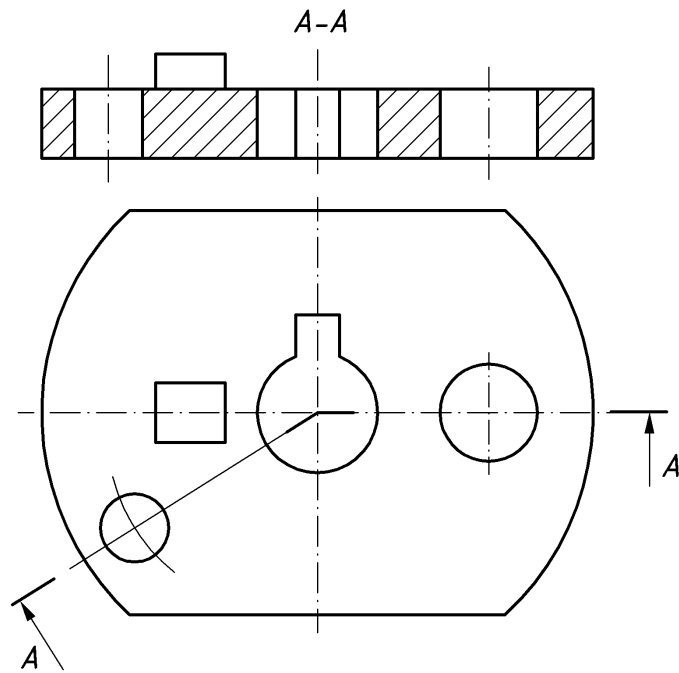


Рис. 33

Щоб з'ясувати форму деталі в окремому обмеженому місці застосовують місцеві розрізи (рис. 34). Від нерозрізаної частини деталі їх відокремлюють суцільною хвилястою лінією, яка не повинна співпадати з контурною, осьовою або іншою лінією зображення.

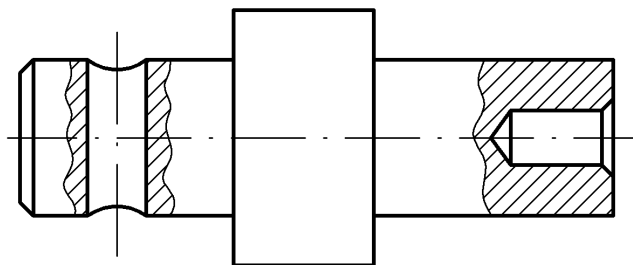


Рис. 34

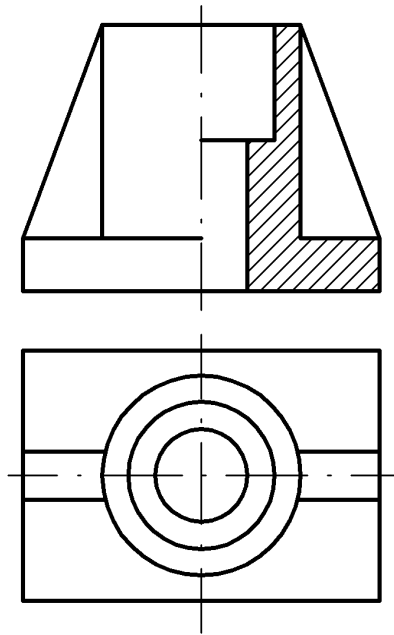


Рис. 35

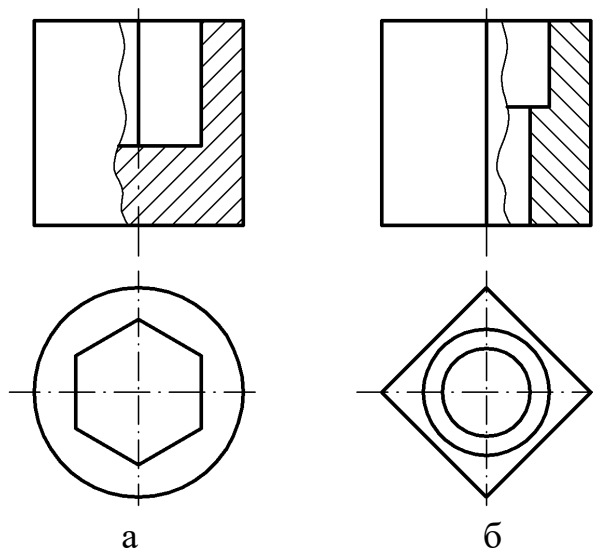


Рис. 36

Стандартом встановлено умовності та спрощення при виконанні розрізів. Якщо січна площина співпадає з площиною симетрії деталі, і зображення якої знаходиться в проекційному зв'язку, то положення січної площини не вказують і розріз не надписують (рис. 27б, 29, 30). Якщо деталь симетрична, то замість повного розрізу слід суміщати половину вигляду з половиною розрізу (рис. 35). Межею між ними служить вісь симетрії. Як правило, розріз розміщують справа або знизу від осі зображення. Вісь симетрії не може служити межею між виглядом і розрізом, якщо на місці симетрії деталі знаходиться внутрішнє (рис. 36 а) або зовнішнє (рис. 36 б) ребро. Межу в цьому випадку позначають суцільною хвилястою лінією. Якщо січна площина проходить уздовж тонкої стінки (ребро жорсткості, перегородка малої товщини тощо), то розрізану цією площиною стінку показують незаштрихованою і обмежують лінією видимого контуру (див. рис. 35). Поперечний розріз тонкої стінки зображують заштрихованим.

4.3. Правила оформлення перерізів на кресленнях

Перерізом називають зображення, яке виходить при уявному розрізі предмета однією або кількома площинами. На перерізі показують тільки те, що знаходиться безпосередньо в січній площині. Частина деталі за цією площиною у перерізі не зображують.

Для утворення перерізу треба в належному місці рисунка провести січну площину, фігуру, утворену в перерізі, повернути в положення, паралельне площині проєкцій. На вільному місці поля рисунка накреслити переріз і в разі потреби оформити його написом. Переріз є умовним зображенням. Умовність полягає в тому, що січну площину проводять уявно, а фігури утвореної в перерізі, окремо від предмета не існує.

Перерізи, що не входять у розріз, за місцем розміщення поділяють на винесені та накладені.

Винесеним називається переріз, розміщений поза контуром основного зображення. Винесеним перерізам слід надавати перевагу. Контур винесеного перерізу зображають суцільною основною лінією.

Винесений переріз можна розташовувати:

а) на продовженні сліду січної площини поблизу вихідного зображення, якщо переріз має симетричну форму. Площину перерізу виконують суцільною тонкою лінією, буквами не позначають і переріз не надписують (рис. 37);

б) на вільному місці поля креслення. Площину перерізу позначають розімкнутою лінією, стрілками вказують напрям проєктування і переріз надписують за типом "А-А" (див. рис. 37, переріз А-А);

в) в розриві між частинами зображення. Якщо переріз має симетричну форму, лінію перерізу не позначають і переріз не надписують (рис. 38а). Для несиметричних перерізів лінію перерізу проводять із стрілками, але буквами не позначають (рис. 38б);

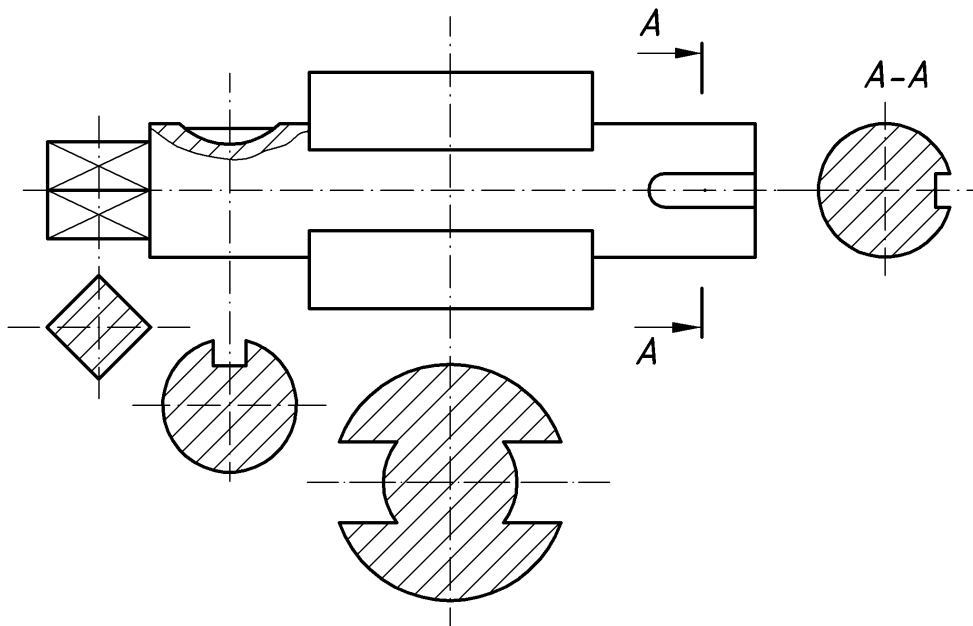


Рис. 37

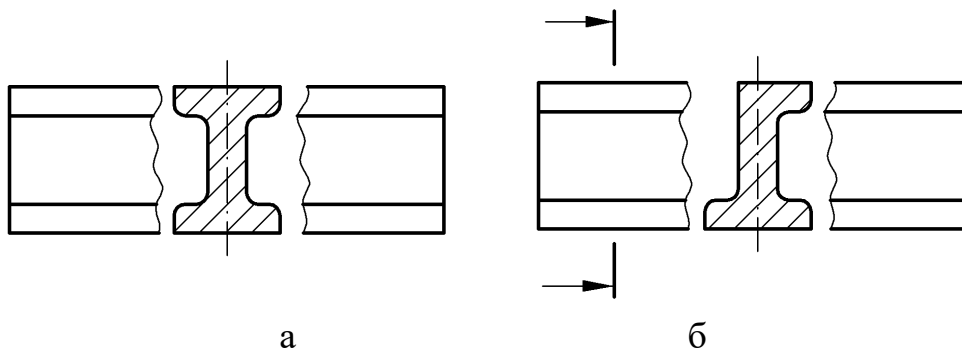


Рис. 38

Для кількох однакових перерізів, що відносяться до одного предмета, лінію перерізу позначають однією буквою і креслять один переріз (рис. 39).

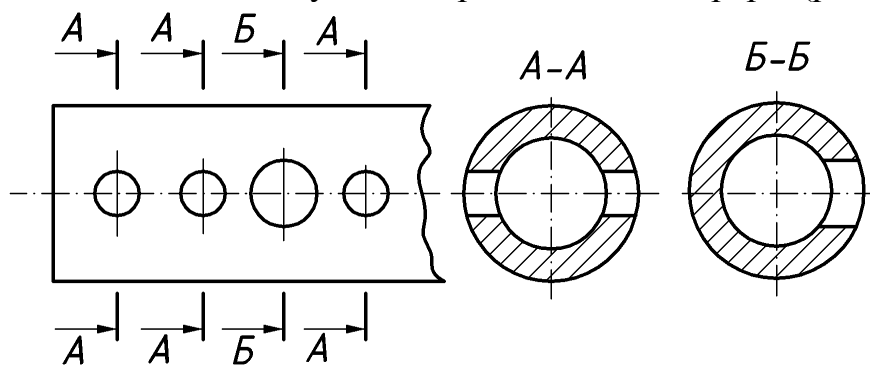


Рис. 39

Якщо однакові перерізи розміщені під різними кутами, то символ повернутого перерізу не наносять (рис. 40).

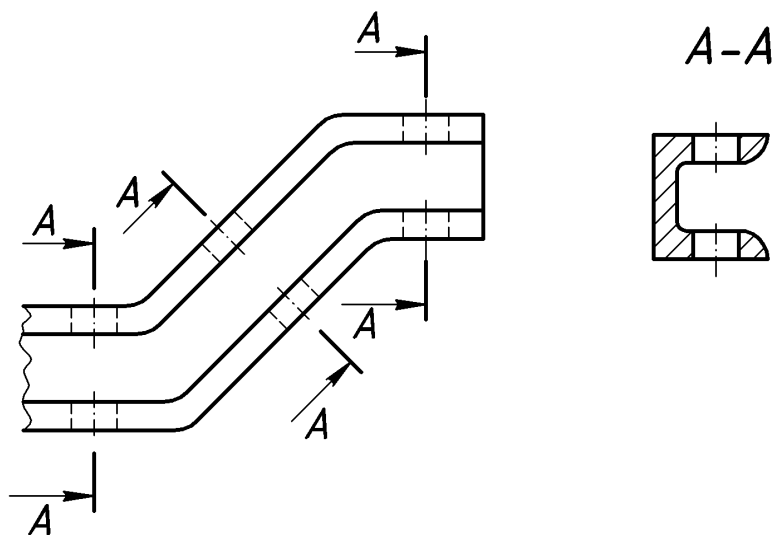


Рис. 40

Січні площини слід вибрати так, щоб отримати поперечні перерізи, перпендикулярні до грані деталі (рис. 41).

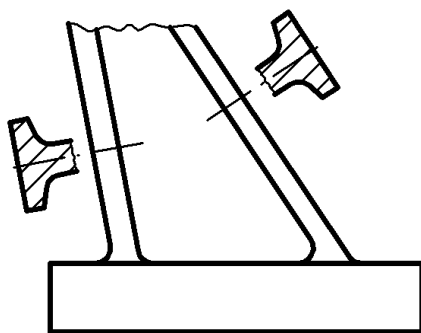


Рис. 41

Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, що обмежує отвір чи заглиблення, то контур отвору чи заглиблення в перерізі показують повністю (рис. 42а). Перерізи не можна застосовувати, якщо їх контур має вигляд окремих фігур. У такому випадку необхідно виконати розріз (рис. 42б).

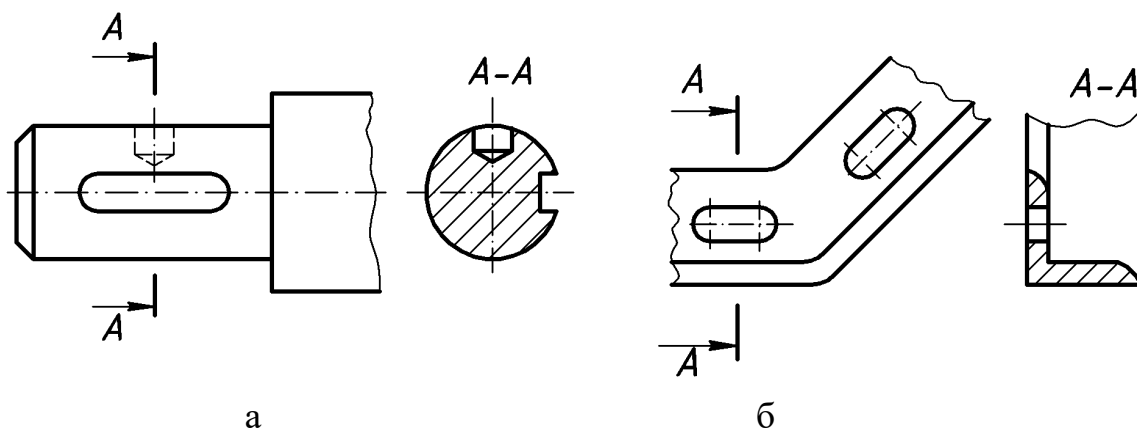


Рис. 42

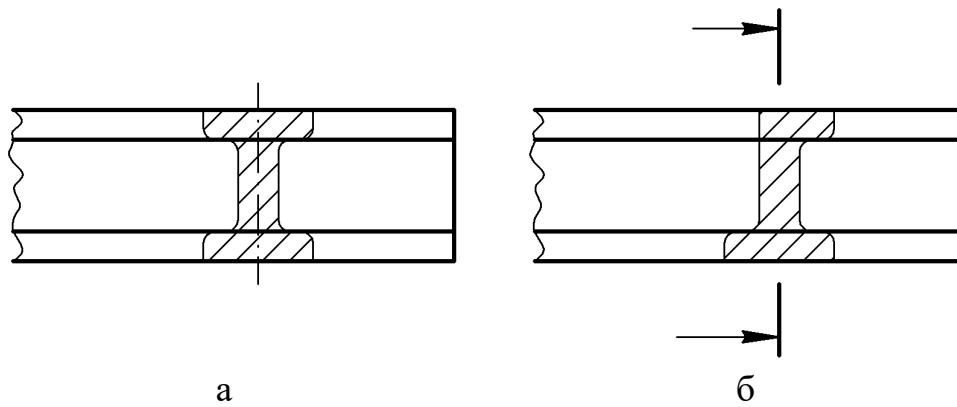


Рис. 43

Накладені перерізи розміщують на самому зображенні й обводять по контуру тонкими суцільними лініями. Причому контур зображення на місці розміщення накладеного перерізу не розривають. Для симетричних накладених перерізів лінію перерізу не зображують і переріз не надписують (рис. 43а). Для несиметричних перерізів лінію перерізу зображують розімкненою зі стрілками, але переріз не надписують (рис. 43б).

Якщо січна площина проходить уздовж тонкої стінки (ребро жорсткості, перегородка, спиці маховиків, шків), то розрізану цією площиною стінку показують незаштрихованою й обмежують лінією видимого контуру. Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, непустотні вали і шпинделі, шатуни тощо при поздовжньому розрізі показують нерозрізаними. Шарики завжди показують нерозрізаними.

В якості допоміжної січної допускається застосовувати циліндричну поверхню (рис. 44). Переріз розгортають в одну площину, паралельну до основних площин проєкцій. До напису над перерізом “А-А” додають символ, що означає розгорнутий переріз. Радіус кола для символу “розгорнуто” мінімум 3 мм.

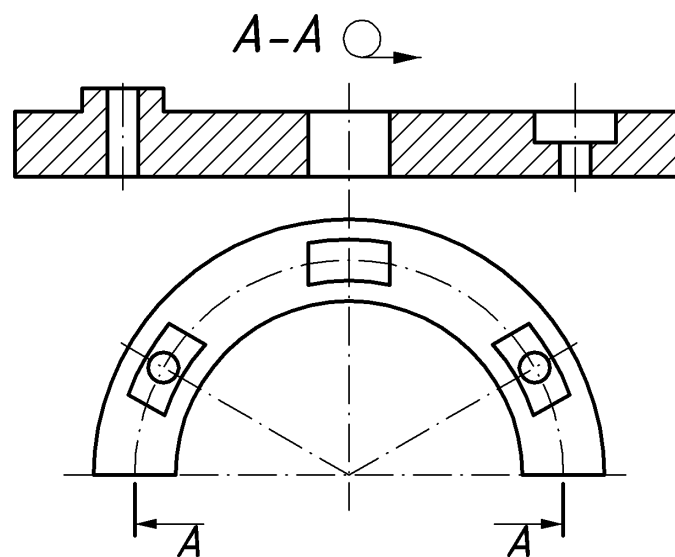


Рис. 44

Виносним елементом називають додаткове окреме зображення будь-якої частини предмета, що потребує графічного та іншого пояснень відносно форми, розмірів тощо (рис. 45).

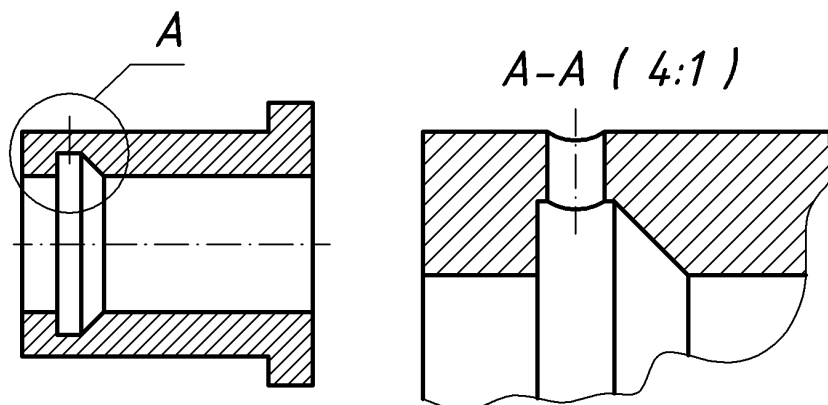


Рис. 45

При виконанні виносного елемента відповідне місце обводять тонкою лінією – колом або овалом з виносною лінією і полицею. Над полицею великою літерою позначають виносний елемент, а над зображенням виносного елемента поряд із літерою в дужках вказують його масштаб.

Виносний елемент може бути виглядом, розрізом або перерізом, незалежно від типу зображення, на якому показано його місце.

Розміщувати виносний елемент потрібно якомога ближче до відповідного місця на зображенні предмета.

Кількість виглядів, розрізів, перерізів на кресленнику повинна бути мінімальною але достатньою для того, щоб форма деталі була повністю зрозумілою. Кількість та комбінацію зображень встановлює проєктант.

5. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

Зображення об'єктів, виконані в системі ортогональних проекцій, часто не мають достатньої наочності. Треба мати розвинену просторову уяву і досвід роботи із зображеннями на комплексному рисунку. В зв'язку з цим такі зображення доповнюють їхніми аксонометричними проекціями, які дають можливість повніше уявити зображені об'єкти.

5.1. Утворення аксонометричних проекцій

Аксонометрія (від грецьк. *αξον* – вісь, *μετρο*-виміряю) є розділом теорії зображень, в якому розглянуто побудову аксонометричних проекцій об'єктів. Ідея аксонометрії полягає в тому, що об'єкт разом із осями просторової декартової системи координат, що пов'язана з ним, проєктується на аксонометричну площину проекцій.

На рис. 46 показано утворення аксонометричної проекції точки **A** простору. Вона разом із просторовою системою координат **Oxyz** паралельно напрямку

проектування S проектується на аксонометричну площину проєкцій Π' . Напрямок проектування S складає кут φ з площиною Π' . Напрямок аксонометричного проєціювання обирають таким чином, щоб він не співпадав із напрямком координатних осей чи площин. На площині Π' утворюються аксонометричні осі $O'x'y'z'$ та аксонометрична проєкція A' точки A .

Щоб побудувати аксонометрію предмета, спочатку необхідно віднести його до системи трьох взаємно перпендикулярних площин, що співпадають із площинами проєкцій, вибрати аксонометричну площину і напрям проектування, а потім на основі паралельного проектування за заданим напрямом на площині побудувати проєкцію предмета разом із прямокутними координатними осями.

Розрізняють прямокутну та косокутну аксонометрію. В першому випадку кут між напрямом проектування та площиною аксонометричних проєкцій – прямий, у другому – непряий.

В загальному випадку координатні осі, а разом із ними й об'єкт, проектується на аксонометричну площину проєкцій Π' зі спотворенням.

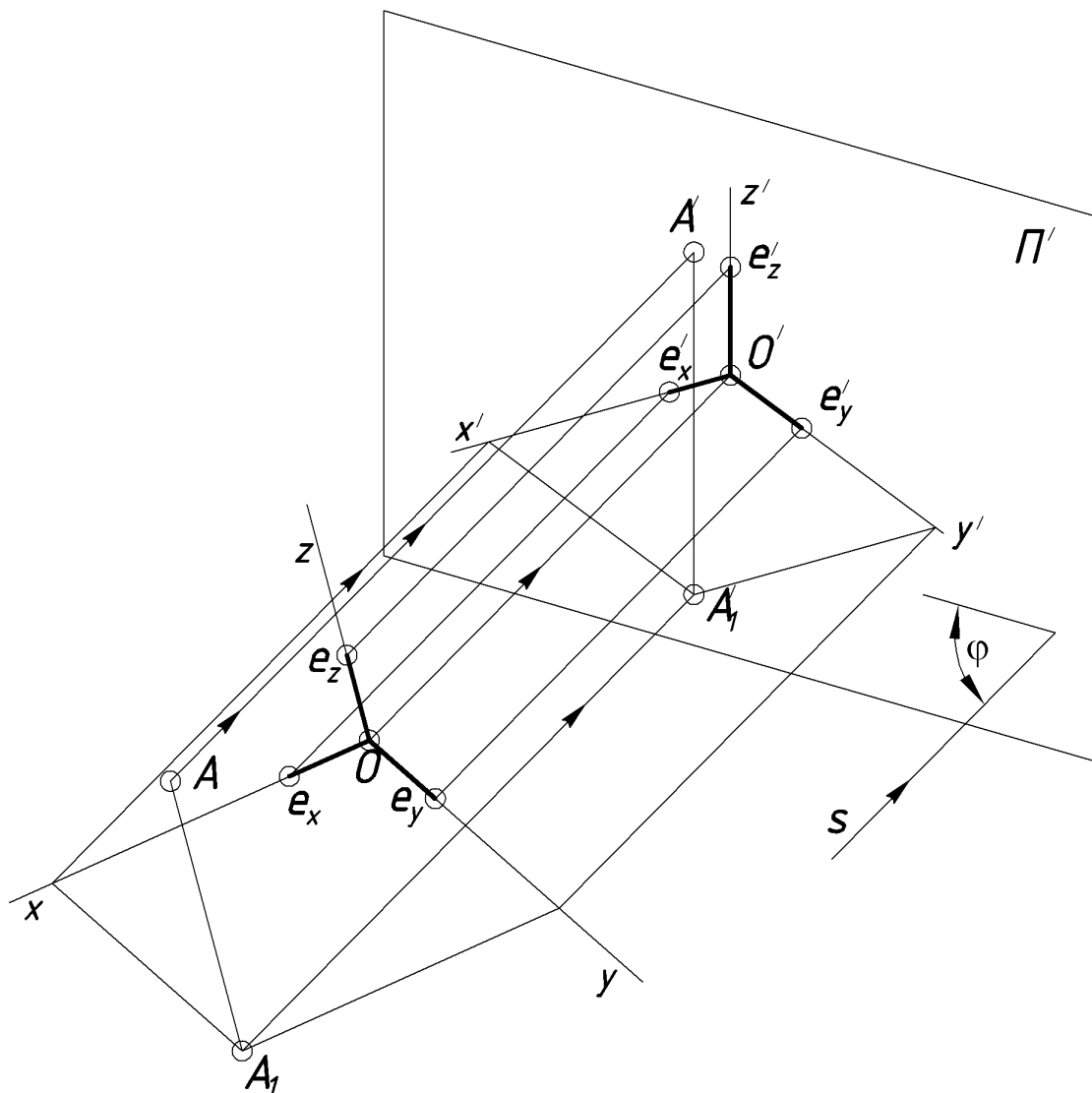


Рис. 46

Якщо на кожній з координатних осей x, y, z (див. рис. 46) від точки O відкласти відрізки e_x, e_y, e_z , довжини яких дорівнюють одиничному відрізку e , то внаслідок проектування одержимо їх аксонометричні проекції e'_x, e'_y, e'_z .

Відношення аксонометричних проекцій відрізків до їх дійсних величин називають коефіцієнтами або показниками спотворення:

$$\frac{e'_x}{e_x} = u; \frac{e'_y}{e_y} = v; \frac{e'_z}{e_z} = w.$$

Оскільки $e_x = e_y = e_z = e$, то:

$$\frac{e'_x}{e} = u; \frac{e'_y}{e} = v; \frac{e'_z}{e} = w.$$

Існує залежність між показниками спотворення і кутом проектування:

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + \text{ctg}^2 \varphi.$$

Для прямокутної аксонометрії, де $\varphi = 90^\circ$, а $\text{ctg } 90^\circ = 0$, буде :

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2.$$

Основною теоремою паралельної аксонометрії є теорема Польке-Шварца; яка стверджує : *будь-які три відрізки на площині, що виходять з однієї точки, можна розглядати як паралельні проекції трьох рівних та взаємно перпендикулярних відрізків у просторі.* Згідно з цією теоремою аксонометричні осі на площині проєкцій, а також відношення показників спотворення можна задавати як завгодно.

Коли показники спотворення по всіх трьох осях однакові, тобто $u=v=w$, то аксонометрію називають ізометрією, якщо $u=w \neq v$, вона має назву диметрії, а якщо $u \neq v \neq w$ – триметрії.

ДСТУ ISO 5456-3:2006 встановлено такі види аксонометричних проєкцій: прямокутні – ізометрію та диметрію, косокутні – фронтальну ізометрію й диметрію та горизонтальну ізометрію.

В прямокутній ізометрії всі три координатні осі однаково нахилені до аксонометричної площини проєкцій, а тому $u=v=w$. Тоді згідно з формулою (4) $3u^2=2$, звідки $u = \sqrt{2/3} \approx 0.82$. Кут між осями на аксонометричній площині проєкцій становить 120° (рис. 47).

На рис. 47 показано спрощений спосіб побудови аксонометричних осей.

Для зручності приймають, що показник спотворення по осях дорівнює одиниці, який призводить до збільшення зображення в 1,22 рази ($1:0,82=1.22$). Такі показники називають приведеними показниками спотворення.

При виконанні розрізів у прямокутній ізометрії штриховку в аксонометричних площинах виконують згідно з рис. 48.

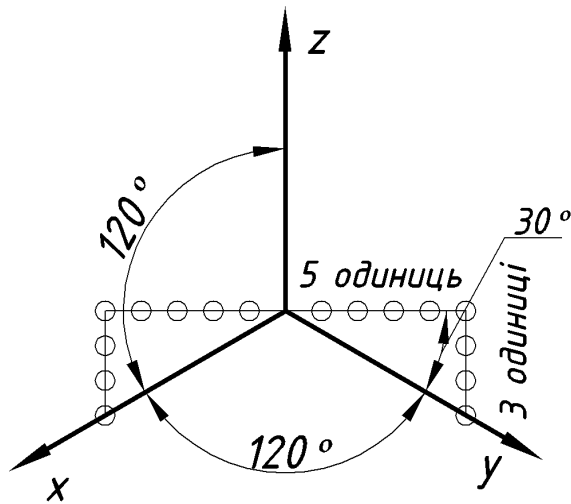


Рис. 47

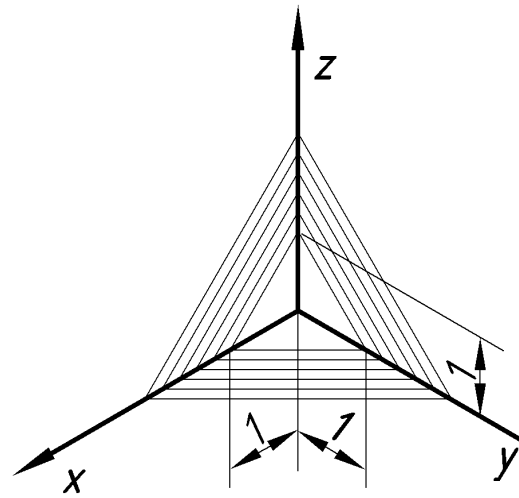


Рис. 48

Кола, що лежать у площинах, паралельних до площин проєкцій, на аксонометричну площину проєктуються в еліпси (рис. 49). Осі еліпсів у прямокутній аксонометрії мають певний напрям: велика вісь перпендикулярна до третьої аксонометричної осі, а мала – паралельна їй. Величина великої осі дорівнює $1.22D$, а малої – $0.71D$, де D – діаметр кола.

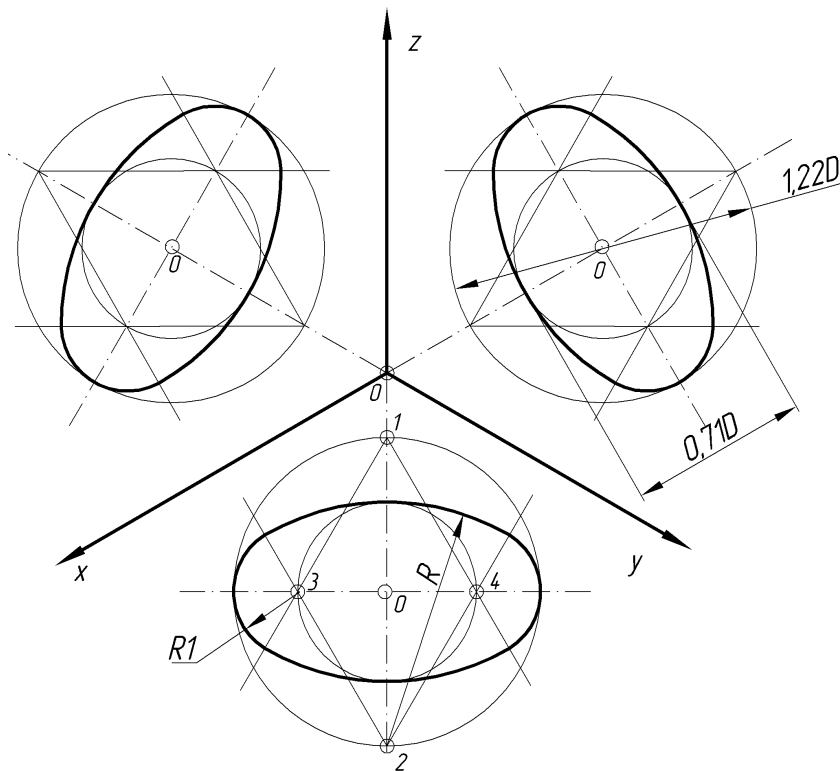


Рис. 49

Оскільки побудова еліпсів трудомістка, їх замінюють овалами. Це дає змогу будувати аксонометрію кола за допомогою циркуля. На рис. 49 зображено побудову еліпсів за допомогою допоміжних кіл діаметром $0,71D$ та $1,22D$. Точки **1** та **2** перетину великих кіл із малою віссю будуть служити центрами великих дуг овала, а точки **3** і **4** перетину малих кіл із великою віссю – центрами малих дуг.

Точки спряження дуг кіл в овала будуть знаходитися на продовженні лінії центрів великої і малої дуг.

У випадках, коли потрібно повніше показати одну грань об'єкта, а другу подати скорочено, застосовують прямокутну диметрію, в якій скорочення по осі y' вдвічі більше, ніж по осях x' та y' . Тобто, $u=w$, $v=u/2$. Тоді згідно з формулою (4) $2u^2+(u/2)^2=2$, звідки $u=8/9\approx 0.94$ а $v=0.47$.

Диметричну проекцію виконують, як правило, за приведеними показниками спотворення $u=1$, $v=0.5$, $w=1$.

Розміщення осей та спрощений спосіб їх побудови зображено на рис. 50.

При виконанні розрізів у прямокутній диметрії штриховку в аксонометричних площинах виконують згідно з рис. 51.

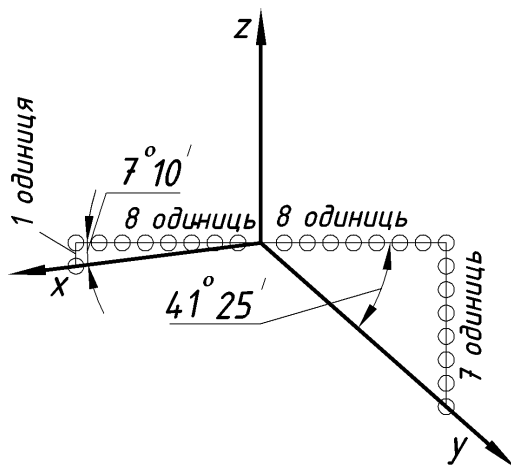


Рис. 50

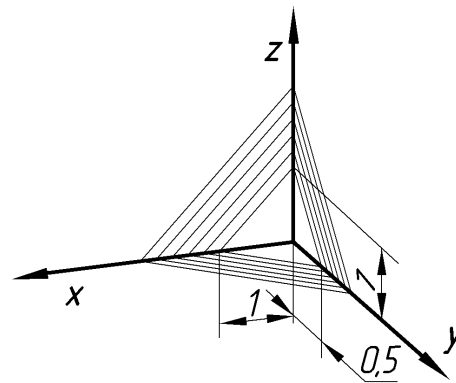


Рис. 51

Кола, що лежать у площинах, паралельних площинам проєкцій, проєктуються на аксонометричну площину проєкцій в еліпси. Для приведених показників спотворення велика вісь еліпса дорівнює $1,06D$. Мала вісь на фронтальній площині – $0,95D$, а на горизонтальній і профільній площинах – $0,35D$.

На рис. 52 зображено побудову овала, що заміняє прямокутну диметричну проєкцію кола в горизонтальній (профільній) площині. Спочатку проводять аксонометричні осі, через точку O' – вертикальну й горизонтальні прямі. На аксонометричних осях будують паралелограм, на відстані, що дорівнює 1.06 діаметра кола, від точки O' позначають точки 1 , сполучають їх із точками A . Лінія $1A$ в перетині з горизонтальною віссю визначить точку 2 . Точки 1 та 2 є центрами дуг, що складають овал.

в горизонтальній та профільній площинах

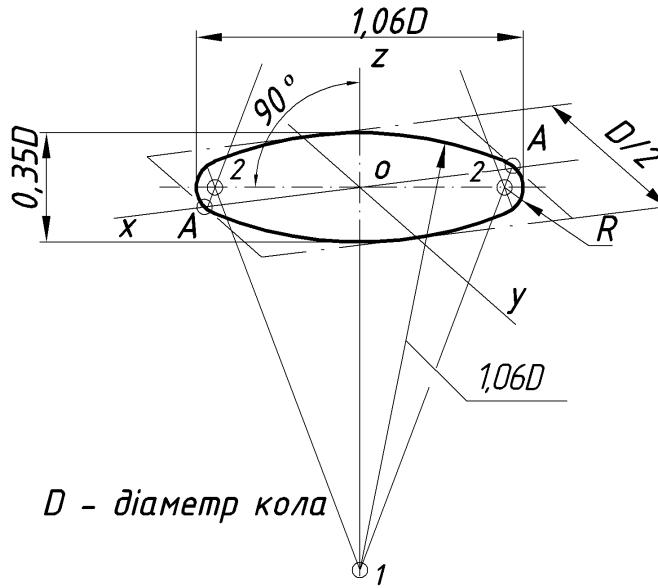


Рис. 52

Побудову фронтального зображення кола в прямокутній диметрії зображено на рис. 53. З точок **A** будують перпендикуляри до відповідних сторін ромба, знаходять точки **1** і **2** перетину перпендикулярів з діагоналями. Ці точки і є центрами дуг овала, які ми шукали.

у фронтальній площині

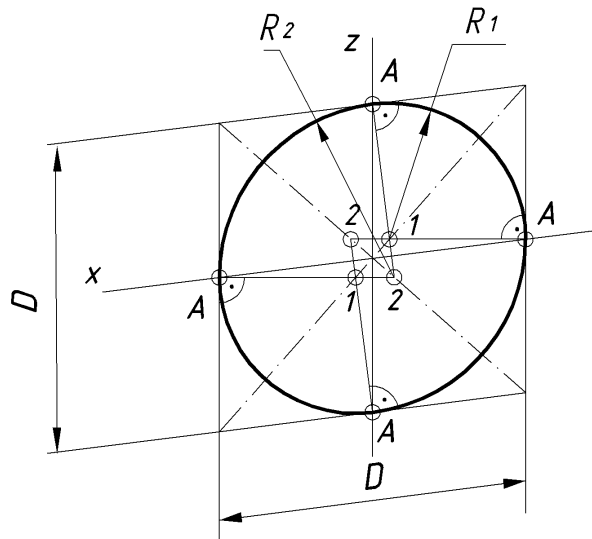


Рис. 53

Положення аксонометричних осей у косокутній фронтальній ізометрії зображено на рис. 54 зліва. Дозволяється застосовувати фронтальну ізометричну проекцію з кутом нахилу осі Oy' 30° і 60° . Фронтальну ізометричну проекцію виконують без спотворення по осях x , y , z . Кола в площинах проекцій, зображено на рис. 126 справа. Велика вісь еліпса дорівнює $1,3D$, а мала – $0,54D$.

Косокутна фронтальна ізометрія

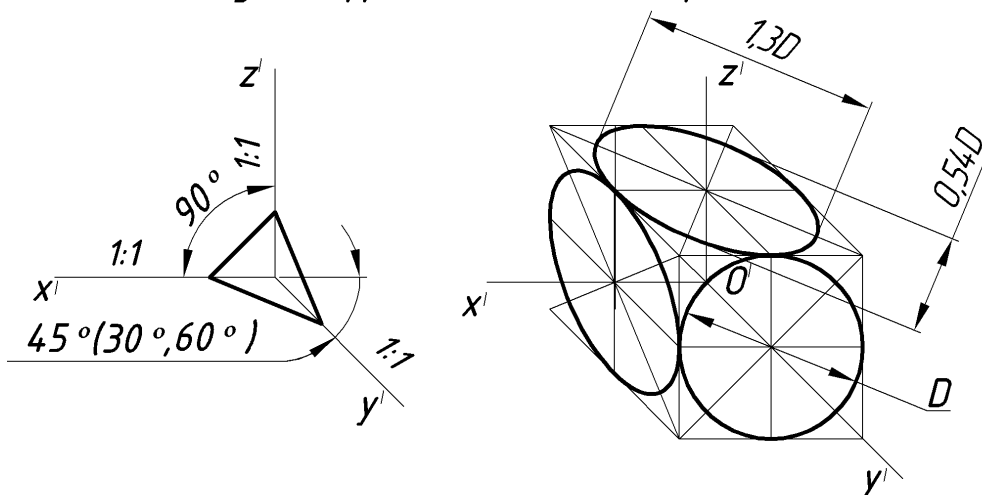


Рис. 54

Положення аксонометричних осей у косокутній горизонтальній ізометрії зображено на рис. 55 зліва.

Косокутна горизонтальна ізометрія

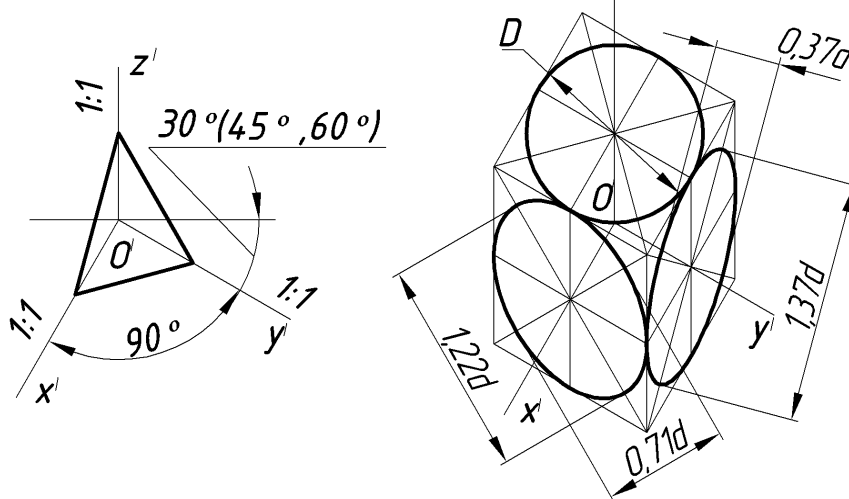


Рис. 55

Дозволяється застосовувати горизонтальну ізометрію з кутом нахилу осі Oy' 45° і 60° . Горизонтальну ізометричну проекцію виконують без спотворення осей по осях Ox , Oy , Oz . Кола, зображені в площинах проекцій, показано на рис. 55 справа. Розміри великих і малих осей еліпсів у різних аксонометричних площинах також подано на рис. 55 справа.

Положення аксонометричних осей у косокутній фронтальній диметрії зображено на рис. 56 зліва. Дозволяється фронтальна диметрична проекція з кутом нахилу осі Oy' 30° і 60° . Коефіцієнт спотворення по осі Oy' дорівнює $0,5$, а по осях Ox' і Oz' – 1 . Розміщення осей еліпсів та їх розміри також зображено на рис. 56 справа.

Косокутна фронтальна диметрія

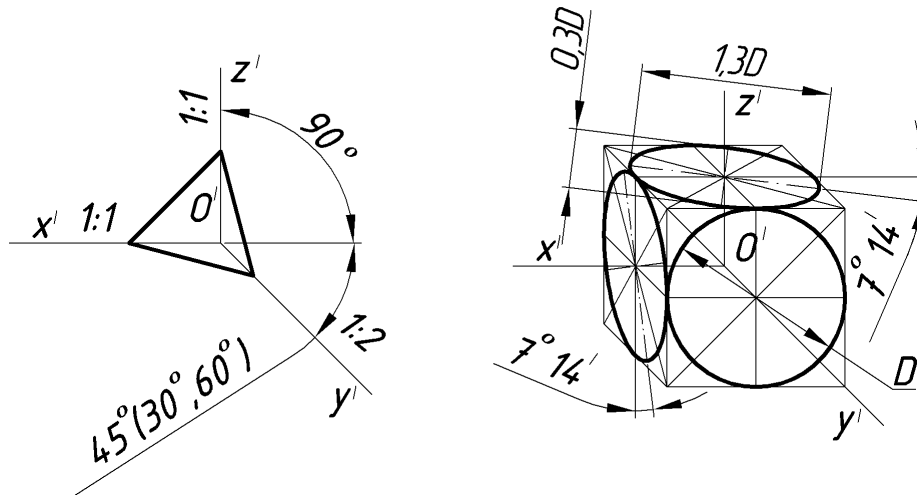


Рис. 56

При побудові аксонометричних проєкцій зручно скористатися методом аксонометричних координат. Він полягає в тому, що за ортогональним комплексним креслеником визначають натуральні координати характерних точок предмета, перемножують їх на коефіцієнти скорочення (точні або приведені), чим і визначають аксонометричні координати, які відкладають на відповідних аксонометричних осях.

Аксонометричне зображення будують у такому порядку:

- вибирають вид аксонометричної проєкції й з розрахунку отримання найкращої наочності;
- позначають осі координат на фігурі;
- будують осі координат в аксонометричній проєкції;
- будують аксонометричне зображення вихідної форми деталі;
- будують аксонометричне зображення решти елементів, що визначають форму деталі, будують, при необхідності, виріз частини заданої форми деталі.

5.2. Побудова аксонометричної проєкції призми

На рис. 57а задано кресленик правильної шестигранної призми висотою H . Для даної фігури призначаємо прямокутну ізометрію. Осі координат на кресленку проводимо так, щоб вони співпадали з головними осями симетрії, при цьому початок координат – точка O буде знаходитись у центрі нижньої основи призми. Вісь Oz суміститься з вертикальною геометричною віссю (з висотою) фігури. На вільному місці викреслюємо прямокутну ізометричну систему $Ox'y'z'$.

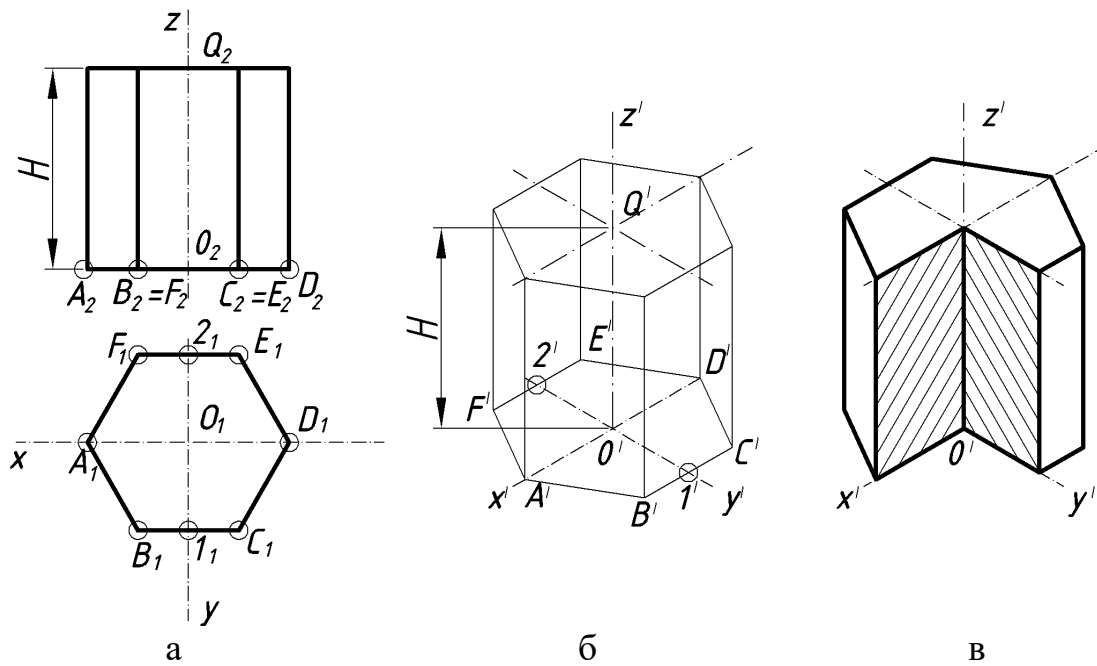


Рис. 57

Від початку координат O' (рис. 57б) у протилежні боки від нього відкладаємо по осі Ox' відрізки, взяті з ортогональних проєкцій $O'A'/=O_1A_1$ і $O'D'/=O_1D_1$, а по осі y' – відрізки $O'1'/=O_11_1$ і $O'2'/=O_12_1$. Оскільки сторони BC і EF паралельні Ox , то і в аксонометричній проєкції ця умова буде витримана. Через точки $1'$ та $2'$ проводимо прямі, паралельні Ox' і відкладаємо $1'B'=1'C'=2'E'=2'F'=1B=...=2F$. З'єднавши між собою позначені точки, одержимо ізометрію $A'B'C'D'E'F'$ шестикутника $ABCDEF$. Верхню основу будуємо на висоті H . Уздовж осі Oz' від точки O' відкладаємо величину $H=O_2Q_2$ і позначаємо точку Q' . Через точку Q' проводимо осі й будуємо верхню основу призми аналогічно нижній. Вершини нижньої і верхньої основ з'єднуємо ребрами.

На аксонометричному зображенні стираємо невидимі лінії та вирізуємо чверть (рис. 57в). Лінії штриховки проводимо згідно з правилами описаними раніше.

5.3. Побудова аксонометрії піраміди

Як і в попередньому випадку задано кресленик піраміди (рис. 58а).

Для даної фігури визначаємо прямокутну диметрію. Наносимо ортогональні осі на горизонтальній і фронтальній проєкціях і будуємо диметричну проєкцію осей. Приведені коефіцієнти скорочення для прямокутної диметрії $u=w=1, v=0,5$.

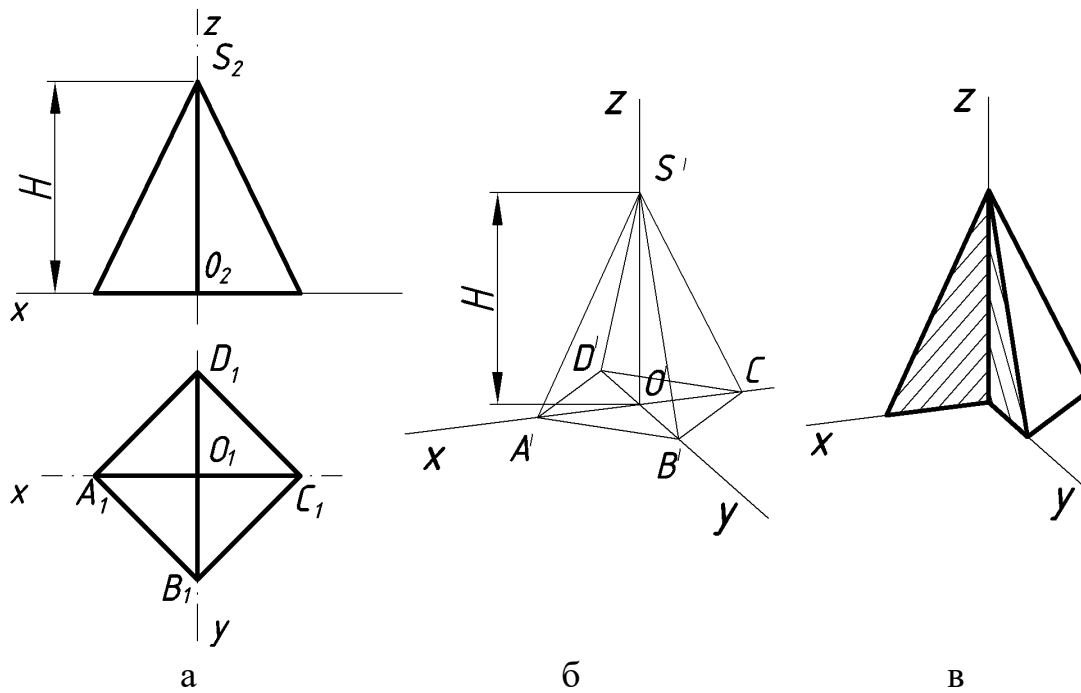


Рис. 58

Від початку координат O' (рис. 58б) у протилежні боки відкладаємо по осі Ox' відрізки взяті з ортогональних проєкцій $O^1A^1=O_1A_1$ і $O^1C^1=O_1C_1$, а по осі Oy' – відрізки $O'B'=0.5O_1B_1$ і $O'D'=0.5O_1D_1$. З'єднавши знайдені аксонометричні проєкції точок, отримаємо прямокутну диметрію основи піраміди. Вершину піраміди S' одержуємо на осі Oz' , відклавши $O'S'=O_2S_2=H$. Вершину з'єднуємо з точками основи, стираємо невидимі лінії та вирізуємо чверть (рис. 58в). Лінії штриховки наносимо згідно з правилами для прямокутної диметрії.

5.4. Побудова аксонометрії конуса

Для даної фігури (рис. 59а) визначаємо прямокутну ізометрію. Наносимо ортогональні осі на горизонтальній і фронтальних проєкціях і будуємо ізометричну проєкцію осей.

Коло основи конуса проєкується в еліпс. Через точку O' (рис. 59б) проводимо велику $A'B'$ і малу $C'D'$ осі еліпса, що відповідно дорівнюють $1,22D$ та $0,71D$. За двома осями будуємо еліпс. Вершина конуса S' знаходиться на осі $O'z'$ на висоті $H=O'S'=O_2S_2$. З точки S' проводимо дотичні (контурні твірні) до еліпса. Побудова конуса закінчується стиранням невидимої частини конуса та вирізуванням чверті (рис. 59в).

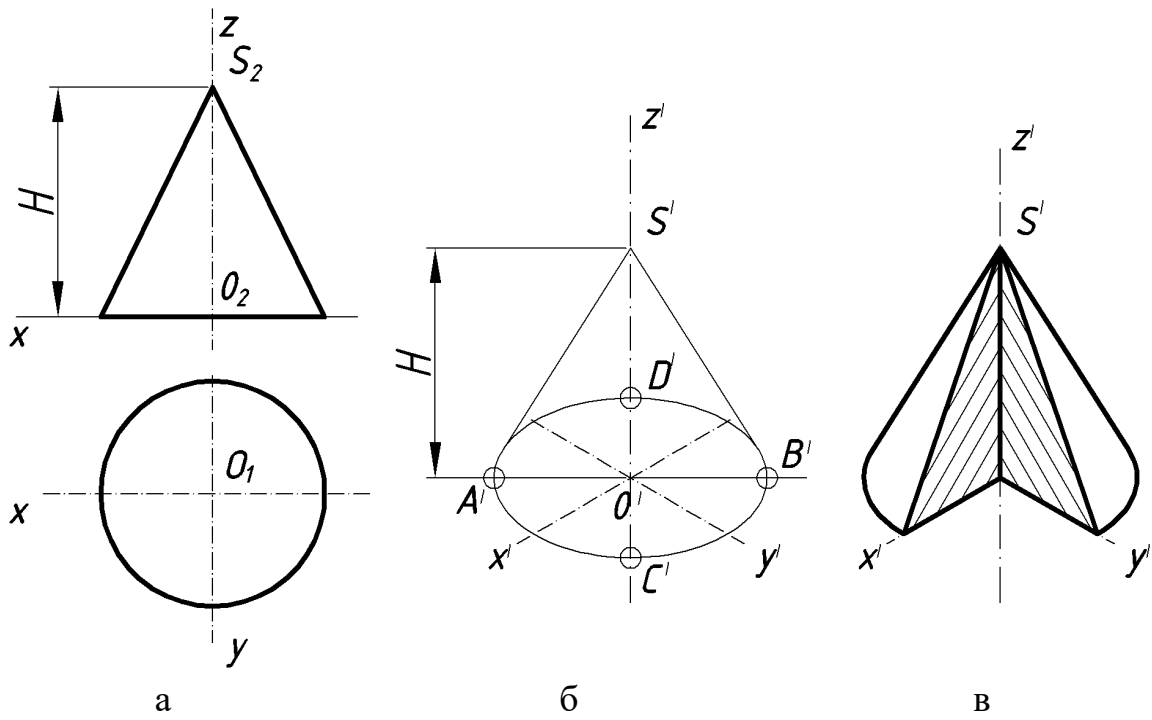


Рис. 59

5.5. Побудова аксонометричної проєкції кулі

Кулю в прямокутній ізометрії й прямокутній диметрії зображують у вигляді кола (рис. 60).

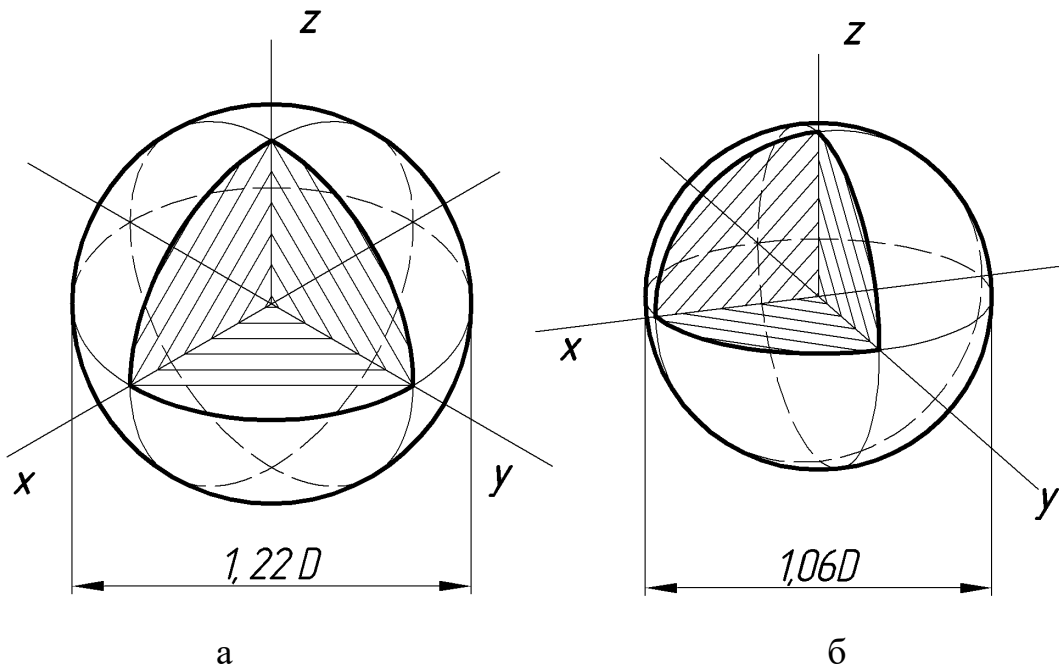


Рис. 60

У прямокутній ізометрії (рис. 60а) діаметр обрисного кола дорівнює $1,22D$, в прямокутній диметрії (рис. 60б) $-1,06D$ (D -діаметр кулі на ортогональній проекції). На аксонометричних зображеннях показують еліпси, що відповідають екватору і двом меридіанам. Еліпси розташовані відповідно в площинах $x'O'y'$, $x'O'z'$ і $y'O'z'$. За допомогою цих еліпсів зроблено вирізи $1/8$ частини кулі, що надає їй наочності.

5.6. Побудова аксонометрії деталі

Розглянемо побудову ізометричної проекції деталі, показаної на рис. 61а. Осі Ox , Oy на комплексному кресленні проводимо через осі симетрії деталі. Вісь Oz суміщаємо з вертикальною віссю симетрії. На вільному місці креслимо прямокутну ізометричну систему $O'x'y'z'$. Дана деталь складається з призматичної основи, вертикального циліндра, ребер жорсткості та горизонтального циліндричного отвору.

Побудову починаємо з нижньої основи призми-прямокутника. Сторони прямокутника, які на комплексному кресленні (див.рис. 61а) паралельні осям Ox та Oy креслимо паралельно до відповідних аксонометричних осей $O'x'$ та $O'y'$, на відстанях 24 мм по осі $O'x'$ та 15 мм по осі $O'y'$ в протилежні боки від O' (рис. 61б). Верхня основа призми дорівнює нижній. Для її побудови на висоті $O'Q'=10$ мм будуємо допоміжні аксонометричні осі. Вершини обох основ з'єднуємо відрізками й отримуємо аксонометричне зображення призматичної основи.

Циліндр будуємо так, щоб його нижня основа співпадала з верхньою основою призми. Основою циліндра є коло діаметром 22мм. В аксонометрії коло зображають у вигляді еліпса (рис. 61в). В ізометрії велика вісь еліпса дорівнює $1,22D$, а мала – $0,71D$ ($D=22$ мм). За двома осями будуємо еліпс.

Верхня основа знаходиться на висоті $O'S'=35$ мм. Провівши в точці S' аксонометричні осі, також будуємо еліпс, що дорівнює нижньому. Верхню та нижню основи з'єднуємо лініями – обрисними твірними (див. рис. 61 в).

Ребра жорсткості по висоті дорівнюють циліндрові. Вони починаються на верхній основі призми й закінчуються на верхній основі циліндра. Товщина ребер становить 6 мм і вони розміщені паралельно осі $O'x'$ (рис.61г).

Для зручності побудови горизонтального циліндричного отвору доцільно ліквідувати зайві лінії та вирізати чверть вже виконаного аксонометричного зображення (рис. 61д). Горизонтальний циліндр діаметром 14мм розміщений на висоті $O'P'=22$ мм, а вісь його паралельна осі $O'y'$. При вирізуванні чверті в перетині із циліндром утвориться еліпс з центром у точці P' . Його будуємо за двома осями. Необхідно також побудувати лінію перетину горизонтального й вертикального циліндрів. На рис. 58е показано побудову т. А, що належить лінії

перетину. На комплексному кресленні точка A має координати $(-x_A, y_A, z_A)$ (див. рис. 61а). Ці значення координат відкладаємо на аксонометричних осях (рис. 61е) і отримуємо положення точки A в аксонометрії. Аналогічно шукаємо й решту точок лінії перетину. Знайдені точки з'єднуємо лекальною кривою.

Закінчуємо побудову аксонометрії деталі ліквідуємо зайві лінії, обводимо рисунок, виконуємо штриховку (рис. 61ж).

Залежно від форми деталі доцільно використовувати той чи інший вид аксонометрії. Наприклад, поверхні обертання з вертикальною віссю не бажано будувати в косокутних аксонометричних проекціях, так як при цьому горизонтальні кола зображуються еліпсами з негоризонтальною великою віссю. Найвиразнішу сторону деталі слід розміщувати в напрямі осей, які менше спотворюються. Зображуючи видовжені деталі в прямокутній диметрії, доцільно розміщувати довшу сторону по осі, де розміри скорочуються вдвоє.

Згідно з ДСТУ ГОСТ 2.317-2014 штрихують перерізи, розрізи паралельно до сторін трикутника слідів аксонометричної площини. Перерізи, які входять у поздовжні розрізи ребер жорсткості й подібних елементів, зображених в аксонометричних проекціях, штрихують на загальних підставах (див. рис. 61ж).

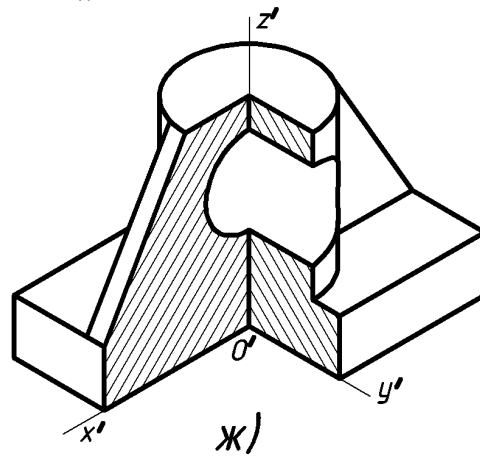
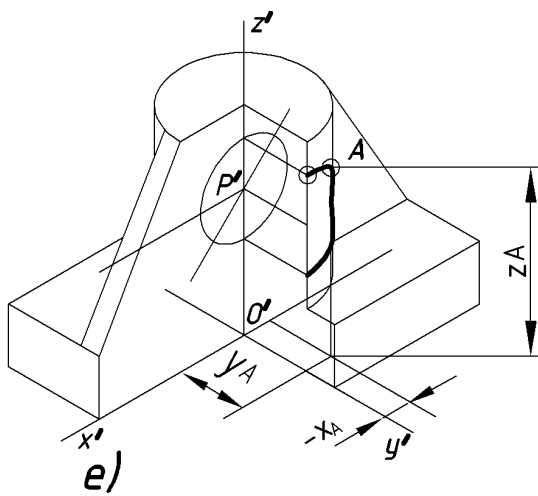
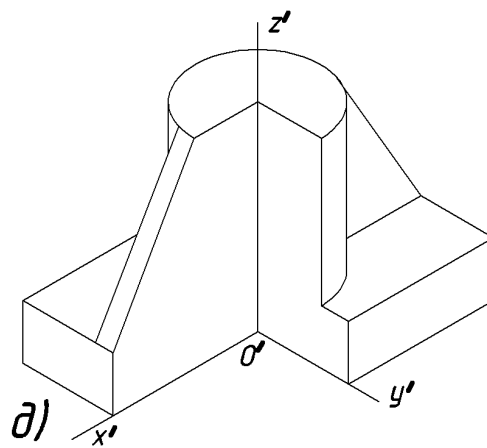
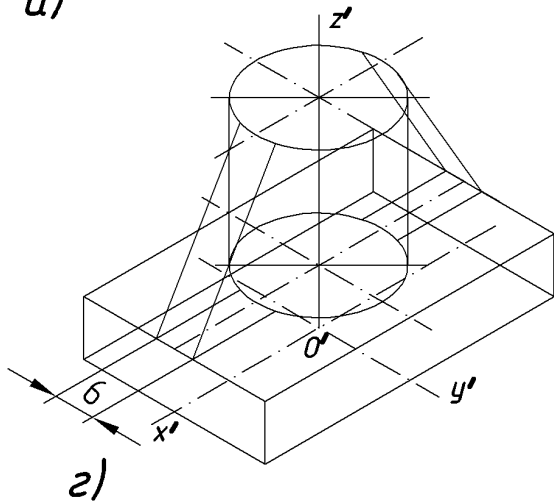
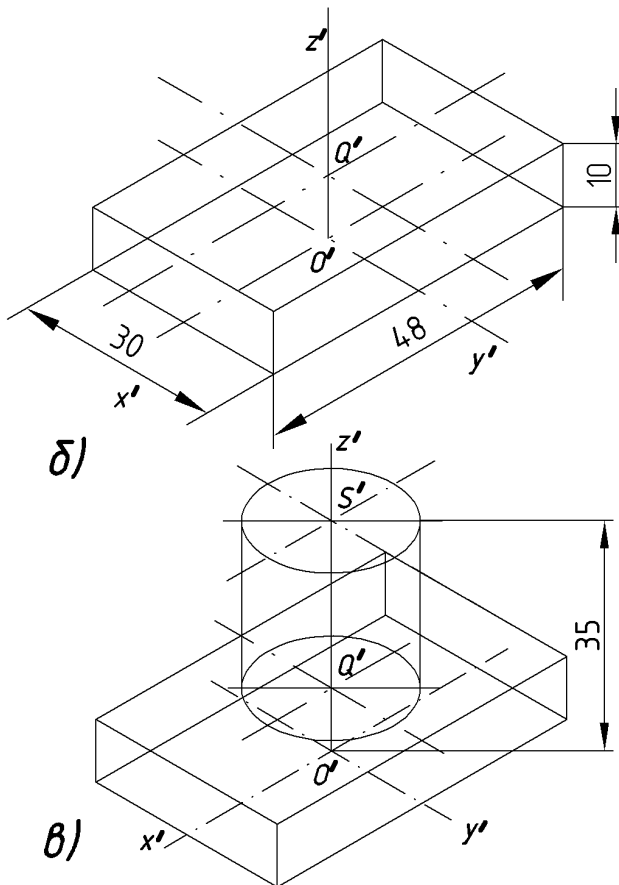
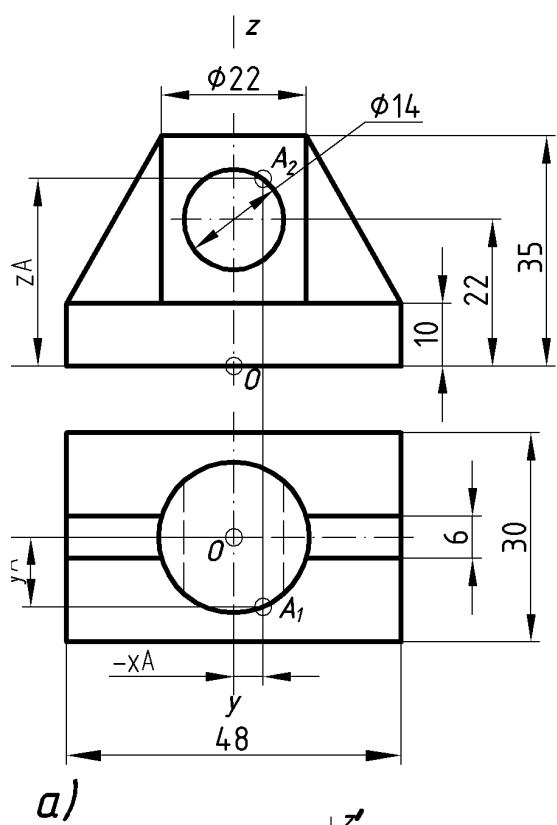


Рис. 61

ЗМІСТ ЗАВДАНЬ

Завдання 1. Виконати ескіз і робоче креслення деталі з натури в трьох проекціях, із необхідними розрізами та перерізами. Виміряти деталь, нанести розміри і написи. Ескіз виконати на міліметровому папері формату А3, а робоче креслення – на білому папері формату А3. Приклад виконання завдання наведено в додатку Г.

Ескізом називають креслення, виконане від руки (без креслярських інструментів) на око, але із збереженням пропорційності розмірів елементів деталі. Їх, як правило, виконують на папері в клітинку. Ескіз служить матеріалом (основою) для виконання креслення деталі й містить усі необхідні дані для застосування зображуваного на ньому предмета.

Послідовність виконання ескіза деталі з натури можна поділити на два етапи: підготовчий та основний.

На підготовчому етапі:

- уважно оглядають деталі й знайомляться з їх конструкцією;
- визначають назви деталей, її призначення, характер роботи у виробі;
- аналізують загальну форму деталі і окремих елементів, на які можна її розкласти;
- вибирають положення деталі для побудови її головного зображення на фронтальній площині проекцій;
- визначають необхідне число зображень видів, розрізів, перерізів, виносних елементів;
- визначають матеріал, з якого виготовлена деталь, і характер шорсткості окремих її поверхонь.

Основний етап складання ескіза здійснюють у такій послідовності:

- вибирають відповідний формат паперу для ескіза і наносять рамку та основний напис;
- визначають на око габаритні розміри деталі, тобто співвідношення довжини, висоти та ширини, і легким натискуванням олівця наносять габаритні прямокутники – місця проекцій предмета;
- на всіх видах проводять осі симетрії деталі та центрові осі отворів;
- наносять обриси зовнішнього контуру деталі;
- позначають тонкими лініями контури розрізів і перерізів;
- виконують намічені висотні елементи, додаткові та місцеві види;
- усувають зайві лінії, що є на рисунку, перевіряють виконані зображення, обводять м'яким олівцем видимий контур основною лінією, заштриховують розрізи і перерізи;
- проводять відповідні виносні й розмірні лінії;

– за допомогою інструментів обмірюють деталь і проставляють на ескізі розміри;

– виконують відповідні написи, технічні умови, заповнюють основний напис й остаточно оформляють ескіз.

Після перевірки ескіза викладачем виконують робоче креслення, з використанням графічного інструменту за розмірами, як нанесені на ескіз.

Завдання 2. За аксонометричним зображенням технічної форми побудувати три проекції деталі в ортогональних проекціях із необхідними розрізами, нанести розміри і написи.

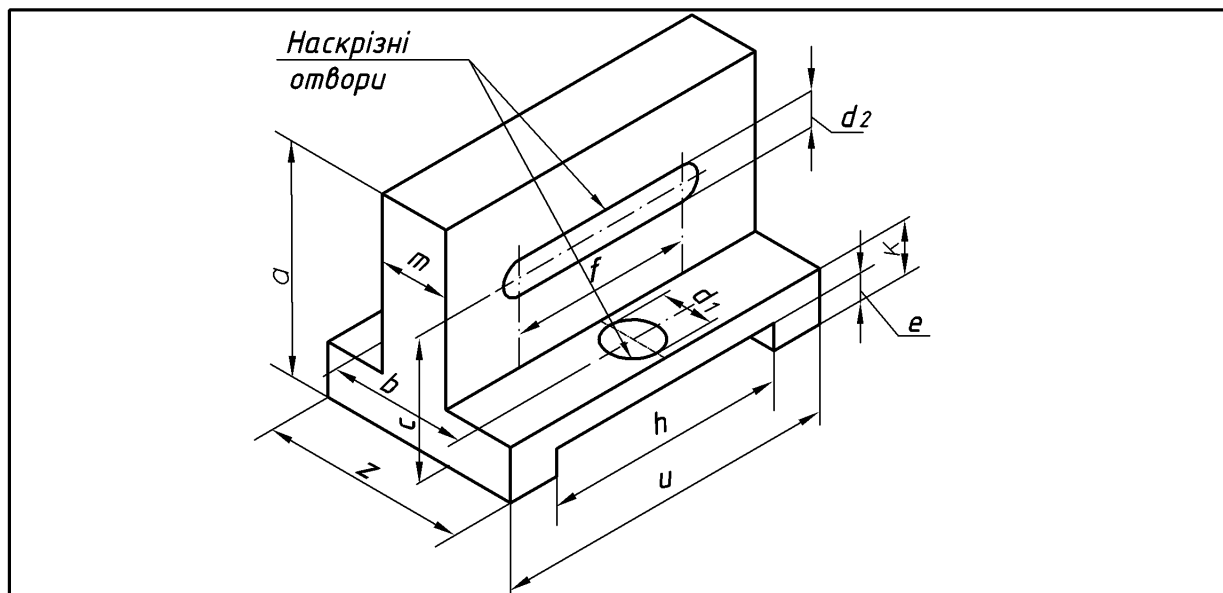
Завдання виконувати на форматі А3 згідно з варіантом. Варіанти наведено в додатку А, приклад виконання – в додатку Д.

Завдання 3. За двома заданими проекціями деталі самостійно уявити її просторову форму, побудувати третю проекцію, розрізи, нанести необхідні розміри і написи. За трьома проекціями деталі накреслити задану аксонометрію з розрізом.

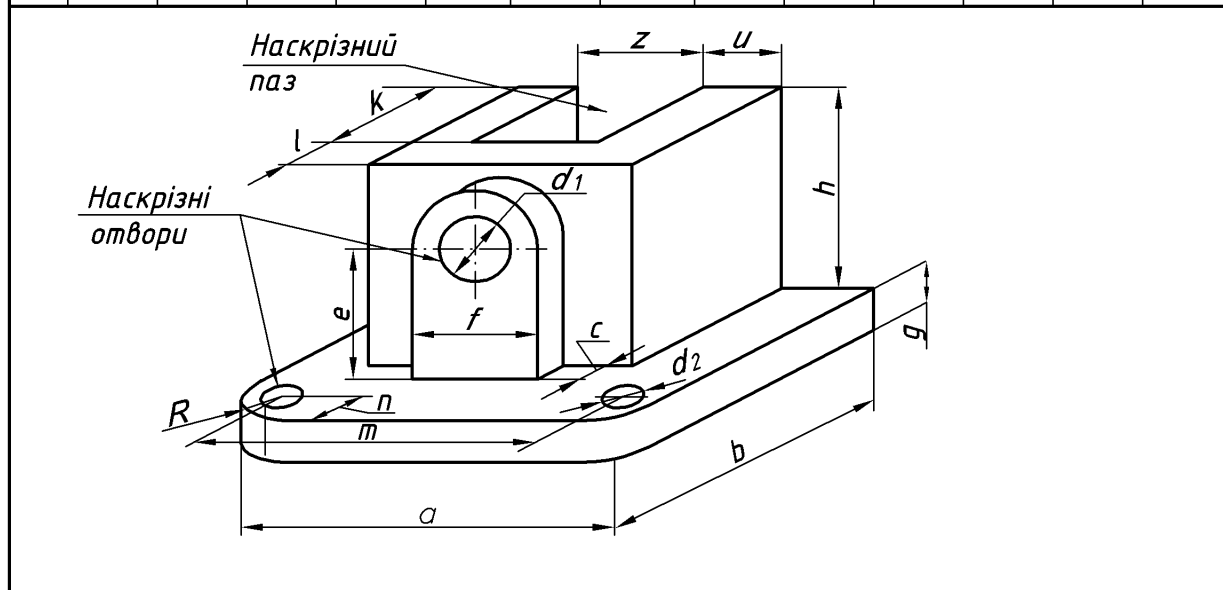
Завдання виконувати на форматі А3 згідно з варіантом. Варіанти наведено в додатку Б, приклад виконання – в додатку Е.

Завдання 3. За двома заданими проекціями деталі, що має два пронизуючі отвори, самостійно уявити її просторову форму, побудувати третю проекцію, розрізи, нанести необхідні розміри і написи.

Завдання виконувати на форматі А3 згідно з варіантом. Варіанти наведено в додатку В, приклад виконання – в додатку Ж.

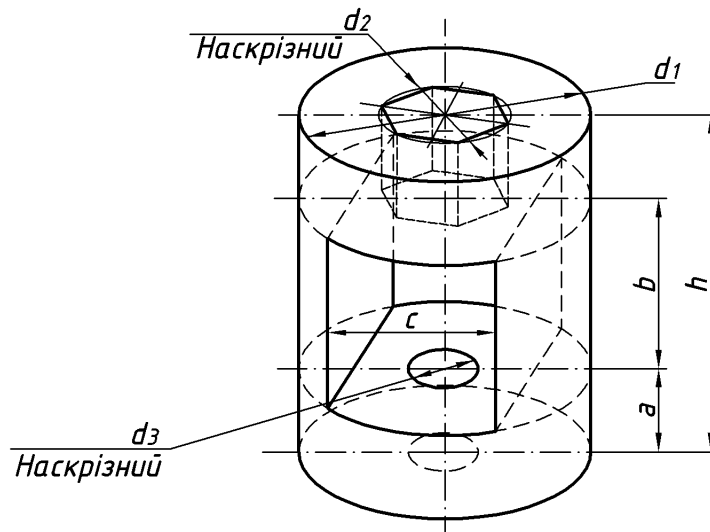


№	a	c	b	f	d ₂	e	m	z	u	k	d ₁	h
1	60	40	40	40	20	5	20	60	90	20	10	48
2	85	55	36	0	40	15	20	50	80	30	9	40
3	75	45	42	35	18	0	26	60	70	16	12	0
4	80	48	46	32	20	10	30	65	75	25	10	50
5	105	65	40	0	50	8	23	55	85	18	8	55

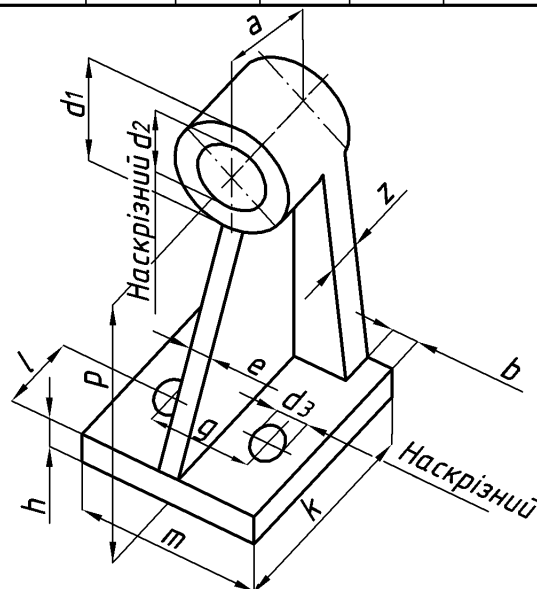


№	a	c	h	b	d ₁	d ₂	e	z	u	k	l	m	f	g	n	R
6	90	10	60	60	10	8	35	50	6	25	6	70	20	12	10	10
7	86	15	30	70	16	14	30	40	5	20	5	0	30	30	15	12
8	94	25	70	45	20	10	50	60	8	12	8	74	32	20	10	10
9	88	10	65	60	30	10	35	60	6	20	6	0	48	15	12	30
10	100	20	82	70	25	12	60	80	10	20	10	76	44	20	12	12

Додаток А
(продовження)

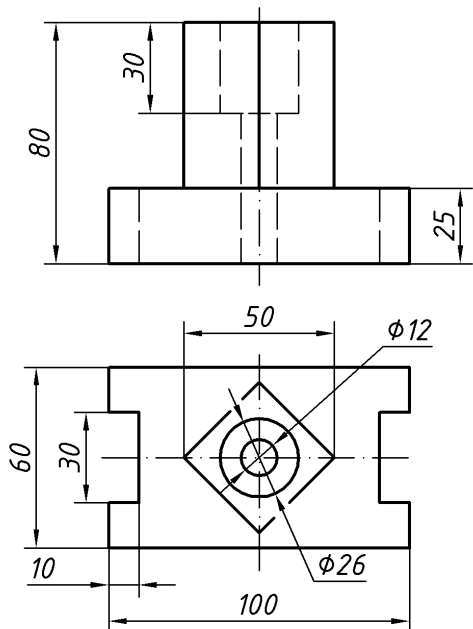


№	h	d_1	d_2	d_3	a	b	c
21	120	80	30	20	30	55	45
22	115	74	35	30	35	50	40
23	110	70	28	18	10	60	42
24	105	72	16	30	15	70	46
25	100	76	40	30	20	40	50



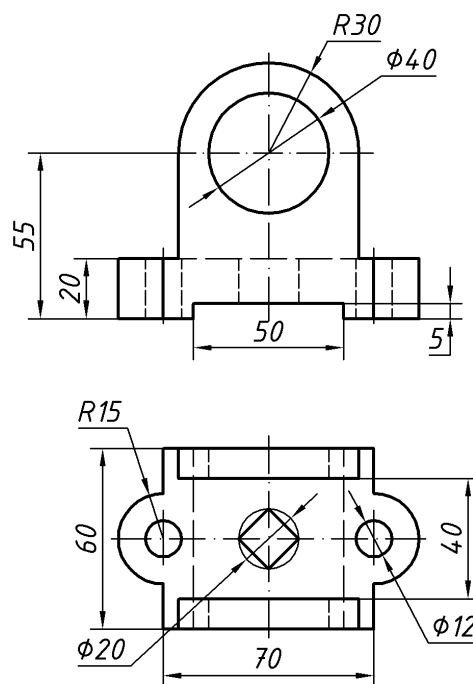
№	d_1	d_2	z	p	e	g	d_3	l	b	k	m	h	a
26	55	29	10	102	10	56	16	22	10	64	98	13	38
27	64	32	12	90	12	56	20	22	8	66	95	20	39
28	60	30	12	86	12	56	20	22	10	64	94	16	38
29	62	30	10	88	10	54	18	24	8	66	96	18	34
30	65	32	12	80	14	56	22	24	10	66	98	20	40

1



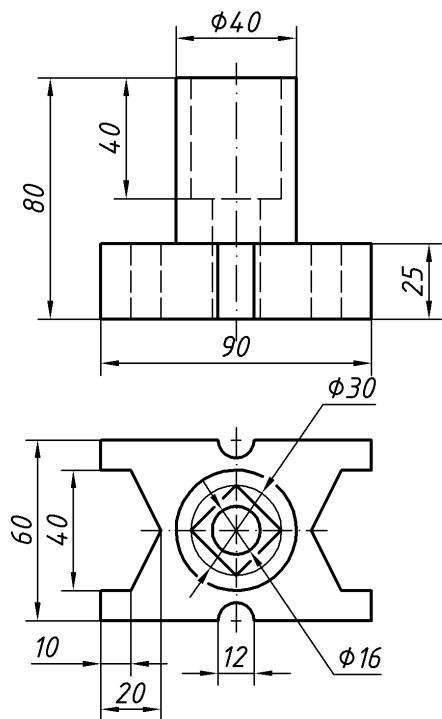
Опора

2



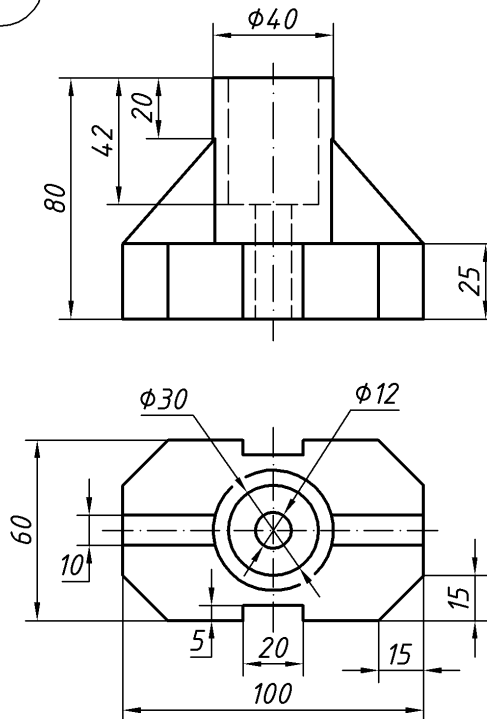
Опора

3



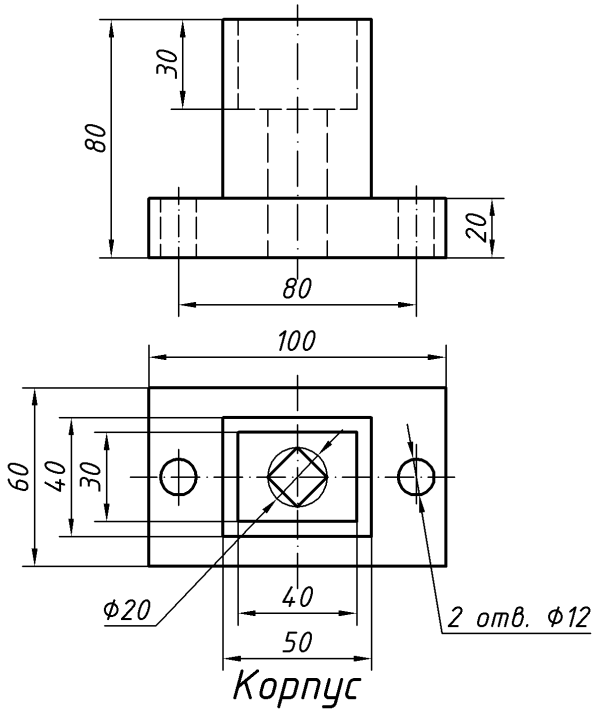
Опора

4

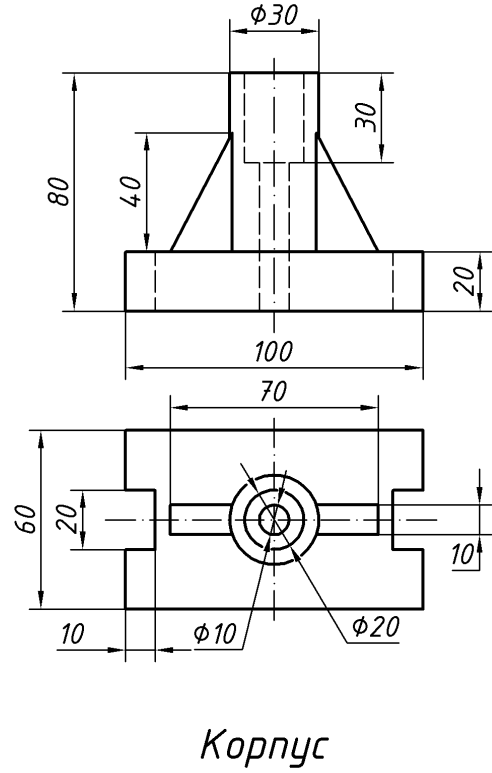


Корпус

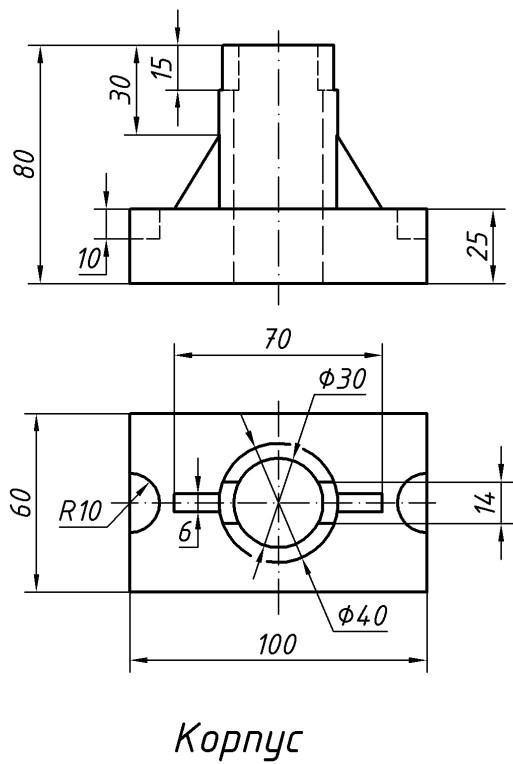
5



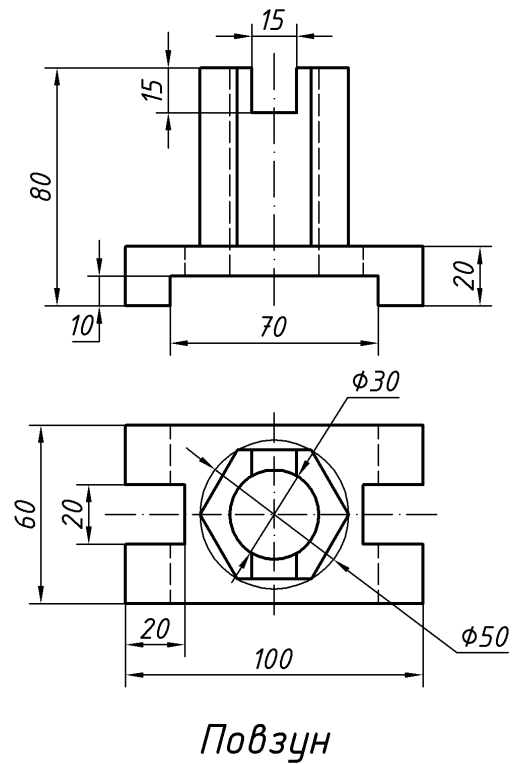
6



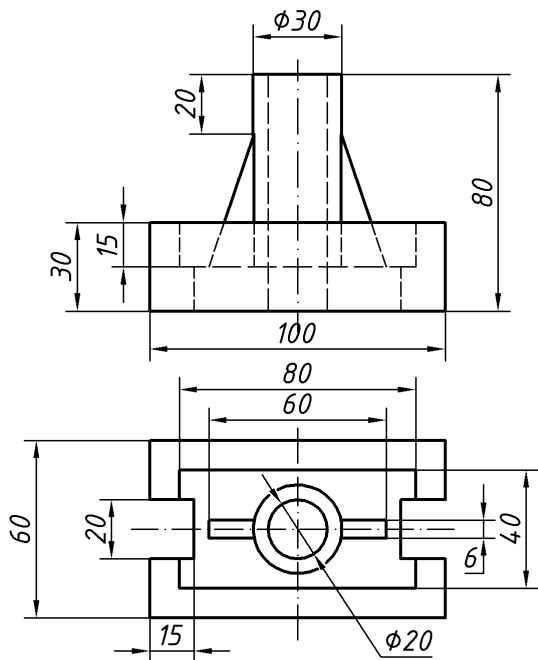
7



8

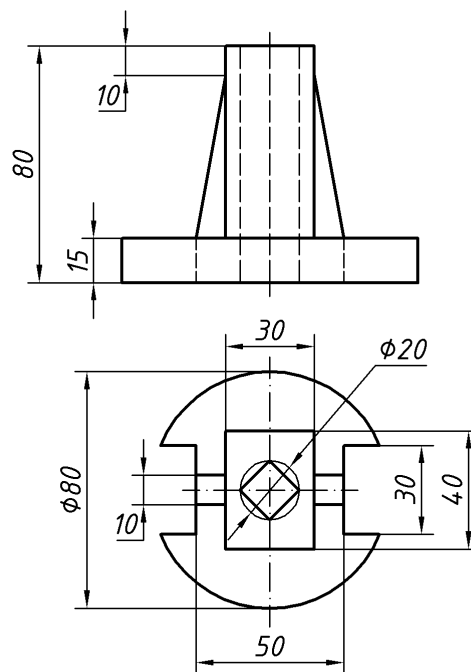


9



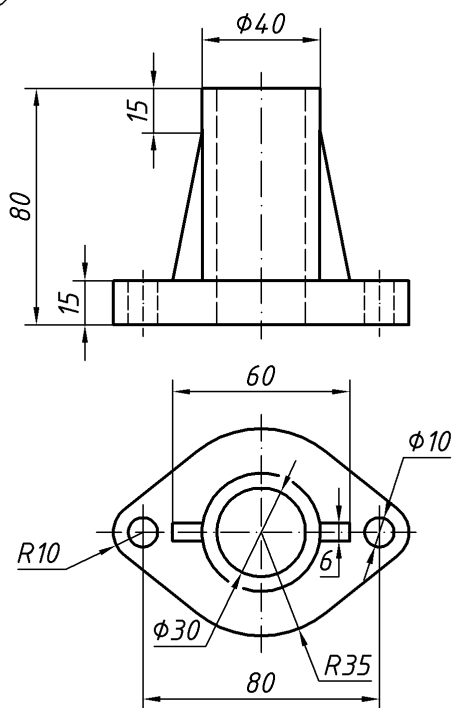
Корпус

10



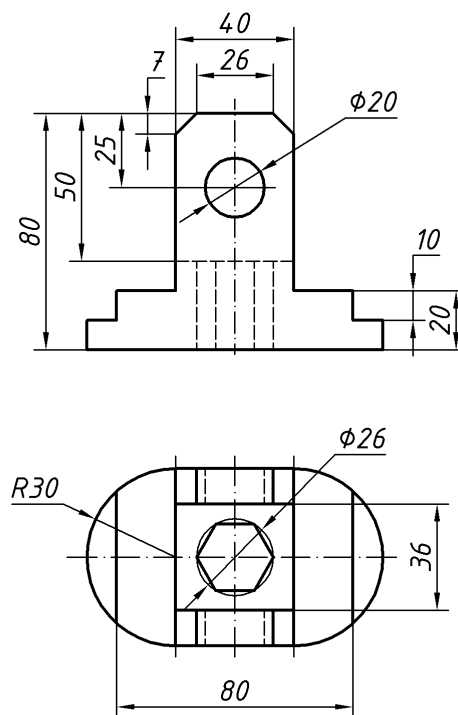
Корпус

11



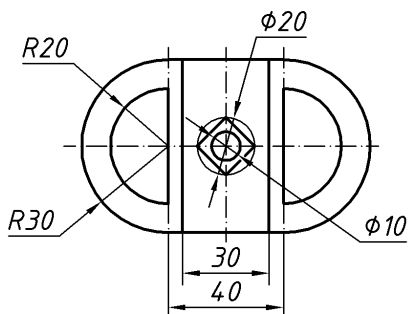
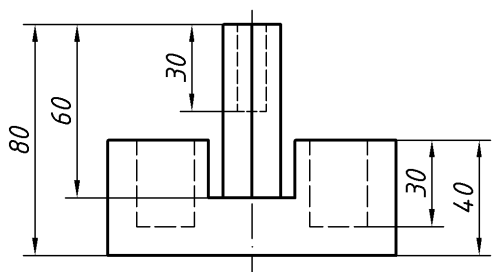
Корпус

12



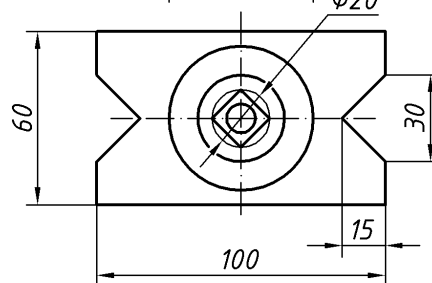
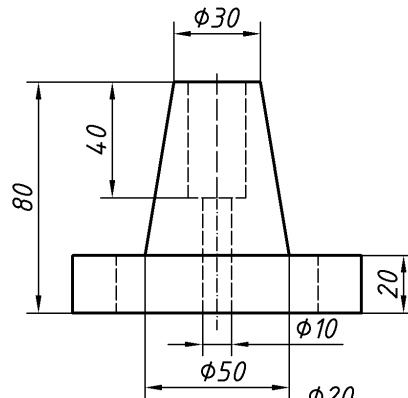
Опора

13



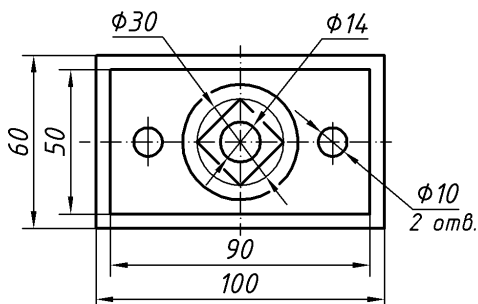
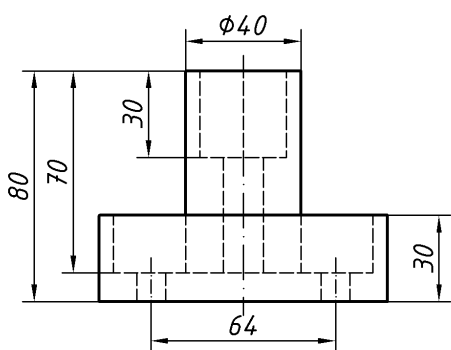
Opора

14



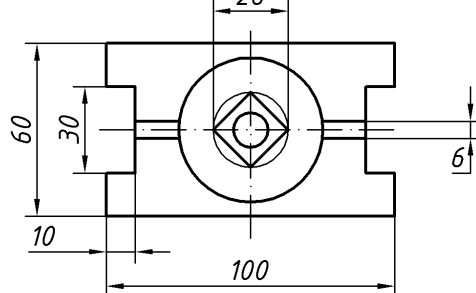
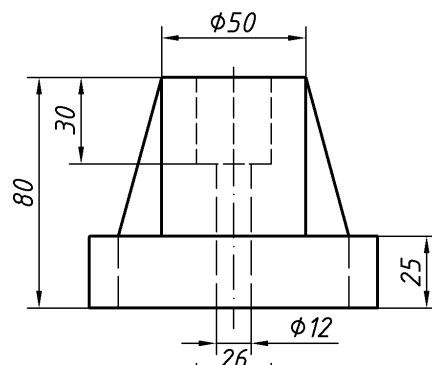
Корпус

15

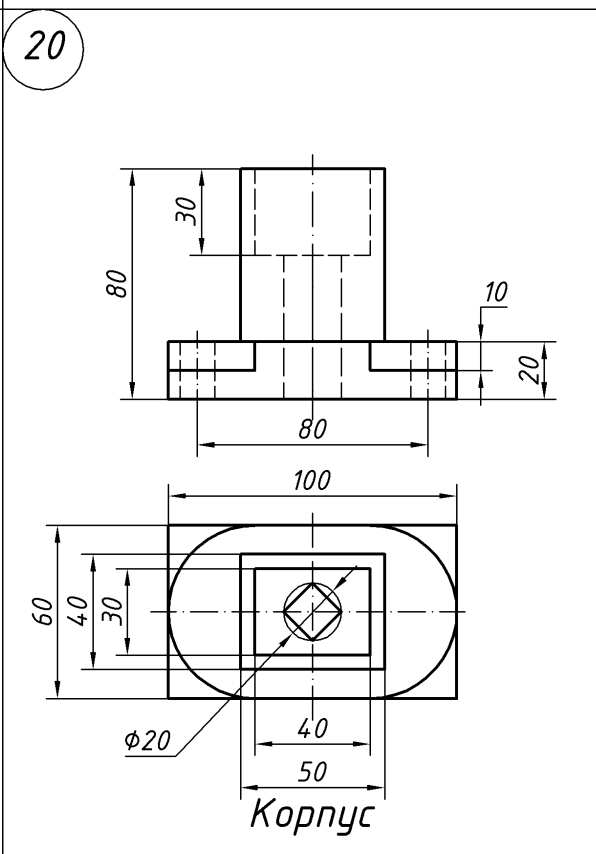
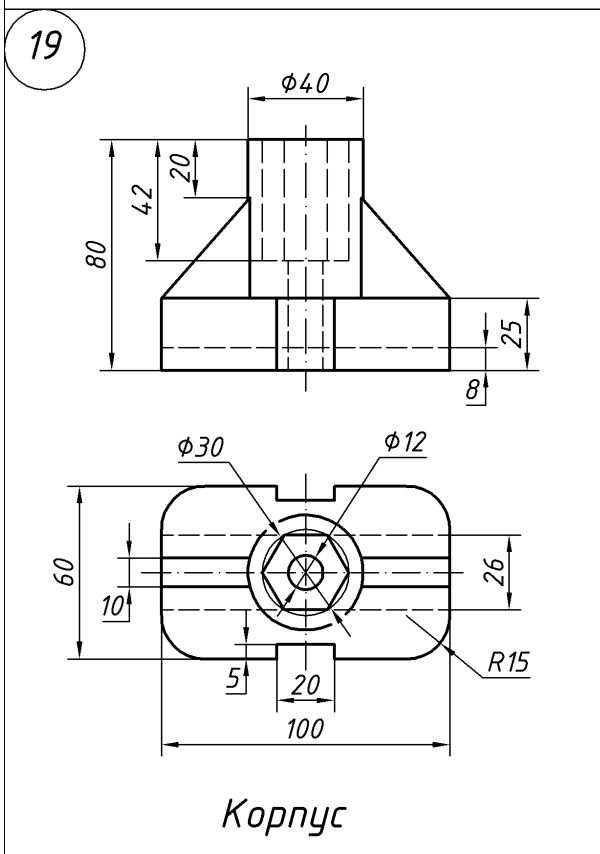
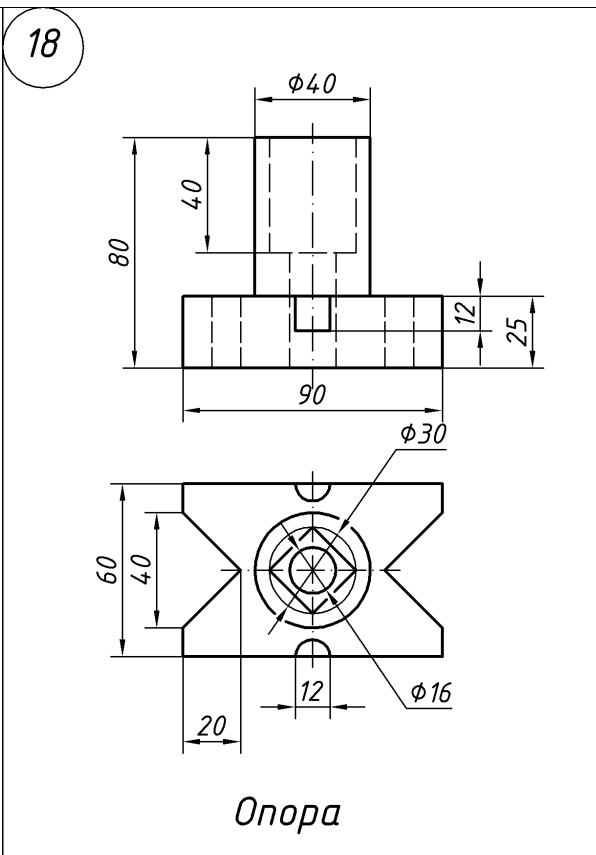
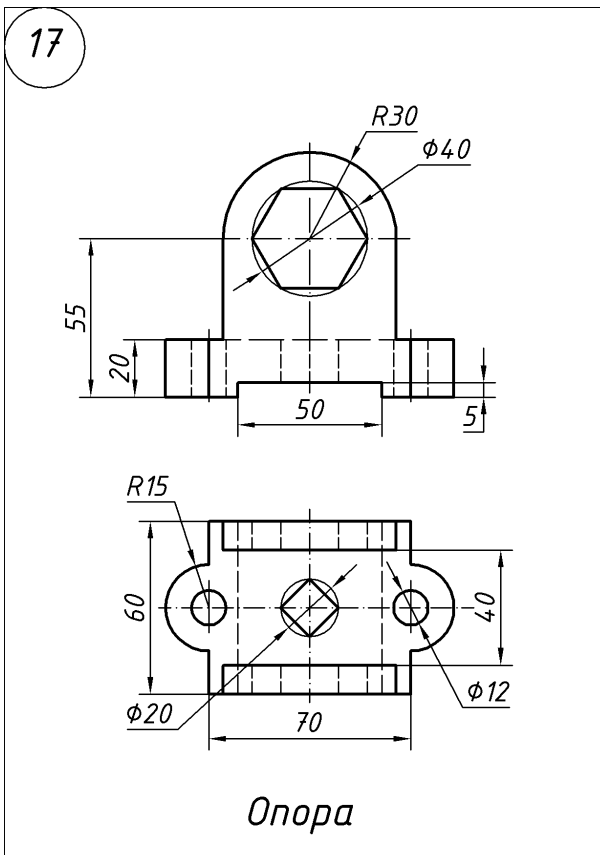


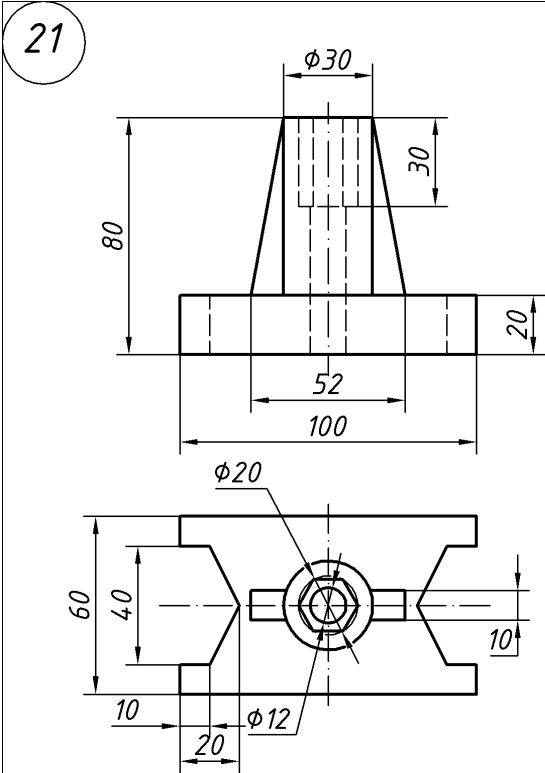
Opора

16

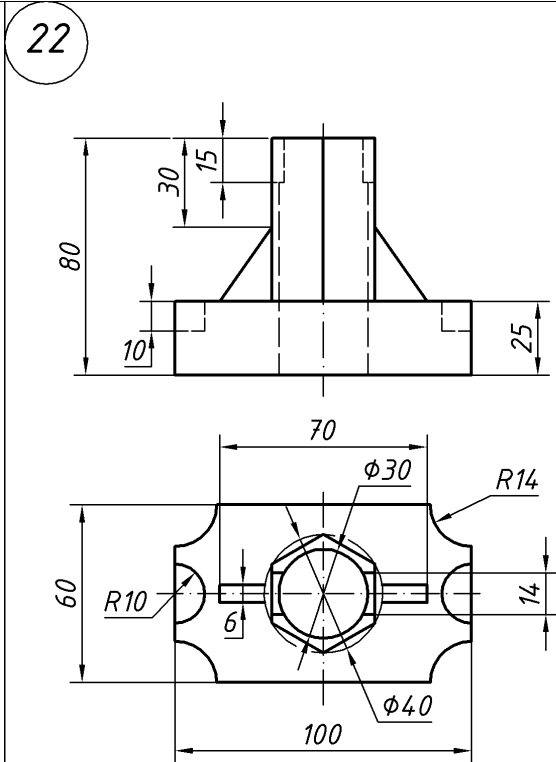


Opора

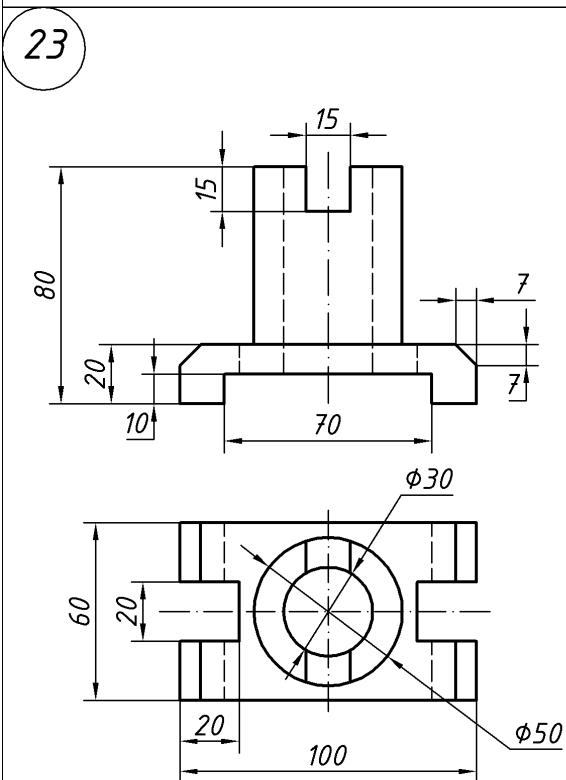




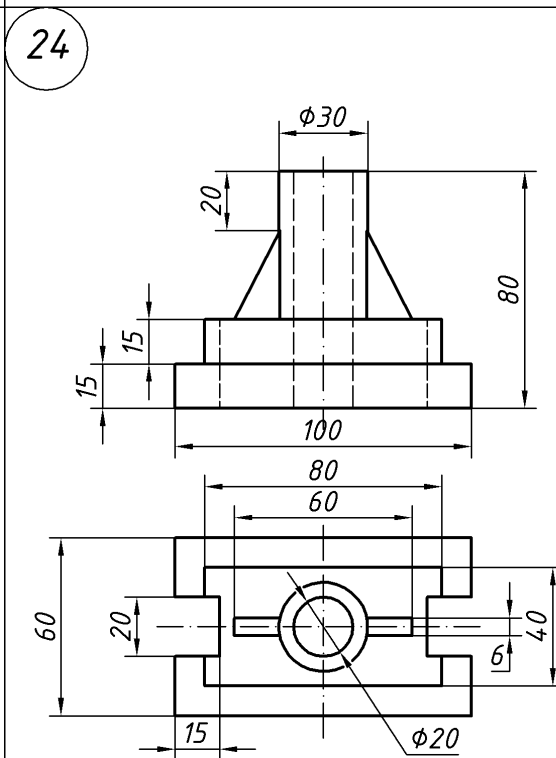
Корпус



Корпус

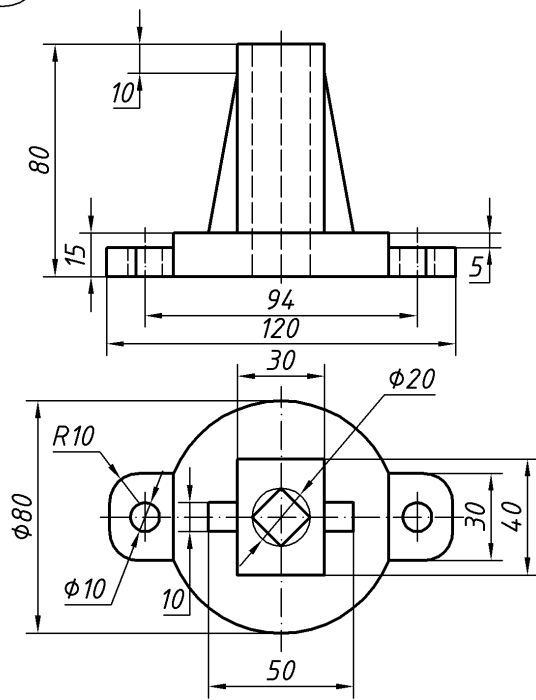


Повзун



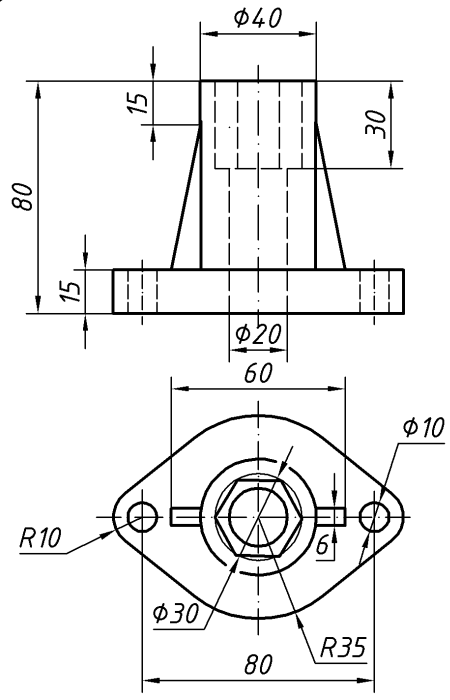
Корпус

25



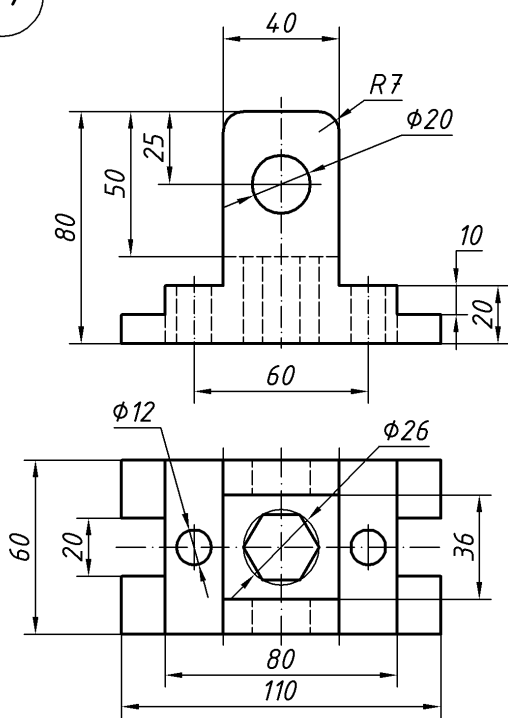
Корпус

26



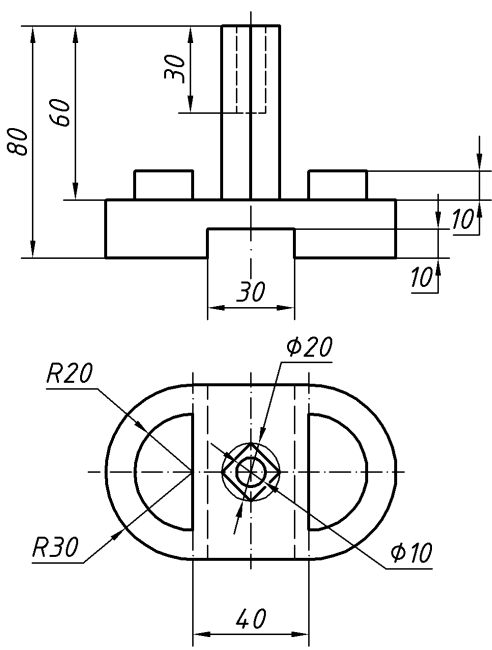
Корпус

27



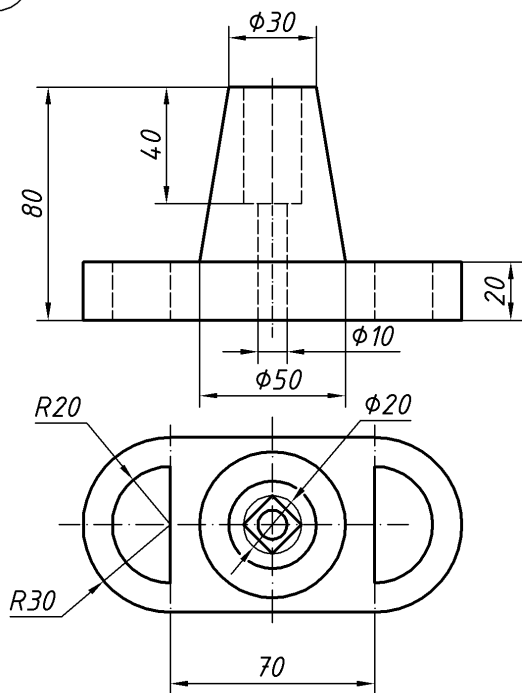
Опора

28



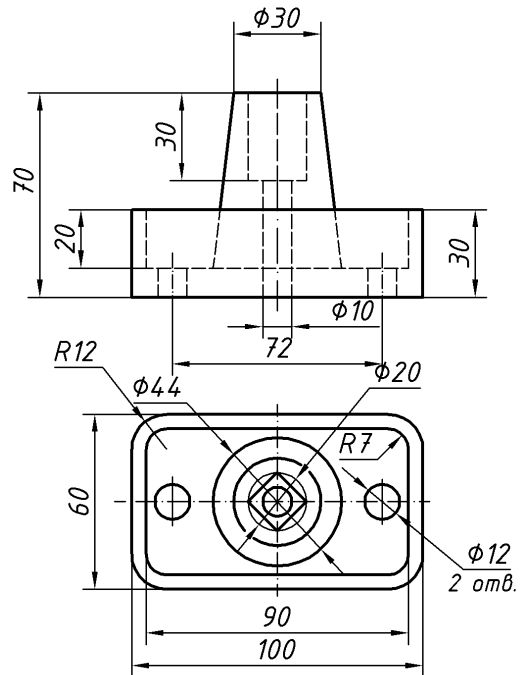
Опора

29

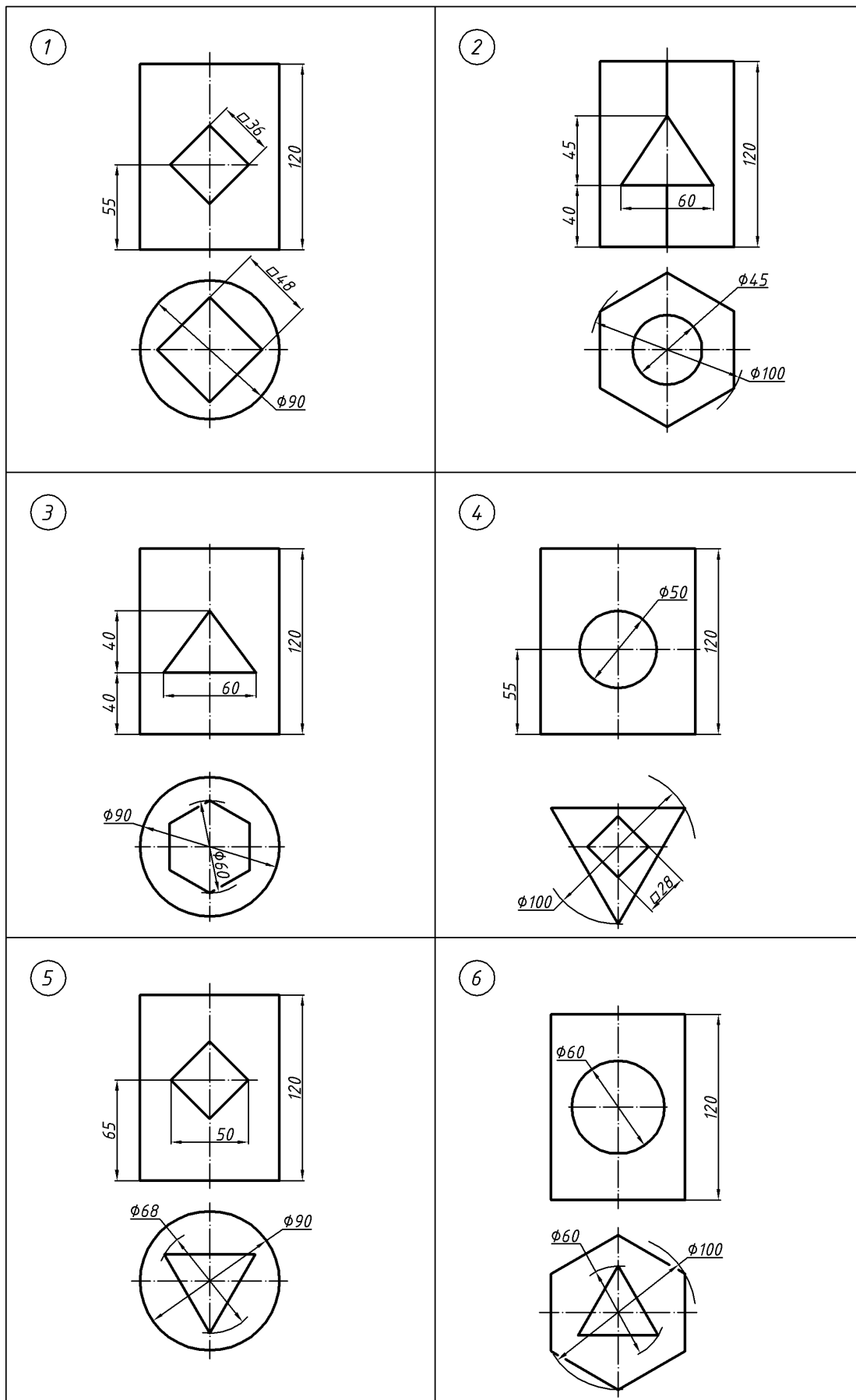


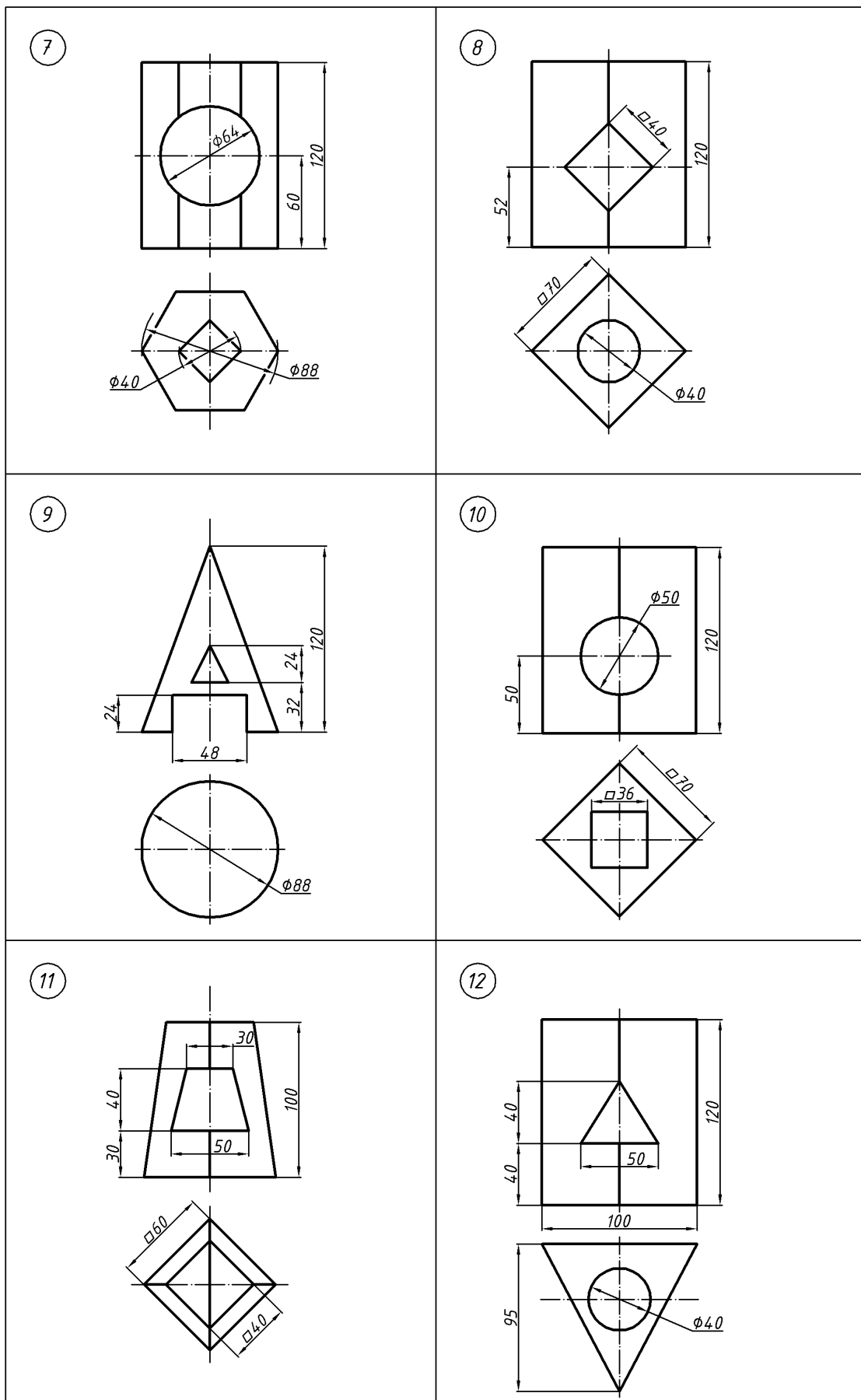
Корпус

30

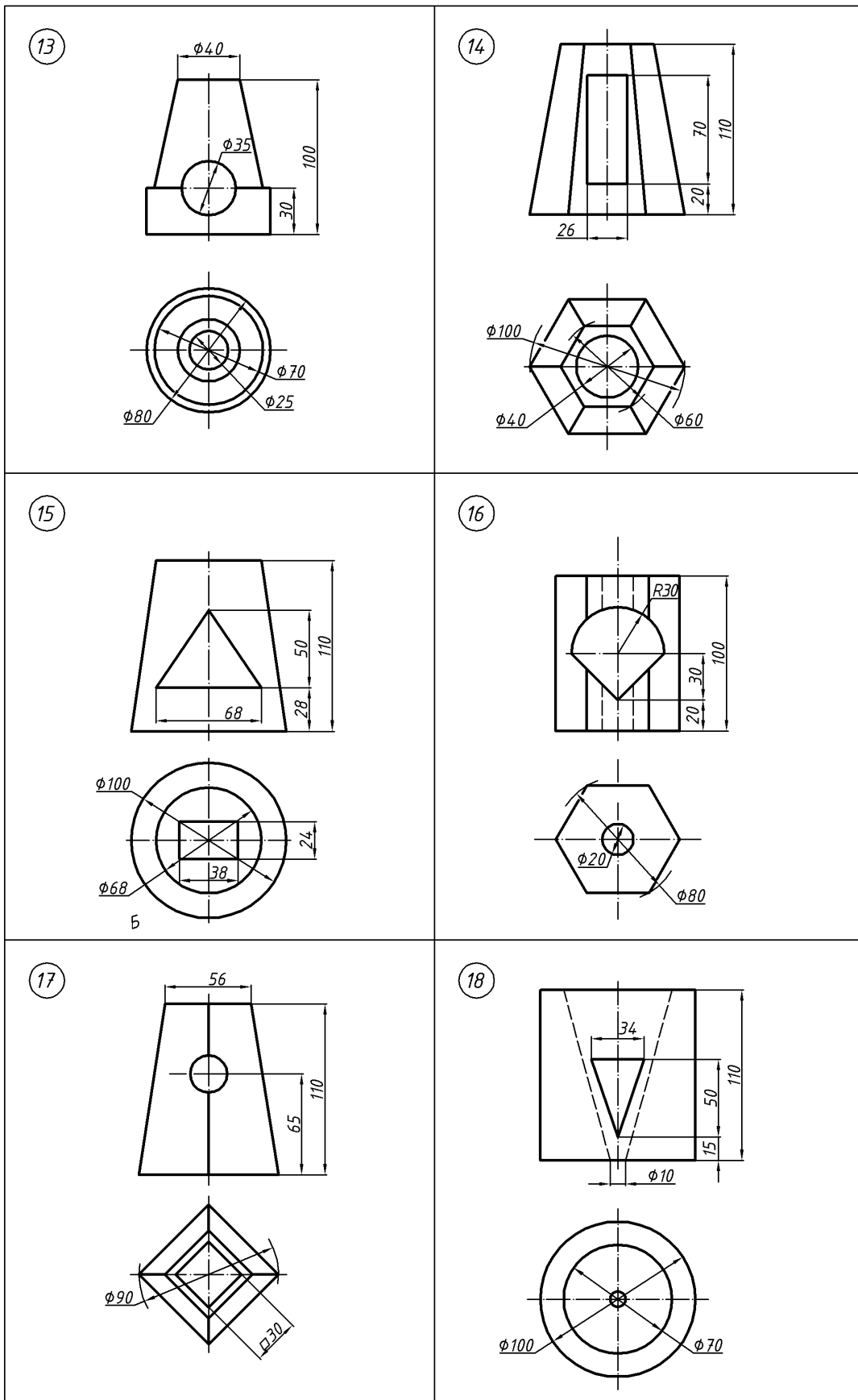


Опора



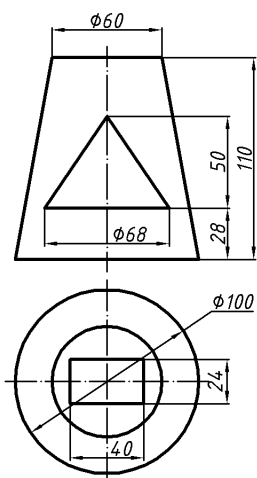


Додаток В
(продовження)

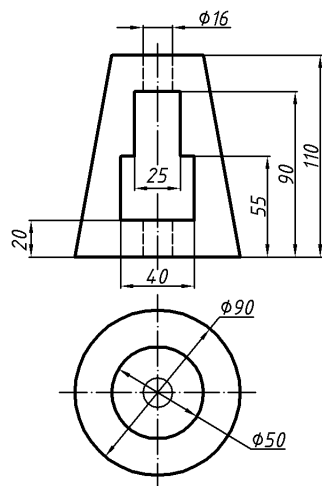


Додаток В
(продовження)

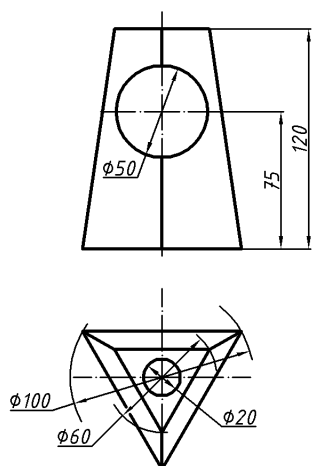
19



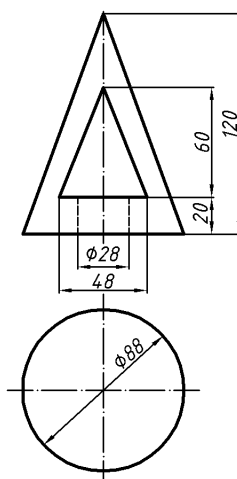
20



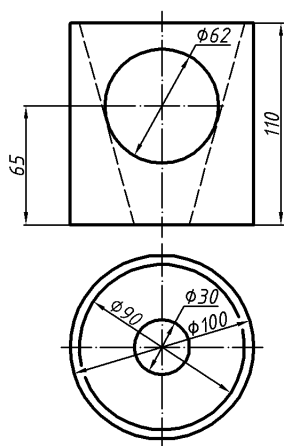
21



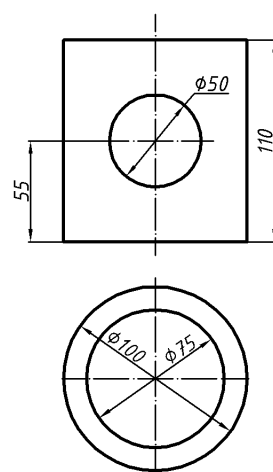
22



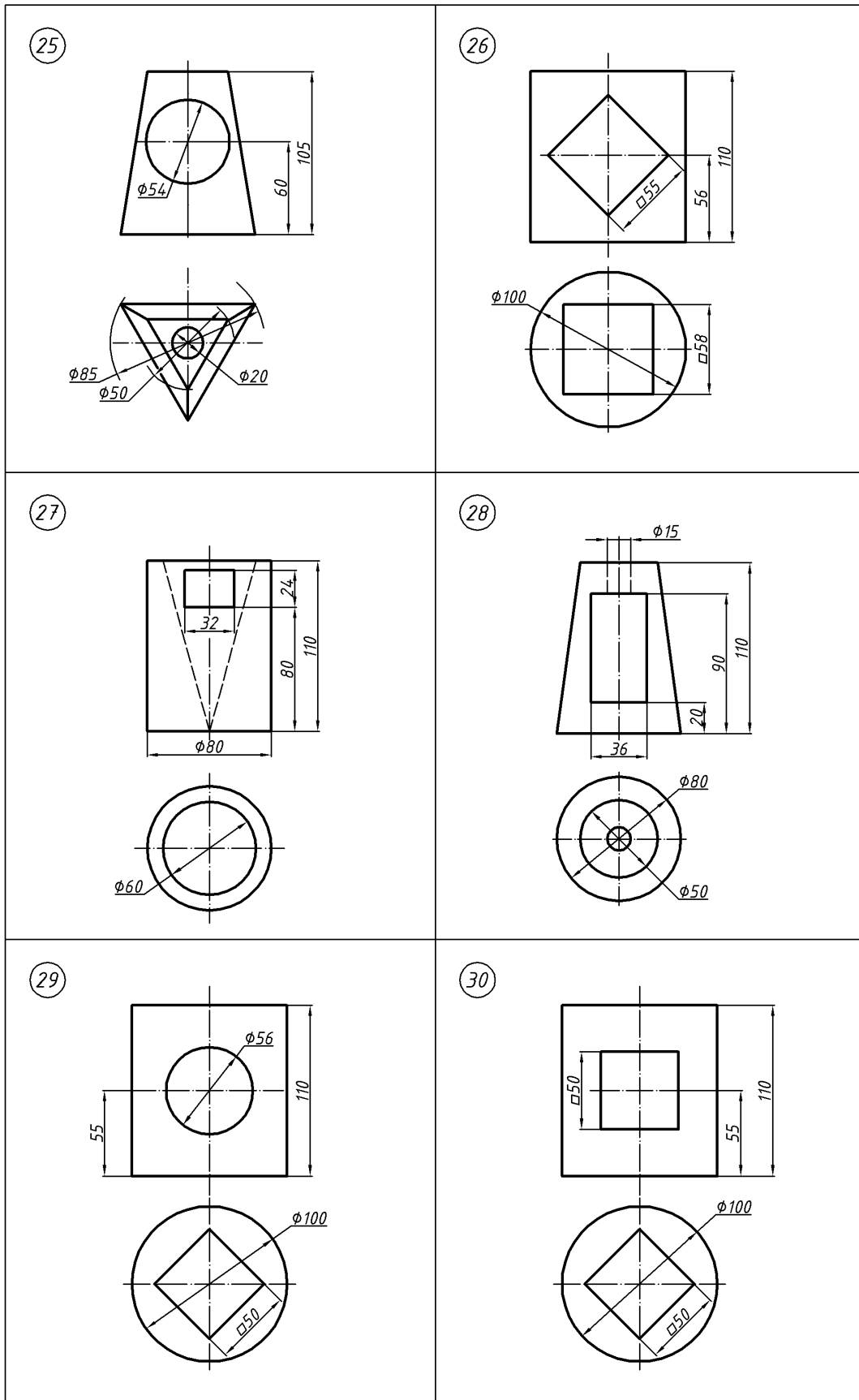
23

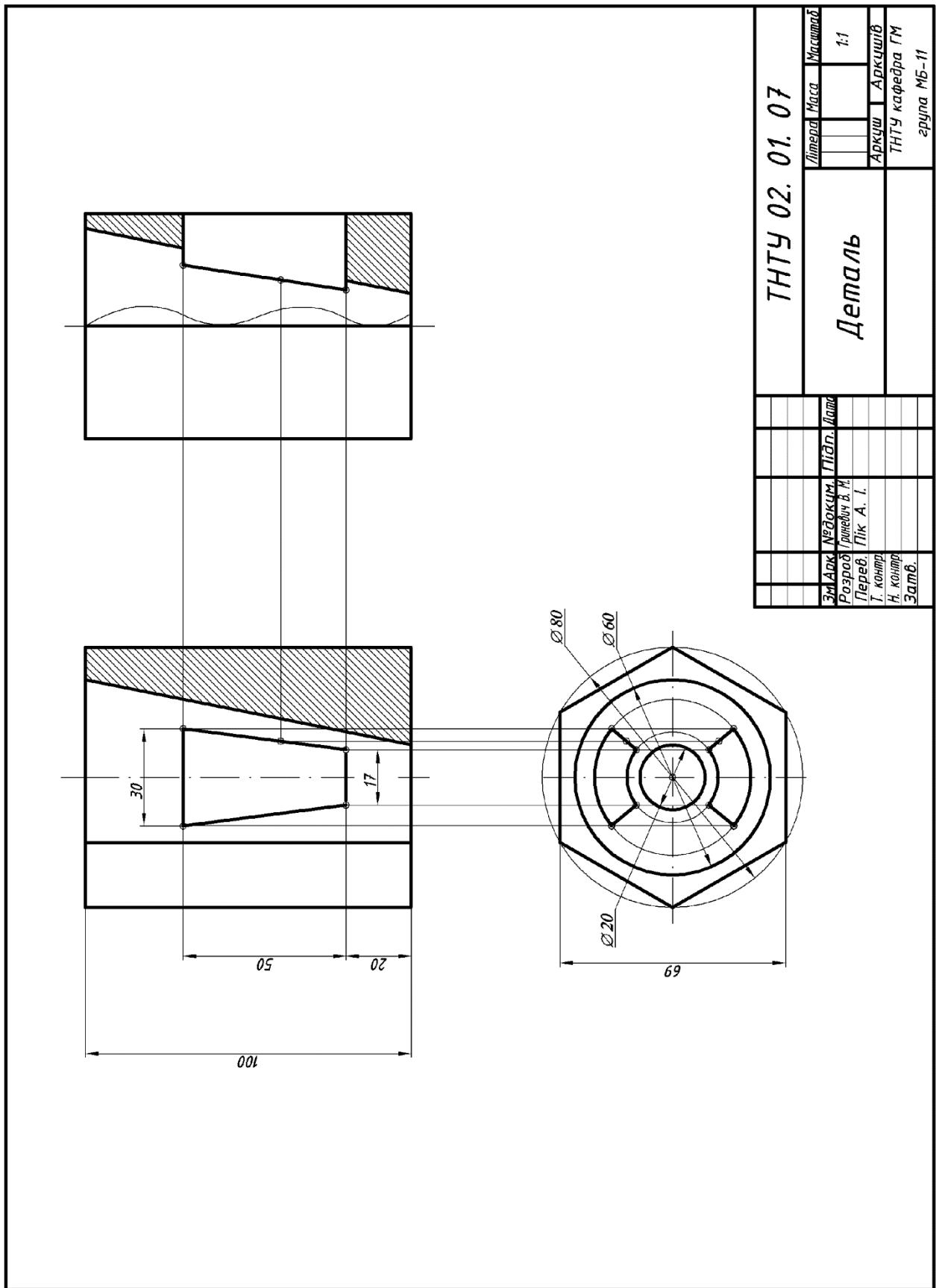


24

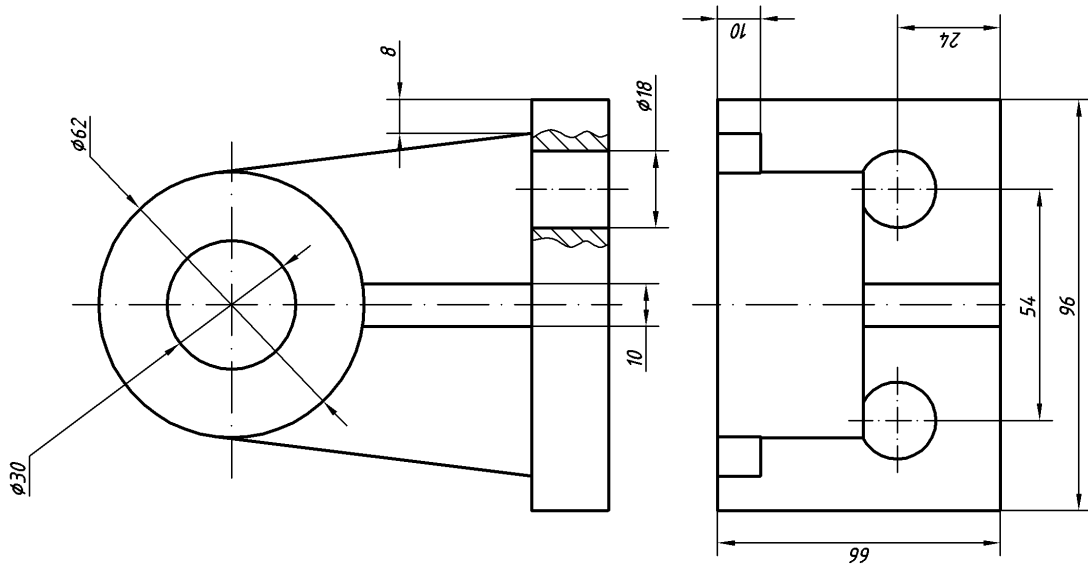
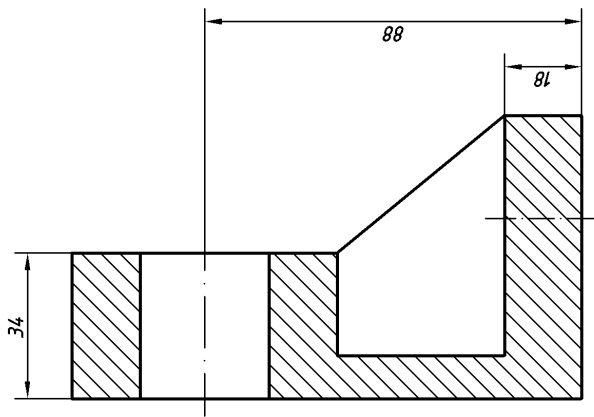


Додаток В
(продовження)



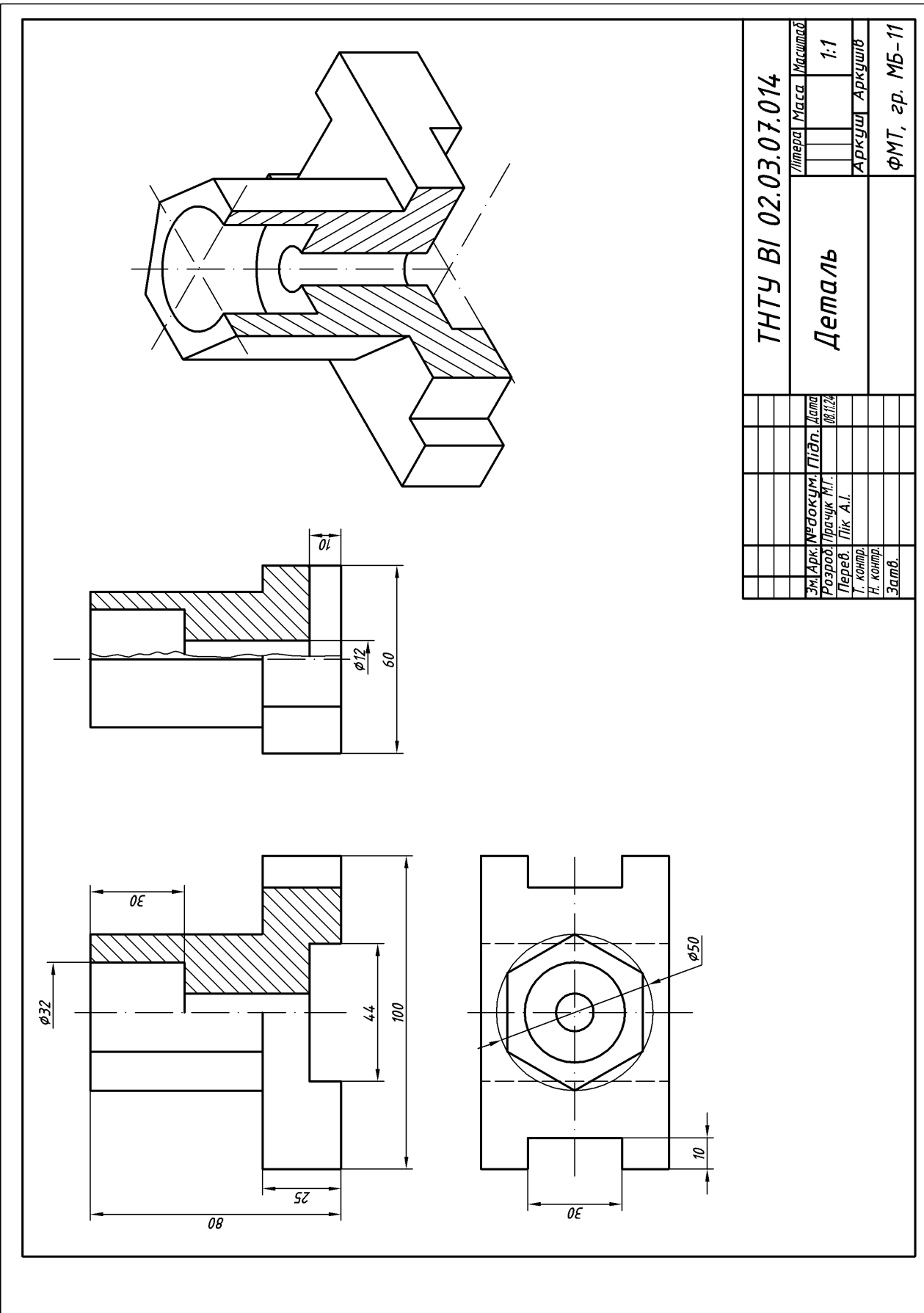


ТНТУ 02. 01. 07		Літера	Маса	Масштаб
				1:1
Деталь		Архив	Архивіст	
		ТНТУ кафедра ГМ	група МБ-11	
Зм. Арх.	Розроб.	Перев.	Н. контр.	Затв.
Медокучим	Григорів В. М.	Плік А. І.		
Підп.				

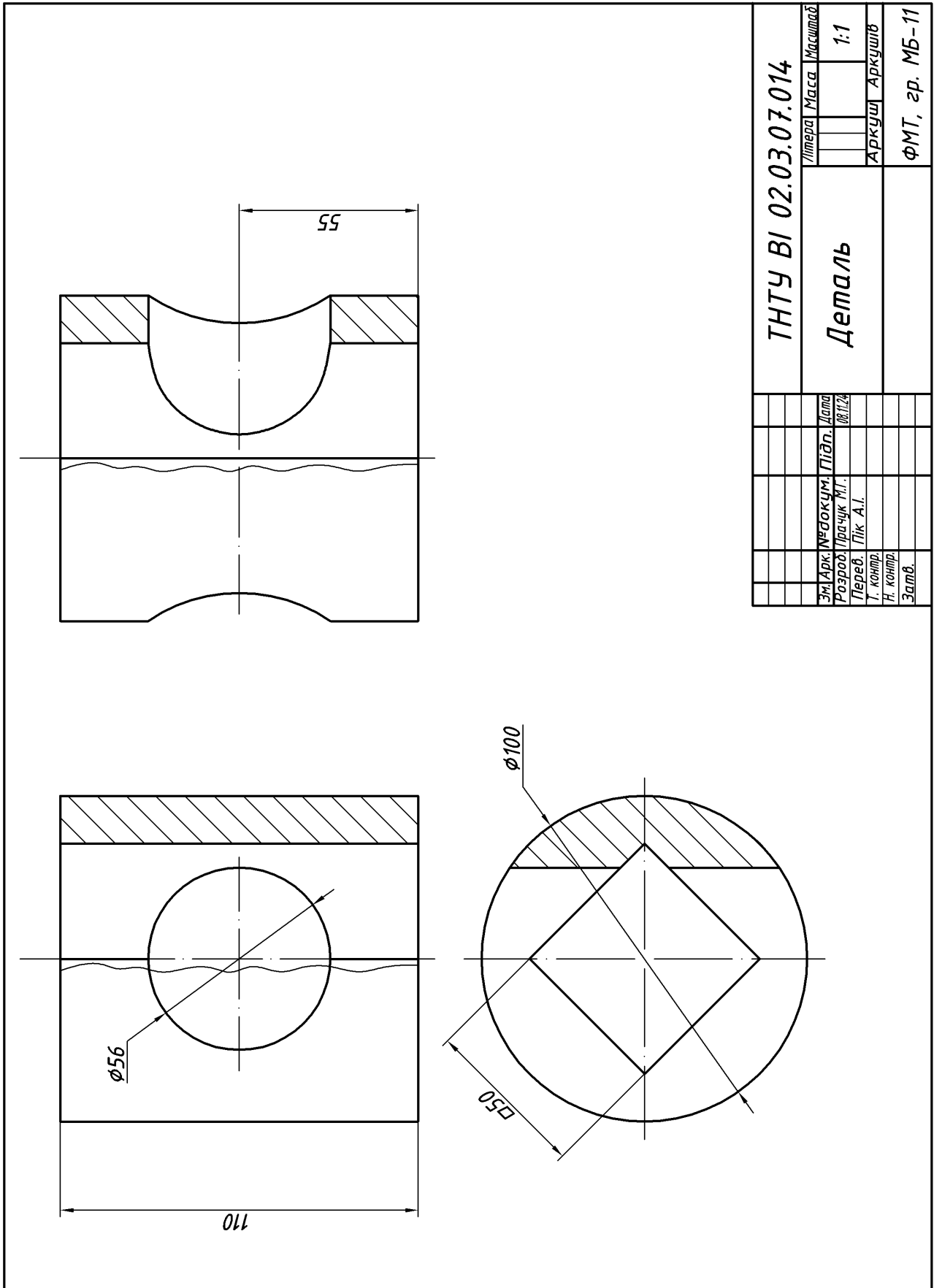


ТНТУ ВІ 030402. 029		Масштаб
Деталь	Аркуш	1:1
	Аркушів	
	ФМТ, зр. МБ-11	
Зм. Арк. №	Розроб.	Підп.
Арк. №	Специфік. В.М.	Дата
Пік А.І.	18.10.24	
Н. конст.		
Затв.		

Додаток Е
(продовження)



ТНТУ ВІ 02.03.07.014		Шкала	Масштаб
Деталь		Архив	Архив
Зм. Арк.	№ док. чм.	Підп.	Дата
Розроб.	Прачк.	МТ.	08.11.24
Перев.	Лік.	А.І.	
Г. контр.			
Затв.			
ФМТ, зр. МБ-11			



ТНТУ ВІ 02.03.07.014		Листів	Маса	Масштаб
Деталь				1:1
		Аркуш		Аркушів
				ФМТ, гр. МБ-11
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	
	Розроб.	Правч.	М.П.	08.11.24
	Левоб.	Лік	А.І.	
	Г. конпр.			
	Н. конпр.			
	Замб.			

Список використаної літератури

1. Інженерна та комп'ютерна графіка/[Михайленко В.Є., Найдіш В.М., Підкоритов А. М., Скидан І.А.]. – Київ: Вища школа. 2001. 390с.
2. В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, Ю.С. Ковальов. Інженерна графіка. – Київ: Каравела, Львів: Піча Ю.В.; К.: „Каравела”; Львів: „Новий Світ-2000”. 2002. 284 с.
3. В.Є. Михайленко, В.В. Ванін, А.М. Підкоритов, І.А. Скидан. Збірник задач з інженерної та комп'ютерної графіки. Київ: Вища школа. 2002. – 159 с.
4. В.В. Ванін, А.В. Блюк, Г.О. Гнітецька. Оформлення конструкторської документації. – Навч. Посібник. Київ: Вища школа. 2000. 160 с.
5. Михайленко В.Є. Інженерна та комп'ютерна графіка/ Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Київ: Каравела. 2003. 344 с.
6. Інженерна графіка: довідник / За ред. А.П. Верхоли. Київ: Техніка. 2001. 268 с.
7. А.М. Хаскін. Креслення. Київ: Вища школа, 1976. 457 с.