

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ**

Кафедра «Теоретична та прикладна механіка»

**К. П. Близнюк**

## **ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ  
НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ТА ВАРІАНТИ КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**

для студентів спеціальності «Організація перевезень та управління  
на транспорті (залізничний транспорт)» всіх форм навчання

**Київ 2016**

**БЛИЗНЮК К. П.**

**Інженерна та комп'ютерна графіка.** Методичні вказівки щодо самостійного опрацювання навчального матеріалу та варіанти контрольних завдань для студентів спеціальності «Організація перевезень та управління на транспорті (залізничний транспорт)» всіх форм навчання: для студентів вищ. навч. закладів залізн. транспорту. – К.: ДЕТУТ, 2016. – 112 с.

Методичні вказівки призначені для допомоги студентам у самостійному опрацюванні навчального матеріалу курсу інженерної та комп'ютерної графіки та виконанні розрахунково-графічної (контрольної) роботи. За кожною темою навчальної програми наведено вимоги до знань, вмінь і навичок студентів, які мають бути отримані в результаті вивчення теми; дані рекомендації щодо вивчення теоретичного матеріалу, запитання для самоперевірки та завдання для самостійної роботи, варіанти завдань розрахунково-графічної (контрольної) роботи і рекомендації щодо їх виконання.

Розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Теоретична та прикладна механіка» (протокол № 9 від 17.05.16 р.), навчально-методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол № 9 від 25.05.16 р.).

Укладач: *К. П. Близнюк, доцент*

Рецензенти: *Б. М. Нестеренко*, канд. техн. наук, доцент Національного авіаційного університету;

*О. В. Агарков*, канд. техн. наук, доцент Державного економіко-технологічного університету транспорту

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА» ...	6
ЗАГАЛЬНІ НАСТАНОВИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ .....	8
<b>ТЕМА 1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКІВ .....</b>	<b>10</b>
1.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою.....	10
1.2. Основні теоретичні відомості .....	11
1.2.1. Вимоги стандартів до оформлення креслеників .....	11
1.2.2. Основні геометричні побудови .....	12
1.2.3. Криві лінії.....	15
1.3. Завдання для самостійної роботи .....	18
1.4. Завдання 1 розрахунково-графічної роботи «Геометричні побудови» .....	19
<b>ТЕМА 2. ПРОЕКЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБРАЗІВ .....</b>	<b>23</b>
2.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою.....	23
2.2. Основні теоретичні відомості .....	24
2.2.1. Метод проєкцій.....	24
2.2.2. Система прямокутних проєкцій.....	24
2.2.3. Аксонометричні проєкції .....	28
2.3. Завдання для самостійної роботи .....	30
2.4. Завдання 2 розрахунково-графічної роботи «Позиційні і метричні задачі» .....	32
<b>ТЕМА 3. БАГАТОГРАННІ І КРИВІ ПОВЕРХНІ .....</b>	<b>36</b>
3.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	36
3.2. Основні теоретичні відомості.....	37
3.2.1. Проєкціювання геометричних тіл .....	37
3.2.2. Перетин поверхонь площиною .....	40
3.2.3. Взаємний перетин поверхонь .....	41
3.3. Завдання для самостійної роботи .....	43
3.4. Завдання 3 розрахунково-графічної роботи «Перетин поверхні площиною» .....	44
<b>ТЕМА 4. ЗОБРАЖЕННЯ НА КРЕСЛЕНИКАХ.....</b>	<b>51</b>
4.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	49
4.2. Основні теоретичні відомості.....	50
4.2.1. Зображення на креслениках .....	50
4.2.2. Вигляди .....	50
4.2.3. Розрізи .....	51
4.2.4. Перерізи .....	52
4.2.5. Виносні елементи .....	52
4.2.6. Штриховка в розрізах і перерізах .....	53
4.3. Завдання для самостійної роботи .....	55
4.4. Завдання 4 розрахунково-графічної роботи «Вигляди».....	56
<b>ТЕМА 5. РОБОЧІ КРЕСЛЕНИКИ ДЕТАЛЕЙ.....</b>	<b>59</b>

5.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	59
5.2. Основні теоретичні відомості.....	60
5.2.1. Вимоги до робочого кресленника деталі .....	60
5.2.2. Конструктивні і технологічні елементи деталей.....	60
5.2.3. Вибір баз і нанесення розмірів.....	61
5.2.4. Граничні відхилення розмірів.....	62
5.2.5. Допуски форми і розміщення поверхонь .....	63
5.2.6. Позначення шорсткості поверхонь.....	63
5.2.7. Позначення матеріалів .....	64
5.2.8. Позначення покриття і термообробки .....	64
5.3. Завдання для самостійної роботи .....	65
5.4. Завдання 5 розрахунково-графічної роботи «Кресленник деталі».....	66
<b>ТЕМА 6. РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ</b> .....	73
6.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	69
6.2. Основні теоретичні відомості.....	70
6.2.1. Нарізеви з'єднання.....	70
6.2.2. Шпонкові і шлицьові з'єднання.....	73
6.2.3. Нерознімні з'єднання.....	74
6.3. Завдання для самостійної роботи .....	76
6.4. Завдання 6 розрахунково-графічної роботи «Нарізеви з'єднання».....	77
<b>ТЕМА 7. КРЕСЛЕНИКИ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ</b> .....	81
7.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	81
7.2. Основні теоретичні відомості.....	82
7.2.1. Конструкторські документи на складальні одиниці (вироби)....	82
7.2.2. Схеми .....	83
7.2.3. Будівельні кресленники.....	86
7.3. Завдання для самостійної роботи .....	87
7.4. Завдання 7 розрахунково-графічної роботи «Читання і деталювання кресленника загального вигляду» .....	88
<b>ТЕМА 8. КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА</b> .....	97
8.1. Настанови щодо самостійної роботи за темою .....	97
8.2. Основні теоретичні відомості.....	98
8.2.1. Системи автоматизованого проектування .....	98
8.2.2. Робота у системі AutoCAD .....	98
8.2.3. Графічні можливості комп'ютерних програм.....	101
8.3. Завдання для самостійної роботи .....	103
ДОДАТОК А. ЗРАЗОК ВИКОНАННЯ ТИТУЛЬНОГО АРКУША.....	104
ДОДАТОК Б. ЛІНІЇ КРЕСЛЕННЯ (ЗА ГОСТ 2.304-81) .....	105
ДОДАТОК В. ШРИФТИ КРЕСЛЯРСЬКІ (ЗА ГОСТ 2.304-81).....	106
ДОДАТОК Г. ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ (ЗА ГОСТ 2.307-68) .....	107
ДОДАТОК Д. ФОРМИ ОСНОВНОГО НАПISУ (ЗА ГОСТ 2.3104-68).....	107
ДОДАТОК Е. ОСНОВНІ ТИПИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ШВІВ (ЗА ГОСТ 5264-80).....	111
ЛІТЕРАТУРА.....	112

## ВСТУП

Інженерна графіка – загальноінженерна навчальна дисципліна, що покладена в основу інженерної освіти. Предметом дисципліни є побудова й читання креслеників, ескізів, технічних рисунків, схем, які є графічними засобами фіксування, збереження та передачі технічних ідей у процесі їх розробки та реалізації. Інженерна графіка як дисципліна передбачає набуття студентами вмінь і навичок вираження технічних ідей за допомогою креслеників, а також розуміння взаємодії складових частин і принципу дії зображуваних на креслениках технічних виробів.

Необхідною складовою інженерної освіти є комп'ютерна графіка. Її предметом є комп'ютерне подання інформації про геометричні образи, комплекси технічних і програмних засобів, що дають можливість створювати, аналізувати, редагувати та зберігати інформацію про графічні об'єкти. Необхідність вивчення систем комп'ютерної графіки зумовлена інтенсифікацією інформаційного обміну, вимогами підвищення рівня творчості та продуктивності праці інженера, звільнення його від рутинної креслярської роботи.

Інженерна графіка – перша ступінь навчання студентів, де вивчаються основні правила виконання та оформлення конструкторської документації. Повне оволодіння кресленням як засобом виразу технічної думки, а також набуття стійких навичок креслення досягаються в результаті опанування всього комплексу технічних дисциплін відповідно до профілю, підсиленого практикою курсового та дипломного проектування.

Залежно від галузі, в якій використовуються кресленики, вони мають свої назви. Кресленики, призначені для користування ними на промислових підприємствах, називають машинобудівними (технічними) креслениками. Кресленики, що застосовуються при спорудженні будівель, мостів, насипів, доріг, називають будівельними креслениками. Кресленики, що зображають земну поверхню, називають топографічними.

Способи зображення будівель, земляних споруд і планів міст поступово вдосконалювалися ще з часів Київської Русі XI ст., досягли помітного розвитку на початку XVIII ст., коли з'явилися кресленики з дотриманням проекційного зв'язку та із застосуванням накладених перерізів. З розвитком машинної техніки спостерігається подальше вдосконалення способів зображень. Кресленики за своїм виглядом наближаються до сучасних креслеників.

При виконанні креслеників чітко дотримуються правил і норм, викладених у державних стандартах України (ДСТУ) або в державних загальносоюзних стандартах (ГОСТ). Стандартизація має важливе значення для прискорення технічного прогресу, упровадження комплексної механізації і автоматизації виробництва, підвищення якості продукції і зменшення її собівартості. Застосування стандартів є обов'язковим на підприємствах, у проектних установах і в навчальних закладах.

При вивченні дисципліни передбачається знання студентами теоретичних основ методів геометричного моделювання, побудови різноманітних креслеників, загальнодержавних стандартів з креслення, основ користування персональним комп'ютером.

## **ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»**

### **Тема 1. Основні правила виконання креслеників**

Предмет інженерної графіки. Вимоги стандартів ЄСКД: позначення конструкторських документів; формати; основні написи; масштаби; лінії креслення; шрифти креслярські; нанесення розмірів. Основні геометричні побудови: поділ відрізків і кутів; побудова перпендикулярів; побудова плоских фігур; побудова дотичних до кола; спряження прямих; спряження дуги з прямою; спряження дуг кіл. Побудова ухилу і конусності. Криві лінії: кривина плоскої кривої; еволюта і евольвента плоскої кривої; еліпс; парабола; гіпербола; циклоїда; циліндрична і конічна спіралі.

### **Тема 2. Проекції геометричних образів**

Метод проєкціювання. Система прямокутних проєкцій. Проекції точки. Проекції прямих ліній: прямі окремого і загального положення; визначення натуральних величин; сліди прямої. Проекціювання площини: площини окремого і загального положення; лінії рівня площини; сліди площини. Позиційні і метричні властивості проєкцій пар геометричних образів. Аксонометричні проєкції: прямокутна ізометрія; прямокутна диметрія, косокутна фронтальна диметрія. Побудова аксонометричних проєкцій плоских геометричних фігур

### **Тема 3. Багатогранні і криві поверхні**

Способи утворення поверхонь. Проекціювання багатогранників: побудова комплексних креслеників призми і піраміди; побудова проєкцій точок, що належать поверхням багатогранників; побудова аксонометричних проєкцій багатогранників. Криві поверхні. Поверхні обертання другого порядку. Проекції циліндра і конуса: побудова комплексних креслеників; побудова проєкцій точок, що належать кривим поверхням; побудова аксонометричних проєкцій поверхонь обертання. Перетин поверхонь проєкціювальними площинами. Взаємний перетин поверхонь.

### **Тема 4. Зображення на креслениках – вигляди, розрізи, перерізи**

Побудова зображень на креслениках. Класифікація зображень. Вигляди основні, додаткові та місцеві. Розміщення та позначення виглядів. Побудова та позначення розрізів. Розрізи прості та складні. Ступінчасті та ламані розрізи. Місцеві розрізи. Перерізи. Штриховка в розрізах і перерізах. Умовні графічні позначення матеріалів у розрізах і перерізах. Суміщення половини вигляду з половиною розрізу.

### **Тема 5. Робочі кресленики деталей**

Види виробів. Вимоги до робочого кресленика деталі. Конструктивні і технологічні елементи деталей: отвори, фаски, галтелі, проточки. Вибір баз та нанесення розмірів. Нормальні лінійні розміри. Граничні відхилення розмірів. Допуски форми і розміщення поверхонь. Позначення шорсткості поверхонь. Позначення матеріалів. Позначення покриття і термообробки. Послідовність виконання ескізів деталей. Оформлення робочого кресленика.

## **Тема 6. Рознімні та нерознімні з'єднання**

Класифікація з'єднань. Нарізи. Параметри нарізей. Профіль нарізи. Зображення і позначення нарізи на креслениках. Стандартні кріпильні деталі з нарізю. Нарізеві з'єднання. З'єднання болтом, гвинтом, шпилькою. Шпонкові і шлицьові з'єднання. Штифтове з'єднання. Нерознімні з'єднання. З'єднання зварюванням. Зображення та позначення зварних з'єднань. Паяні і клеєні з'єднання. Заклепкові з'єднання.

## **Тема 7. Кресленики складальних одиниць**

Види і комплектність конструкторських документів на складальні одиниці (вироби). Правила виконання креслеників складальних одиниць. Кресленик загального вигляду. Складальний кресленик. Габаритний кресленик. Монтажний кресленик. Специфікація. Схеми. Види і типи схем. Правила виконання схем. Кінематичні схеми. Електричні схеми. Гідравлічні та пневматичні схеми. Будівельні кресленики. Проектна документація для будівництва. Зображення на будівельних креслениках: плани, розрізи, фасади. Кресленики залізничних споруд.

## **Тема 8. Комп'ютерна графіка**

Поняття про комп'ютерну графіку. Технічне та програмне забезпечення комп'ютерної графіки. Основи графічного подання інформації. Структура та можливості графічного пакета *AutoCAD*. Принципи роботи системи. Команди креслення та редагування. Алгоритми побудови технічних креслеників. Тривимірне моделювання. Виконання схем у програмі *Visio*. Графічні можливості інших комп'ютерних програм.

## **ЗАГАЛЬНІ НАСТАНОВИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

Метою вивчення інженерної графіки є засвоєння стандартів оформлення креслеників, правил геометричних побудов, зображень з'єднань деталей; креслеників деталей та складальних одиниць, читання креслеників загального вигляду; оволодіння навичками користування персональним комп'ютером, засобами введення та виведення графічної інформації при створенні зображень.

Перед вивченням курсу необхідно перш за все ознайомитися з програмою, придбати навчальну літературу і ретельно продумати календарний робочий план самостійної роботи, погоджуючи його з навчальним графіком і планами з інших дисциплін.

Інженерну графіку слід вивчати послідовно і систематично, приділяючи основну увагу засвоєнню вимог державних стандартів та набуття навичок самостійного виконання графічних робіт.

### ***Порядок опрацювання навчального матеріалу***

1. Ознайомитися з темою за програмою, вимогами до знань, вмінь і навичок, які мають бути отримані в результаті вивчення теми, та методичними вказівками щодо вивчення теми.

2. Вивчити рекомендовану літературу за даною темою та вимоги стандартів, необхідні для виконання графічних робіт за даною темою. Бажано законспектувати у робочому зошиті основні положення та замалювати окремі рисунки.

3. Відповісти на запитання для самоперевірки до кожної теми програми і записати відповіді у робочому зошиті.

4. Виконати завдання для самостійної роботи зажною темою.

5. Виконати завдання розрахунково-графічної (контрольної) роботи у порядку, вказаному у методичних вказівках.

### ***Вимоги до виконання графічних робіт***

Графічні роботи мають бути виконані відповідно до вимог державних стандартів. Завдання для виконання креслеників беруть відповідно до варіантів з таблиць.

Кожне завдання розрахунково-графічної роботи виконують на окремому аркуші креслярського паперу формату А3 за ГОСТ 2.301-68 (297x420 мм). Для виконання титульного аркуша та креслеників нескладних деталей використовують аркуші формату А4 (210x297 мм).

Основний напис виконують відповідно до ГОСТ 2.104-68 (Додаток Д). На відстані 5 мм від лінії обрізу аркуша проводять рамку поля кресленника. З лівого боку лінія рамки проводиться від лінії обрізу аркуша на відстані 20 мм. У графі «позначення документу» послідовно записують: скорочена назва навчального закладу (ДЕТУТ), номер академічної групи (1ОПУТ), шифр студента (три останні цифри), номер завдання контрольної роботи, шифр документа (при необхідності).

Кресленики завдань викреслюють у заданому масштабі. Розміщення зображень у межах формату аркуша має бути рівномірним.



Роботу виконують олівцем із застосуванням креслярських інструментів (для студентів заочної форми навчання окремі завдання допускається виконувати за допомогою комп'ютерних графічних програм).

Лінії на креслениках мають відповідати вимогам ГОСТ 2.303-68. Зображення видимого контуру виконують суцільною основною лінією товщиною 0,8... 1 мм; товщина тонких ліній – 0,3... 0,5 мм; лінії побудови та лінії зв'язку мають бути найтоншими.

Всі написи, як і окремі позначення у вигляді букв і цифр на кресленнику, мають бути виконані стандартним шрифтом розміром 3,5 і 5 відповідно до ГОСТ 2.304-68.

Кресленики мають бути чіткими і акуратними.

Завдання розрахунково-графічної роботи виконують у терміни, визначені календарним планом проведення занять. Відповідний аркуш надають на перевірку та захист на практичному занятті, наступному після видачі завдання. Завдання, виконані з порушенням терміну виконання, приймаються виключно на консультаціях.

Після перевірки та захисту аркуші розрахунково-графічної роботи зберігаються у студента. У кінці семестру зараховані аркуші підшивають у альбом і здають викладачу. Зарахування розрахунково-графічної роботи є необхідною умовою заліку з дисципліни.

Студенти заочної форми навчання надають закінчену контрольну роботу у повному обсязі на кафедру до початку екзаменаційної сесії.

### ***Перелік завдань розрахунково-графічної роботи***

1. Геометричні побудови.
2. Позиційні і метричні задачі.
3. Перетин поверхонь.
4. Вигляди.
5. Кресленик технічної деталі.
6. З'єднання деталей.
7. Читання і деталювання кресленика загального вигляду.

### ***Перелік завдань контрольної роботи***

*(для студентів заочної форми навчання)*

1. Позиційні і метричні задачі.
2. Перетин поверхонь.
3. З'єднання деталей.
4. Читання і деталювання кресленика загального вигляду.

Розрахунково-графічна робота має титульний аркуш, який виконують на аркуші формату А3 креслярським шрифтом типу Б з нахилом за ГОСТ 2.304-81. Приклад виконання титульного аркуша надано у додатку А.

Якщо в процесі вивчення чи виконання графічної роботи у студента виникли труднощі, то він може звернутися за консультацією до викладача.

## **ТЕМА 1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНИКІВ**

За результатами вивчення теми студент повинен знати розміри стандартних форматів аркушів креслеників, масштаби зображень і позначення масштабів на креслениках, зображення та призначення ліній, алгоритми виконання основних геометричних побудов; вміти виконувати написи креслярським шрифтом, наносити розміри, виконувати спряження відрізків прямих та дуг, будувати лінії заданого ухилу, плоскі та просторові криві; оволодіти навичками користування креслярським інструментом.

*Література:* [1] с. 109...138.

### **1.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ**

При виконанні креслеників використовується багато умовностей в зображеннях об'єктів і їх елементів, надається багато інформації у вигляді умовних позначень тощо. Для того, щоб така інформація була зрозуміла кожному спеціалісту, створена єдина мова і єдина термінологія, що відображається у державних стандартах. Вивчення загальних правил виконання креслеників, регламентованих ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації (СКД) та стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), є необхідним елементом загальноінженерної підготовки фахівців.

При виконанні креслеників дозволяється використовувати лише масштаби, встановлені ГОСТ 2.302-68. Крім чисельних масштабів потрібно вивчити також інші масштаби, що застосовуються у будівельному кресленні – лінійні, кутові та поперечні.

Для правильного нанесення розмірів деталей потрібно знати конструктивні особливості роботи деталі у виробі, технологію її виготовлення, методи і засоби контролю. Але є певні вимоги, які не залежать від конкретної деталі. Загальні правила нанесення розмірів на креслениках встановлює ГОСТ 2.307-79.

Розбираючи виконання геометричних побудов, треба намагатися зрозуміти перш за все геометричний зміст виконуваних побудов, а не механічно запам'ятовувати порядок дій на кресленику. Елементарні побудови при виконанні зображень (поділ відрізків, кутів, побудову перпендикулярних і паралельних прямих, правильних багатокутників тощо) виконують на підставі певних геометричних законів, відомих з курсу середньої школи.

Спряження, як правило, здійснюється за допомогою дуги кола (спряження двох прямих, прямої і дуги кола, дуг двох кіл) та за допомогою прямої лінії дуг двох кіл. Обов'язковою умовою правильного виконання спряження є визначення центру спряження і точок спряження.

Особливу увагу при вивченні теми слід приділити питанням ухилу, оскільки ухил є важливою геометричною характеристикою залізничних та автомобільних шляхів. З побудовою ухилу пов'язані дві основні задачі:

- 1) визначення величини ухилу заданої прямої відносно іншої прямої;
- 2) побудова прямої з заданим ухилом.

## 1.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 1.2.1. Вимоги стандартів до оформлення креслеників

Усі кресленики оформляють відповідно до вимог чинних стандартів. Загальні правила виконання креслеників регламентуються ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації (СКД) та стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД)

#### 1.2.1.1. Формати і основні написи

Конструкторські документи виконують на аркушах певного формату. ГОСТ 2.301-68 регламентує п'ять основних форматів: А0, А1, А2, А3, А4 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Формат	А0	А1	А2	А3	А4
Розміри сторін формату, мм	841 x 1189	594 x 841	420 x 594	297 x 420	210 x 297

Додаткові формати утворюються кратним збільшенням меншої сторони основного формату.

Розміри форматів визначаються розмірами зовнішньої рамки кресленика (рис. 1.1). Поле кресленика обмежується внутрішньою рамкою, товщина лінії якої не менше ніж 0,7 мм. У правому нижньому куті формату розміщується основний напис. Формати, за винятком А4, можуть компоуватися як горизонтально, так і вертикально. Формат А4 компоується тільки вертикально.

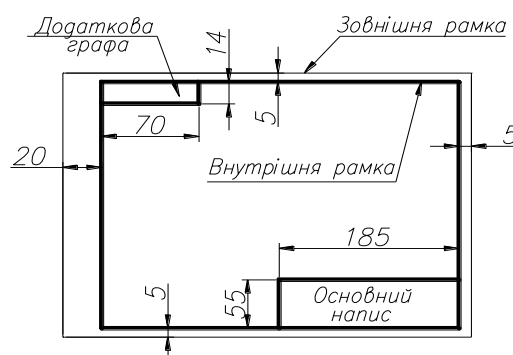


Рис. 1.1. Оформлення форматів

Форми основного напису визначаються ГОСТ 2.104-68. Основні написи для графічних і текстових конструкторських документів надані в додатку Д.

Для виконання завдань 1-3 допускається використовувати формати без основного напису (лише з внутрішньою рамкою).

#### 1.2.1.2. Масштаб зображення

Масштабом називають відношення лінійних розмірів зображення предмета до відповідних розмірів самого предмета. Перевагу віддають зображенню предмета в натуральну величину (масштаб 1:1). При необхідності зменшення або збільшення зображення масштаб вибирають за ГОСТ 2.302-68 (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Масштаби зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:200; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральна величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

У відповідній графі основного напису масштаб позначають за типом: 1:1; 1:2 тощо. На полі кресленика при необхідності масштаб указують в дужках.

### 1.2.1.3. Лінії кресленика

Кожен елемент кресленика виконують лініями певної конструкції та товщини. Призначення та зображення ліній на креслениках регламентовано ГОСТ 2.303-79 (Додаток Б).

### 1.2.1.4. Шрифти креслярські

На креслениках усі написи виконують шрифтами за ГОСТ 2.304-81 (Додаток В). Розмір шрифту визначається висотою  $h$  великих літер. Встановлено такі розміри шрифтів: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Для машинобудівних креслеників застосовують шрифт типу Б з нахилом приблизно  $75^\circ$ .

## 1.2.2. Основні геометричні побудови

Під геометричними побудовами розуміють точне графічне розв'язання деяких геометричних задач за допомогою заданого набору креслярських інструментів (циркуль і лінійка без поділу на одиниці виміру).

### 1.2.2.1. Поділ геометричних фігур

**Поділ відрізків.** Для поділу відрізка  $AB$  на дві рівні частини (рис. 1.2, а) з точок  $A$  і  $B$ , як з центрів, радіусом  $R$ , більшим половини відрізка  $AB$ , проводять дуги кіл до взаємного перетину в точках  $M$  і  $N$ . Пряма  $MN$  ділить відрізок  $AB$  навпіл.

Для поділу відрізка  $AB$  на довільну кількість частин (наприклад, на п'ять, як показано на рис. 1.2, б) з крайньої точки  $A$  під довільним кутом до  $AB$  проводять допоміжну пряму  $AC$ , на якій відкладають п'ять рівних відрізків довільної довжини. Крайню точку  $5$  сполучають з точкою  $B$  і за допомогою трикутника або лінійки проводять прямі, паралельні  $B5$ . Отримані точки  $I, II, III, IV$  поділять відрізок на п'ять рівних частин.

**Поділ кутів.** Для поділу кута  $CAB$  навпіл (рис. 1.2, в) з вершини кута проводять дугу довільного радіуса до перетину із сторонами кута. Далі аналогічно задачі на поділ відрізка навпіл.

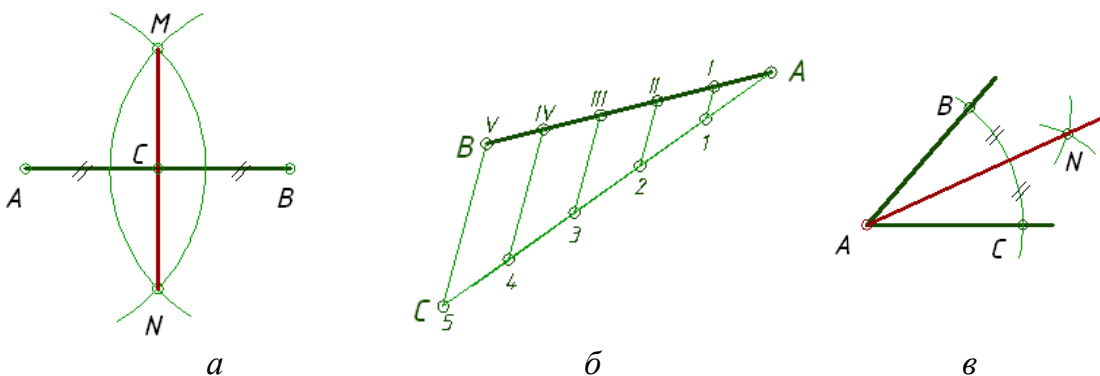


Рис. 1.2. Поділ відрізків і кутів

**Поділ кола на рівні частини.** На 4 частини коло ділиться своїми осями (рис. 1.3, а). Для поділу кола на 8 рівних частин кожна чверть дуги кола ділять навпіл (рис. 1.3, б).

Для поділу кола на 6 рівних частин будують допоміжні дуги, радіус яких дорівнює радіусу кола, а центри знаходяться у точках перетину кола з однією з осей (рис. 1.3, в, з). Для поділу кола на 12 рівних частин такі ж дуги будують ще і з точок перетину кола з другою віссю (рис. 1.3, д). Побудова правильного трикутника, вписаного в коло, показана на рис. 1.3, е.

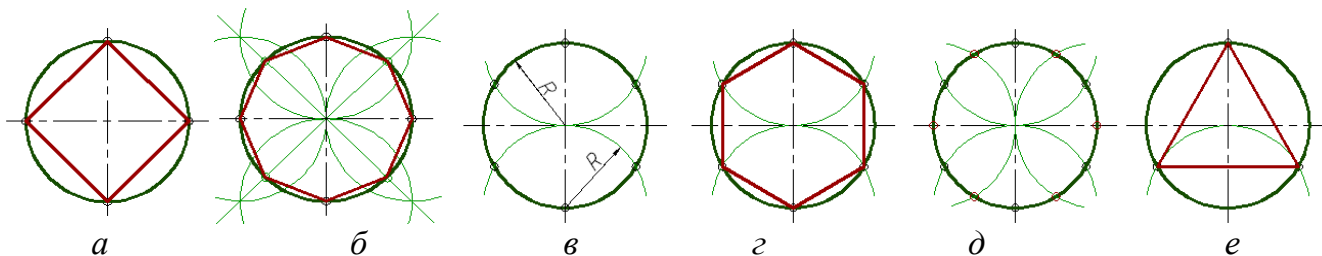


Рис. 1.3. Побудова правильних багатокутників

### 1.2.2.2. Побудова спряжень

Спряженням називають плавний перехід від однієї кривої до іншої. Для побудови дуги спряження треба мати її центр, радіус і точки спряження.

Для **спряження двох прямих** центр дуги спряження має бути на однаковій відстані від кожної з прямих. Кожна з точок спряження є основою перпендикуляра, опущеного з центра спряження на відповідну пряму.

Алгоритм побудови спряження (рис. 1.4) такий: 1. Провести лінії, паралельні заданим, на відстані  $R$  від кожної з них. 2. Визначити точку перетину їх – центр спряження  $O$ . 3. Провести перпендикуляри і визначити точки спряження  $A$  та  $B$ . 4. Побудувати дугу спряження від точки  $A$  до точки  $B$  заданим радіусом.

**Спряження прямої лінії та дуги кола.** Розрізняють зовнішнє (рис. 1.5, а) та внутрішнє (рис. 1.5, б) спряження. Центр спряження лежить на перетині концентричної дуги кола, віддаленої від заданого кола на відстань  $R$ , та прямої, паралельної заданій, на відстані  $R$  від неї. Точка спряження  $B$  на колі лежить на прямій, що сполучає центр спряження та центр кола.

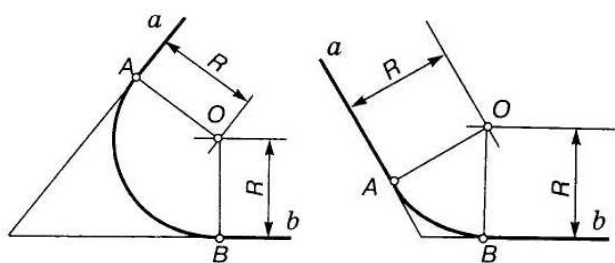


Рис. 1.4. Спряження двох прямих

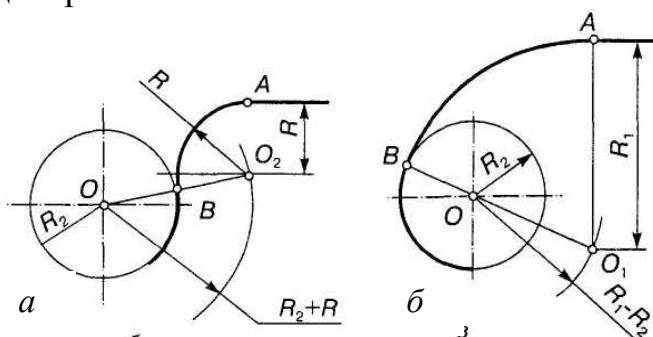


Рис. 1.5. Спряження прямої з колом

**Спряження дуг двох кіл між собою.** Розрізняють зовнішнє (рис. 1.6, а), внутрішнє (рис. 1.6, б) та змішане (рис. 1.6, в) спряження. У першому випадку центр спряження є точкою перетину дуг кіл радіусів  $R_1 + R$  і  $R_2 + R$ , у другому – на перетині кіл радіусів  $R - R_1$  і  $R - R_2$ . у третьому – на перетині дуг кіл радіусів  $R + R_1$  і  $R - R_2$ . Точки спряження  $A_1$  і  $A_2$  лежать на прямих, що сполучають центр спряження з центром відповідного кола.

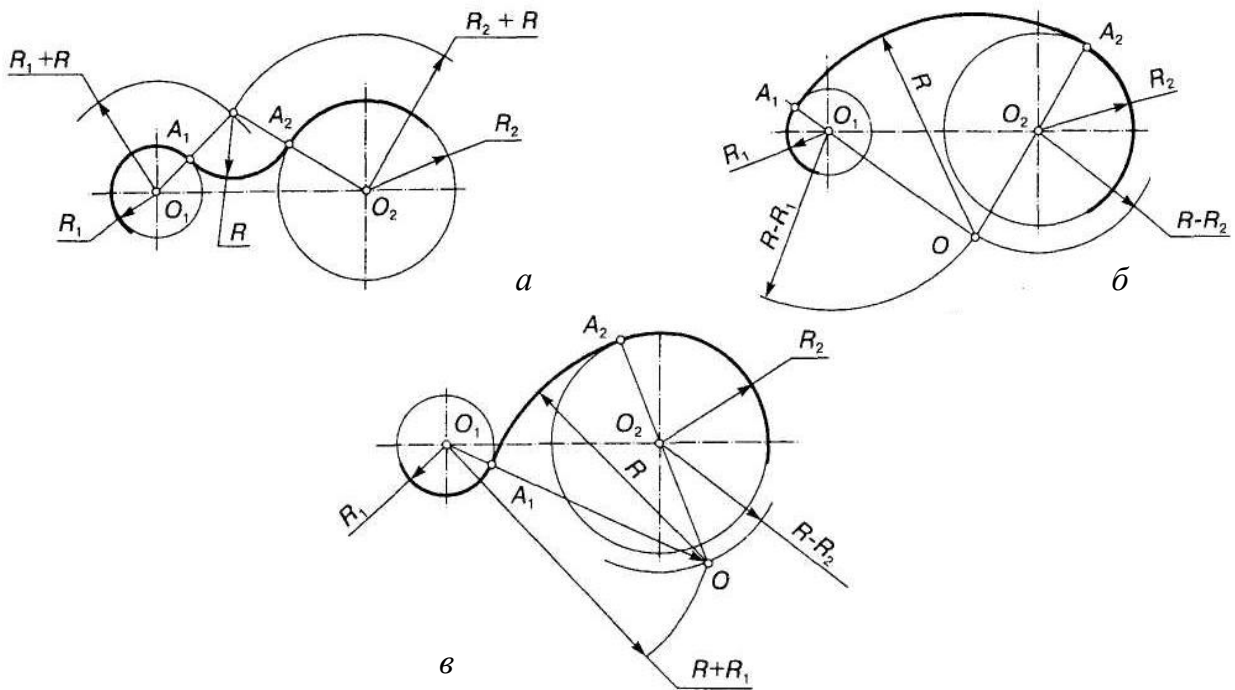


Рис. 1.6. Побудова спряжень двох кіл

### 1.2.2.3. Побудова ухилів

Нахил однієї лінії відносно іншої, розміщеної горизонтально або вертикально, характеризує величину, яку називають *ухилом*.

В прямокутному трикутнику  $ABC$  (рис. 1.7, *a*) нахил гіпотенузи  $AB$  до катета  $AC$  може бути вираженим або кутом  $\alpha$  в градусах, або ухилом  $i$ , величина якого визначається відношенням катета  $BC$  до катета  $AC$ . Ухил виражають або в процентах або у вигляді відношення, наприклад: **10%**, або **1:10**. Позначення ухилу на креслениках виконують відповідно з ГОСТ 2.307-68.

$$i = \frac{BC}{AC} = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha$$

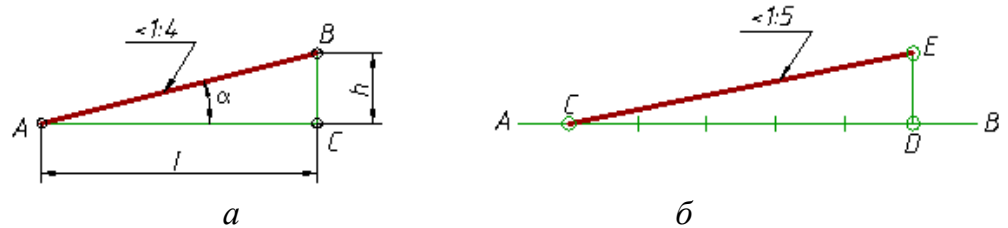


Рис. 1.7. Побудова ухилів

З побудовою ухилу пов'язані дві основні задачі:

1. Визначити величину ухилу прямої  $AB$  відносно прямої  $AC$  (див. рис. 1.7, *a*). З довільної точки  $C$  на прямій  $AC$  проводять перпендикуляр до  $AC$ . Вимірюють довжину катетів  $BC$  і  $AC$  і ділять першу величину на другу. Нехай довжина катета  $BC$  дорівнює 10 мм, а катета  $AC$  – 20 мм. У цьому випадку величина ухилу дорівнює **1:2**, або **50%**.

2. Дано відрізок  $AB$  і на ньому точка  $C$  (рис. 1.7, *б*). Через точку  $C$  треба провести пряму з ухилом **1:5** до заданого відрізка. На прямій  $AB$  від точки  $C$  відкладають п'ять рівних довільних відрізків. З отриманої точки  $D$  проводять перпендикуляр, на якому відкладають один відрізок такої ж величини. Пряма, проведена через точки  $C$  і  $E$ , має ухил **1:5** по відношенню до прямої  $AB$ .

### 1.2.3. Криві лінії

Криву лінію розглядають як множину точок тривимірного простору, координати яких є функціями однієї змінної, наприклад довжини кривої.

Величину викривлення кривої в кожній її звичайній точці визначають кривиною в цій точці. Кривину вимірюють радіусом кривини, який є радіусом кола, проведеного через три точки, тобто через точку на кривій і дві нескінченно близькі точки по обидва боки від неї. Кривина є величиною, оберненою до радіуса кола

кривини  $R$ :  $K = 1/R$ . Кривою сталої кривини є коло.

#### **Визначення кривини плоскої кривої в заданій точці.**

Через задану на кривій точку  $M$  і дві довільні близькі до неї точки  $A$  і  $B$  проводять січні (рис. 1.8). Точка перетину  $O$  перпендикулярів до середини січних дасть центр кривини кривої. Відрізок  $OM$  – це радіус кривини  $R$  кривої у точці  $M$ . Кривина кривої є величина, обернена до радіуса кривини ( $k = 1/R$ ).

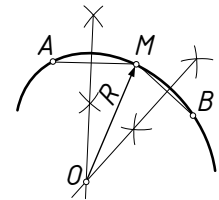


Рис. 1.8. Визначення кривини кривої

**Еволюта і евольвента плоскої кривої.** Множина нормалей до плоскої кривої утворює пучок, обвідною якого є крива, яку називають **еволютою** (рис. 1.9).

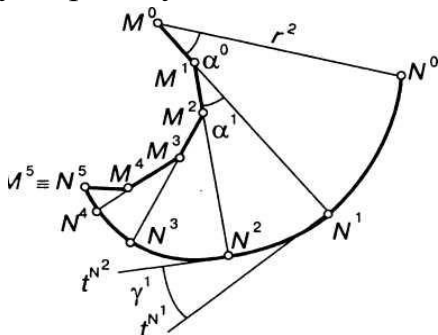


Рис.1.9. Еволюта кривої

Криву відносно своєї еволюти називають **евольвентою**. На еволюті плоскої кривої міститься однопараметрична множина центрів кривини точок кривої. Дотичні до еволюти є нормаллями у відповідних точках евольвенти, одній еволюті відповідає множина евольвент. Евольвента – траєкторія точки дотичної прямої, що котиться без ковзання по кривій лінії  $a_k$ . Цю множину точок називають також розгорткою лінії  $a_k$ .

**Евольвентою** (розгорткою) **кола** називають криву, що є траєкторією точки прямої лінії, що котиться без ковзання по нерухомому колу (рис. 1.10).

Щоб побудувати множину точок евольвенти, коло заданого діаметра поділяють на довільну кількість (наприклад, на вісім) рівних частин. З кожної точки поділу проводять дотичну до кола, на якій відкладають відрізок, що дорівнює довжині дуги кола від початкової точки до заданої. Здобута точка належить евольвенті. Відносно евольвенти нерухоме коло є еволютою. Відрізок від точки кола до точки евольвенти дорівнює радіусу кривини евольвенти.

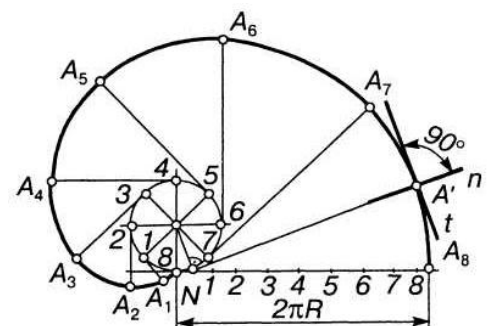


Рис.1.10. Евольвента кола

**Еліпс** – це плоска крива, для довільної точки якої сума відстаней до двох фіксованих точок (фокусів  $F_1$  і  $F_2$ ) є величина стала і дорівнює довжині  $2a$  великої його осі (рис. 1.11). Мала вісь еліпса дорівнює  $2b$ . Відстань  $2c$  між фокусами  $F_1$  і  $F_2$  називають **фокусною**. Точка перетину осей еліпса є його центром, кінці осей – вершинами еліпса. Еліпс може бути побудований за великою віссю і фокусною

відстанню (див. рис. 1.11, а), за довжиною двох осей (рис. 1.11, б) або за спряженими діаметрами.

Для обудови еліпса за довжиною осей з точки перетину осей проводять два концентричні кола, радіуси яких дорівнюють половинам довжини осей. Кола ділять на довільну кількість рівних частин (наприклад, на 12) і до точок поділу проводять промені з центру кіл. З точок перетину променів з колами

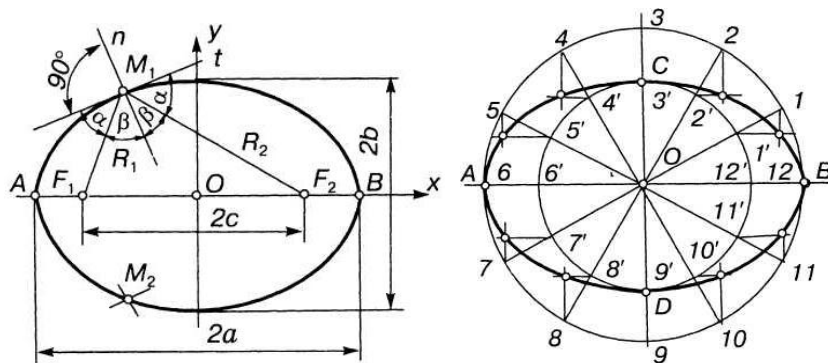


Рис. 1.11. Способи побудови еліпса

проводять лінії, паралельні осям еліпса: від великого кола – паралельні малій осі, від малого кола – паралельні великій осі. Точки перетину цих ліній належать еліпсу.

**Параболою** називають геометричне місце точок площини, рівновіддалених від заданих точки (фокуса  $F$ ) і прямої (директриси  $d$ ), розміщених у тій самій площині (рис. 1.12). Рівняння параболи:  $y^2 = 2px$ , де  $p$  – відстань від фокуса  $F$  до директриси  $d$  (фокальний параметр). Парабола може бути побудована за параметром  $p$ ; за заданою віссю, вершиною і довільною точкою, яка належить параболі; як дотична у заданих точках до двох прямих, що перетинаються.

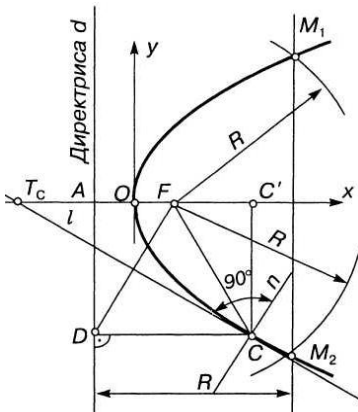


Рис.1.12. Парабола

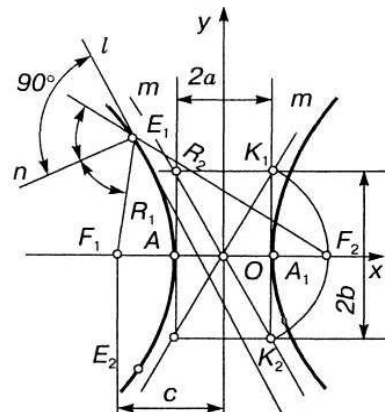


Рис. 1.13. Гіпербола

**Гіпербола** – це плоска крива, для довільної точки якої різниця її відстаней від двох фіксованих точок площини (фокусів  $F_1$  і  $F_2$ ) стала і дорівнює

величині дійсної осі  $2a$  гіперболи (рис. 1.13). Уявна вісь гіперболи дорівнює  $2b$ , діагоналі прямокутника зі сторонами  $2a$  і  $2b$  є асимптотами гіперболи. Гіпербола може бути заданою двома осями або однією з них і фокусною відстанню  $c$ .

**Циклоїда** – це незамкнена плоска крива, що описується точкою кола, яке котиться без ковзання по нерухомій прямій. Гілка циклоїди відповідає одному повному оберту твірного кола (рис. 1.14).

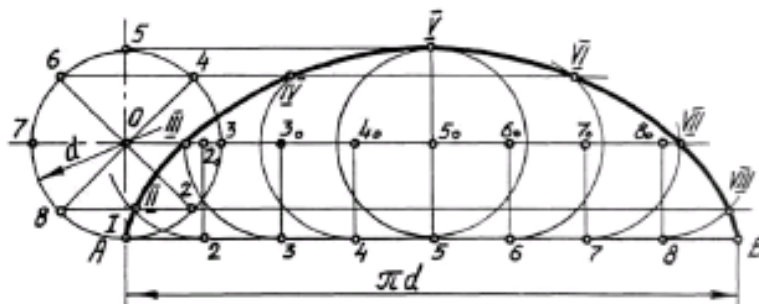


Рис. 1.14. Циклоїда



**Циліндрична спіраль** (геліса) – це просторова крива лінія, що утворюється при рівномірному русі точки вздовж прямої, яка, в свою чергу, рівномірно обертається навколо осі. Геліса визначається двома параметрами: кроком  $h$ , що дорівнює висоті циліндра (точка переміститься на величину кроку при повному обертанні твірної навколо осі циліндра), та радіусом циліндра  $r$ . Фронтальна проекція геліси є синусоїдою (рис.1.15).

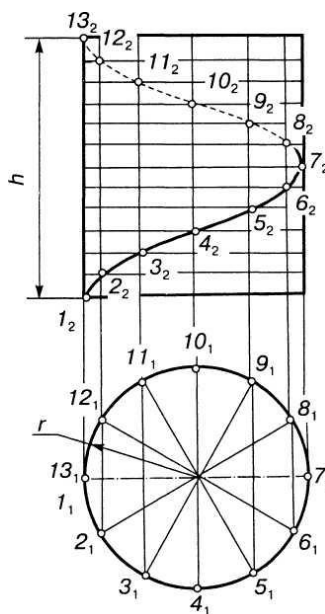


Рис. 1.15. Циліндрична спіраль

**Конічна спіраль** утворюється при рівномірному русі точки вздовж твірної, що рівномірно обертається навколо осі конуса. Ця просторова крива також визначається двома параметрами: кутом, що утворюється твірною та віссю конуса, і кроком. Горизонтальна проекція конічної спіралі є спіраллю Архімеда, а фронтальна – синусоїдою із згасаючою амплітудою (рис. 1.16).

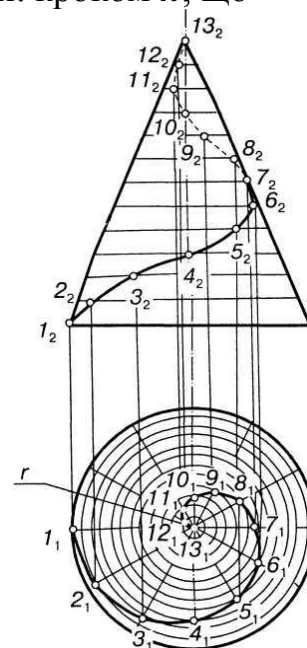


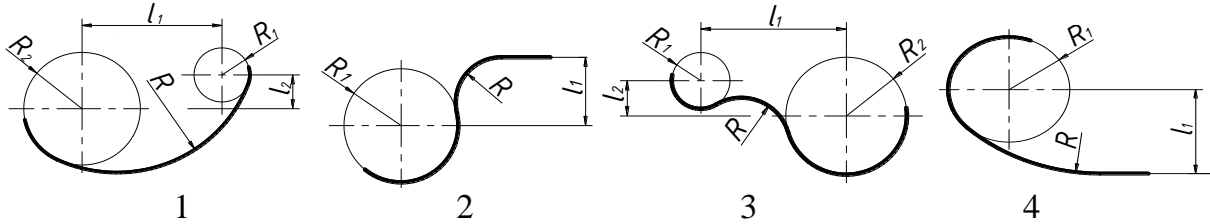
Рис. 1.16. Конічна спіраль

### Запитання для самоперевірки

1. Що називають форматом?
2. Що називають масштабом зображення? Як позначають масштаб у основному написі кресленик?
3. Які типи ліній застосовують при виконанні креслеників? Які елементи кресленика виконують суцільною тонкою лінією?
4. Які знаки застосовують при позначенні діаметрів? радіусів? ухилів?
5. У яких одиницях виражають лінійні розміри на машинобудівних креслениках (якщо одиниця виміру не позначена)?
6. Що називають спряженням, центром спряження, точками спряження?
7. Який алгоритм побудови спряжень двох ліній?
8. Що називають ухилом? Як вимірюють величину ухилу?
9. Як позначають ухил на кресленику?
10. Чим визначають величину викривлення кривої лінії?
11. Яка крива має однакову кривину у кожній своїй точці?
12. Що називають еволютою кривої?
13. Як називають криву відносно своєї еволюти?
14. За якими параметрами може бути побудовано еліпс?
15. У чому відмінність між плоскими і просторовими кривими лініями?

### 1.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Виконати поділ кола на 3, 4, 6 і 8 рівних частин
2. Провести лінію, ухил якої до горизонтальної лінії становить 7:1.
3. Виконати спряження двох ліній дугою заданого радіуса  $R$ . Номери рисунків для виконання спряження:



4. Побудувати евольвенту кола за заданим діаметром  $D$ .
5. Побудувати еліпс за довжиною осей  $AB$  і  $CD$ .
6. Побудувати циклоїду за заданим діаметром  $D$  твірного кола.
7. Побудувати конічну спіраль за кутом  $\alpha$ , що утворюється твірною та віссю конуса, і кроком  $r$ .

Таблиця 1.3

Дані до задач 3-7 (розміри, мм)

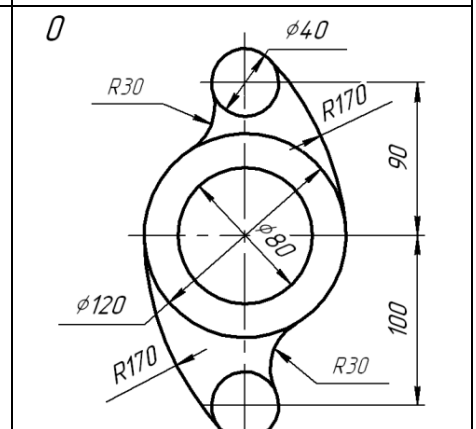
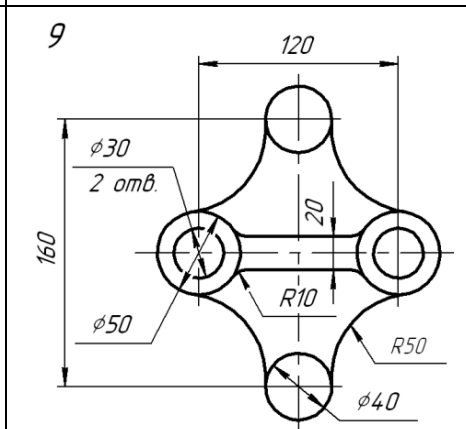
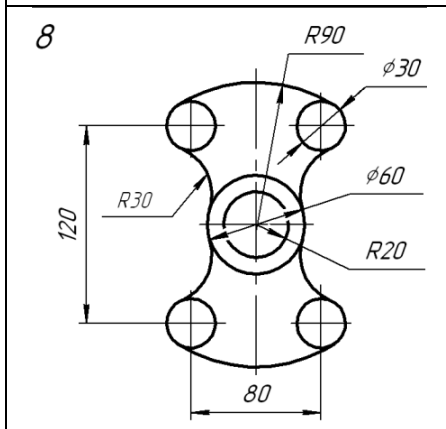
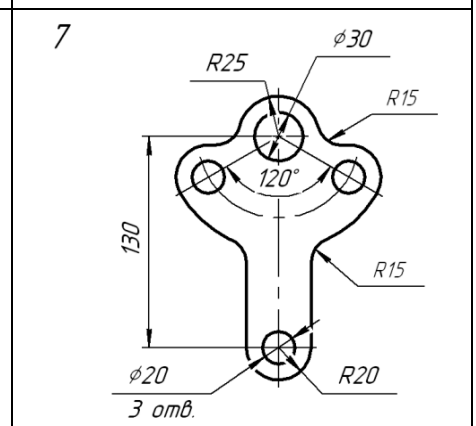
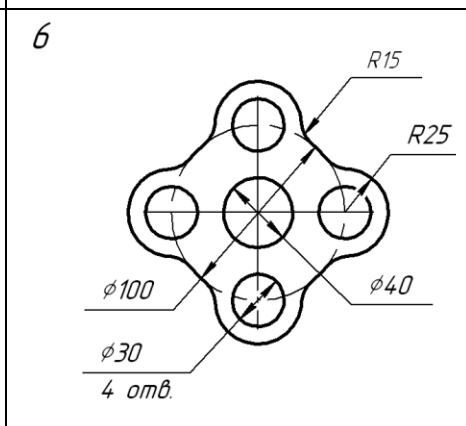
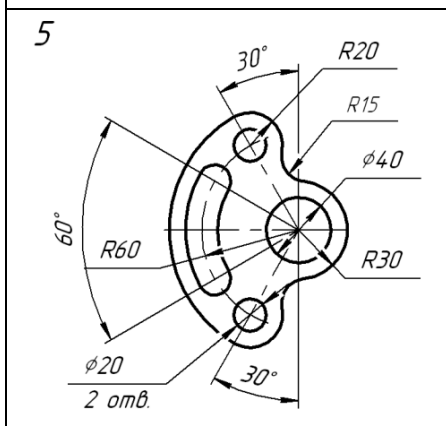
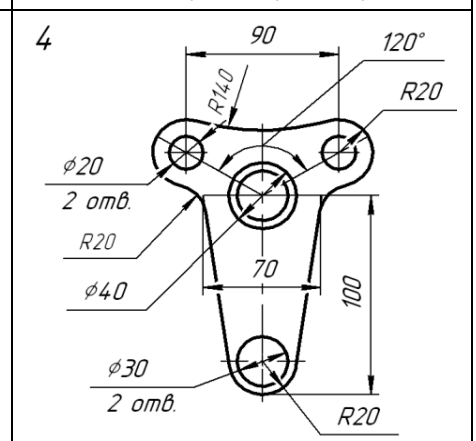
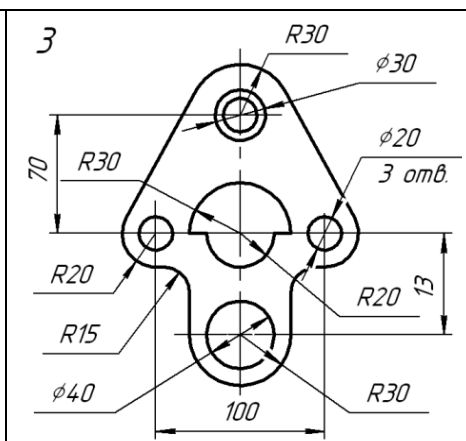
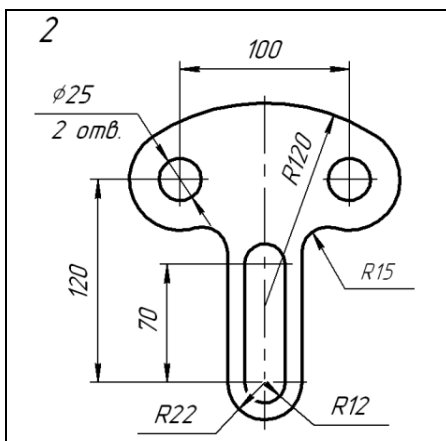
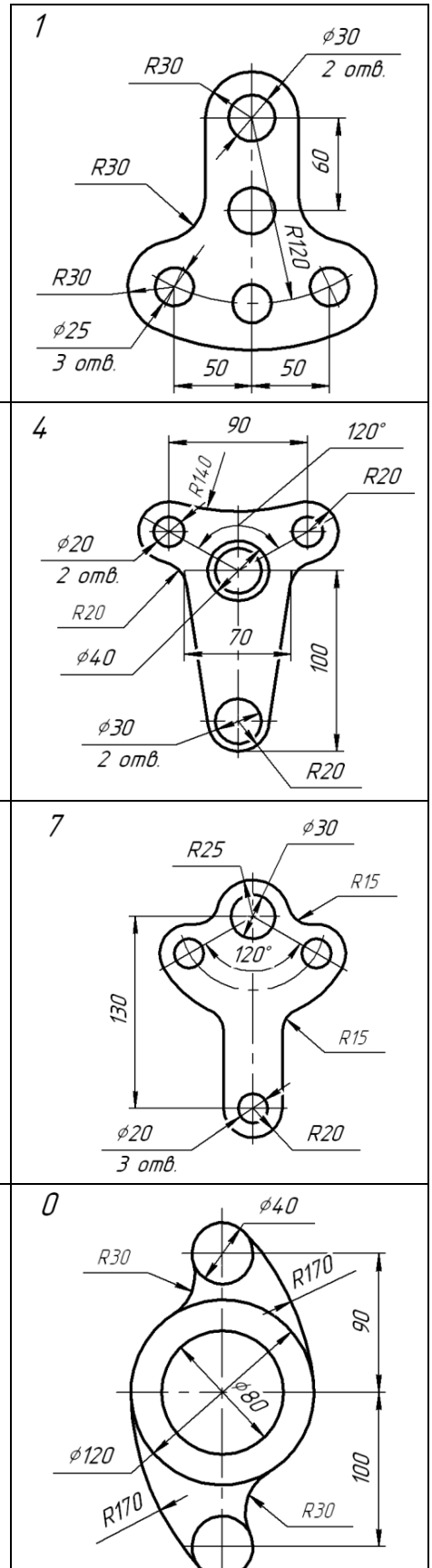
Варіант	Спряження						Евольвента	Еліпс		Циклоїда	Конічна спіраль	
	Рис.	$l_1$	$l_2$	$R_1$	$R_2$	$R$		$D$	$AB$		$CD$	$D$
1	1	60	20	25	15	60	20	80	30	—	15	35
2		50	25	20	20	70	25	40	70	12	—	—
3		45	35	15	20	50	30	70	25	—	45	38
4		55	30	12	25	65	20	35	60	14		
5		65	15	30	12	75	25	80	45	—	15	40
6	2	30		25		20	30	20	75	16	—	—
7		40		20		35	20	65	20	—	45	45
8		20		35		15	25	40	75	18	—	—
9		25		30		20	30	70	25	—	15	30
10		45		15		30	20	35	60	12	—	—
11	3	60	20	25	15	20	25	80	45	—	45	32
12		50	25	20	15	35	30	20	75	14		
13		45	35	25	30	15	20	65	20	—	15	38
14		55	30	15	25	20	25	40	75	16	—	—
15		65	15	30	15	15	30	80	30	—	45	36
16	4	40		25		80	20	40	70	18	—	—
17		50		20		70	25	70	25	—	15	42
18		45		30		60	30	35	60	12	—	—
19		35		15		50	20	80	45	—	45	42
20		55		35		30	25	20	75	14	—	—

## 1.4. ЗАВДАННЯ 1 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ»

Таблиця 1.4

1. Накреслити контур плоскої деталі, нанести розміри. Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.4.

Варіанти завдань для побудови контуру плоскої деталі



2. Побудувати профіль швелера або балки двотаврової. Дані для свого варіанту взяти з табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Варіанти завдань для виконання перерізу швелера або двотавра

Варіант	Номер швелера (рис. 1.17)	Розміри профілей сталі прокатної, мм					
		$h$	$b$	$d$	$t$	$R$	$r$
1, 3	12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0
5, 7	14	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0
9, 11	14а	140	62	4,9	8,7	8,0	3,0
13, 15	16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5
17, 19	18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5

Продовження табл. 1.5

Варіант	Номер балки двотаврової (рис. 1.18)	Розміри профілей сталі прокатної, мм					
		$h$	$b$	$d$	$t$	$R$	$r$
2, 4	12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0
6, 8	14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0
10, 12	16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5
14, 16	18	180	92	5,1	8,1	9,0	3,5
18, 20	18а	180	102	5,1	8,3	9,0	3,5

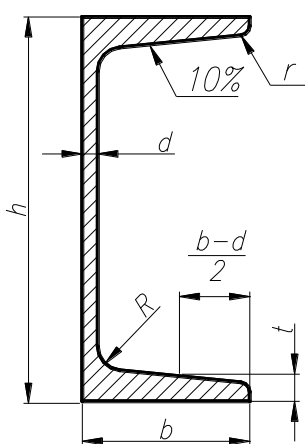


Рис. 1.17. Швелер ГОСТ 8240-72

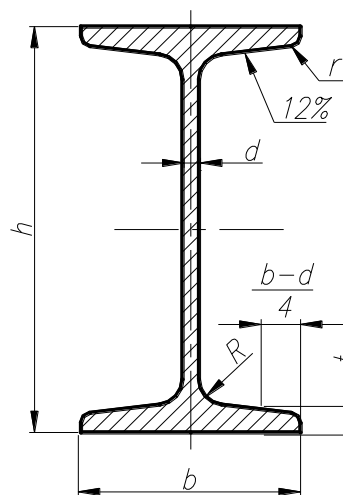


Рис. 1.18. Балка двотаврова  
ГОСТ 8239-72

## Настанови щодо виконання завдання

**1. Побудова контуру плоскої деталі.** Побудову починають із проведення вертикальної осі симетрії. На ній відкладають міжцентрові відстані і проводять осі отворів. Потім суцільною тонкою лінією креслять кола, дуги та вертикальні і горизонтальні прямі лінії. Визначають центри спряження. Сполучають центри спряження із центрами спряжуваних кіл і визначають точки спряження. Виконують спряження (скруглення) заданими радіусами. Обводять контур деталі товстою основною лінією. Проводять виносні та розмірні лінії і наносять значення розмірів. Усі лінії побудови на кресленнику треба залишити.

**2. Побудова профілю швелера (балки двотаврової).** Для побудови контуру швелера спочатку проводять вертикальну лінію, на якій відкладають висоту швелера  $h$ . Зліва від вертикальної лінії проводять ще одну лінію на відстані  $d$  від неї, а з кінців цієї лінії проводять горизонтальні прямі, на яких відкладають довжину полицок швелера  $b$ . Розраховують середину вільного кінця полицки швелера  $(b-d)/2$  і на відстані  $t$  від горизонтальних ліній ставлять точки, через які будуть проводити лінії заданого ухилу (рис. 1.19, а).

На вільному полі кресленника будують лінію, ухил якої дорівнює заданому ( $10\%=1:10$ ). Через визначені точки проводять лінії, паралельні побудованим лініям заданого ухилу (рис. 1.19, б).

Визначають центри спряження і точки спряження (рис. 1.19, в) і виконують спряження дугами заданих радіусів (рис. 1.19, г).

Обводять зображення товстою основною лінією, виконують штриховку, наносять необхідні розміри (рис. 1.19, д).

Побудову перерізу балки двотаврової виконують аналогічно.

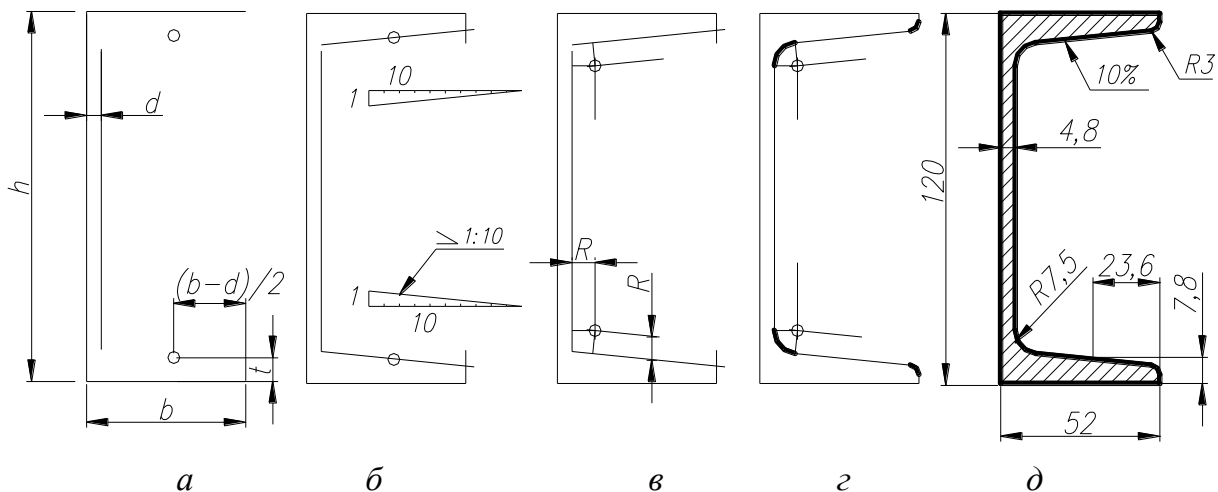


Рис. 1.19. Послідовність побудови перерізу швелера

Приклад виконання завдання 1 подано на рис. 1.20.

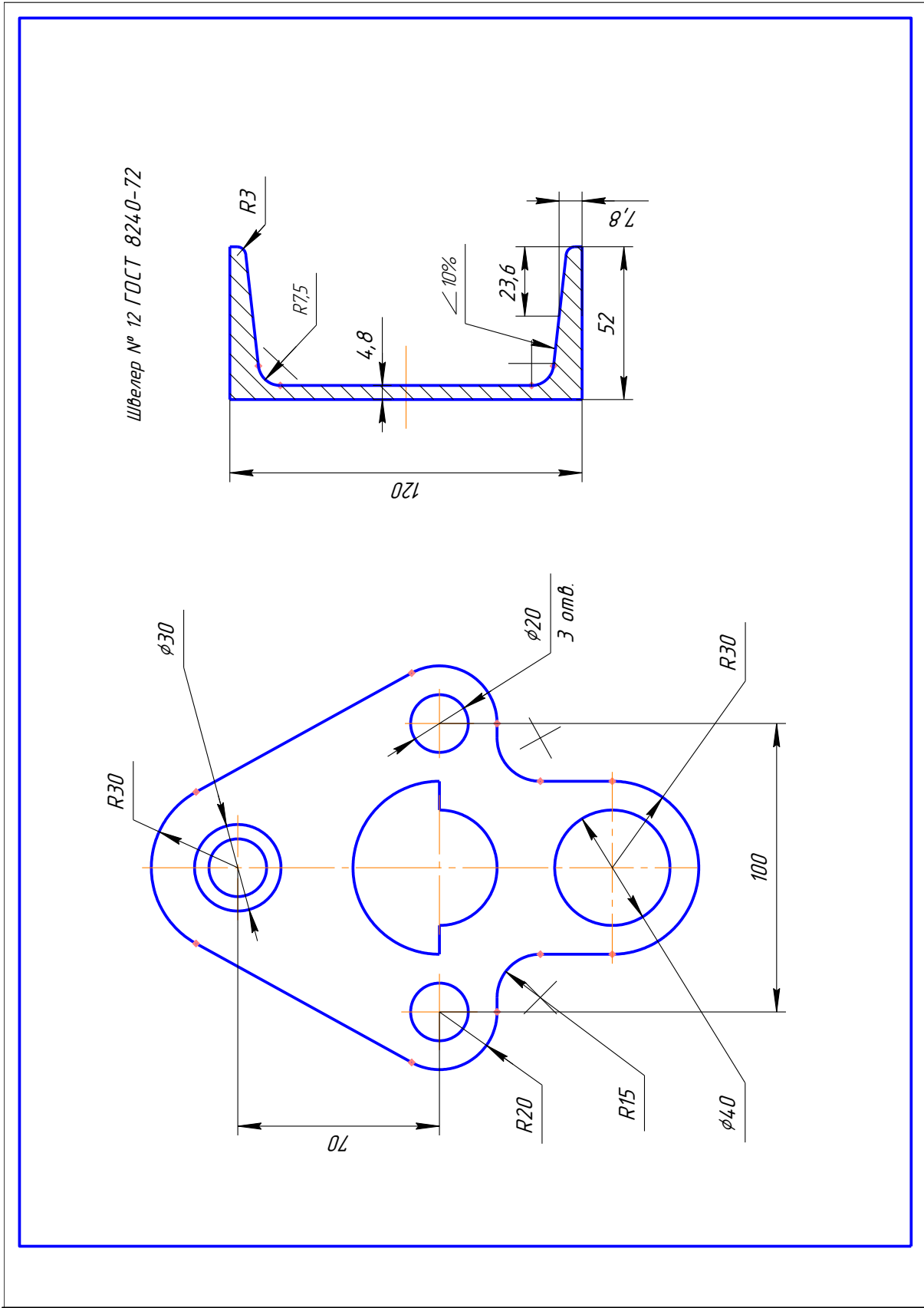


Рис. 1.20. Приклад виконання завдання 1 «Геометричні побудови»

## ТЕМА 2. ПРОЕКЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБРАЗІВ

В результаті вивчення теми студент повинен знати проекційний метод побудови зображень геометричних фігур на площині чи поверхні, властивості ортогональних проекцій елементарних геометричних фігур – точки, прямої та площини, позиційні та метричні властивості проекцій пар елементарних геометричних фігур, суть аксонометричного проєкціювання, правила побудови зображень у стандартних аксонометричних проєкціях; вміти будувати зображення геометричних фігур у різних проекційно-зображувальних системах, уявляти форму і положення геометричної фігури у просторі за її проекційним зображенням.

*Література:* [1] с. 5...30, 101...108

### 2.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

Основними завданнями даної теми є: а) вивчення методу зображення геометричних фігур на площині (поверхні); б) засвоєння способів розв'язання позиційних та метричних задач, пов'язаних із цими фігурами, за допомогою їх зображень на площині (поверхні).

Для побудови зображень предметів на площині користуються методом проекцій. Залежно від положення площин проекцій та центрів проєкціювання можна одержати різні проекційно-зображувальні системи: центральні або перспективні проекції, аксонометричні проекції, прямокутні проекції на декілька площин проекцій або комплексні кресленики, проекції з числовими позначками, картографічні проекції і ін. Перераховані способи відрізняються один від одного як характером зображень, так і умовами побудови.

Розглядаючи проекції точок, особливу увагу слід звернути на залежність розміщення проекцій точки на епюрі і положення точки в просторі відносно площин проекцій. Для полегшення встановлення взаємозв'язку простору і кресленика корисно побудови виконувати одночасно в ортогональних проєкціях і в аксонометрії. Рекомендується також виготовити з картону просторову модель системи площин проекцій і проєкціювати на площини проекцій геометричні образи, що розглядаються (як моделі геометричних образів можна використати олівець, кутник та ін.).

Вивчаючи проекції прямої і площини, особливу увагу слід приділити фігурам окремого положення – паралельним і перпендикулярним до площин проекцій. Таке положення площин є найбільш поширеним у проєктуванні технічних об'єктів.

За проекціями двох фігур потрібно навчитися визначати їх позиційні та метричні співвідношення: взаємне положення, відстані, кути і площі.

Широке застосування в науці, техніці та побуті знайшли аксонометричні проекції. Головна перевага аксонометричних проекцій – їх наочність. При вивченні теми перш за все потрібно звернути увагу на те, яким чином у цьому виді проєкціювання досягається метрична визначеність зображення; відмітити різницю між прямокутними і косокутними проекціями, між ізометричними і диметричними проекціями.

## 2.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 2.2.1 Метод проєкцій

Для побудови зображень предметів на площині використовують *метод проєкцій*. *Проєкція* – це зображення предмета (геометричної фігури), «відкинута» на площину за допомогою променів. *Спроєкціювати предмет на площину означає побудувати його зображення на площині*.

При *прямокутному паралельному (ортогональному)* проєкціюванні (рис. 2.1) проєкціювальні промені  $S_\infty$  утворюють з площиною проєкцій  $\Pi_1$  прямі кути. Для того, щоб спроєкціювати точку  $A$  при прямокутному проєкціюванні, потрібно опустити перпендикуляр з цієї точки на площину проєкцій  $\Pi_1$  і знайти точку перетину перпендикуляра з площиною у точці  $A_1$ . Звідси видно, що *проєкцією точки в прямокутних проєкціях* можна називати *основу перпендикуляра, опущеного з точки на площину проєкцій*.

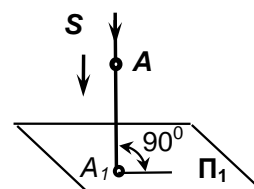


Рис. 2.1. Прямокутне проєкціювання

### 2.2.2 Система прямокутних проєкцій

Предмет ортогонально проєкціюють на три взаємно перпендикулярні площини проєкцій, що утворюють прямий тригранний кут (рис. 2.2, а):  $\Pi_1$  – *горизонтальна*,  $\Pi_2$  – *фронтальна* і  $\Pi_3$  – *профільна площини проєкцій*; лінії  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  взаємного перетину площин проєкцій називають *осями проєкцій*, а точку  $O$  – *початком осей проєкцій*.

Щоб від просторового зображення перейти до плоского, або комплексного, креслення (рис. 2.2, б), здійснюють обертання площин проєкцій навколо осей проєкцій до їх суміщення з фронтальною площиною проєкцій.

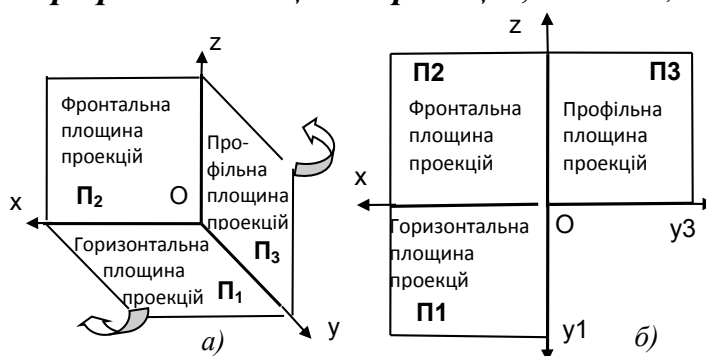


Рис. 2.2. Площини проєкцій

#### 2.2.2.1. Проєкції точки

Для побудови проєкцій точки  $A$  на площини  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  і  $\Pi_3$  проводять проєкціювальні промені  $AA_1$ ,  $AA_2$ ,  $AA_3$ , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. В результаті перетину отримують  $A_1$  – *горизонтальну*,  $A_2$  – *фронтальну* та  $A_3$  – *профільну проєкцію точки A* (рис. 2.3). Прямую, що з'єднує дві проєкції точки на комплексному кресленнику, називають *лінією зв'язку*. Лінії зв'язку перпендикулярні до осей проєкцій.

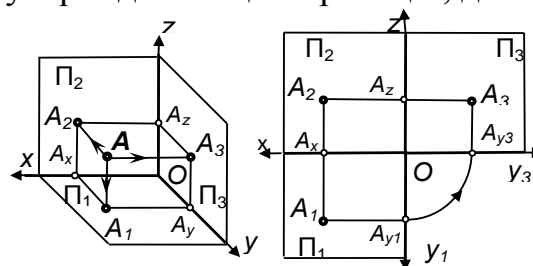


Рис. 2.3. Проєкції точки

Положення довільної точки у просторі



визначається трьома координатами –  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (три параметри). Відрізок  $AA_3 = A_xO$  виражає координату  $x$  (відстань від точки до площини  $\Pi_3$ ), відрізок  $AA_2 = A_1A_x$  – координату  $y$  (відстань до площини  $\Pi_2$ ), а відрізок  $AA_1 = A_2A_x$  – координату  $z$  (відстань до площини  $\Pi_1$ ).

**Побудова проєкцій точок за заданими координатами.** Нехай задана точка  $A$  (25, 18, 13), тобто  $x_A = 25$  мм,  $y_A = 18$  мм,  $z_A = 13$  мм. По осі  $Ox$  вліво від точки  $O$  відкладають координату  $x = 25$  мм і через отриману точку  $A_x$  проводять лінію, паралельну осі  $Oy$ . По осі  $Oy$  відкладають координату  $y = 18$  мм і через отриману точку  $A_y$  проводять лінію, паралельну осі  $Ox$ . Перетин проведених ліній дає горизонтальну проєкцію  $A_1$  точки  $A$ . Аналогічно будують зображення проєкцій  $A_2$  і  $A_3$  точки  $A$  (рис.2.4).

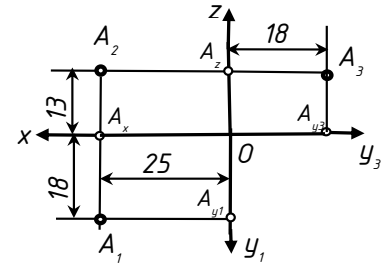


Рис. 2.4. Побудова проєкцій за координатами

Для побудови третьої проєкції точки за двома даними її проєкціями застосовують один з трьох способів: проєкційний (рис. 2.5, а), координатний (рис. 2.5, б) або з використанням постійної прямої кресленика (рис. 2.5, в). Постійна пряма кресленика є бісектрисою кута  $y_1Oy_3$ .

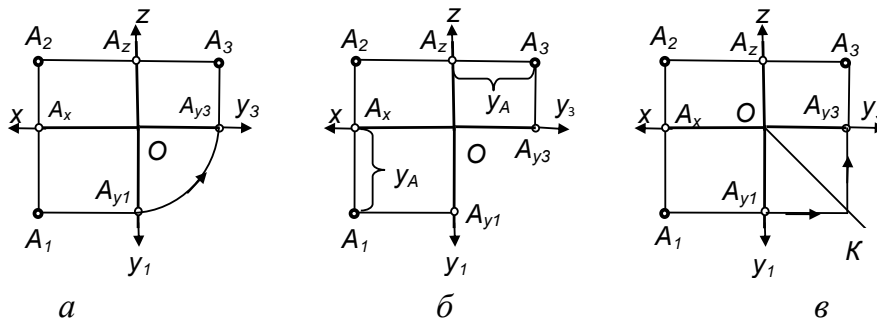


Рис. 2.5

### 2.2.2.2. Проєкції прямих ліній

Проєкціонування прямої зводиться до побудови проєкцій двох довільних її точок (наприклад, точок  $A$  і  $B$  на рис. 2.6), оскільки дві точки повністю визначають положення прямої в просторі.

За своїм положенням у просторі прямі поділяють на прямі **окремого** та **загального** положення. Прямі окремого положення можуть бути проєкціювальними і прямими рівня.

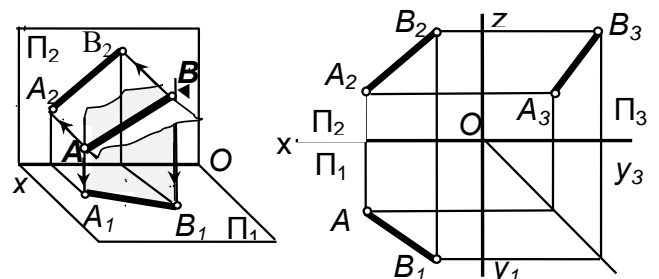


Рис. 2.6. Проєкціонування прямої

**Проєкціювальними** називають прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій, тобто паралельні двом іншим площинам (рис. 2.7).

Проєкціювальна пряма на площині проєкцій, до якої вона перпендикулярна, зображується у вигляді точки, а на двох інших – у вигляді відрізків, що займають горизонтальне або вертикальне положення, величина яких дорівнює натуральній величині самого відрізка прямої.

**Прямими рівня називають прямі, паралельні одній з площин проєкцій** (рис. 2.8). Прямі рівня на одну з площин проєкцій проєкціюються в натуральну величину, а на дві інші – у вигляді відрізків зменшеної величини, що займають на кресленнику вертикальне чи горизонтальне положення.

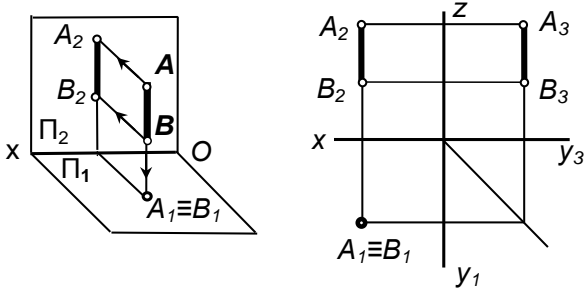


Рис. 2.7. Горизонтально-проєкціувальна пряма

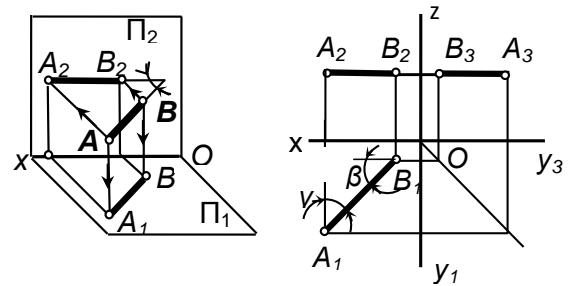


Рис. 2.8. Горизонтальна пряма рівня

**Прямую загального положення** (див. рис. 2.6) називають прямою, нахилену до всіх площин проєкцій. Її проєкції утворюють з осями  $Ox$ ,  $Oy$  і  $Oz$  гострі чи тупі кути, тобто жодна з її проєкцій не паралельна та не перпендикулярна до осей. Величина проєкцій прямої загального положення завжди менше натуральної (дійсної) величини самого відрізка.

**Натуральна величина** відрізка прямої загального положення визначається як гіпотенуза прямокутного трикутника, одним катетом якого є проєкція відрізка на одну з площин проєкцій, а другим – різниця відстаней кінців відрізка до цієї площини (спосіб прямокутного трикутника). Кут між проєкцією відрізка на певну площину та побудованою натуральною величиною дорівнює куту нахилу відрізка до цієї площини (рис. 2.9).

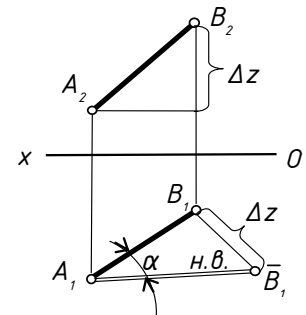


Рис. 2.9. Визначення натуральної величини відрізка

**Слідами прямої** називають точки перетину прямої з площинами проєкцій. Сліди прямої знаходять, виходячи з умови одночасної належності сліду прямій та площині проєкції. Для побудови на комплексному кресленнику горизонтального сліду прямої загального положення  $AB$  (рис. 2.10) потрібно:

- а) продовжити фронтальну проєкцію  $A_2B_2$  до перетину з віссю  $Ox$  в точці  $H_2$  (точка  $H_2$  – фронтальна проєкція шуканого сліду  $H$ );
- б) провести з точки  $H_2$  вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією  $A_1B_1$  в точці  $H_1$  (точка  $H_1$  – горизонтальна проєкція сліду і сам слід  $H$ ).

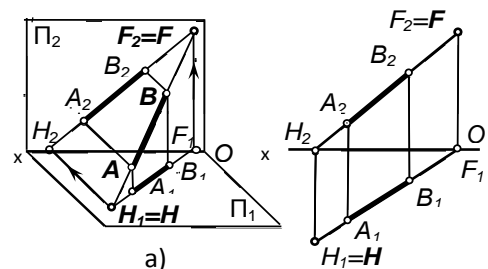


Рис. 2.10. Сліди прямої

### 2.2.2.3. Проєкціювання площини

На комплексному кресленнику площина може бути задана проєкціями геометричних фігур, що визначають її положення в просторі. Також площина може бути задана своїми слідами (лініями перетину площини з площинами проєкцій).

За положенням площини в просторі відносно площин проекцій розрізняють площини загального і окремого положення. Площини окремого положення ділять на площини рівня та проєкціювальні площини.

**Площиною рівня** називають площину, паралельну одній або перпендикулярну до двох площин проекцій (рис. 2.11).

**Проєкціювальною площиною** називають площину, перпендикулярну до однієї з площин проекцій (рис. 2.12).

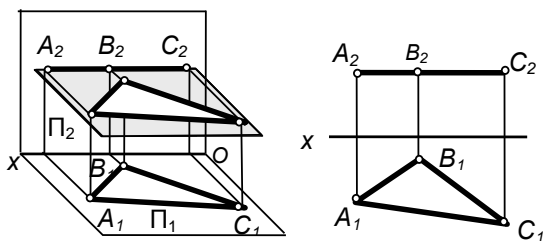


Рис. 2.11. Горизонтальна площина рівня

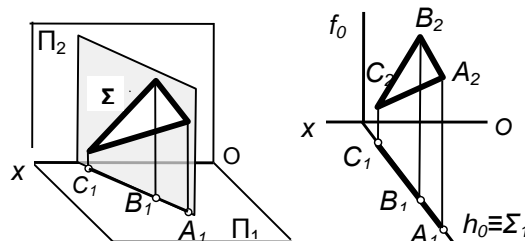


Рис 2.12. Горизонтально-проєкціювальна площина

**Лініями рівня площини** називають лінії, що належать даній площині та паралельні одній з площин проекцій (рис. 2.13, а).

**Горизонталь площини (h)** – пряма, що належить площині і паралельна горизонтальній площині проєкції. Фронтальна проєкція горизонталі паралельна осі  $Ox$  (рис. 2.13, б).

**Фронталь площини (f)** – пряма, що належить площині і паралельна фронтальній площині проєкції. Горизонтальна проєкція фронталі паралельна осі  $Ox$  (рис. 2.13, в).

Горизонталь площини паралельна її горизонтальному сліду, а фронталь – фронтальному сліду.

Побудова ліній рівня площини показана на рис. 2.13, г.

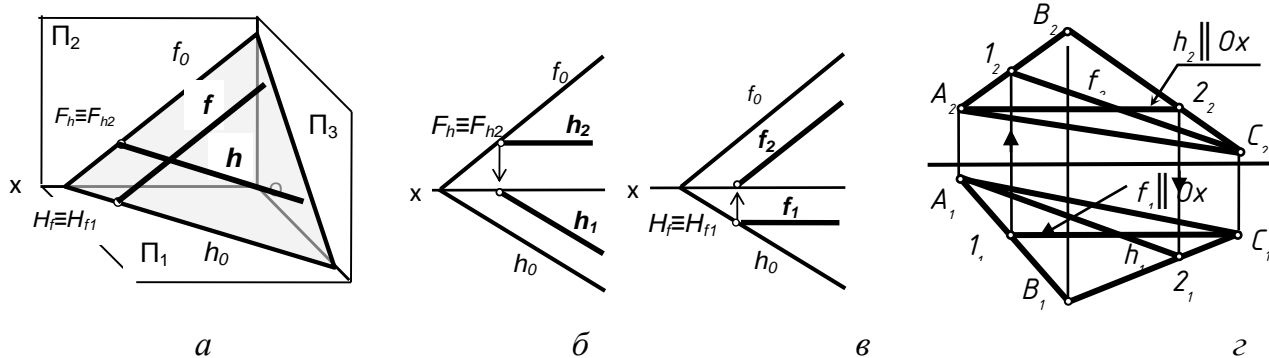


Рис. 2.13. Лінії рівня площини

Побудову горизонталі площини починають з її фронтальної проєкції  $h_2$ , провівши пряму, паралельну осі  $Ox$ . Пряма перетинає сторону трикутника  $BC$  у точці  $I$  (проєкція  $I_2$  точки  $I$  лежить на проєкції  $B_2C_2$  сторони трикутника  $BC$ ). За умови належності точки прямій знаходять горизонтальну проєкцію  $I_1$  точки  $I$ . Далі за умови належності прямої  $h$  площині знаходять горизонтальну проєкцію горизонталі  $h_1$ . Побудову фронталі здійснюють аналогічно, але починаючи з горизонтальної проєкції  $f_1$ , проведеної паралельно осі  $Ox$ .

### 2.2.3 Аксонометричні проєкції

Суть аксонометричного проєкціювання полягає в тому, що предмет відносять до системи координатних осей і проєкціюють його разом з координатними осями на довільно вибрану площину аксонометричних проєкцій

Відношення аксонометричної величини відрізка, взятого на певній осі або їй паралельно, до довжини цього відрізка в натурі, називається **коефіцієнтом** або **показником спотворення**.

Якщо всі три показники спотворення рівні між собою, то така аксонометрія називається ізометричною, або ізометрією. Якщо рівні між собою лише два показники спотворення, то аксонометрія називається диметричною, або диметрією.

#### 2.2.3.1. Побудова аксонометричних осей

У **прямокутній ізометричній проєкції** аксонометричні осі  $0'x'$ ,  $0'y'$ ,  $0'z'$  утворюють між собою кути  $120^\circ$  (рис. 2.14, а). Побудову осей виконують або за допомогою транспортира, або поділом кола на три рівні частини. Можна також скористатися лінійним співвідношенням, показаним на рис. 2.14, б.

Побудову аксонометричних осей у **прямокутній диметричній проєкції** показано на рис. 2.15 (а – кутові співвідношення, б – лінійні співвідношення).

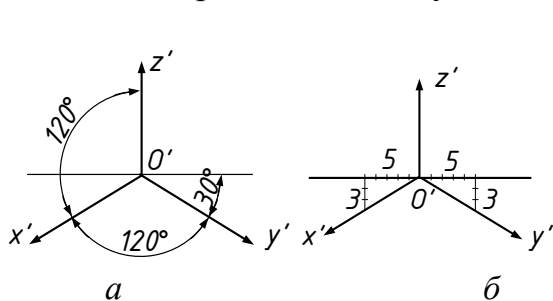


Рис. 2.14. Ізометричні осі

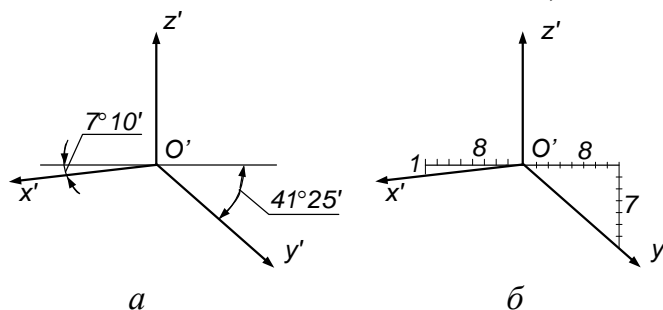


Рис. 2.15. Диметричні осі

#### 2.2.3.2. Побудова аксонометричних проєкцій багатокутника

Співвідношення між дійсними розмірами предмета і розмірами на аксонометричних зображеннях визначені лише для відрізків, розміщених вздовж координатних осей або паралельно осям. Для побудови елементів, які не належать осям, використовують допоміжні точки (точки 1 і 2 на рис. 2.16, а).

В **прямокутній ізометрії** коефіцієнти спотворення по всім осям однакові і для практичної ізометрії дорівнюють 1. По осі  $0'x'$  вліво і вправо від точки  $0'$  відкладають відрізки  $0'A' = OA$  та  $0'D' = OD$ . По осі  $0'y'$  вліво і вправо від точки  $0'$  відкладають відрізки  $0'I' = 0 - 1$  і  $0'2' = 0 - 2$ . Через отримані точки  $1'$  і  $2'$  проводять прямі, паралельні осі  $0'x'$ , і на них відкладають в обидві сторони від точок  $1'$  і  $2'$  відрізки, що дорівнюють половині величини сторони шестикутника, тобто  $1'B' = 1B$ , і т.д. Сполучивши отримані вершини шестикутника, маємо його ізометричну проєкцію  $A'B'C'D'E'F'$  (рис. 2.16, б).

В **прямокутній диметрії** коефіцієнт спотворення по осі  $y$  дорівнює 0,5. Послідовність побудови така сама, що і багатокутника в ізометрії, з тією лише різницею, що по осі  $0'y'$  слід відкладати половину дійсного розміру відрізків (рис. 2.16, в).

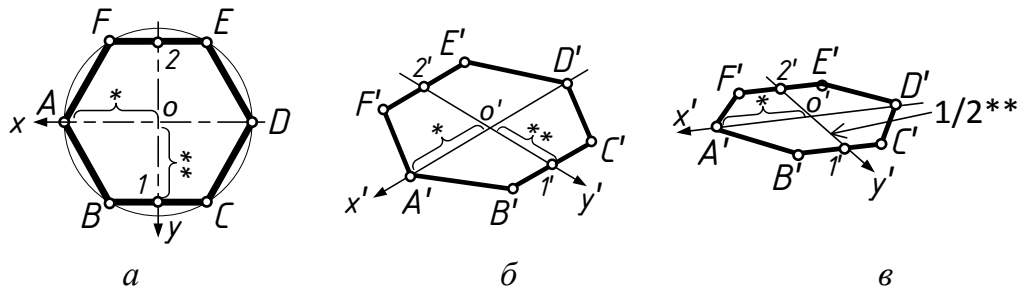


Рис. 2.16. Побудова аксонометричних проєкцій шестикутника

### 2.2.3.2. Побудова ізометричної проєкції кола

Для спрощення побудови еліпсів в ізометрії їх замінюють овалами. Побудова чотирьохцентрового овалу, наближеного до еліпса, за допомогою ромба, як проєкції квадрата, описаного відносно кола, показана на рис. 2.17.

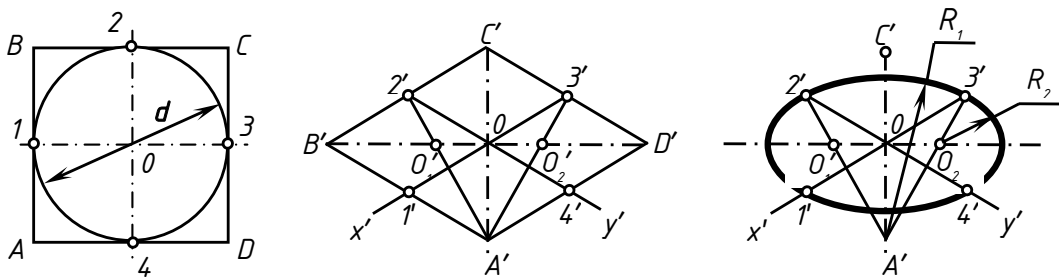


Рис. 2.17. Побудова ізометричної проєкції кола

### Запитання для самоперевірки

1. Що називають проєкцією предмета? Які способи проєкціювання застосовують для отримання зображень предмета на площині?
2. Що називають комплексним креслеником точки і як його отримують?
3. Які координати (виміри) має точка, що знаходиться у просторі? лежить на площині  $\Pi_3$ ? на осі  $Oy$ ?
4. На яку площину проєкцій горизонтальна пряма рівня проєкціюється в натуральну величину?
5. Які прямі називають проєкціюючими? Перелічіть властивості проєкцій проєкціюючих прямих.
6. Що називають слідами прямої? Скільки слідів має проєкціовальна пряма?
7. Якими способами площина може бути задана на комплексному кресленнику?
8. Що називають слідами площини?
9. Які площини називаються проєкціюючими? площинами рівня?
10. Які прямі називають горизонталіями площини? З якої проєкції починають побудову горизонталі площини?
11. У чому суть аксонометричного проєкціювання?
12. Як класифікують аксонометричні проєкції?

### 2.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. За заданими координатами точок  $A$  і  $B$  побудувати наочне зображення точок та проєкції точок в системі прямокутних проєкцій. Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Дані до задачі 1 (координати, мм)

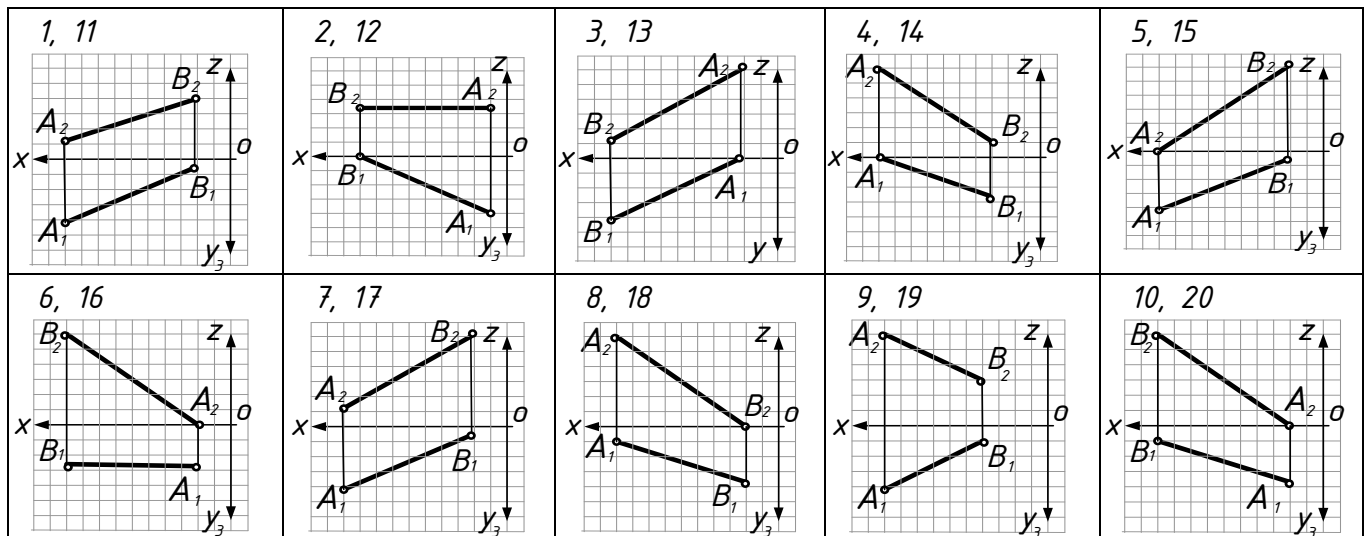
Варіант	$x_A$	$y_A$	$z_A$	$x_B$	$y_B$	$z_B$
1	50	40	30	20	10	0
2	30	0	20	40	35	45
3	0	30	40	45	40	20
4	40	50	10	0	0	30
5	20	40	50	0	20	20
6	10	20	40	50	40	0
7	30	30	50	50	0	10
8	20	10	0	50	40	30
9	40	35	45	30	0	20
10	45	40	20	0	30	40

Варіант	$x_A$	$y_A$	$z_A$	$x_B$	$y_B$	$z_B$
11	45	35	25	30	10	0
12	25	0	20	45	35	45
13	0	25	40	45	40	20
14	40	45	5	0	0	30
15	25	40	50	0	25	20
16	10	25	40	50	45	0
17	25	30	50	50	0	10
18	20	15	0	50	40	30
19	45	35	45	30	0	20
20	45	40	15	0	30	40

2. Побудувати третю проєкцію відрізка  $AB$  за двома заданими. Визначити натуральну величину відрізка і кут нахилу відрізка до площини проєкцій. Побудувати сліди прямої, визначеної відрізком, на горизонтальній і профільній площинах проєкцій. Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Графічні умови задачі 2



3. За заданими координатами вершин побудувати горизонтальну і фронтальну проєкції трикутника  $ABC$ . Провести головні лінії площини, заданої трикутником. Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Дані до задачі 3 (координати, мм)

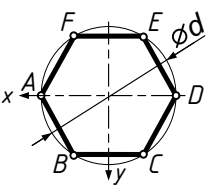
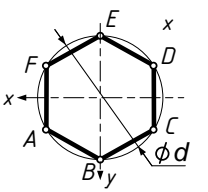
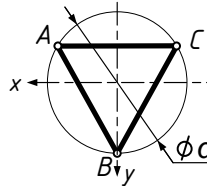
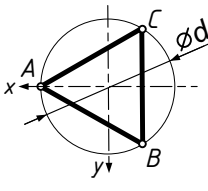
Варіант	$x_A$	$y_A$	$z_A$	$x_B$	$y_B$	$z_B$	$x_C$	$y_C$	$z_C$
1	55	45	5	25	12	40	0	35	30
2	60	55	25	30	15	10	5	25	60
3	60	50	10	25	15	45	5	40	35
4	55	25	20	35	45	60	5	0	10
5	0	35	30	55	45	5	25	12	40
6	5	25	60	60	55	25	30	15	10
7	5	40	35	60	50	10	25	15	45
8	5	0	10	55	25	20	35	45	60
9	25	12	40	0	35	30	55	45	5
10	30	15	10	5	25	60	60	55	25
11	25	15	45	5	40	35	60	50	10
12	35	45	60	5	0	10	55	25	20
13	0	35	30	25	12	40	55	45	5
14	5	25	60	30	15	10	60	55	25
15	5	40	35	25	15	45	60	50	10
16	5	0	10	35	45	60	55	25	20
17	55	45	5	0	35	30	25	12	40
18	60	55	25	5	25	60	30	15	10
19	60	50	10	5	40	35	25	15	45
20	55	25	20	5	0	10	35	45	60

4. Побудувати прямокутну ізометричну і прямокутну диметричну проекції правильного багатокутника, вписаного в коло діаметром  $d$ . Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.4.

5. Побудувати прямокутну ізометричну проекцію кола діаметром  $D$ . Дані для свого варіанту взяти з табл. 2.4.

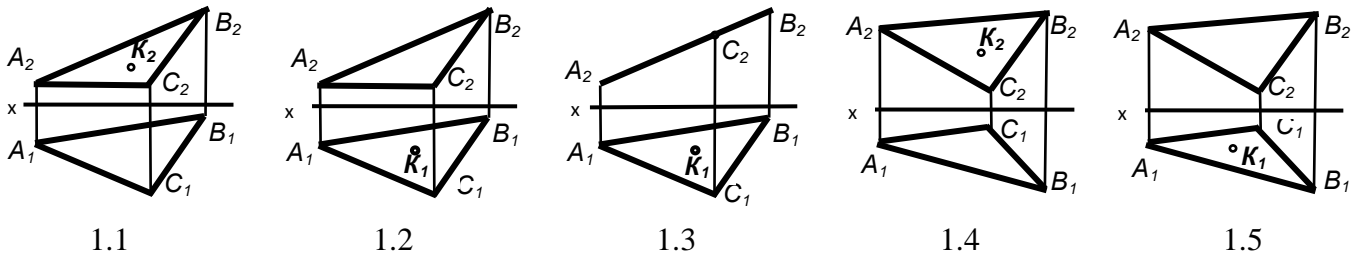
Таблиця 2.4

Дані до задач 4, 5 (розміри, мм)

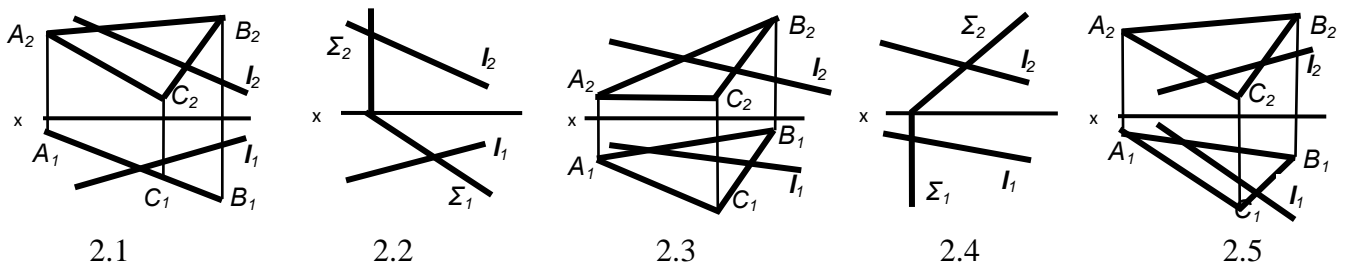
Варіант	Форма багатокутника	d	D	Варіант	Форма багатокутника	d	D
1		60	45	11		60	45
2		56	50	12		56	50
3		52	55	13		52	55
4		48	60	14		48	60
5		45	65	15		45	65
6		60	45	16		60	45
7		56	50	17		56	50
8		52	55	18		52	55
9		48	60	19		48	60
10		45	65	20		45	65

## 2.4. ЗАВДАННЯ 2 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «ПОЗИЦІЙНІ І МЕТРИЧНІ ЗАДАЧІ»

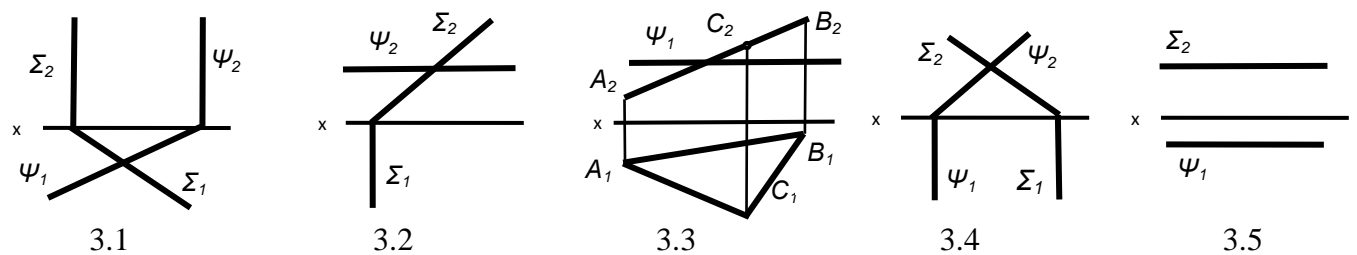
**Задача 1.** Побудувати горизонтальну (фронтальну) проєкцію точки  $K$ , що належить площині  $\triangle ABC$



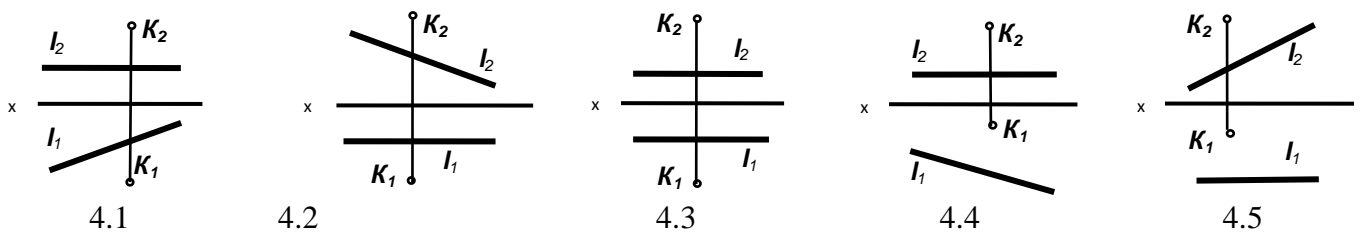
**Задача 2.** Визначити точку перетину прямої  $l$  з площиною



**Задача 3.** Побудувати лінію перетину двох площин.



**Задача 4.** Визначити відстань від точки  $K$  до прямої  $l$ .



Варі-ант	Номери задач	Варі-ант	Номери задач	Варі-ант	Номери задач	Варі-ант	Номери задач
1	1.1; 2.1; 3.1; 4.1	6	1.1; 2.2; 3.3; 4.4	11	1.1; 2.3; 3.3; 4.5	16	1.1; 2.2; 3.2; 4.1
2	1.2; 2.2; 3.2; 4.2	7	1.2; 2.3; 3.4; 4.5	12	1.2; 2.4; 3.4; 4.1	17	1.2; 2.3; 3.3; 4.2
3	1.3; 2.3; 3.3; 4.3	8	1.3; 2.4; 3.5; 4.1	13	1.3; 2.5; 3.5; 4.2	18	1.3; 2.4; 3.4; 4.3
4	1.4; 2.4; 3.4; 4.4	9	1.4; 2.5; 3.1; 4.2	14	1.4; 2.5; 3.1; 4.2	19	1.4; 2.5; 3.5; 4.4
5	1.5; 2.5; 3.5; 4.5	10	1.5; 2.1; 3.2; 4.3	15	1.5; 2.1; 3.1; 4.5	20	1.5; 2.1; 3.1; 4.5



## Настанови щодо виконання завдання

Аркуш формату А3 умовно поділити на 4 частини, кожна з яких призначена для виконання одного завдання. Креслярським шрифтом № 5 переписати умову задачі; рисунок до задачі збільшити приблизно в 4 рази, дотримуючись заданого співвідношення між елементами геометричних фігур. Результат розв'язку задачі обвести червоним олівцем (пастою).

**1. Побудова проекції точки, що належить площині.** Точка належить площині, якщо вона лежить на прямій, що належить даній площині. Проекції точки визначають за допомогою попередньо проведеної прямої, що лежить в цій площині. На рис. 2.18, а виконано побудову горизонтальної проекції точки  $K$ , що належить площині  $ABC$ , за її фронтальною проекцією. Якщо точка належить проекційній площині, то одна з її проекцій співпадає зі слідом-проекцією цієї площини (рис. 2.18, б).

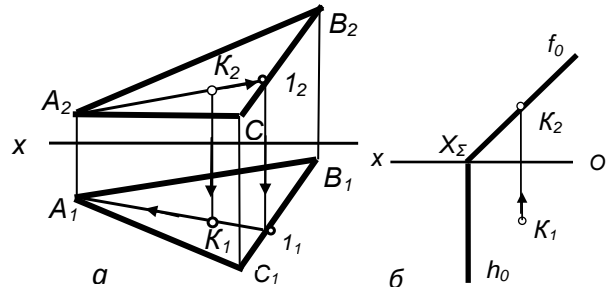


Рис. 2.18. Точка, що належить площині

**2. Визначення точки перетину прямої з площиною.** Якщо пряма перетинає проекційну площину (рис. 2.19, а), то відповідна проекція точки перетину знаходиться на перетині слід-проекції площини з однойменною проекцією прямої.

При перетині площини проекційною прямою (рис. 2.19, б) одна проекція точки перетину збігається з проекцією прямої на площину, до якої вона перпендикулярна. Другу проекцію точки перетину знаходять проведенням у даній площині допоміжної прямої.

Для побудови точки перетину прямої загального положення  $l$  з площиною загального положення  $ABC$  (рис. 2.19, в) треба:

а) через задану пряму  $l$  провести допоміжну площину-посередник  $\Sigma$  (у наведеному прикладі – фронтально проекційну площину);

б) визначити лінію  $MN$ , по якій задана площина  $ABC$  перетинається з допоміжною проекційною площиною  $\Sigma$ ;

в) на взаємному перетині отриманої лінії  $MN$  із заданою прямою  $l$  знаходять точку зустрічі  $K$ .

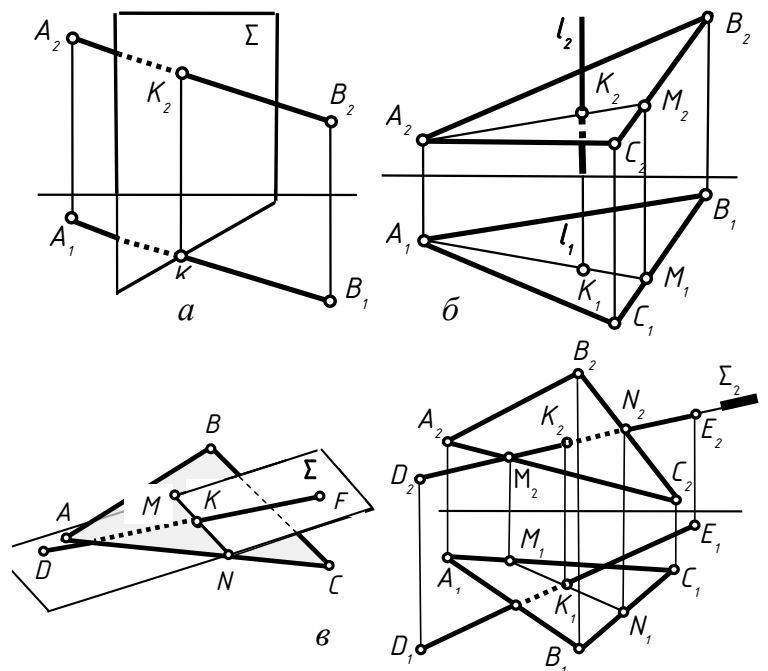


Рис. 2.19. Перетин прямої з площиною

Видимість прямої в проекціях визначають за конкуруючими точками.

Конкуруючими називають точки, які лежать на одній лінії зв'язку. З двох конкуруючих точок видимою на певній площині проекції буде та з них, яка знаходиться на більшій відстані від цієї площини. Точки  $1$  і  $2$  – конкуруючі відносно площини проекцій  $\Pi_2$  (рис. 2.20). Видимою на площині  $\Pi_2$  є проекція точки  $1$ . Точки  $3$  і  $4$  – конкуруючі відносно площини проекцій  $\Pi_1$ . Видимою на площині  $\Pi_1$  є проекція точки  $3$ .

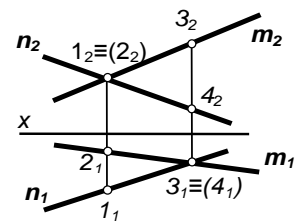


Рис. 2.20. Конкуруючі точки

**3. Побудова лінії перетину двох площин.** На рис. 2.21, а дві горизонтально-проекціювальні площини задані своїми слід-проекціями  $\Sigma_1$  і  $\Theta_1$ . Лінією їх перетину буде пряма, перпендикулярна до горизонтальної площини проекцій. Горизонтальну проекцію  $l_1$  лінії перетину знаходять з умови належності її одночасно обом площинам, тобто на перетині горизонтальних слід-проекцій площин. Фронтальну проекцію  $l_2$  лінії перетину будують за допомогою вертикальної лінії зв'язку.

При перетині площини загального положення з площиною окремого положення проекція лінії перетину на площину, до якої задана площина перпендикулярна, збігається зі слідом-проекцією цієї площини. Розв'язання зводиться до побудови другої проекції прямої, що належить площині.

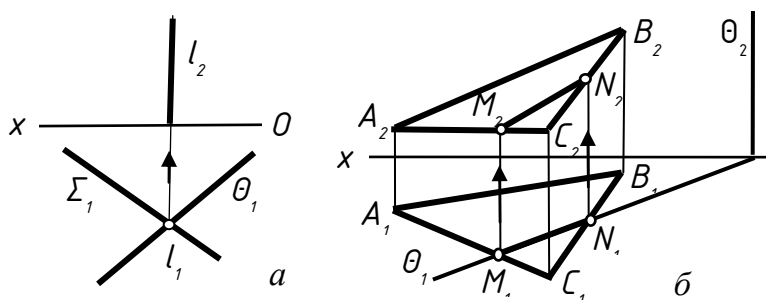


Рис. 2.21. Перетин площин

На рис. 2.21, б горизонтально-проекціювальна площина  $\Theta$  перетинає площину загального положення, задану трикутником  $ABC$ , по прямій  $MN$ . Горизонтальну проекцію  $M_1N_1$  лінії перетину знаходять на перетині

горизонтальної проекції  $\Theta_1$  площини  $\Theta$  з горизонтальною проекцією сторін трикутника. Фронтальну проекцію лінії перетину визначають за допомогою ліній зв'язку.

**6. Визначення відстані від точки до прямої.** Щоб знайти відстань від точки  $A$  до прямої  $m$  (рис. 2.22), через точку  $A$  проводять площину, перпендикулярну до цієї прямої, і знаходять точку перетину прямої і площини. Знайдену точку сполучають з точкою  $A$ . Натуральну величину утвореного відрізка визначають способом прямокутного трикутника. У даній задачі площину задано горизонталлю  $h$  та фронталлю  $f$ . При цьому на полі  $\Pi_1$  горизонтальна проекція горизонталі перпендикулярна до  $m_1$ , а на полі  $\Pi_2$  фронтальна проекція фронталі перпендикулярна до  $m_2$ .

При побудові перпендикулярів використовують таку властивість: прямий кут проєкціюється на певну площину проєкцій без спотворення, якщо хоча б одна із сторін кута паралельна цій площині проєкцій (при умові, що друга сторона кута до неї не перпендикулярна).

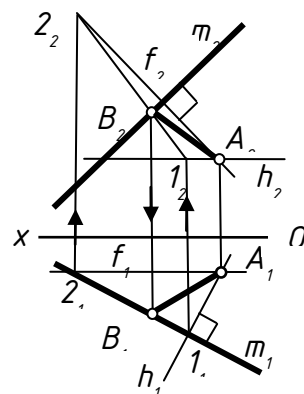
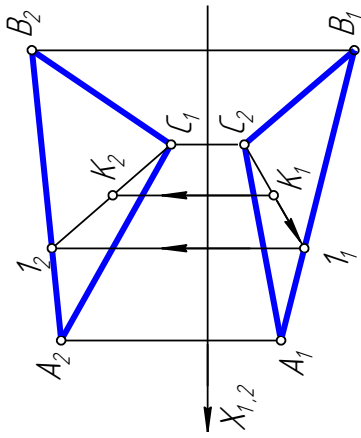


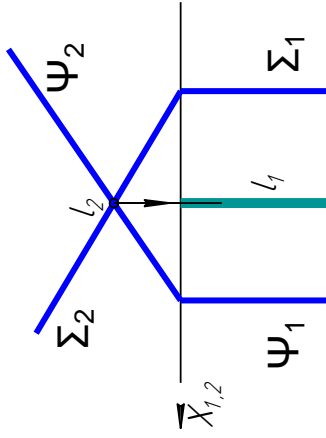
Рис. 2.22. Відстань від точки до прямої

Приклад виконання завдання 2 подано на рис. 2.23.

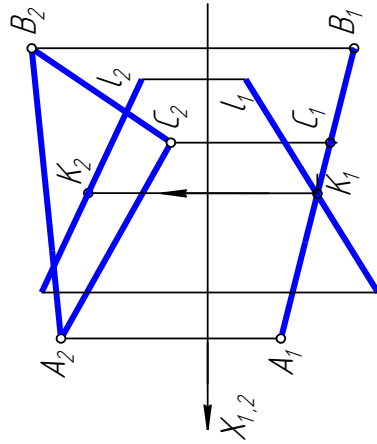
Задача 1.5. Побудувати фронтальну проекцію точки  $K$ , що належить площині  $\triangle ABC$



Задача 3.4. Побудувати лінію перетину двох площин



Задача 2.1. Побудувати точку перетину прямої  $l$  з площиною



Задача 4.1. Визначити відстань від точки  $K$  до прямої  $l$

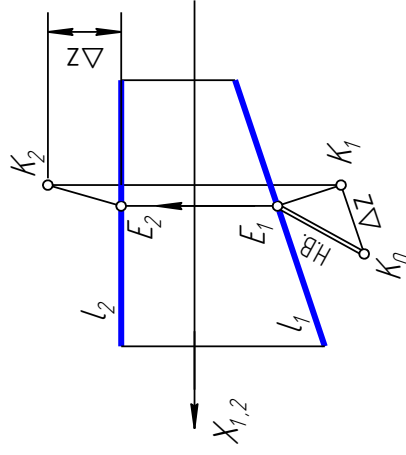


Рис. 2.23. Приклад виконання завдання 2 «Позиційні і метричні задачі»

## ТЕМА 3. БАГАТОГРАННІ І КРИВІ ПОВЕРХНІ

В результаті вивчення теми студент повинен знати основи утворення і параметризації багатогранників, принципи систематизації поверхонь, алгоритми розв'язання задач з багатогранними та кривими поверхнями, принципи побудови ліній перетину та фігур перерізу при перетині поверхонь прямою та площиною, алгоритми розв'язання задач на перетин поверхонь; вміти будувати зображення багатогранників і поверхонь обертання та проекції точок, що належать поверхні, будувати лінії перетину поверхонь проекціювальними площинами, знаходити натуральні величини плоских перерізів; оволодіти навичками складання рисунків в ортогональних проекціях елементарних геометричних тіл з натури та за уявленням.

*Література:* [1] с. 38...52, 61...100

### 3.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

Щоб накреслити складну технічну деталь, треба навчитися викреслювати прості геометричні форми, з яких складаються деталі – призми, циліндри, сфери тощо. Проекціювання геометричних тіл полягає не лише у побудові за заданими розмірами проекцій цих тіл, але і у вмінні провести повний аналіз кресленика, тобто вказати ребра, вершини, грані, твірні, визначити взаємне розташування цих елементів, вказати видимі і невидимі частини фігури, визначити проекції точок, що лежать на поверхні тіла, проставити розміри тощо.

Деталі машинобудівних конструкцій являють собою поєднання порівняно простих геометричних форм. Виникає необхідність будувати на креслениках лінії перетину поверхонь між собою, тобто лінії, спільні для двох поверхонь.

Для визначення точок, що належать лінії перетину поверхонь, використовують спосіб допоміжних січних поверхонь (спосіб посередників). Як допоміжні найчастіше застосовують площини окремого або загального положення і сфери. При виборі посередника треба виходити з того, щоб він в перетині з заданими поверхнями утворював графічно прості лінії – прямі або кола. Для рішення кожної задачі на взаємний перетин поверхонь доводиться застосовувати кілька поверхонь-посередників.

В першу чергу визначають опорні точки, тобто вищу і нижчу, праву і ліву, точки видимості тощо. Визначення цих точок дозволяє бачити, у яких межах розташовані проекції лінії перетину і де між ними є потреба визначати випадкові точки для точнішої побудови лінії перетину поверхонь. Лінія перетину завжди розміщується у межах площі некладання, тобто спільної площі однойменних проекцій поверхонь, що перетинаються.

Після визначення точок перетину треба послідовно їх з'єднати і вказати видимість окремих ділянок.

## 3.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 3.2.1. Проекціювання геометричних тіл

Побудова проєкцій геометричних тіл зводиться до проєкціювання вершин, граней, площин чи поверхонь, які визначають дане геометричне тіло. У даній темі будуть розглянуті прості геометричні форми – призми, піраміди, циліндри і конуси, сукупність яких визначають геометрію більшості технічних деталей.

#### 3.2.1.1. Проекції призми

Призмою називають багатогранник, утворений перетином призматичної поверхні двома паралельними площинами.

**Побудова комплексного кресленника призми.** На рис. 3.1 виконано побудову проєкцій прямої правильної тригранної призми, що стоїть основою на площині  $\Pi_1$ .

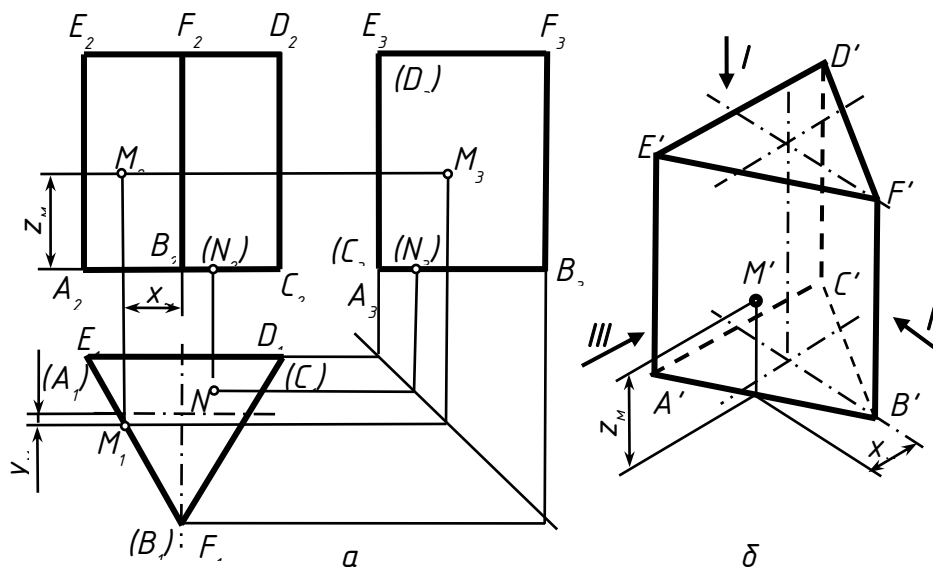


Рис. 3.1. Проекції призми

Горизонтальна проєкція – це зображення призми у напрямку стрілки **I** (рис. 3.1, б). Стрілка **II** указує напрямок погляду при побудові фронтальної проєкції. При побудові профільної проєкції напрямок погляду відповідає стрілці **III**. **К**.

**Побудова проєкцій точок, що належать поверхням призми.** На рис. 3.1, а задана фронтальна проєкція  $M_2$  точки, що лежить на лівій бічній грані призми. Ця грань перпендикулярна до площини  $\Pi_2$  і проєкціюється на неї відрізком  $A_2B_2$ . Отже, горизонтальна проєкція  $M_1$  точки знаходиться на цьому відрізку. За допомогою постійної прямої кресленника визначена проєкція  $M_3$ . На цьому ж рисунку побудовані фронтальна і профільна проєкції точки  $N$ , що лежить на нижній основі призми.

**Побудова аксонометричної проєкції призми.** На рис. 3.1, б призма зображена в прямокутній ізометрії. Проводять аксонометричні осі  $x', y', z'$  і будують зображення нижньої основи призми. Відкладаючи на осі  $x'$  відрізки  $O'A'$  і  $O'C'$ , що дорівнюють відповідно  $O_1A_1$  і  $O_1C_1$ , одержують вершини трикутника  $A'$  і  $C'$ . Сполучаючи точки  $A', B', C'$ , одержують зображення нижньої основи призми. З вершин основи проводять прямі, паралельні осі  $z'$  і відкладають на них відрізки, що

дорівнюють довжині бічних ребер призми, наприклад,  $A'E' = A_2E_2$  і т.д. Сполучаючи кінцеві точки цих відрізків, одержують зображення верхньої основи призми. Невидимі ребра показують штриховою лінією.

### 3.2.1.2. Проекції піраміди

Пірамідою називають багатогранник, одна грань якого (основа) – багатокутник, а бічні грані – трикутники із спільною точкою – вершиною піраміди.

**Побудова комплексного креслення піраміди.** На рис. 3.2, а виконано побудову проєкцій правильної чотиригранної піраміди, що стоїть основою на площині  $\Pi_1$ .

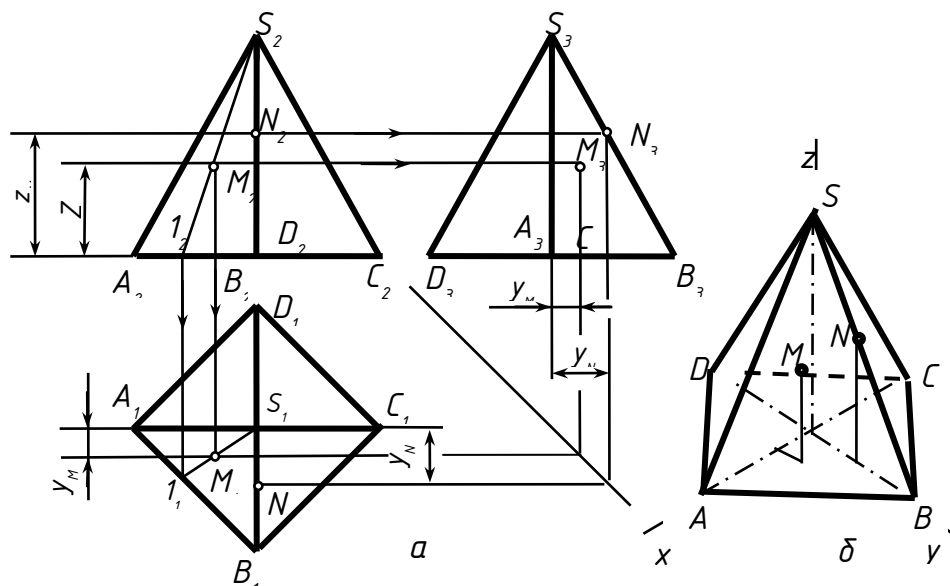


Рис. 3.2. Проекції піраміди

Горизонтальна проєкція піраміди – прямокутник, поділений діагоналями на трикутники. На площині  $\Pi_2$  піраміда зображується трикутником з висотою, що дорівнює висоті піраміди.

**Побудова проєкцій точок, що належать поверхням піраміди.** Для побудови горизонтальної проєкції точки  $M$ , що належить поверхні піраміди, через фронтальну проєкцію  $M_2$  проводять пряму, що належить бічній грані піраміди ( $I_2S_2$ ). Визначають горизонтальну проєкцію прямої  $I_1S_1$  і за допомогою лінії зв'язку знаходять горизонтальну проєкцію  $M_1$ .

### 3.2.1.3. Проекції циліндра

Циліндром називають тіло, обмежене циліндричною поверхнею і двома площинами. Циліндри поділяють на прямі і похилі.

**Побудова проєкцій циліндра на комплексному кресленку.** На рис. 3.3 виконано побудову проєкцій прямого кругового циліндра, вісь якого перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій.

На горизонтальну площину проєкцій обидві основи проєкціюються в натуральну величину, тобто в круг; бічна циліндрична поверхня проєкціюється в коло. Проєкції всіх точок, ліній та фігур, що належать циліндричній поверхні, збігаються з цим колом.

На фронтальну та профільну площини проєкцій круговий циліндр проєкціюється у вигляді прямокутника, ширина якого дорівнює діаметру циліндра, а висота – висоті циліндра.

**Побудова проєкцій точок, що належать поверхні циліндра.** Нехай задана фронтальна проєкція  $A_2$  точки  $A$  (див. рис. 3.3). Проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією циліндра. Отримують горизонтальну проєкцію  $A_1$ . Профільну проєкцію  $A_3$  точки  $A$  визначають координатним способом.

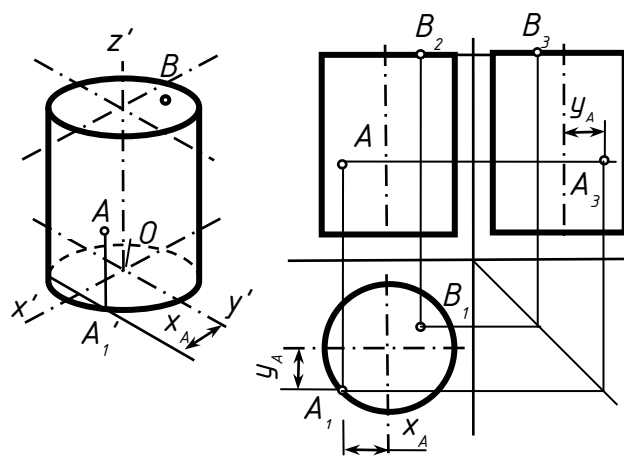


Рис. 3.3. Проєкції циліндра

**Побудова аксонометричної проєкції циліндра.** Проводять аксонометричні осі  $x', y', z'$  і будують зображення нижньої основи циліндра. З точки  $O'$  на осі  $z'$  відкладають відрізок  $O'O'_1$ , що дорівнює висоті циліндра, і будують ізометричне зображення верхньої основи циліндра, яке за формою і розмірами співпадає з зображенням нижньої основи. Проводять дотичні до обрисів еліпсів і отримують зображення циліндра в аксонометрії. На рис. 3.3 циліндр зображено в прямокутній ізометрії.

### 3.2.1.4. Проєкції конуса

Конус – це геометричне тіло, обмежене бічною конічною поверхнею і площиною основи, яка перетинає всі його твірні.

**Побудова проєкцій конуса на комплексному кресленнику.** На рис. 3.4 виконано побудову проєкцій прямого кругового конуса, вісь якого перпендикулярна горизонтальній площині проєкцій.

На горизонтальну площину проєкцій конус проєкціюється в круг, центр якого – проєкція вершини конуса. На площинах проєкцій  $\Pi_1$  і  $\Pi_2$  конус зобразиться рівнобедреним трикутником, основа якого дорівнює діаметру кола, а висота – висоті конуса.

**Побудова проєкцій точок, що належать поверхні конуса.** Для визначення проєкцій точок, що належать поверхні конуса, застосовують метод допоміжних січних площин або допоміжних ліній.

Лінія перетину прямого кругового конуса горизонтальною площиною  $\Omega$  проєкціюється на горизонтальну площину проєкцій у вигляді кола радіусом  $R$  (див. рис. 3.4). Оскільки точка  $A$  належить одночасно і поверхні конуса, і січній площині, горизонтальну проєкцію визначають на перетині вертикальної лінії зв'язку з проєкцією кола.

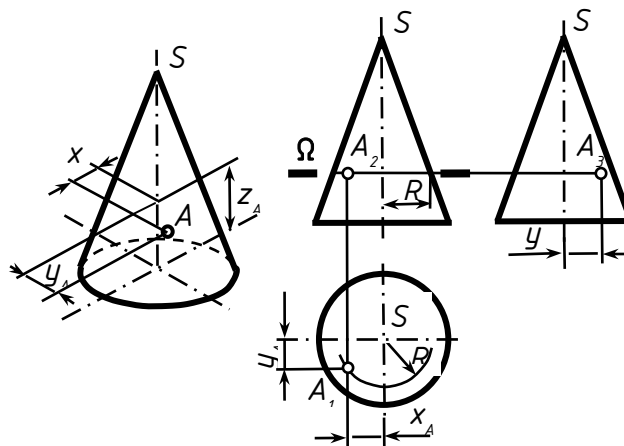


Рис. 3.4. Проєкції конуса

### 3.2.2. Перетин поверхонь площиною

При перетині багатогранника площиною утворюється багатокутник, що лежить в січній площині. Вершини багатокутника – це точки перетину ребер багатогранника, а сторони – лінії перетину його граней з січною площиною.

Криві поверхні перетинаються площиною по прямих або по кривих лініях.

#### 3.2.2.1. Перетин призми

Залежно від положення січної площини в перерізі призми, наприклад, правильної чотиригранної (рис. 3.5), можна отримати: багатокутник, паралельний і рівний основі, якщо січна площина  $\Sigma$  паралельна основі призми (рис. 3.5, а); прямокутник для прямої призми (рис. 3.5, б) або паралелограм – для похилої, якщо площина  $\Sigma$  паралельна ребрам призми; багатокутник, не рівний і не подібний основі, якщо січна площина  $\Sigma$  нахилена до ребер призми (рис. 3.5, в, г)

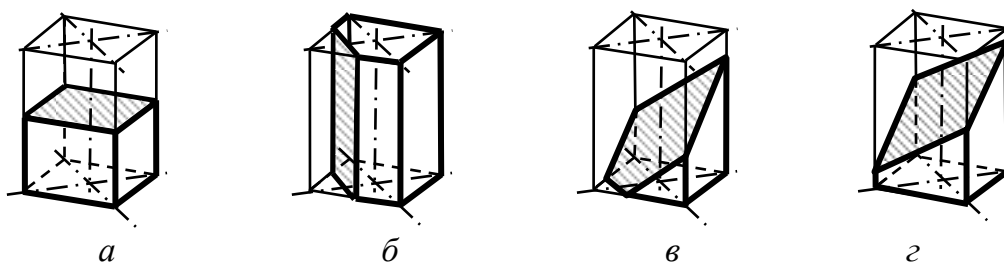


Рис. 3.5. Перетин призми площиною

#### 3.2.2.2. Перетин піраміди

При перетині піраміди площиною, паралельною основі, отримують багатокутник, подібний багатокутнику основи (рис. 3.6, а, б). Якщо січна площина перетинає всі бічні ребра піраміди, то кількість кутів фігури перерізу дорівнює кількості кутів основи піраміди (рис. 3.6, а, д).

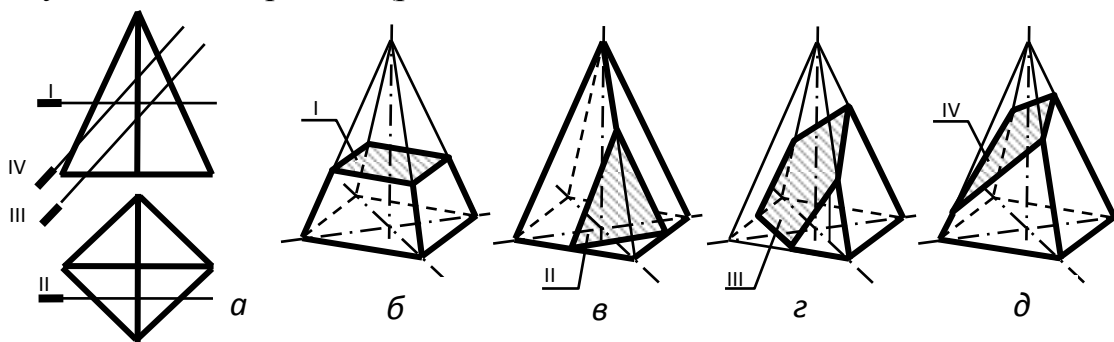


Рис. 3.6. Перетин піраміди площиною

#### 3.2.2.3. Перетин циліндра

При перетині прямого кругового циліндра площиною можуть утворитись такі фігури: **прямокутник**, якщо площина перетину паралельна осі циліндра (рис. 3.7, а); **коло**, якщо площина перпендикулярна до осі (рис. 3.7, б); **еліпс**, якщо площина нахилена до осі (рис. 3.7, в). Еліпс виходить повним, якщо площина перетинає всі твірні циліндра, і усіченим, якщо площина перетинає одну або обидві основи циліндра.



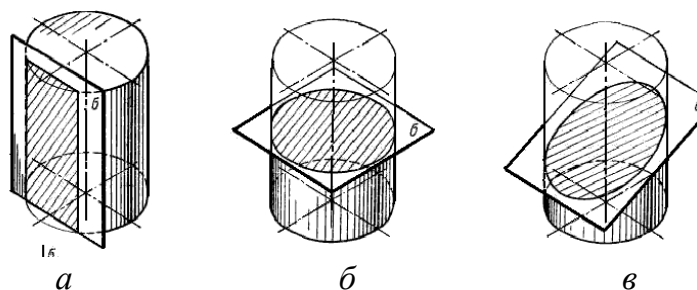


Рис. 3.7. Перетин циліндра площиною

### 3.2.2.4. Перетин конуса

Залежно від положення січної площини при перетині конуса можна одержати такі фігури: **коло**, якщо січна площина паралельна основі конуса (рис. 3.8, а); **трикутник**, якщо площина проходить через вершину конуса (рис. 3.8, б); **еліпс**, якщо січна площина нахилена до осі під кутом, більшим кута нахилу твірної до осі (рис. 3.8, в); **параболу**, якщо, січна площина паралельна твірній конуса, (рис. 3.8, г); **гіперболу**, якщо січна площина нахилена до осі під кутом, меншим кута нахилу твірної до осі, і не проходить через вершину, або паралельна осі (рис. 3.8, д).

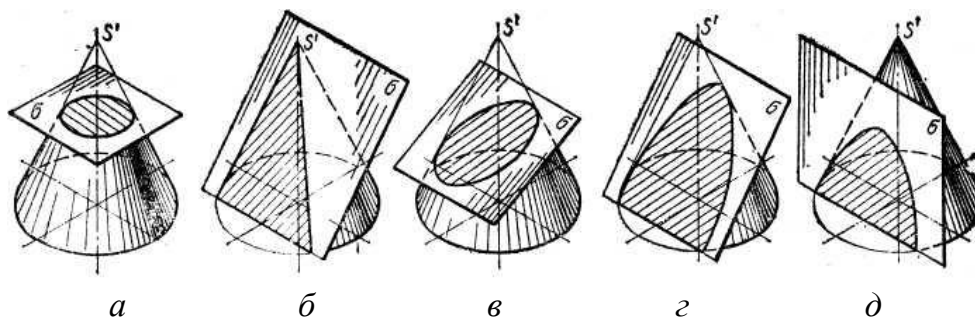


Рис. 3.8. Перетин конуса площиною

### 3.2.3. Взаємний перетин поверхонь

Лінія перетину поверхонь – це лінія, спільна для двох поверхонь. Характер лінії перетину залежить від характеру поверхонь, що перетинаються.

При перетині двох багатогранників утворюється одна або дві замкнуті просторові ламані лінії, окремі відрізки яких є лініями перетину граней багатогранників.

При перетині багатогранника з тілом обертання утворюється одна або дві лінії, які складаються з ділянок кривих другого порядку, тобто з ділянок дуг кіл, частин еліпса, параболи та ін. Ці ділянки сходяться між собою на ребрах багатогранника.

При перетині двох кривих поверхонь другого порядку утворюється одна або дві просторові плавні криві, як правило, четвертого порядку, які в окремих випадках розпадаються на криві другого порядку або навіть на прямі лінії.

На рис. 3.9 зображена побудова лінії перетину вертикального циліндра і горизонтального напівциліндра, осі яких перетинаються під прямим кутом. Горизонтальна проекція лінії перетину збігається з колом, в яке проєціюється бічна поверхня вертикального циліндра на площину  $\Pi_1$ , а профільна проекція збігається з дугою кола – проекцією бічної поверхні горизонтального напівциліндра на площину  $\Pi_3$ .

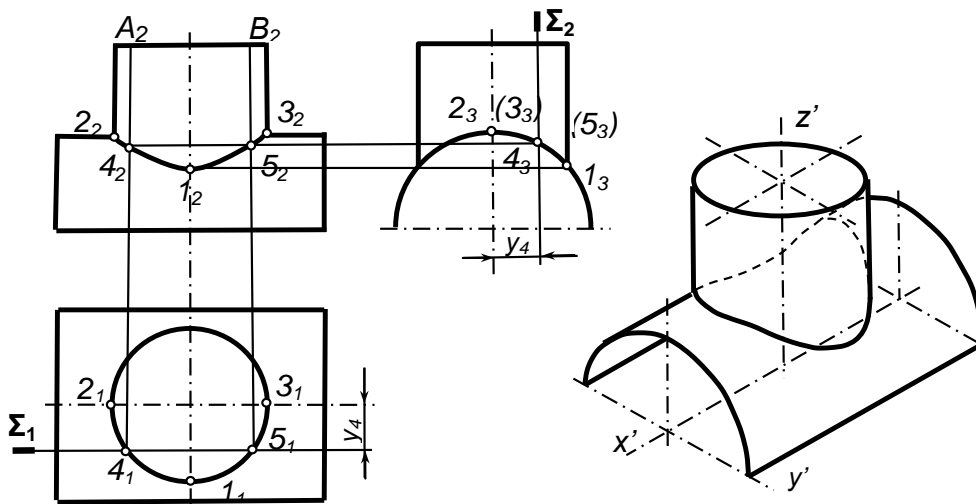


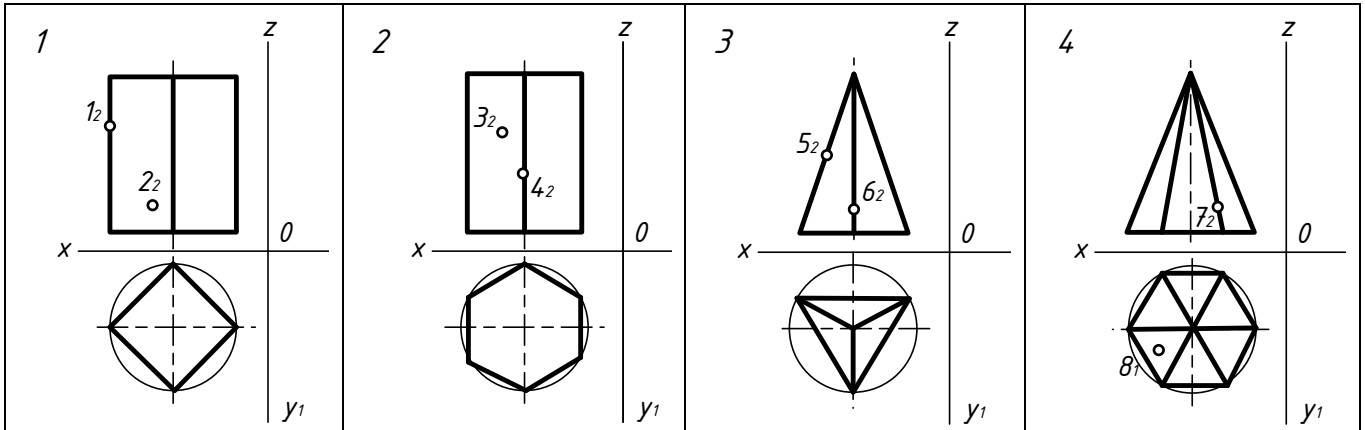
Рис. 3.9. Перетин двох циліндрів

### Запитання для самоперевірки

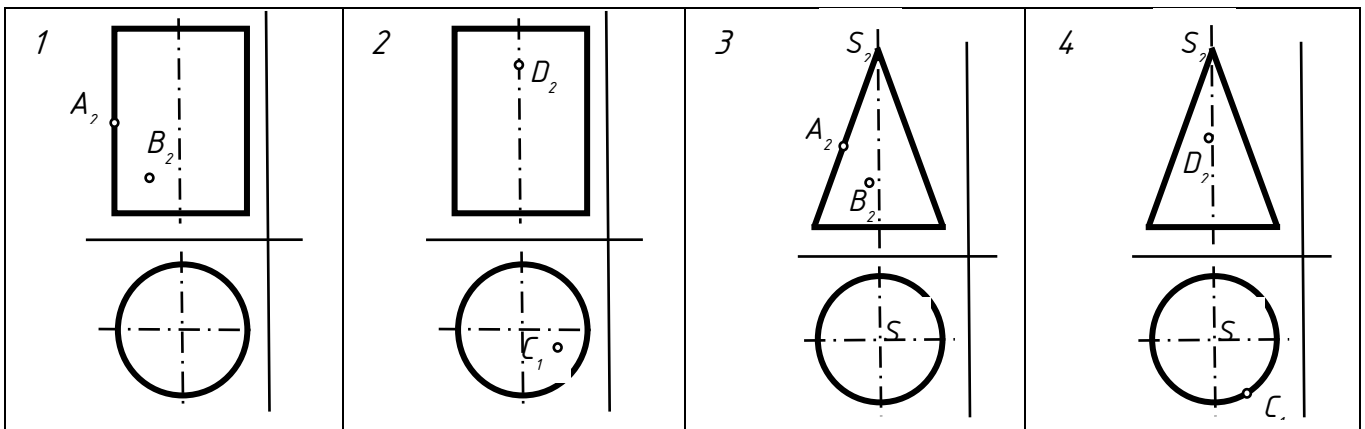
1. Яку геометричну фігуру називають призмою? Назвіть основні елементи призми.
2. Де знаходиться горизонтальна проекція точки, що належить бічній грані прямої призми?
3. Як будують аксонометричні проекції призми?
4. Яку геометричну фігуру називають пірамідою? Назвіть основні елементи піраміди.
5. Як будують проекції точок, що належать поверхні піраміди?
6. Дайте визначення циліндра. Назвіть основні елементи циліндра.
7. Як будують зображення циліндра в прямокутній ізометрії? Як показати в ізометрії точки, які лежать на поверхні циліндра?
8. Дайте визначення конуса. Назвіть основні елементи конуса.
9. Як побудувати конус в прямокутній ізометрії?
10. Як визначають лінії перетину багатогранників площиною?
11. Яка фігура може бути утворена в перетині шестигранної призми площиною, паралельною основі призми? паралельною бічному ребру призми?
12. Яка фігура може бути утворена в перетині правильної чотиригранної піраміди площиною, що перетинає основу піраміди?
13. Які фігури можуть бути утворені при перетині циліндра площиною?
14. Які фігури можуть бути утворені при перетині конуса площиною?
15. Який порядок мають криві конічних перерізів?

### 3.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Побудувати три проекції багатогранника за двома заданими. Записати назву багатогранника. Визначити положення проекцій точок, що належать видимій поверхні багатогранника. Побудувати розгортку багатогранника, нанести на розгортку зображення точок.



2. Побудувати три проекції поверхні обертання. Записати назву геометричного тіла, обмеженого поверхнями. Визначити положення проекцій точок, що належать видимій поверхні.

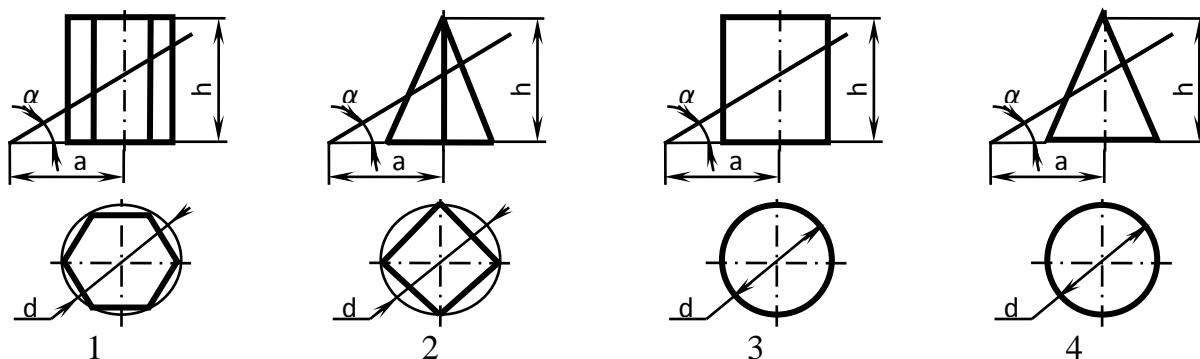


Завдання для виконання за варіантами

Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач
1	1.1, 2.3	6	1.2, 2.3	11	1.3, 2.1	16	1.4, 2.1
2	1.2, 2.4	7	1.3, 2.2	12	1.4, 2.2	17	1.1, 2.3
3	1.3, 2.1	8	1.4, 2.1	13	1.1, 2.4	18	1.2, 2.4
4	1.4, 2.2	9	1.1, 2.3	14	1.2, 2.3	19	1.3, 2.1
5	1.1, 2.4	10	1.2, 2.4	15	1.3, 2.2	20	1.4, 2.2

### 3.4. ЗАВДАННЯ З РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «ПЕРЕТИН ПОВЕРХНІ ПЛОЩИНОЮ»

Побудувати ортогональні проекції лінії перетину та фігури перерізу геометричного тіла фронтально-проекціовальною площиною. Визначити натуральну величину фігури перерізу. Зобразити зрізане геометричне тіло в прямокутній ізометричній (для поверхонь обертання) або диметричній (для багатогранників) проекції.



Розміри геометричного тіла та положення січної площини взяти з таблиці за варіантами.

Варіант	Номер задачі	Діаметр основи (діаметр описаного кола) $d$ , мм	Висота геометричного тіла $h$ , мм	Відстані від осі до сліду січної площини $a$ , мм	Кут нахилу січної площини $\alpha$ , град.
1	1	60	110	70	30
2	2	70	100	35	45
3	3	80	90	20	60
4	4	60	110	30	45
5	1	70	100	60	30
6	2	80	90	25	60
7	3	60	110	40	45
8	4	70	100	70	30
9	1	80	90	35	45
10	2	60	110	20	60
11	3	70	100	30	45
12	4	80	90	60	30
13	1	60	110	25	60
14	2	70	100	40	45
15	3	80	90	70	30
16	4	60	110	35	45
17	1	70	100	20	60
18	2	80	90	30	45
19	3	60	110	60	30
20	4	70	100	25	60

## Настанови щодо виконання завдання

На аркуші формату А3 зобразити три проекції заданої фігури та нанести слід-проекцію січної площини. Фронтальна проекція лінії перетину збігається з фронтальним слідом площини. Дві інші проекції лінії перетину отримують побудовою. Форма фігури перерізу буде залежати від положення січної площини. Натуральну величину фігури перерізу визначають способом заміни площин проекцій. Допоміжну проекціювальну площину розміщують так, щоб вона була паралельною січній площині.

**1. Перетин призми площиною.** На рис. 3.10 показано перетин правильної прямої шестигранної призми січною площиною, що перетинає бічну поверхню і верхню основу призми.

Фронтальна проекція фігури перерізу збігається з фронтальним слідом-проекцією  $\Sigma_2$ . Проекції вершин фігури перерізу – точки  $1_2, 2_2, 3_2$  – визначають на перетині фронтальних проекцій бічних ребер призми зі слідом-проекцією  $\Sigma_2$ , а точки  $4_2, 5_2$  – на перетині фронтальних проекцій ребер верхньої основи призми з  $\Sigma_2$ . Горизонтальні проекції точок  $1_1, 2_1, 3_1$  збігаються з горизонтальними проекціями відповідних ребер, а проекції  $4_1$  і  $5_1$  отримані на перетині проведених вертикальних ліній зв'язку з горизонтальною проекцією верхньої основи призми.

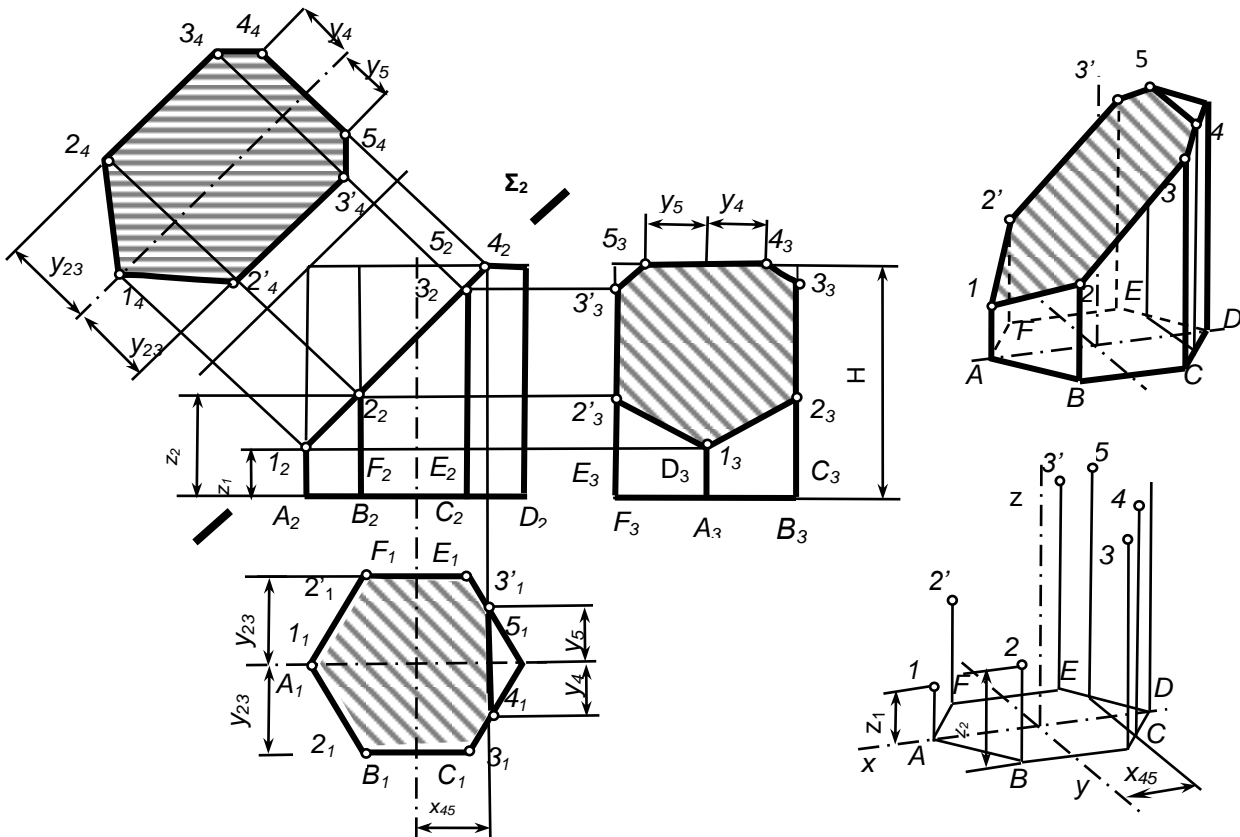


Рис. 3.10. Перетин призми площиною

**2. Перетин піраміди площиною.** На рис. 3.11 показано перетин правильної прямої чотиригранної піраміди січною площиною, що перетинає бічну поверхню піраміди.

Фронтальна проекція фігури перерізу збігається з фронтальним слідом-проекцією  $\Sigma_2$ . Горизонтальну і профільну проекції визначають з умови належності точок перетину ребрам піраміди.

При побудові аксонометричної проекції зрізаної піраміди слід пам'ятати, що співвідношення дійсних розмірів і розмірів на аксонометричному зображенні визначене лише для напрямків, що збігаються чи паралельні напрямкам аксонометричних осей.

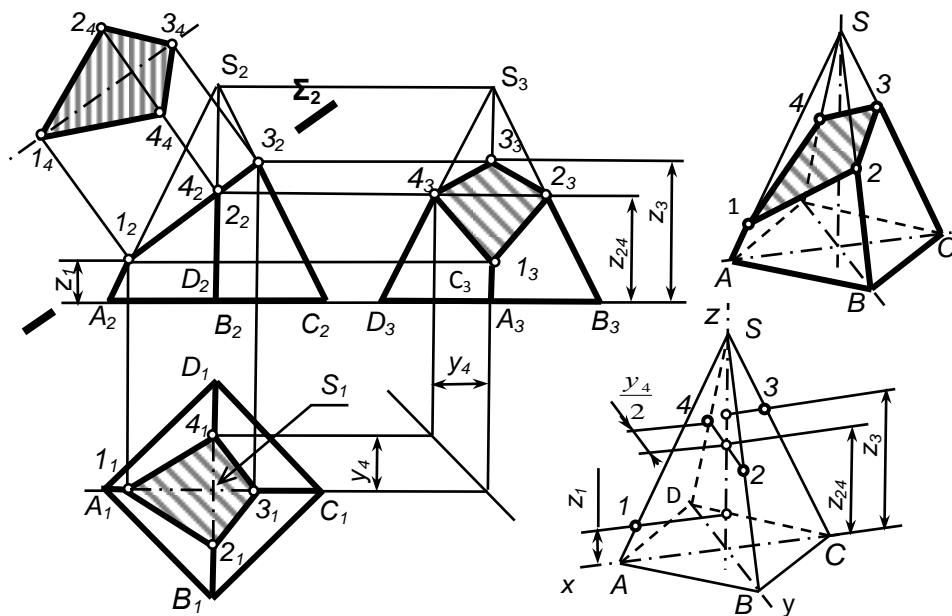


Рис. 3.11. Перетин піраміди площиною

**3. Перетин циліндра площиною.** На рис. 3.12 показано перетин прямого кругового циліндра січною площиною по еліпсу.

Горизонтальну проекцію основи циліндра поділено на вісім рівних частин. З кожної точки поділу проведені вертикальні лінії до перетину із слідом-проекцією січної площини.

Провівши горизонтальні лінії зв'язку від фронтальних проекцій точок, отримують профільні проекції точок, що належать лінії перетину. Еліпс, що утворився в перерізі, на площину  $\Pi_1$  проєкціюється в коло основи, на площині  $\Pi_2$  має вигляд відрізка прямої, а на площині  $\Pi_3$  це еліпс, одна з осей якого дорівнює діаметру кола основи. Якщо січна площина утворює з висотою прямого кругового циліндра кут  $45^\circ$ , еліпс на профільній площині проєкцій має вигляд кола.

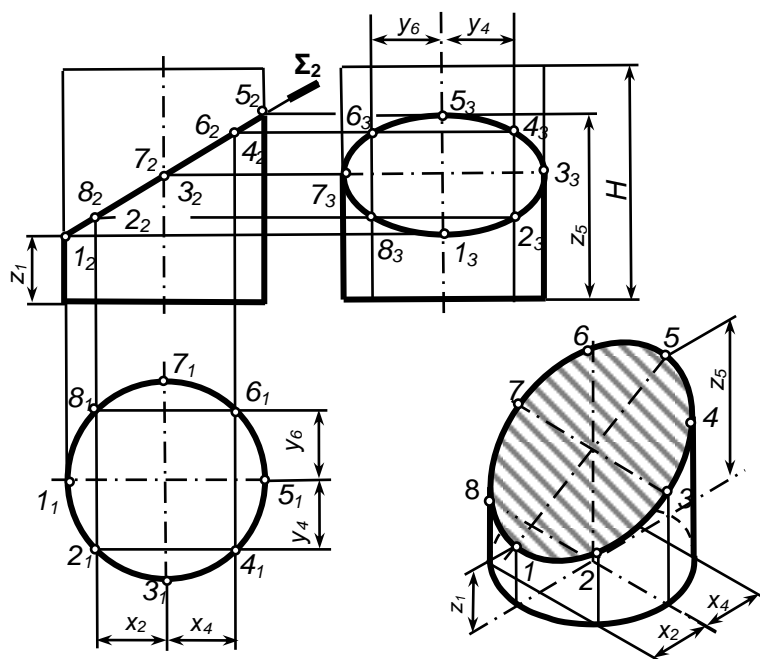


Рис. 3.12. Перетин циліндра площиною

**4. Перетин конуса площиною.** На рис. 3.13 зображено побудову перетину прямого кругового конуса фронтально проєціювальною площиною  $\Sigma$  ( $\Sigma_2$ ) по еліпсу.

У перерізі утворюється повний еліпс, оскільки січна площина перетинає всі твірні конуса і нахилена до його осі під кутом, більшим за кут нахилу твірних. Фронтальні проєкції  $1_2, 2_2, 3_2 \dots n_2$  точок еліптичного перетину співпадають із слідом  $\Sigma_2$ , тобто відрізок  $1_2 5_2$  є фронтальною проєкцією фігури перетину. Проводячи з точок  $1_2, 2_2, 3_2 \dots n_2$  вертикальні і горизонтальні лінії зв'язку до перетину з відповідними проєкціями твірних на  $\Pi_1$  і  $\Pi_3$ , одержують горизонтальні і профільні проєкції точок еліпса  $1_1, 2_1, 3_1 \dots n_1$  та  $1_3, 2_3, 3_3 \dots n_3$ .

Визначають головні осі еліпса перетину. Великою віссю буде відрізок  $1_2 5_2$ , а мала вісь проєціюється на площину  $\Pi_2$  в точку  $6_2$  ( $7_2$ ), що знаходиться посередині відрізка  $1_2 5_2$ .

Щоб визначити горизонтальну проєкцію малої осі (і одночасно її натуральну величину), через точку  $6_2$  ( $7_2$ ) проводять допоміжну горизонтальну площину  $\Theta$ . Ця площина перетинає бічну поверхню конуса по колу радіуса  $R$ . Одержаним радіусом будують горизонтальну проєкцію кола і з точки  $6_2$  ( $7_2$ ) проводять лінію зв'язку до перетину з колом в точках  $6_1$  і  $7_1$ . Хорда  $6_1 7_1$  і дає натуральну величину малої осі еліпса.

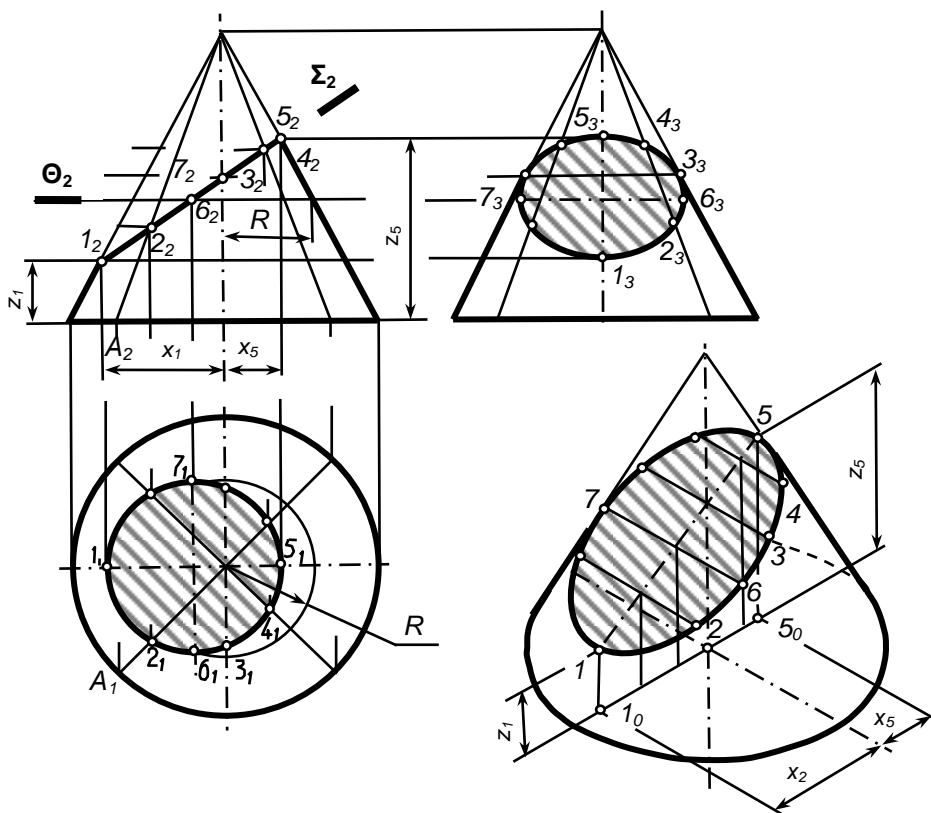


Рис. 3.13. Перетин конуса по еліпсу

Приклад виконання завдання 3 подано на рис. 3.14.

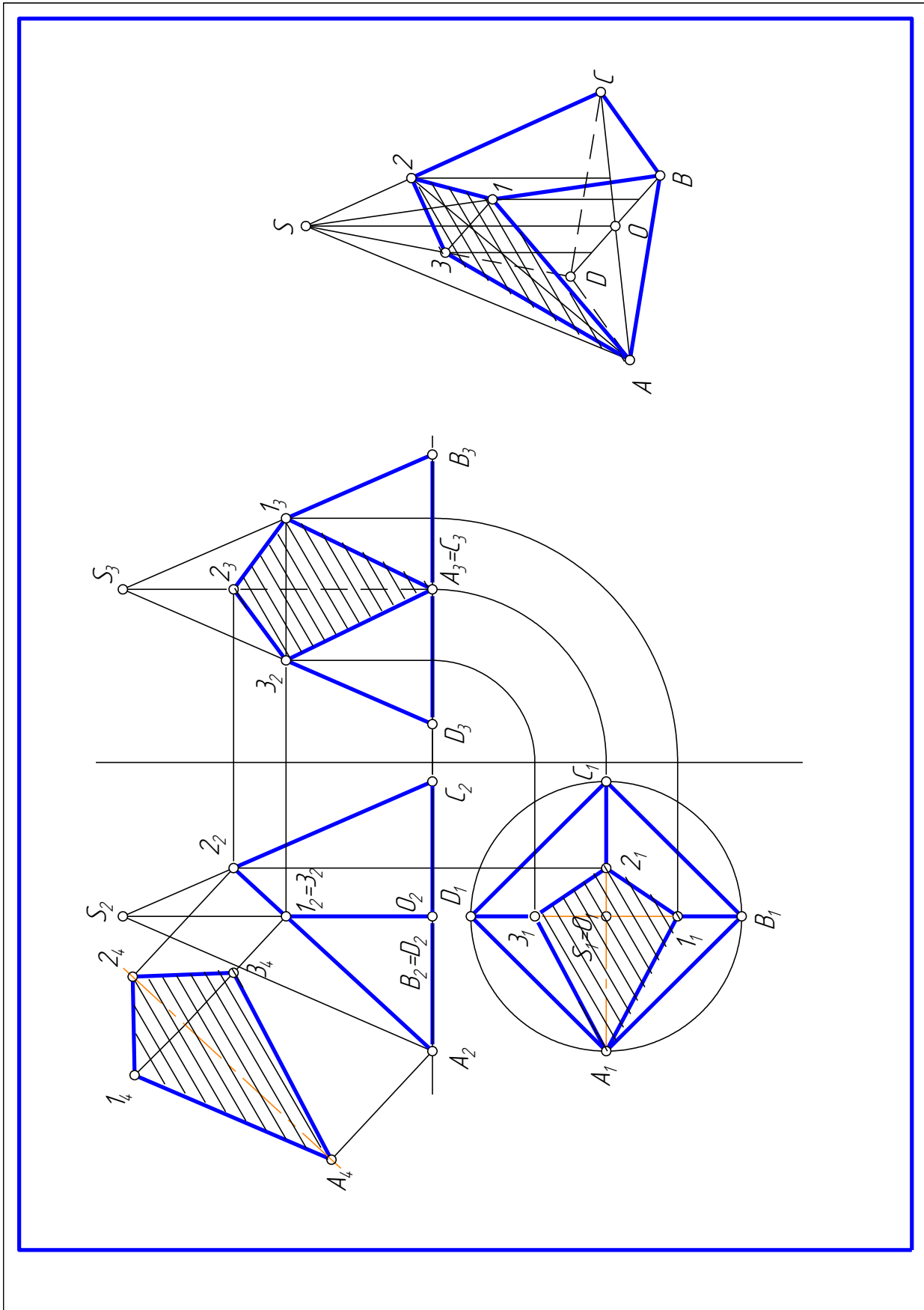


Рис. 3.14. Приклад виконання завдання 3 «Перетин поверхні площиною»



## **ТЕМА 4. ЗОБРАЖЕННЯ НА КРЕСЛЕНИКАХ – ВИГЛЯДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ**

За результатами вивчення теми студент повинен знати правила виконання зображень: виглядів, розрізів і перерізів, графічні позначення матеріалів у розрізах, перерізах; вміння будувати вигляди, розрізи, перерізи та виносні елементи деталей.

*Література:* [1] с. 139...149.

### **4.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ**

Метою вивчення даної теми є розвиток практичних способів зображення предметів – геометричних тіл, їх комбінацій і деталей машин, будівельних виробів. При побудові проєкцій таких предметів важливим є аналітичний підхід до різних конструктивних форм, що дозволяє сприймати їх як комбінації, складені з простих елементів, відомих з курсу нарисної геометрії.

У темі розглядаються різні проєкційні задачі: побудова виглядів моделі за заданим її аксонометричним зображенням, побудова за двома заданими виглядами деталі третього її вигляду. При розв'язуванні всіх цих задач потрібно перш за все за заданими проєкціями ясно і чітко уявити собі форму і конструкцію заданої моделі і лише після цього переходити до розв'язку поставленої задачі.

Кресленик деталі має давати уявлення про зовнішню її форму і внутрішню будову. Відомо, що внутрішню форму предмета можна показати на вигляді штриховими лініями. Але при складній внутрішній будові деталі число штрихових ліній велике, вони перекривають одна одну, затемнюють кресленик і ускладнюють його читання. Щоб зобразити внутрішню будову предмета, у кресленні користуються способом розрізів.

Коли потрібні додаткові пояснення щодо форми, розмірів та інших даних або елементів складних контурів деталей: проточок, галтелей, розточок, профілю спеціальної нарізи тощо, застосовують виносні елементи.

Задачі на проєкційні побудови дуже важливі для розвитку навичок читання креслеників, вони є хорошою вправою для розвитку просторового уявлення. Крім того, вміння будувати вигляди, розрізи та перерізи необхідне для виконання креслеників технічних деталей і будівельних конструкцій, тому, вивчаючи тему 4, особливу увагу слід приділити правилам розміщення на креслениках та позначенням виглядів, розрізів і перерізів, різним умовностям і спрощенням, що зустрічаються при виконанні технічних креслеників.

## 4.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 4.2.1. Зображення на креслениках

Правила побудови зображень предметів регламентує ГОСТ 2.305-68. Зображення предмета має давати повне уявлення про його форму, розміри та інші дані, необхідні для його виготовлення й контролю. Для побудови зображень користуються методом прямокутного проєкціювання. Основними площинами проєкцій вибирають шість граней пустотілого куба, усередині якого розміщують предмет, який проєкціюється на внутрішні грані куба (рис. 4.1, а). Потім основні площини проєкцій суміщаються з фронтальною площиною. У результаті утворюється плоске комплексне креслення (рис. 4.1, б).

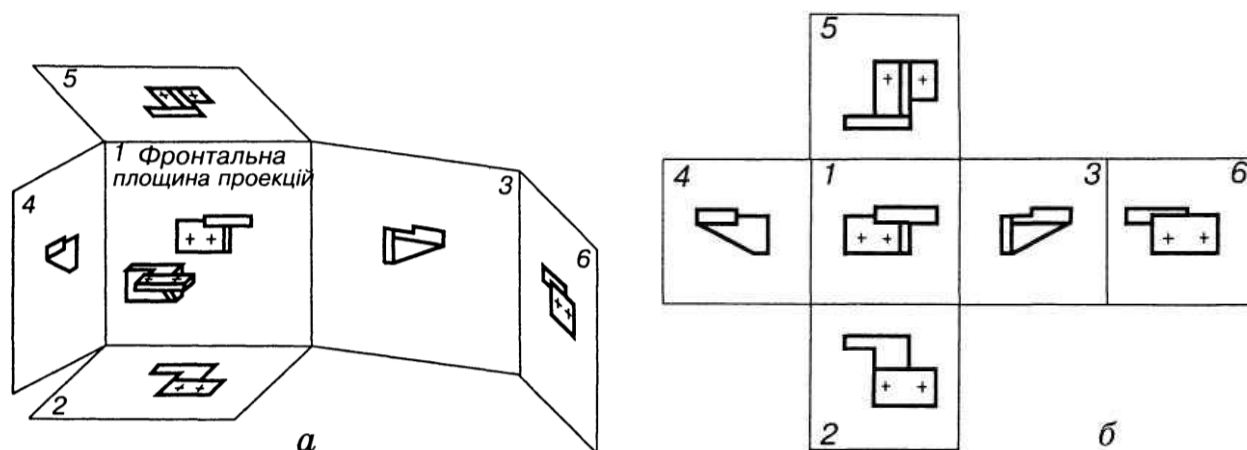


Рис. 4.1. Побудова зображень на кресленику

Зображення на фронтальній площині проєкцій вважають головним. Відносно цієї площини проєкцій предмет розміщують так, щоб зображення на ній (головне зображення) давало найбільш повне уявлення про форму та розміри предмета.

Залежно від змісту зображення поділяють на вигляди, розрізи та перерізи. Кількість їх має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про зображуваний предмет.

### 4.2.2. Вигляди

*Виглядом* називають зображення повернутої до спостерігача видимої частини поверхні предмета. Вигляди на основних площинах проєкцій є основними. Вони мають такі назви (див. рис. 4.1): 1 – вигляд спереду (головний вигляд); 2 – вигляд зверху; 3 – вигляд зліва; 4 – вигляд справа; 5 – вигляд знизу; 6 – вигляд ззаду.

Якщо всі вигляди розміщені на одному аркуші в безпосередньому проєкційному зв'язку, то їх не надписують. Якщо порушено проєкційний зв'язок або вигляди відокремлені іншими зображеннями чи виконані на різних аркушах, то вигляд супроводжують великою літерою українського алфавіту, а напрям зору (проєкціювання) показують стрілкою з тією самою великою літерою (рис. 4.2).

Крім основних, розрізняють додаткові та місцеві вигляди.

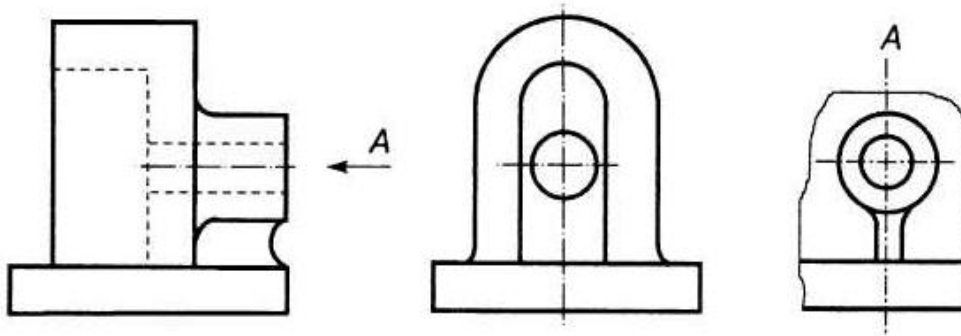


Рис. 4.2. Позначення основного вигляду

*Додатковий вигляд* отримують проєкціюванням на площину, не паралельну основним площинам проєкцій. Розташовують додаткову площину паралельно заданому похилому елементу деталі, який проєкціюється на цю площину в натуральну величину, без спотворення. Додатковий вигляд позначається, якщо він розміщений не в проєкційному зв'язку з основним виглядом.

*Місцевий вигляд* – це зображення обмеженої частини поверхні предмета. Місцеві вигляди дозволяють виявити форму і розміри певного, порівняно невеликого елемента предмету. Місцеві вигляди утворюються проєкціюванням цього елемента на одну з основних площин проєкцій. Місцевий вигляд надписується так само, як і додатковий.

### 4.2.3. Розрізи

*Розріз* – це зображення предмета, який уявно розсічений однією або кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь (ДСТУ 3321-96). На розрізі показують те, що розміщено в січній площині та за нею.

Положення січної площини позначають на кресленнику розімкнутою лінією завтовшки  $S \dots 1,5S$ , напрямком проєктування показують стрілками. На початку і в кінці лінії перерізу біля стрілок ставлять одну і ту саму велику літеру українського алфавіту. Зображення розрізу позначають цими ж літерами, між якими ставлять тире (рис. 4.3).

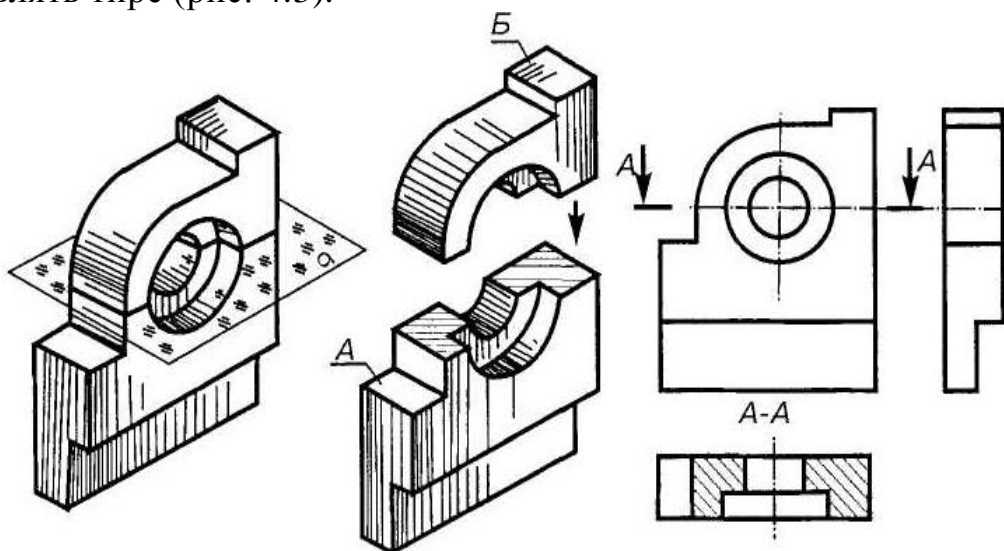


Рис. 4.3. Горизонтальний розріз

Якщо січна площина збігається з лінією симетрії деталі, а зображення розміщується в проєкційному зв'язку, положення січної площини не показують і зображення розрізу не позначають (рис. 4.4).

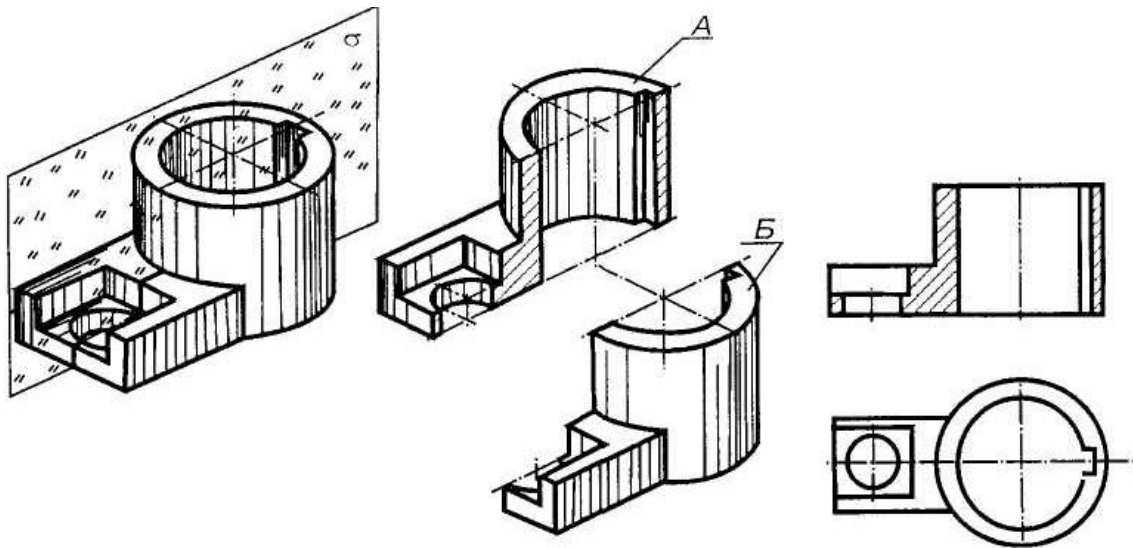


Рис. 4.4. Фронтальний розріз

Розріз, який виконується однією січною площиною, називають *простим*.

Якщо розріз виконується кількома січними площинами, його називають *складним*. Розрізняють *ступінчасті* (рис. 4.5) та *ламані* (рис. 4.6) складні розрізи.

*Місцеві* розрізи застосовують для виявлення будови предмета в окремому обмеженому місці (рис. 4.7).

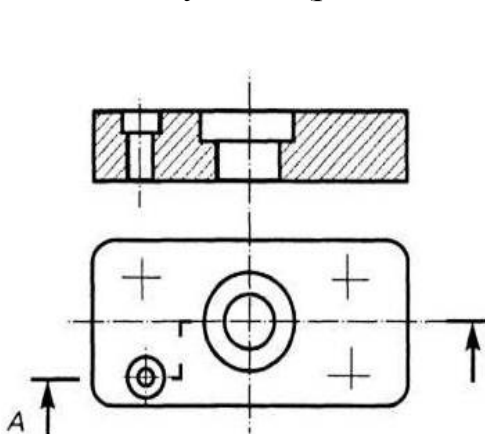


Рис. 4.5. Складний ступінчастий розріз

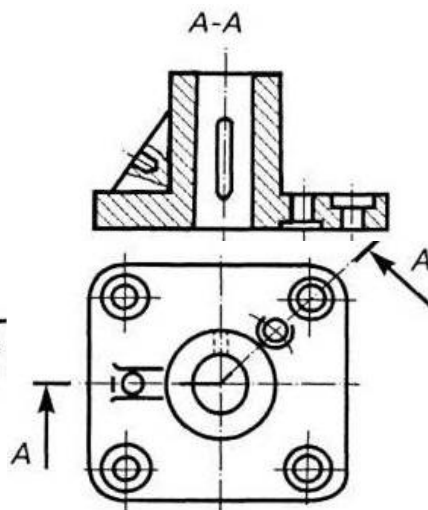


Рис. 4.6. Складний ламаний розріз

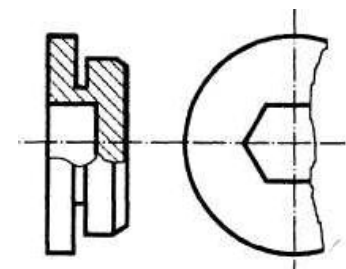


Рис. 4.7. Місцевий розріз

#### 4.2.4. Перерізи

*Переріз* – це зображення предмета, який уявно розсічений однією або кількома площинами для виявлення його невидимих поверхонь (ДСТУ 3321-96). На перерізі показують лише те, що розміщено в січній площині.

Перерізи, що не входять до складу розрізів, поділяють на *винесені*, тобто такі, що виконані окремо від основного зображення (рис. 4.8); та *накладені*, тобто такі, що розміщені на самому зображенні предмета (рис. 4.9).

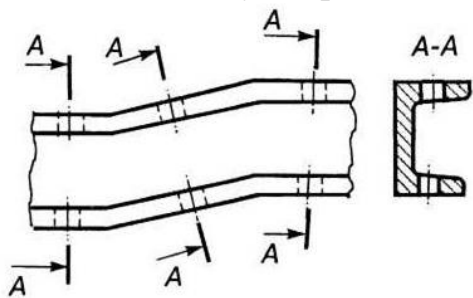


Рис. 4.8. Винесений переріз

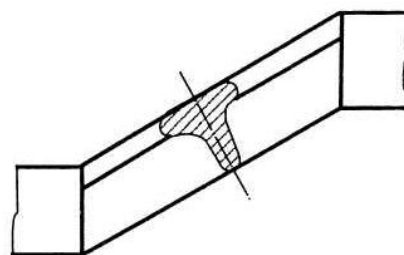


Рис. 4.9. Накладений переріз

#### 4.2.5. Виносні елементи

*Виносний елемент* – це зображення в збільшеному масштабі частини предмета, що містить елементи, яких немає на основному зображенні.

Приклад позначення виносних елементів для пояснення форми та розмірів проточок метричної нарізи надано на рис. 4.10.

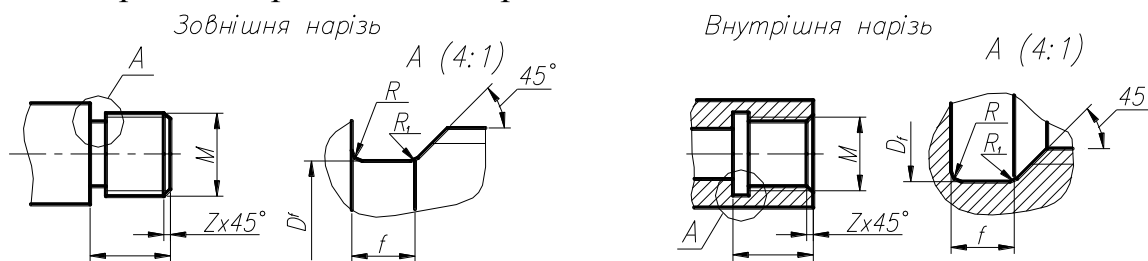


Рис. 4.10. Виносні елементи

#### 4.2.6. Штриховка в розрізах і перерізах

Для умовного графічного позначення матеріалів у розрізах і перерізах застосовують штриховку за ГОСТ 2.306-68 (рис. 4.11).

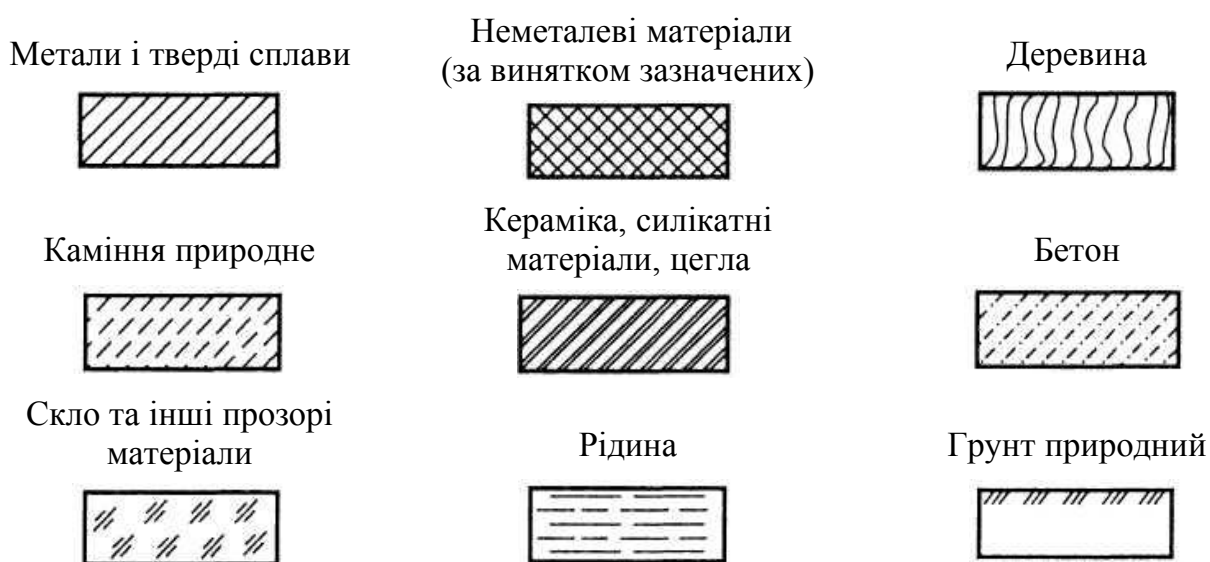


Рис. 4.11. Графічні позначення матеріалів на креслениках

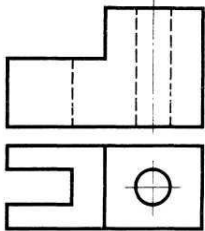
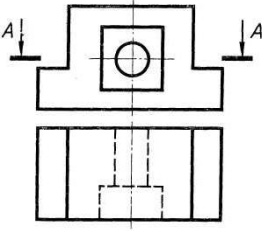
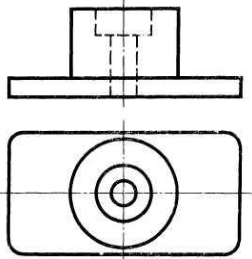
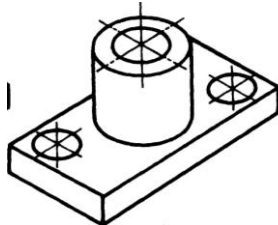
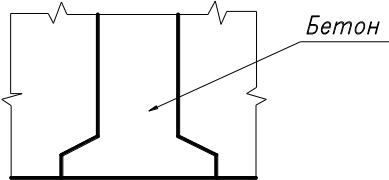
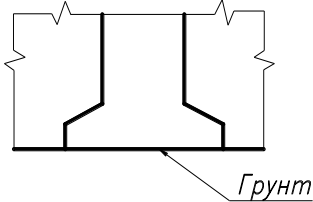
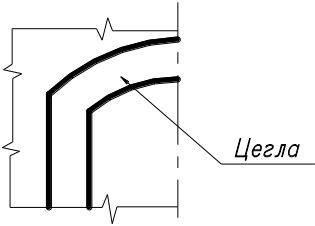
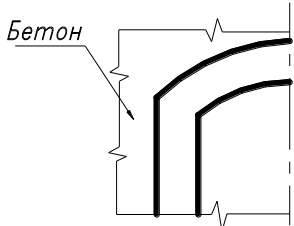
Штриховка виконується суцільними тонкими лініями з інтервалом 1–10 мм. Похилі паралельні лінії штриховки проводяться під кутом  $45^\circ$  до контуру зображення, до його осі або до рамки формату.

Штриховка всіх перерізів однієї деталі повинна бути однаковою за напрямом і відстанню між лініями. Суміжні перерізи штрихуються в різні боки або з різним інтервалом між лініями.

### *Запитання для самоперевірки*

1. Який спосіб проєкціювання застосовують при виконанні креслеників?
2. Як поділяють зображення на технічних креслениках?
3. Що називають виглядом і як класифікують вигляди?
4. Назвіть основні вигляди. Як розміщують їх на комплексному кресленику?
5. Який вигляд на кресленику приймають як головний вигляд?
6. В яких випадках і як надписують основні вигляди?
7. Для чого на креслениках виконують розрізи? Що називають розрізом?
8. Як поділяють розрізи залежно від кількості січних площин?
9. У чому відмінність між розрізом і перерізом?
10. В яких випадках необхідно позначати прості розрізи?
11. Що називають виносним елементом?
12. Як виконують штриховку деталей у розрізах і перерізах

### 4.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

<p>1. Побудувати три вигляди деталі. Виконати фронтальний розріз.</p> 	<p>2. Побудувати три вигляди деталі. Виконати горизонтальний розріз А-А.</p> 
<p>3. Побудувати три вигляди деталі. Поєднати половину вигляду спереду з половиною фронтального розрізу.</p> 	<p>4. Побудувати три вигляди деталі. Виконати ступінчатий розріз деталі.</p> 
<p>5. Застосувати умовне графічне позначення матеріалу у розрізі</p> 	<p>6. Застосувати умовне графічне позначення матеріалу у розрізі</p> 
<p>7. Застосувати умовне графічне позначення матеріалу у розрізі</p> 	<p>8. Застосувати умовне графічне позначення матеріалу у розрізі</p> 

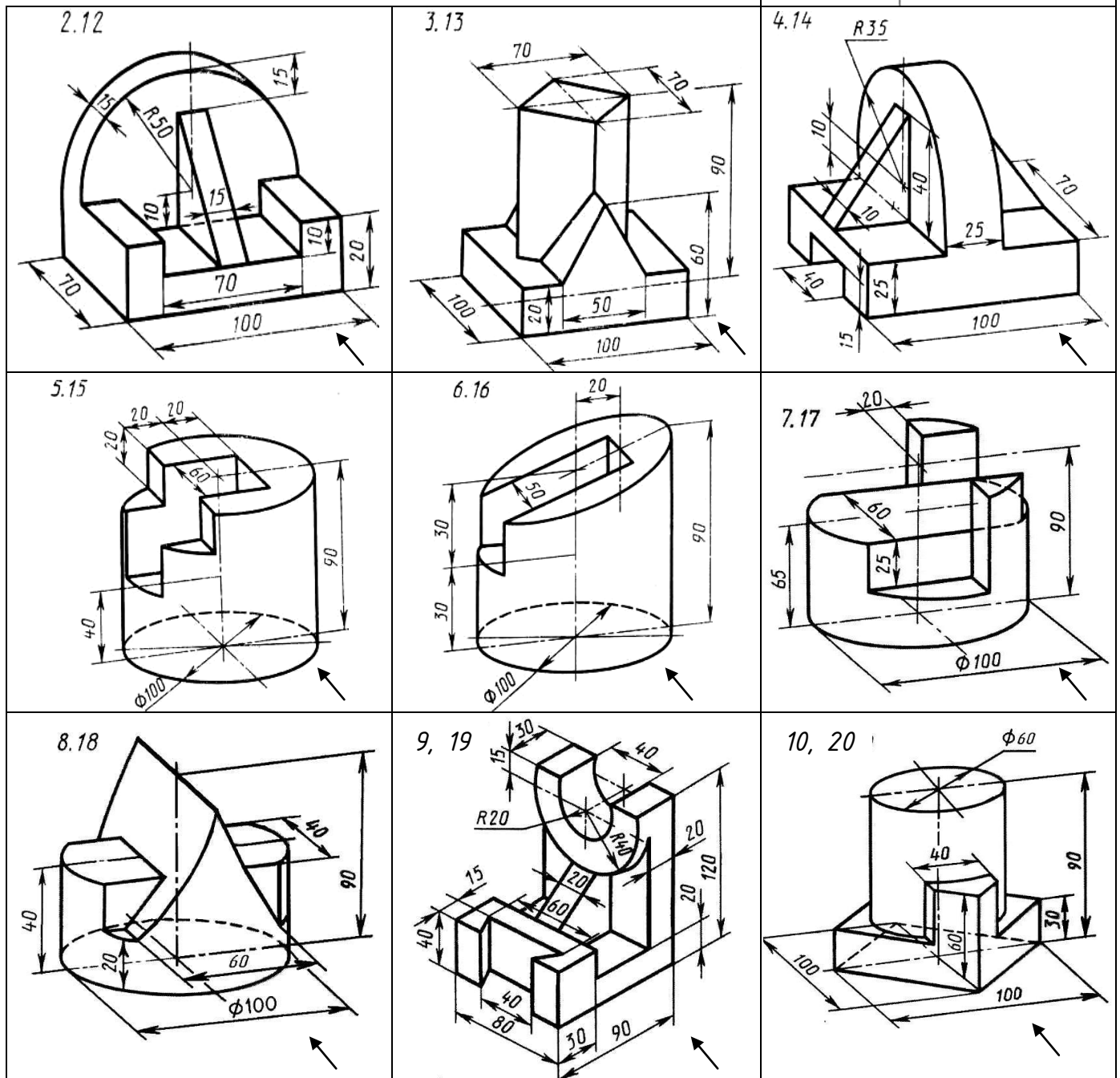
Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач	Варіант	Номери задач
1	1, 5	6	2, 7	11	3, 5	16	4, 7
2	2, 6	7	3, 8	12	4, 6	17	2, 6
3	3, 7	8	4, 1	13	1, 8	18	3, 7
4	4, 8	9	1, 7	14	2, 5	19	4, 8
5	1, 6	10	2, 8	15	3, 6	20	1, 6

## 4.4. ЗАВДАННЯ 4 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «ВИГЛЯДИ»

Таблиця 4.1.

Побудувати три вигляди деталі за даним наочним зображенням. Дані для свого варіанту взяти з табл. 4.1.

Варіанти завдань для побудови виглядів





### ***Настанови щодо виконання***

Вивчити вимоги ГОСТ 2.305-68 і рекомендовану літературу.

Уважно ознайомитися з конструкцією моделі за її наочним зображенням. (студенти денної форми навчання отримують також модель в натурі). Визначити основні геометричні тіла, з яких модель складається, відмітити лінії перетину геометричних тіл.

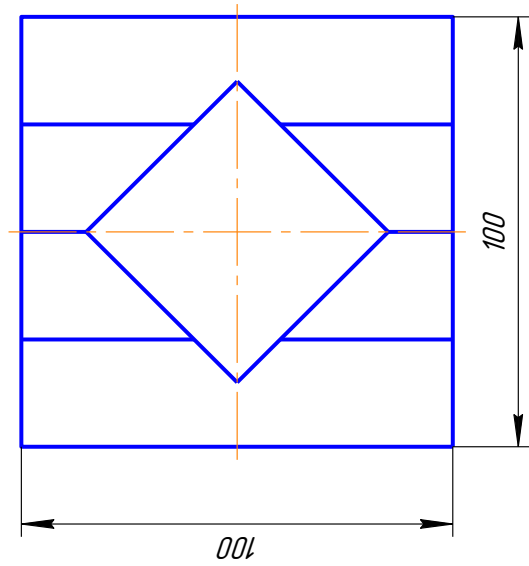
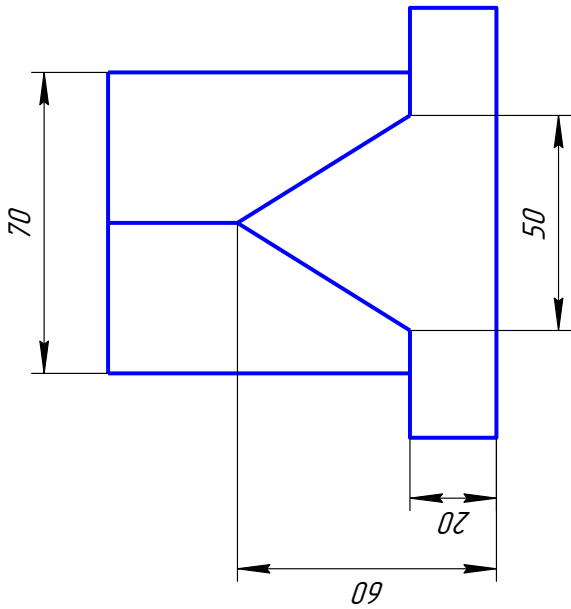
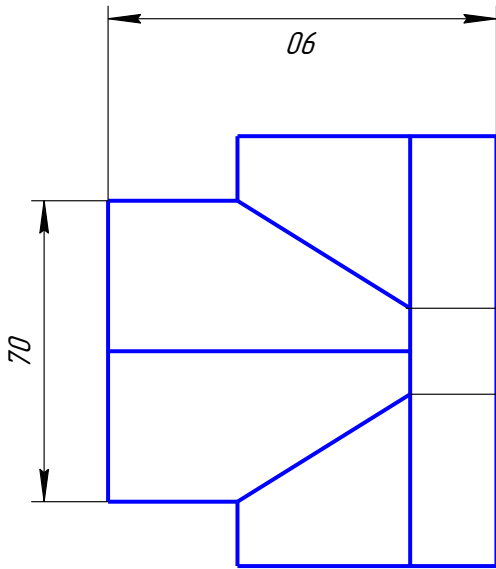
Визначити, яке зображення деталі треба використати як головний вигляд (зображення, яке містить найбільш повну інформацію про форму і розміри предмета). На рисунку-завданні напрям погляду для побудови головного вигляду вказано стрілкою.

Виділити на аркуші паперу відповідну площу для кожного вигляду деталі. Нанести тонко олівцем усі лінії видимого і невидимого контуру, розчленувавши деталь на основні геометричні тіла. Усі елементи деталі повинні знаходитися в проекційному зв'язку на всіх трьох площинах проекцій. Цього досягають проведенням постійної прямої кресленика – лінії під кутом  $45^\circ$  між горизонтальною і профільною проекціями (виглядом зверху і виглядом зліва).

Нанести всі необхідні виносні й розмірні лінії, проставити розмірні числа. Розміри елементів деталі потрібно наносити з урахуванням технології її виготовлення; розміри кожного елемента деталі проставляють лише на одному з виглядів.

Заповнити основні написи й перевірити правильність усіх побудов. Навести видимі контури деталі товстою основною лінією. Лінії проекційного зв'язку та лінії побудови на навчальному кресленнику можна не видаляти.

Приклад виконання завдання 4 надано на рисунку 4.12.



Зм. Арк. № докум.		Лист		Масштаб	
Виконав	Перевір.	Прошляв	Арх.	Архшляв	1:1
Вигляди			ДЕТУЛ		
Кафедра			ТІМ		

Рис. 4.12. Приклад виконання завдання 4 «Вигляди»

## ТЕМА 5. РОБОЧИ КРЕСЛЕНИКИ ДЕТАЛЕЙ

За результатами вивчення теми студент повинен знати умовності та спрощення, які допускаються на машинобудівних кресленнях, правила позначення шорсткості поверхонь, правила нанесення розмірів на кресленнях; вміти виконувати ескізи деталей з натури і на їх основі – кресленики деталі, наносити позначення шорсткості поверхонь, інших технічних вимог; оволодіти навичками виконання ескізів та робочих креслеників машинобудівних деталей.

*Література:* [1] с. 150...174.

### 5.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

Робота над темою передбачає вивчення й застосування студентами деяких загальних відомостей з конструювання деталей. Деталі різного призначення (типу корпусу, кришки, валу й втулки) відрізняються характерними типовими й стандартними конструктивними елементами, які визначають способи їхньої обробки, а також вид застосованих стандартних технологічних елементів (додаток Г). Обумовлені цим особливості ескізів (і креслеників) таких деталей проявляються насамперед у виборі головного вигляду (відповідно до положення деталі при основній обробці), типу й кількості інших зображень, способу нанесення розмірів і т.п.

У процесі роботи студенти повинні навчитися вирішувати наступні інженерні завдання:

- 1) аналізувати геометричну форму та розміри деталей, ескізувати з натури деталі типу вала, втулки, кришки, корпусу відповідно до нормативних документів;
- 2) обґрунтовувати вибір матеріалу, виду заготівки й способів її обробки; призначати (за аналогами) і позначати на кресленнях (ескізах) деталей шорсткість поверхонь;
- 3) вибирати розміри стандартних конструктивних елементів (шпонкових пазів, шестигранників під ключ, нарізей) та розміри стандартних технологічних елементів (центрових отворів, фасок, канавок, проточок);
- 4) оформляти технічні вимоги до деталей.

## 5.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 5.2.1. Вимоги до робочого кресленика деталі

**Робочий кресленик деталі** – це документ, що містить зображення деталі та всі дані, необхідні для виготовлення, контролю та випробування виробу. Деталь зображують у тому вигляді, з тими розмірами та іншими даними, з якими вона надходить до складальної операції. Робочий кресленик кожної деталі виконують на окремому аркуші стандартного формату, що має рамку, основний напис та додаткову графу відповідно до ГОСТ 2.301-68. Масштаб зображень вибирають відповідно до ГОСТ 2.302-68 за умови вдалого використання поля рисунка, а також можливостей зображення та нанесення розмірів, відхилень тощо для всіх елементів деталі.

Кресленик деталі має містити: а) мінімальну, але достатню кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів, виносних елементів), які з урахуванням умовностей та спрощень розкривають форму деталі; б) необхідні розміри з граничними відхиленнями; в) граничні відхилення форми та положення поверхонь; г) вимоги до шорсткості поверхонь; д) позначення матеріалу деталі; е) позначення покриття і термообробки; є) технічні вимоги.

Головним зображенням деталі може бути вигляд, розріз або поєднання вигляду з розрізом. Головне зображення має давати найбільш повне уявлення про форму і розміри предмета. На головному зображенні деталь розміщують у такому положенні, яке вона займає в процесі виготовлення.

Технічні вимоги на кресленнику розміщують над основним написом у вигляді колонки шириною не більше 185 мм. Продовження технічних вимог дозволяється розміщувати другим стовпцем. Пункти технічних вимог повинні мати наскрізну нумерацію. Кожен пункт записують із нового рядка. Заголовок «технічні вимоги» не пишуть.

Конструкторські документи, призначені для разового використання, можуть виконуватися в ескізному вигляді. **Ескізами** називають кресленики, виконані без застосування креслярських інструментів і точного дотримання масштабу. По змісту до ескізів пред'являються такі ж вимоги, як і до робочих креслеників. Відхилення від масштабу не повинне порушувати пропорції елементів деталі на її зображенні.

### 5.2.2. Конструктивні і технологічні елементи деталей

Типові елементи, які використовують при конструюванні деталей (рис. 5.1), забезпечують їх функціональне призначення та технологічність виготовлення.

**Отвори.** Отвори в деталях можуть мати циліндричну, конічну або іншу форму, бути глухими або наскрізними, гладкими або різьбовими.

Глухі циліндричні отвори на робочих креслениках прийнято зображати з конічним елементом, який утворюється від інструменту. Глибина отвору визначається довжиною циліндричної частини; розміри конічного елемента на кресленні не наносять (рис. 5.2, а). На рис. 5.2, б показано гладкий ступінчастий отвір, на рис. 5.2, в – нарізевий наскрізний отвір.

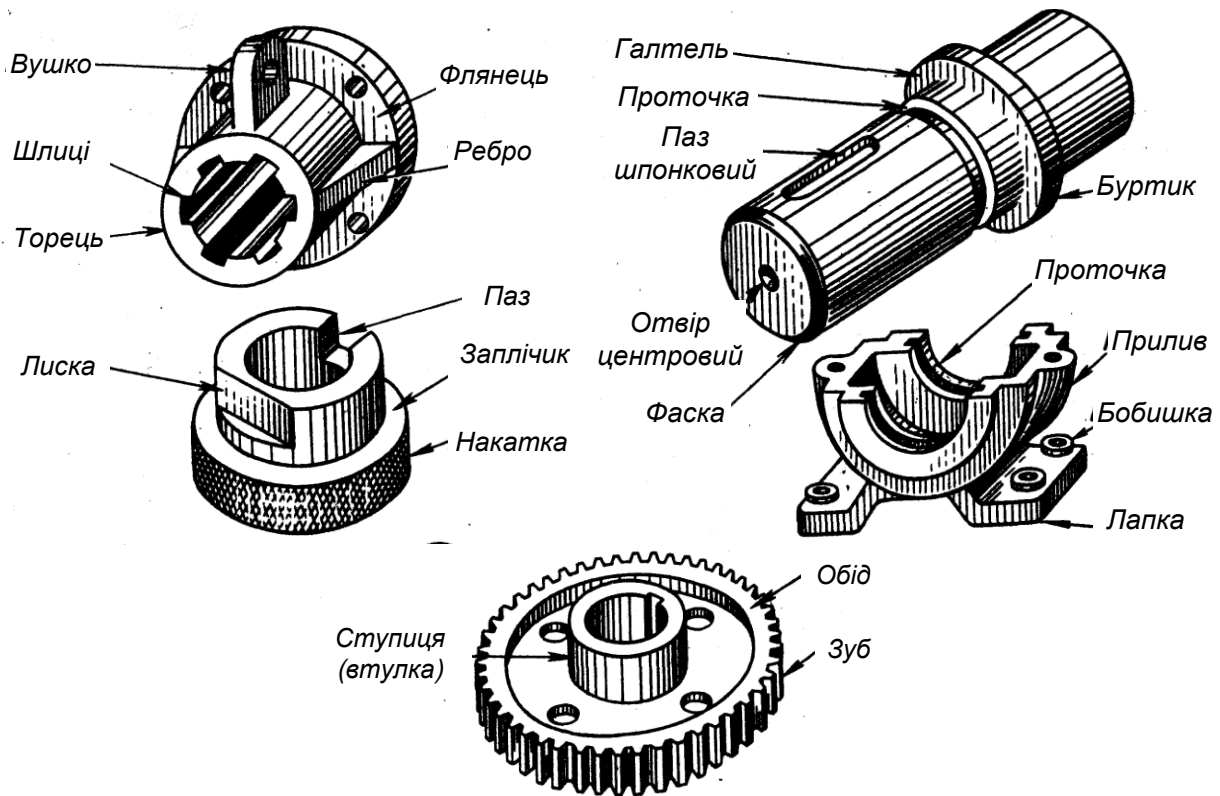


Рис. 5.1. Типові елементи деталей

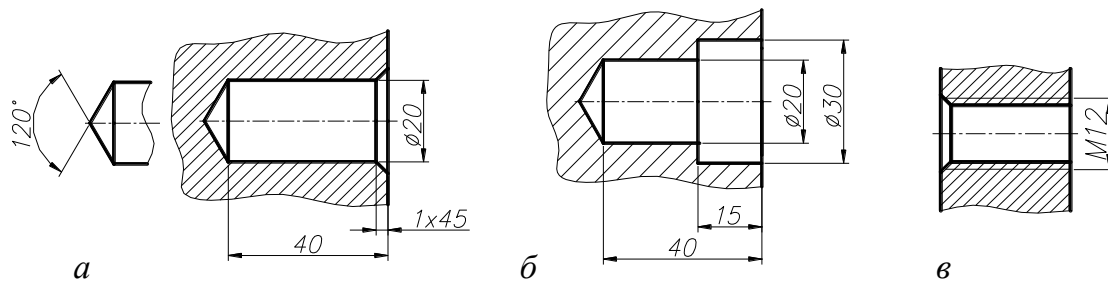


Рис. 5.2. Отвори

**Фаски.** Для забезпечення можливості складання та зручності в роботі на кінцях деталей виконують фаски (рис. 5.3). При  $d < 100$  мм  $c \approx 0,05d$ ; при  $d > 100$  мм  $c \approx 0,03d$ . Розмір катета  $c$  вибирають за ГОСТ 10498-82.

**Галтелі.** Перехід між циліндричними поверхнями різних діаметрів має супроводжуватися галтелями (рис. 5.4). Радіус заокруглення  $R \approx 0,4(D-d)$ .

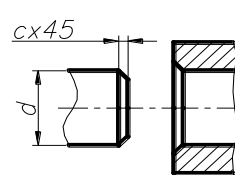


Рис. 5.3. Фаски

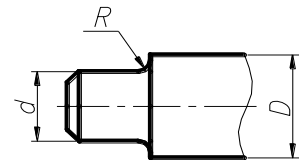


Рис. 5.4. Галтелі

### 5.2.3. Вибір баз і нанесення розмірів

Розміри на креслениках наносять з урахуванням конструктивних особливостей, роботи деталі у виробі, технології її виготовлення та контролю. Такі вимоги визначають бази, від яких обмірюють деталь під час її виготовлення, контролю та складання виробу. Бази поділяють на конструктивні (рис. 5.5, а), технологічні (рис. 5.5, б) й вимірювальні (рис. 5.5, в). Бази можуть бути основними та допоміжними.

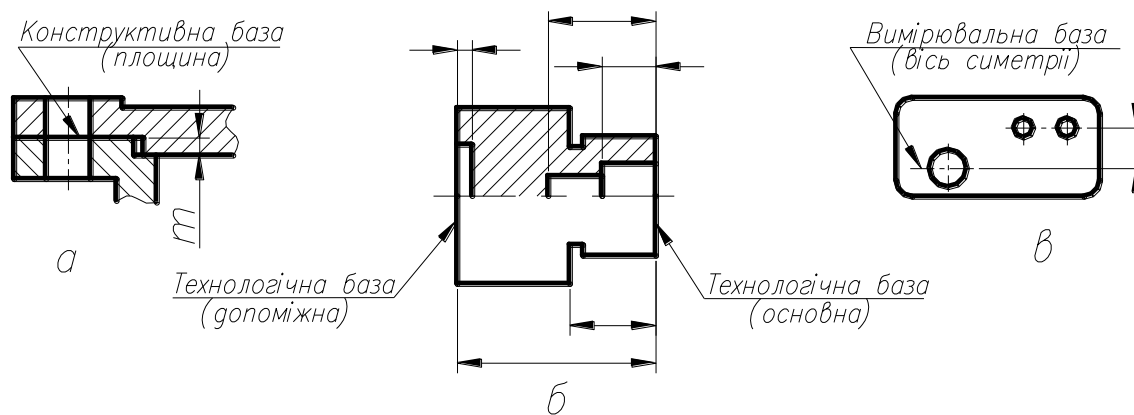


Рис. 5.5. Бази для нанесення розмірів

Кількість розмірів на кресленнику має бути мінімальним, але достатнім для виготовлення і контролю деталі. Застосовують три способи нанесення розмірів на кресленнику: ланцюговий, координатний та комбінований.

Особливості нанесення розмірів конструктивних елементів показано на рис. 5.6.

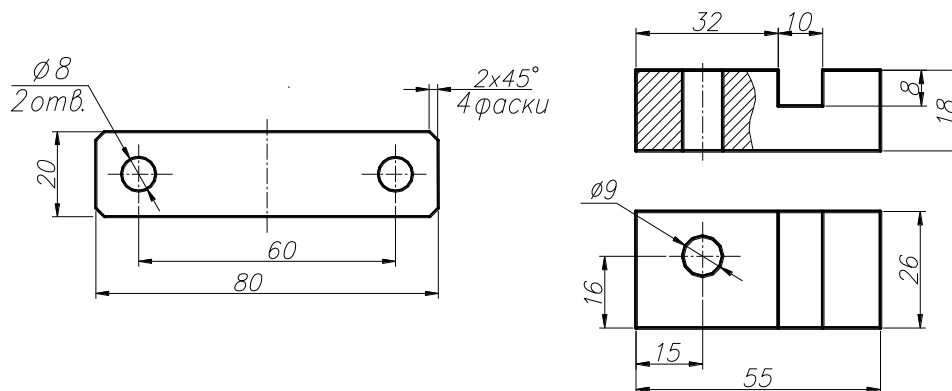


Рис. 5.6. Нанесення розмірів конструктивних елементів

Розміри, які не виконуються за даним робочим кресленником, а призначені лише для більшої зручності в користуванні кресленником, називають **довідковими розмірами** і позначають на кресленні знаком «\*»; у технічних вимогах записують: «\* Розміри для довідок».

#### 5.2.4. Граничні відхилення розмірів

Розмірні числа на кресленнику вказують натуральні розміри предмета незалежно від обраного масштабу.

Граничні відхилення лінійних розмірів згідно з ГОСТ 2.307-68 вказують на кресленник безпосередньо після номінальних розмірів такими способами:

- умовним позначенням поля допуску, наприклад:  $\text{Ø}100\text{H}8$ ,  $\text{Ø}80\text{f}7$ ;
- числовими значеннями, наприклад:  $\text{Ø}50^{+0,16}$ ,  $\text{Ø}50_{-0,16}$ ,  $\text{Ø}50 \pm 3$ ,  $\text{Ø}50^{+0,29}_{+0,10}$ ;
- умовними позначеннями полів, вказуючи з правого боку в дужках їхні числові значення, наприклад:  $\text{Ø}41,5\text{H}7(^{+0,025})$ . Цей спосіб застосовується, зокрема, якщо номінальний розмір не входить у ряди нормальних розмірів (ГОСТ 6636-69).

Граничні відхилення розмірів низької точності дозволяється обумовлювати загальним записом у технічних вимогах кресленник. При цьому якщо низьку точність

мають усі розміри деталі, запис роблять за типом «Граничні відхилення розмірів:  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$ ».

### 5.2.5 Допуски форми і розміщення поверхонь

Числові значення допусків форми і розміщення поверхонь відповідають ГОСТ 24643-81. На креслениках допуски вказують умовними позначеннями відповідно до вимог ГОСТ 2.308-79 (рис. 5.7). Вид допуску позначають знаками (графічними символами): — — допуск прямолінійності,  $\perp$  — перпендикулярності,  $\parallel$  — паралельності,  $\curvearrowright$  — круглості,  $\odot$  — співвісності,  $\textcircled{/}$  — циліндричності,  $\equiv$  — симетричності,  $\nearrow$  — радіального або торцевого биття.

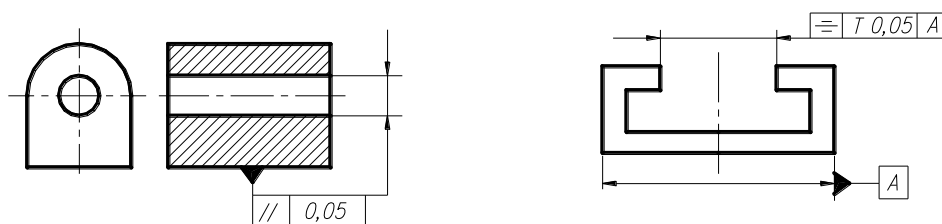


Рис. 5.7. Позначення допусків форми і розміщення поверхонь

### 5.2.6. Позначення шорсткості поверхонь

Для оцінки шорсткості поверхонь в основному застосовують два параметри:  $Ra$  — середнє арифметичне відхилення профілю, та  $Rz$  — середня висота нерівностей (ГОСТ 2789-73). Для поверхонь виробів із металу перевагу слід надавати параметру  $Ra$ .

Значення параметрів вибирають із ряду: 400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,012.

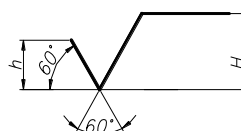
Вимоги щодо шорсткості поверхонь залежать від їхнього функціонального призначення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Нормування шорсткості поверхонь залежно від їхнього призначення

Характеристика поверхонь	Параметр $Ra$ , мкм
Вільні (неробочі) поверхні	6,3 і грубіші
Спряжені поверхні без взаємного переміщення в процесі роботи	1,6 ... 6,3
Спряжені поверхні зі взаємним переміщенням (ковзанням)	0,1 ... 1,6
Декоративні поверхні	0,4 ... 1,6

Значення параметра шорсткості вказується під умовним знаком (ГОСТ 2.309-73). При нанесенні умовних знаків на поле кресленика треба витримувати їхні розміри:



$h$  — висота цифр;  
 $H$  — (1,5 – 3)  $h$ ;  
товщина ліній  $S/2$

На полі кресленика знаки шорсткості поверхонь дозволяється розміщати: на лініях контуру; на виносних лініях; на поличках ліній-виносок; на розмірних лініях або їхньому продовженні (рис. 5.8, а). Знак шорсткості треба наносити з боку обробки поверхні. Розмір шрифту цифр значення параметра шорсткості повинен бути таким самим, як і розмірних чисел на полі кресленика.

Якщо шорсткість усіх поверхонь деталі однакова, її позначення розміщують у правому верхньому куті кресленика, а на поле кресленика не наносять (рис. 5.8, б). Розміри і товщина ліній знака однакової шорсткості у 1,5 раза більші, ніж основного знака.

Якщо шорсткість однакова лише для частини поверхонь, то в правому верхньому куті кресленика розміщують позначення однакової шорсткості і знак (✓) – «решта». На полі кресленика позначають лише ту шорсткість, яка відрізняється від указаної (рис. 5.8, в).

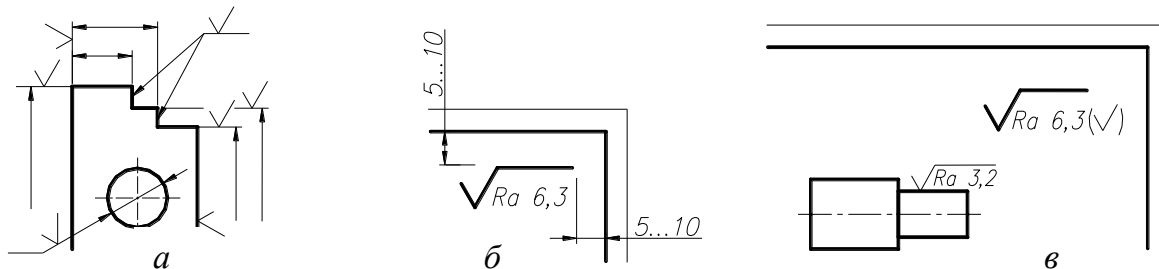


Рис. 5.8. Позначення шорсткості поверхонь

### 5.2.7. Позначення матеріалів

Позначення матеріалу, з якого має бути виготовлена деталь, вказують в основному напису кресленика деталі.

Згідно з ГОСТ 2.109-73 в позначення матеріалу повинні входити: назва матеріалу; марка, якщо вона для нього встановлена; номер стандарту або технічних вимог. Наприклад: **Сталь 45 ГОСТ 1050-88**.

Якщо в умовне позначення марки входить скорочена назва цього матеріалу (Ст, КЧ, Бр), то повну назву матеріалу (сталь, ковкий чавун, бронза) не вказують. Наприклад: **Ст 3 ДСТУ 2651-94**.

Якщо деталь повинна бути виготовлена із сортового матеріалу певного профілю, матеріал такої деталі записують у вигляді позначення сортаменту.

Наприклад: **Штаба  $\frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 103 - 76}{\text{Ст } 3 \text{ ГОСТ } 535 - 79}$** .

### 5.2.8. Позначення покриття і термообробки

Позначення металічних і неметалічних неорганічних покриттів встановлює ГОСТ 9.306-85. Приклади позначень: **Ц6.окс.ч** – цинкове товщиною 6 мкм, оксидоване в чорний колір; **Хим.Фос.прм** – хімічне фосфатне, просякнуте маслом.

Якщо для деталі передбачена термічна або термо-механічна обробка, вказують показники властивостей, отримуваних у результаті обробки, наприклад: **HRC**; **HRB**; **HRA**; **HB**; **HRV**, границю міцності  $\sigma_b$  та ін. Глибину обробки поверхні позначають буквою **h**. Величину глибини обробки і твердості матеріалу вказують граничними значеннями «від ... до», наприклад, **h 0,7...0,9; 52...64 HRC** (рис. 5.9).

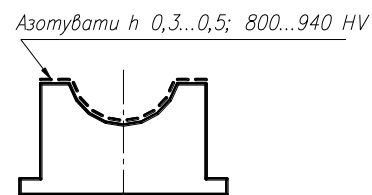


Рис. 5.9. Позначення термообробки



### *Запитання для самоперевірки*

1. Що називають робочим креслеником деталі?
2. Яку інформацію має містити робочий кресленик?
3. У чому відмінність ескізу від робочого кресленика?
4. У якому положенні розміщують деталь на головному зображенні?
5. Де на кресленику розміщують технічні вимоги до деталі?
6. Які типові елементи використовують при конструюванні деталей?
7. Як класифікують отвори в деталях?
8. Що називають конструктивною базою деталі?
9. Якою повинна бути кількість розмірів на кресленику деталі?
10. Які розміри називають довідковими? Як позначають довідкові розміри на кресленику?
11. Як вказують на креслениках граничні відхилення лінійних розмірів?
12. Чим визначаються вимоги до шорсткості поверхні?

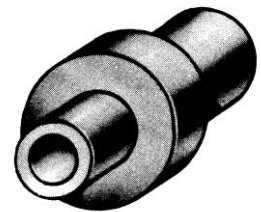
### **5.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

1. Визначити необхідну кількість зображень деталі (отвір наскрізний).

2. Визначити положення деталі на головному вигляді (деталь виготовляють на токарному верстаті).

3. Виконати ескіз деталі й проставити необхідні розміри (довільні).

4. Позначити шорсткість поверхонь (по внутрішній поверхні здійснюється переміщення іншої деталі, на зовнішню проточку встановлюється втулка, інші поверхні є неробочими).



## 5.4. ЗАВДАННЯ 5 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «КРЕСЛЕНИК ДЕТАЛІ»

1. Виконати ескіз технічної деталі з натури.
2. Виконати робочий кресленик деталі за її ескізом.

Деталь для виконання завдання видає викладач. Студенти заочної форми навчання деталей вибирають самостійно (корпус, вал, фланець, гайка накидна тощо).

Ескіз деталі виконують на аркуші паперу в клітинку, робочий кресленик – на аркуші креслярського паперу. Ескіз здають на перевірку разом із креслеником.

### *Настанови щодо виконання*

**Виконання ескізу.** Ескіз деталі виконують олівцем без застосування креслярських інструментів і точного дотримання масштабу. Порядок виконання.

1. Уважно оглянути деталь, з'ясувати її призначення, конструктивні особливості, виявити поверхні, якими вона стикатиметься з іншими деталями при збиранні виробу, складовою частиною якого вона є, і т. д. Не можна спрощувати конструкцію деталі і опускати лінійні ухили, галтелі, мастильні канавки і т. п., особливо фаски, які студенти часто не показують на своїх ескізах, вважаючи їх неістотними.

*Технологічні елементи нарізі* (збіги, недорізи, проточки, фаски) стандартизовані відповідно до ГОСТ 10549-80. Розміри технологічних елементів вибирають за типом і кроком нарізі (див. рис. 4.10).

Для забезпечення нормального шліфування на поверхні передбачаються *канавки для виходу шліфувального круга*.

*Отвори під кріпильні вироби* залежать від типу з'єднання, діаметра кріпильного виробу, матеріалу деталі і необхідної точності з'єднання. Для гвинтового і шпилькового з'єднання на одній з деталей виконують глухий різьбовий отвір, на іншій – гладкий наскрізний. Для болтового і заклепкового з'єднання на обох деталях виконують гладкі наскрізні отвори. Діаметри наскрізних отворів під кріпильні вироби визначають за ГОСТ 11284-75.

*Розміри шпонкових пазів* вала і втулки мають відповідати розмірам шпонок, тому вони задаються тими самими стандартами: ГОСТ 23360-78 – для призматичних шпонок; ГОСТ 24071-80 – для сегментних шпонок; ГОСТ 24068-80 – для клинових шпонок.

2. Намітити необхідне (мінімальне з урахуванням умовностей, встановлених ГОСТ 2.305-68) число зображень – виглядів, розрізів, перерізів, які в своїй сукупності виявлять форму деталі з вичерпною повнотою. Особливу увагу надати вибору головного зображення (зображення на фронтальній площині проєкцій; воно має давати якнайповніше уявлення про форму і розміри деталі (ГОСТ 2.305-68, п. 1.3). Деталь на головному зображенні показують в такому положенні, в якому вона виготовляється.

Якщо зображення, на якому виконується розріз, симетричне відносно вертикальної осі, рекомендується суміщати половину вигляду з половиною розрізу (рис. 5.10).

3. Виділити на аркуші паперу в клітинку відповідну площу у вигляді прямокутника для кожного зображення; провести осьові лінії. Нанести тонкими лініями лінії видимого контура на виглядах і розрізах (не штрихувати!). Осі проєкцій і лінії зв'язку не проводити. Кола можна провести циркулем.

Побудувавши всі зображення і переконавшись у їхній правильності, обвести лінії контуру, надавши їм товщину 0,8–1 мм; заштрихувати розрізи.

4. Нанести розмірні й необхідні виносні лінії, як би в думках виготовляючи деталь. Ніяких вимірювань при цьому не виконувати!

Здійснити обмір деталі й уписати розмірні числа шрифтом 5 за ГОСТ 2.304-81. Отримані при обмірі числа треба округлювати до найближчого значення нормальних лінійних розмірів (табл. 5.2). Перевагу надавати ряду з меншим значенням **Ra**.

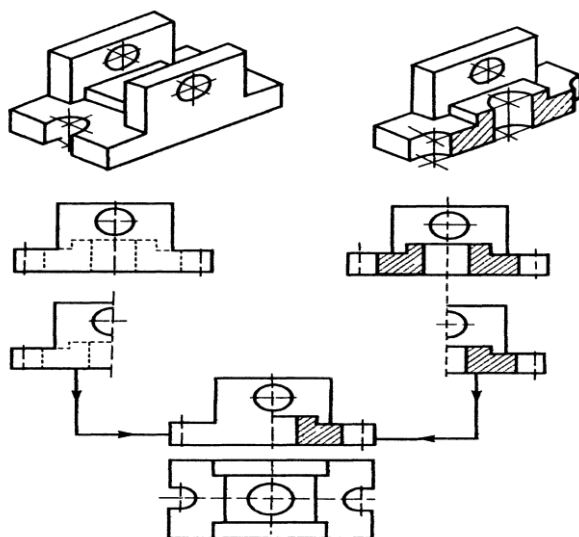


Рис. 5.10. Суміщення половини вигляду з половиною розрізу

Таблиця 5.2

Нормальні лінійні розміри (за ГОСТ 6636-69)

Ra 5	1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630
Ra 10	1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400; 500; 630; 800
Ra 15	1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3; 7,1; 8,0; 9,0; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450; ..
Ra 20	1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; ...

5. Нанести позначення шорсткості поверхонь.

6. Оформити текстову частину кресленика (технічні вимоги).

7. Заповнити основний напис (найменування деталі, позначення матеріалу тощо).

**Виконання робочого кресленика.** Проаналізувати ескіз деталі. Виходячи з розмірів та конструктивної складності деталі визначити масштаб зображення та формат кресленика. На аркуші креслярського паперу виконати робочий кресленик.

Приклад виконання завдання 5 надано на рисунку 5.11.

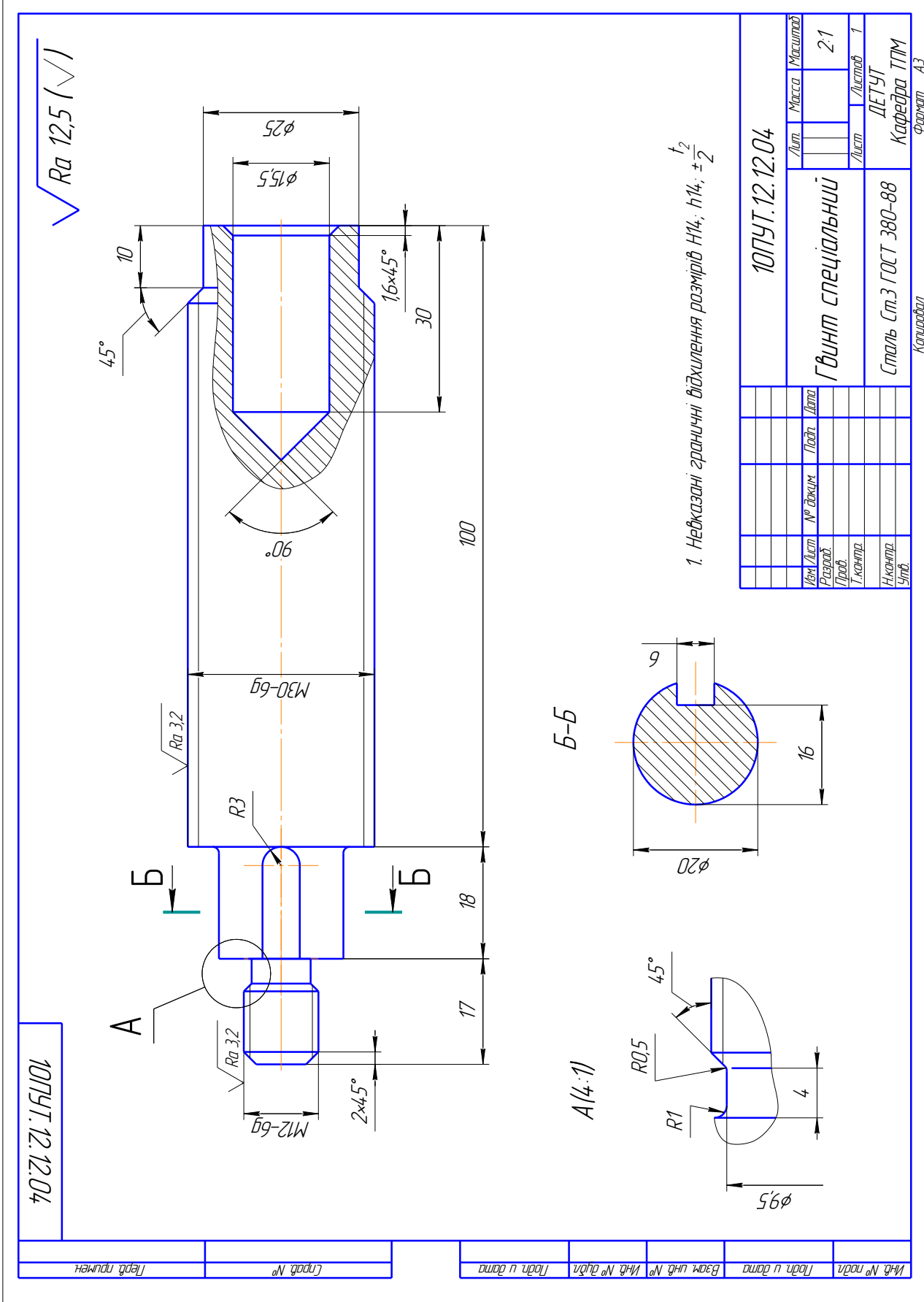


Рис. 5.11. Приклад виконання завдання 5 «Кресленік деталі»

## ТЕМА 6. РОЗНІМНІ ТА НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ

За результатами вивчення теми студент повинен знати правила зображення та позначення нарізей, правила зображення та позначення зварних швів, правила виконання складальних креслеників; вміти виконувати кресленики рознімних і нерознімних з'єднань, складальні кресленики вулів та механізмів, оформлювати специфікацію.

*Література:* [1] с. 175...208; 216...226.

### 6.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

З'єднання та передачі є основою функціонування будь-якої машини та взаємодії деталей, що входять до її складу.

У даній темі розглядають різні способи з'єднання деталей. Ці з'єднання можуть бути рознімними та не рознімними. У першому випадку деталі можна неодноразово з'єднувати і з'єднання роз'єднувати, не руйнуючи при цьому з'єднаних деталей.

До рознімних з'єднань перш за все відносять з'єднання за допомогою нарізі.

Нарізеві з'єднання на креслениках зображаються та позначаються умовно. На ці умовності слід звернути особливу увагу. Відмітьте різницю у зображенні нарізі на стрижні і в отворі. Розберіть як слід зображення нарізі на з'єднаних деталях (коли одна деталь повернута на іншу), у цьому випадку суцільні основні лінії контура нарізі на одній деталі співпадають з тонкими лініями зображення нарізі другої деталі. Залишають без змін зображення нарізі на деталі, що вкручується. У цих питаннях студенти часто допускають помилки. Розберіть детальніше правила позначення стандартних кріпильних нарізей – метричної і трубної.

За підручником або довідниковою літературою розгляньте позначення стандартних кріпильних деталей для виконання болтових, гвинтових та шпилькових з'єднань.

При вивченні нерознімних з'єднань особливу увагу зверніть на зображення та умовні позначення зварювальних швів як таких, що найчастіше зустрічаються в будівельній практиці. Також потрібно розглянути інші види нерознімних з'єднань, зокрема заклепкові з'єднання.

## 6.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

З'єднання бувають рознімними та нерознімними. **Рознімними** називають з'єднання, для яких операції складання та розбирання можливі без руйнування їхніх складових частин. З'єднання, які не можна скласти або розібрати без руйнування їхніх складових частин, називають **нерознімними**. Рознімними є нарізеві, шпонкові, щіцеві з'єднання. Нерознімними є зварні, заклепкові, паяні, клейові та інші з'єднання.

### 6.2.1. Нарізеві з'єднання

**Наріззю** називають один або кілька рівномірно розміщених гвинтових виступів сталого перерізу, утворених на боковій поверхні прямого кругового циліндра або прямого кругового конуса.

#### 6.2.1.1. Класифікація і параметри нарізей

Нарізь утворюється при гвинтовому переміщенні деякої плоскої фігури, яка задає так званий **профіль нарізі**. Частину нарізі, утворену при одному повороті профілю навколо осі, називають **витком**. При цьому всі точки робочого профілю переміщуються паралельно осі на одну і ту ж величину, яку називають **ходом нарізі**. **Кроком нарізі  $P$**  називають відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю в напрямку, паралельному від нарізі.

Нарізі можуть бути поділені за такими ознаками:

**за формою профілю** – трикутні (рис. 6.1, а), які є основним типом кріпильної нарізі, трапецеїдальні (рис. 6.1, б), призначені для гвинтів, що передають рух рухомих частинам механізмів; упорні (рис. 6.1, в), які слугують для передачі за допомогою гвинтазначних осьових навантажень в одному напрямку; круглі (рис. 6.1, г) спеціального призначення (електротехніка); прямокутні і квадратні нарізі (рис. 6.1, д), призначені для передачі осьових навантажень у вантажних гвинтах та руху у ходових гвинтах;

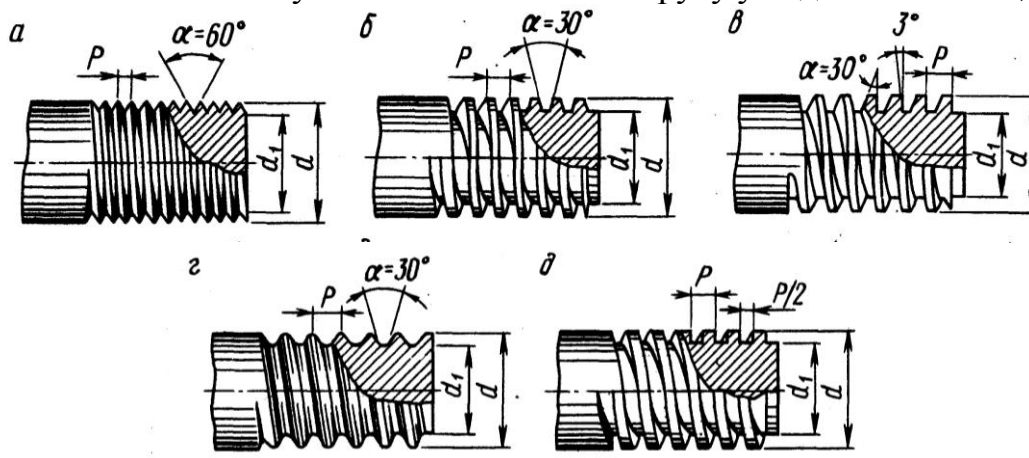


Рис. 6.1. Форми профілю нарізей

**за характером поверхні** – циліндричні і конічні;  
**за розміщенням** – зовнішня і внутрішня;  
**за кількістю заходів** – однозаходні і багатозаходні;  
**за напрямком гвинтової лінії** – праві і ліві (**LH**).

### 6.2.1.2. Зображення і позначення нарізі на креслениках

Нарізі на креслениках зображують умовно відповідно до ГОСТ 2.311-68. Зовнішній діаметр нарізі  $d$  зображують суцільними основними лініями, внутрішній діаметр  $d_1$  – суцільними тонкими лініями. На виглядах у торець суцільну тонку лінію внутрішнього діаметра нарізі проводять приблизно на  $\frac{3}{4}$  довжини кола з розривом у будь-якому місці, але не по центрових лініях. Відстань між лініями зовнішнього і внутрішнього діаметрів нарізі повинна бути не менше 0,8 мм і не більше величини кроку нарізі. Фаску нарізі, яка не має конструктивного призначення, на вигляді в торець умовно не зображують (рис. 6.3).

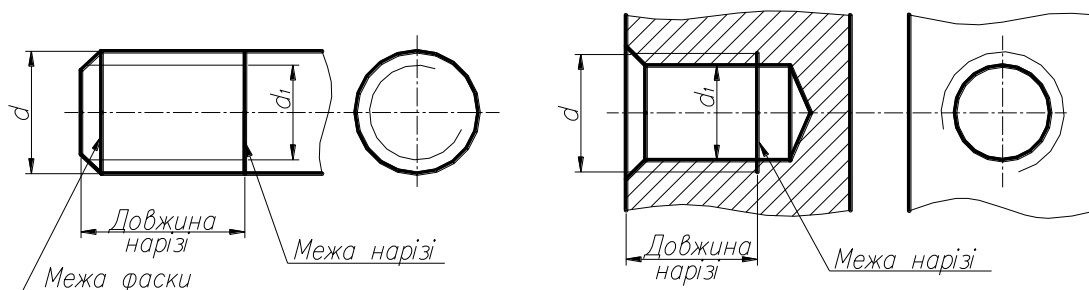


Рис. 6.3. Зображення нарізі на креслениках

У нарізевому з'єднанні показують лише ту частину нарізі в отворі, яка не закрита нарізною гвинта.

Для позначення нарізі застосовують ГОСТ 2.311-68 і стандарти на окремі види нарізей (рис. 6.4).

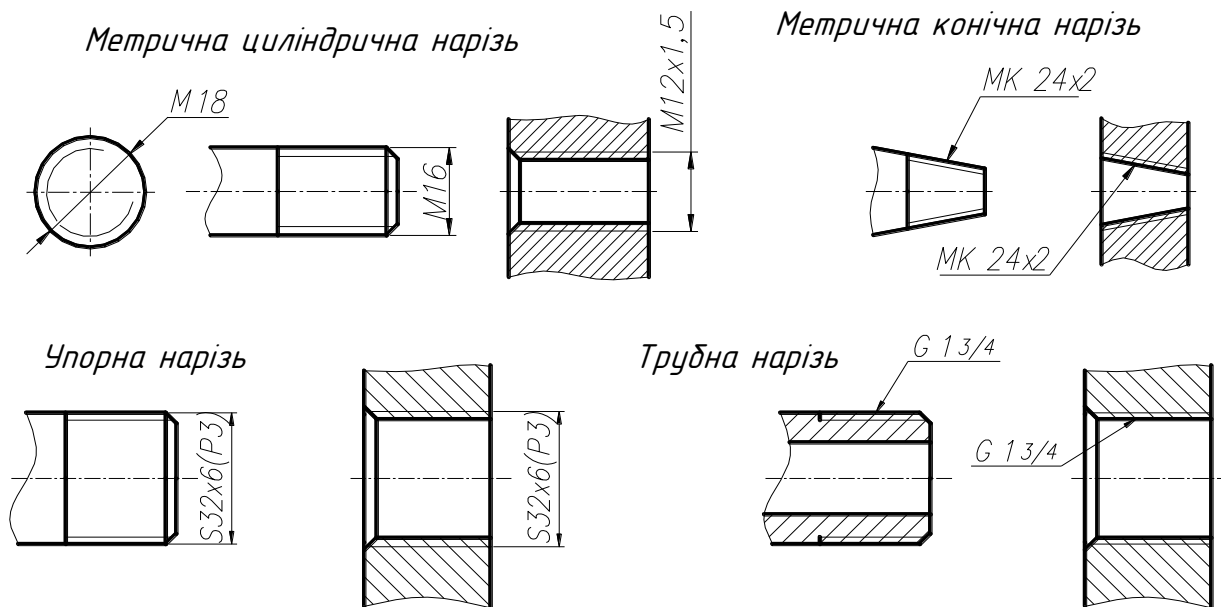


Рис. 6.4. Приклади позначення нарізі на креслениках

У нарізевому з'єднанні показують лише ту частину нарізі в отворі, яка не закрита нарізною гвинта. Дозволяється не показувати деякі дрібні конструктивні елементи: фаски, скруглення, проточки тощо. На рис. 6.5, в дано зображення з'єднання гвинта (деталь поз. 1, рис. 6.5, а) та гайки (деталь поз. 2, рис. 6.5, б).

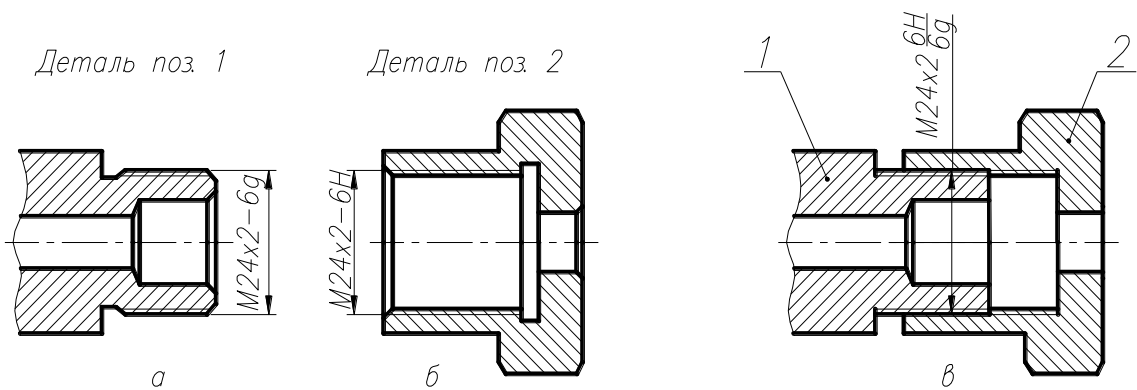


Рис. 6.5. Зображення нарізи у з'єднанні

### 6.2.1.3. З'єднання болтом

Болтове з'єднання складається з болта, гайки, шайби (рис. 6.6, а) та деталей, які скріплюються. Болт має вигляд стрижня з нарізкою для гайки на одному кінці і головкою на іншому (рис. 6.6, б). Для болтового з'єднання на обох деталях виконують гладкі наскрізні отвори (рис. 6.6, в).

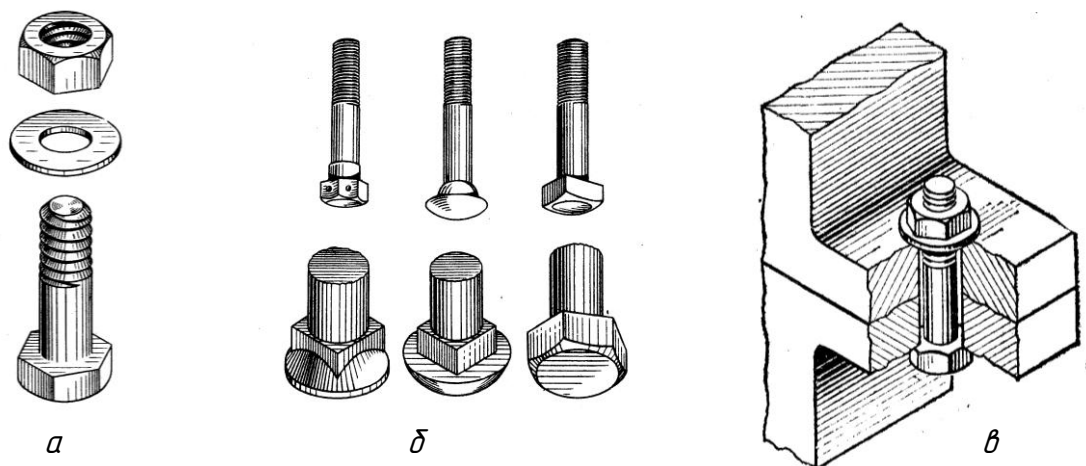


Рис. 6.6. З'єднання болтом

### 6.2.1.4. З'єднання шпилькою

Шпилька має вигляд циліндричного стрижня, на одному кінці якого є нарізь для загвинчування шпильки в одну із з'єднуваних деталей, а на іншому – нарізь для нагвинчування гайки (рис. 6.7, а).

З'єднання шпилькою застосовують тоді, коли одна із з'єднуваних деталей має велику товщину. Таке з'єднання виконують за допомогою шпильки, шайби та гайки (рис. 6.7, б).

В одній із з'єднуваних деталей свердлять глухий циліндричний отвір  $d_1=0,85d$ , де  $d$  – номінальний діаметр шпильки. В отворі нарізають нарізь (рис. 6.7, в). Шпильку посадочним кінцем загвинчують у нарізевий отвір і на інший кінець вільно одягають другу скріплювану деталь, в якій просвердлено отвір під шпильку. Зверху деталі на шпильку надягають шайбу та нагвинчують гайку.



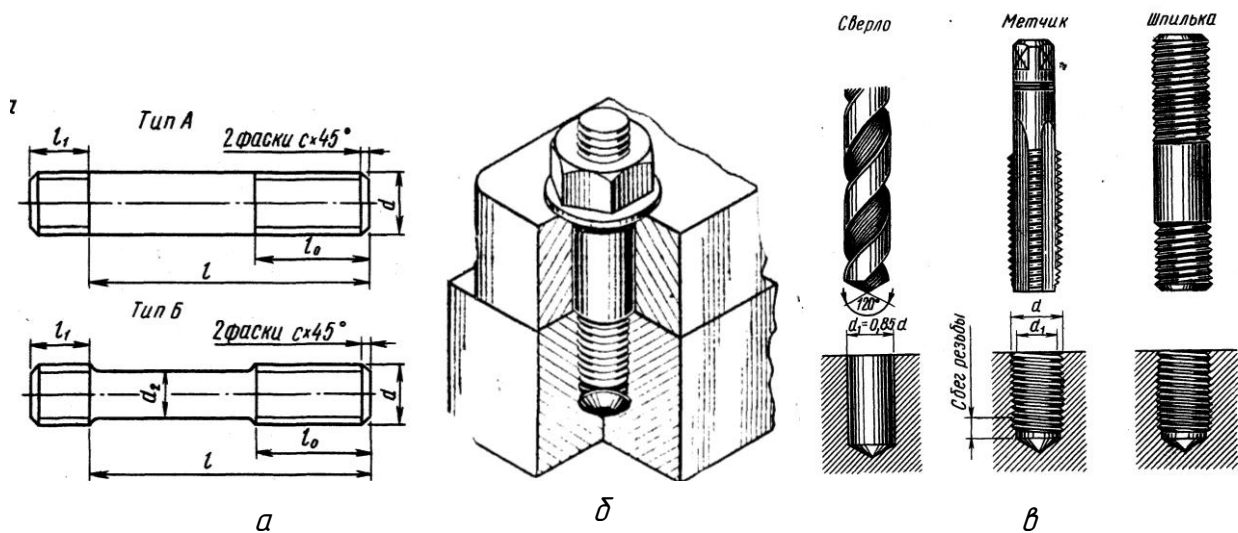


Рис. 6.7. З'єднання шпилькою

### 6.2.2. Шпонкові і шлицьові з'єднання

Елементами шпонкового з'єднання є вал, колесо, шпонка (рис. 6.8, а). Шпонкові з'єднання забезпечують передачу крутного моменту (призматичні та сегментні шпонки) або крутного моменту і осевого зусилля (клинові шпонки) між валом і колесом (маховиком). На зображенні шпонкового з'єднання в поздовжньому розрізі шпонка і вал умовно не розрізаються, шпонковий паз вала показується за допомогою місцевого розрізу (рис. 6.8, б).

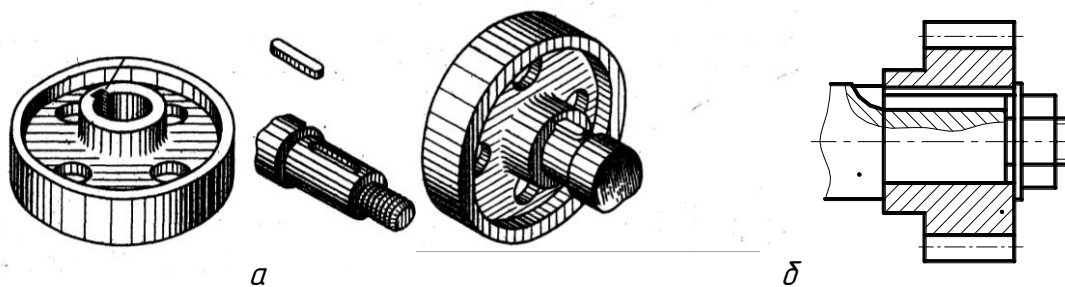


Рис. 6.8. Шпонкове з'єднання

Шлицьові з'єднання (рис. 6.10, а) застосовуються для передачі значних крутільних моментів, забезпечують добре центрування колеса і вала. На зображенні шлицьового з'єднання в поздовжньому розрізі показують лише ту частину виступів отвору, яка не закрита валом (ГОСТ 2.409-74). Радіальний зазор між зубцями вала і впадинами отвору не показують (рис. 6.10, б).

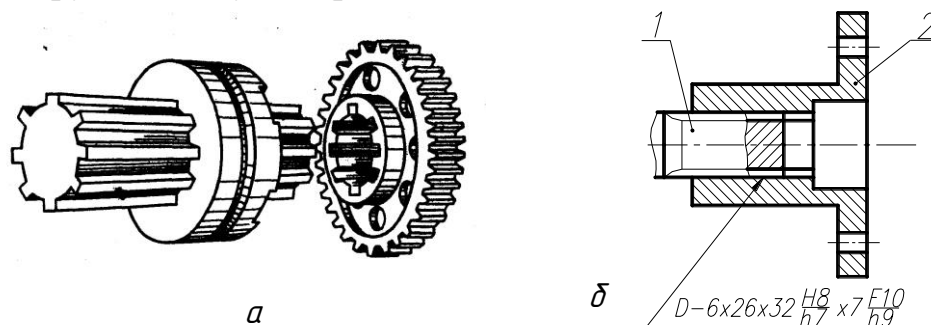


Рис. 6.10. Шлицьове з'єднання

## 6.2.3. Нерознімні з'єднання

### 6.2.3.1. Зварні з'єднання

Зварні з'єднання є найбільш поширеними нерознімними з'єднаннями. Вони утворюються при розплавленні металу в зоні стику і його подальшому затвердінню.

За способом взаємного розміщення деталей, які зварюються, зварні шви поділяють на стикові (С), кутові (У), таврові (Т), внапусток (Н) (рис. 6.11).

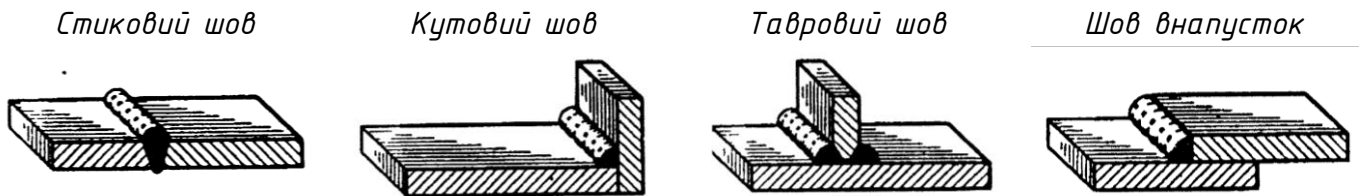


Рис. 6.11. Типи зварних швів

Для позначення типу зварного шва від його зображення проводять лінійно-виноску, що починається односторонньою стрілкою (рис. 6.12). Для видимого шва над поличкою, а для невидимого – під поличкою записують необхідні параметри стандартного зварного шва:

- номер стандарту на тип і конструктивні елементи зварного шва (для ручного електродугового зварювання – ГОСТ 5264-80);
- літерно-цифрове позначення шва за цим стандартом (Додаток Е);
- спосіб виконання зварювання (можна не зазначати);
- знак і розмір катета шва;
- знак і параметри переривчастих швів.

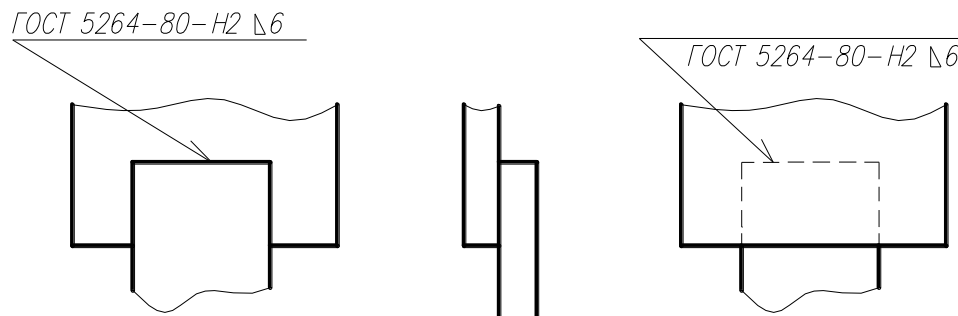


Рис. 6.12. З'єднання зварюванням

### 6.2.3.2. Паяні і клеєні з'єднання

Пайка використовується для з'єднання дрібних деталей як однорідних, так і з різних металів (електротехніка та приладобудування). Деталі з'єднуються завдяки розплавленню та охолодженню припою (рис. 6.13).

Склеювання використовується для з'єднання деталей з листового матеріалу, гнутих профілів, труб тощо (рис. 6.14).

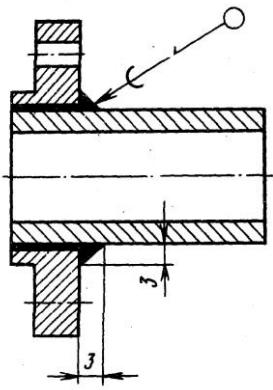


Рис. 6.13. Паяне з'єднання

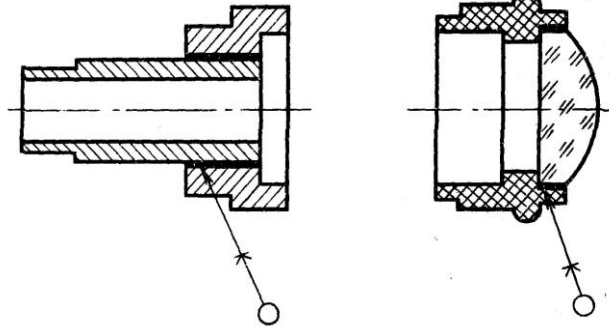


Рис. 6.14. Клејове з'єднання

### 6.2.3.3. Заклепкові з'єднання

Заклепочні шви виконують за допомогою заклепок. Заклепка, як деталь, являє собою циліндричний стрижень з головкою на одному кінці. У скріплюваних деталях свердять отвір, діаметр якого дорівнює  $1,05$  діаметра заклепки, в отвір вставляють стрижень заклепки та розклепують виступаючу частину стрижня до утворення замикальної головки (рис. 6.15).

Довжину стрижня заклепки приблизно визначають за формулою  $l=2\delta+1,5d$  та приймають найближчу довжину стандартного ряду.

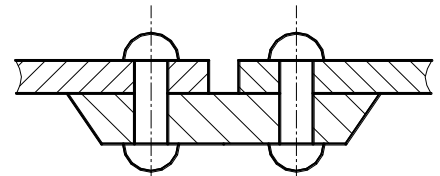


Рис. 6.15. Заклепкове з'єднання

### Запитання для самоперевірки

1. Які рознімні та нерознімні з'єднання найбільше застосовують у техніці?
2. Що називають наріззю?
3. У чому відмінність між кроком нарізі і ходом нарізі?
4. Які види нарізі розрізняють залежно від її призначення?
5. Яку форму профілю мають кріпильні нарізі?
6. Які основні види кріпильних деталей? Яке їх призначення?
7. Як позначають стандартні болти, гвинти, шпильки?
8. Які отвори в деталях виконують під з'єднання болтом? шпилькою?
9. Яке призначення шпонкових з'єднань? шліцьових з'єднань?
10. Який вид нерознімних з'єднань є найбільш поширеним?
11. За якими ознаками класифікують зварні шви?
12. Як умовно зображують та позначають зварні шви на креслениках?
13. Як умовно позначають з'єднання паянням, склеюванням і зшиванням?
14. Як виконують заклепкове з'єднання?

### 6.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Розшифрувати умовні позначення кріпильних виробів:

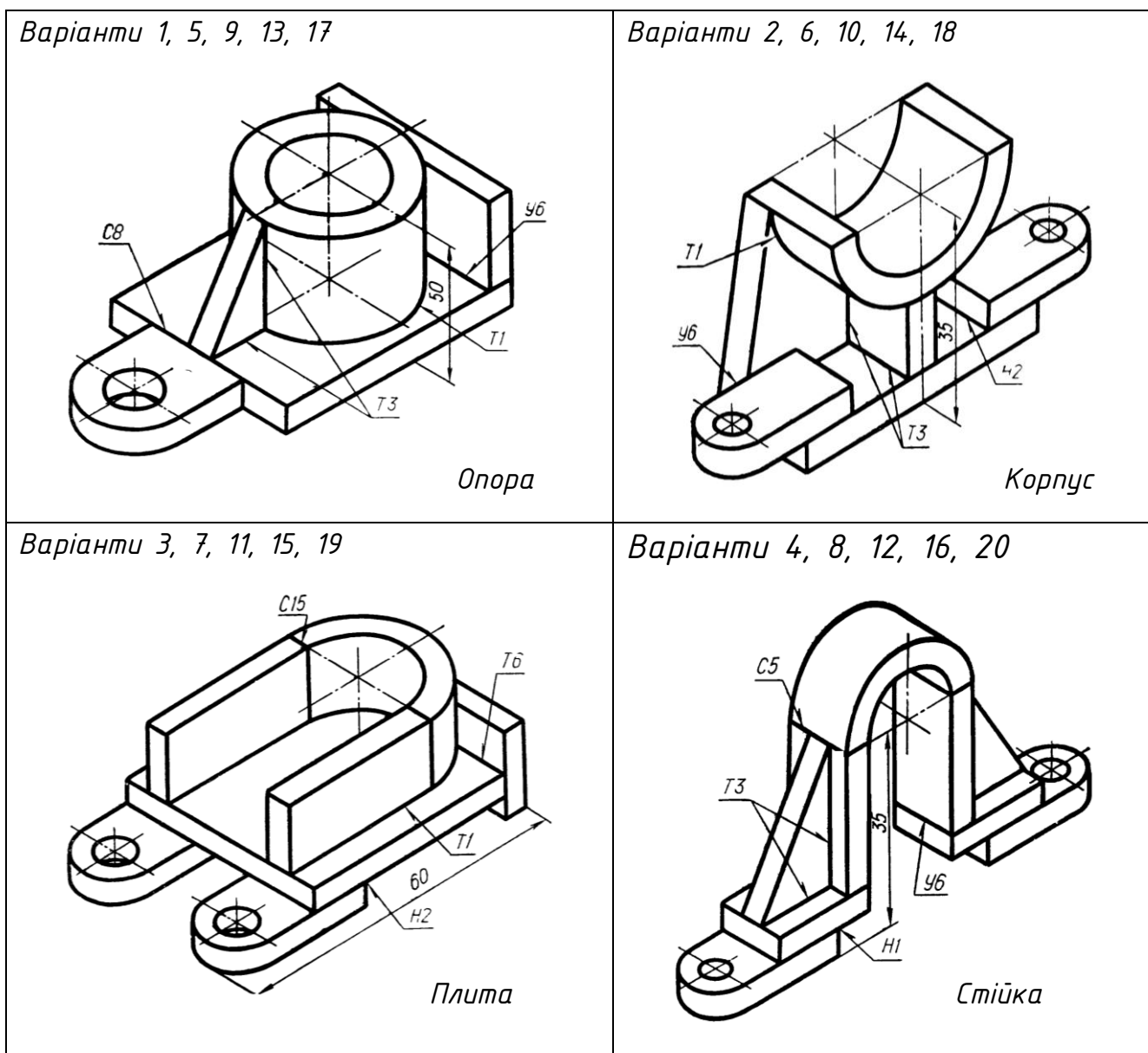
Болт 2М12х60-6gx40.58.10.01,6 ГОСТ 7798-70;

Гайка 2М12х1,25-6Н.12.40Х.016 ГОСТ 5915-70;

Шайба 10 65Г ГОСТ 6402-70.

2. За допомогою виносних елементів зобразити форму поперечного перерізу кожного зварювального шва зварного виробу (за варіантами). Вважати, що всі шви виконані ручним електродуговим зварюванням. Виріб-завдання перекреслювати не потрібно.

Основні типи зварювальних швів (за ГОСТ 5264-80) надані у додатку Е.



#### 6.4. ЗАВДАННЯ 6 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «НАРІЗЕВІ З'ЄДНАННЯ»

Накреслити болтове з'єднання і з'єднання шпилькою. Розміри з'єднаних деталей та діаметри кріпильних виробів взяти з табл. 6.1 за варіантами.

Таблиця 6.1.

Варіанти завдань для виконання з'єднань

Варіант	Товщина елементів, з'єднаних болтом $L$ , мм	Діаметр болта $d_b$ , мм	Товщина елемента, з'єднаного шпилькою $L_1$ , мм	Діаметр шпильки $d_{ш}$ , мм
1	50	16	30	22
2	60	14	35	20
3	70	18	40	18
4	50	20	30	16
5	60	22	35	22
6	70	14	40	20
7	50	16	30	18
8	60	18	35	16
9	70	20	40	22
10	50	22	30	20
11	70	14	35	22
12	50	16	40	20
13	60	18	30	18
14	70	20	35	16
15	50	22	40	22
16	50	16	30	22
17	60	14	35	20
18	70	18	40	18
19	50	20	30	16
20	60	22	35	22

Конструкція з'єднаних елементів надана на рис. 6.16 і 6.17.

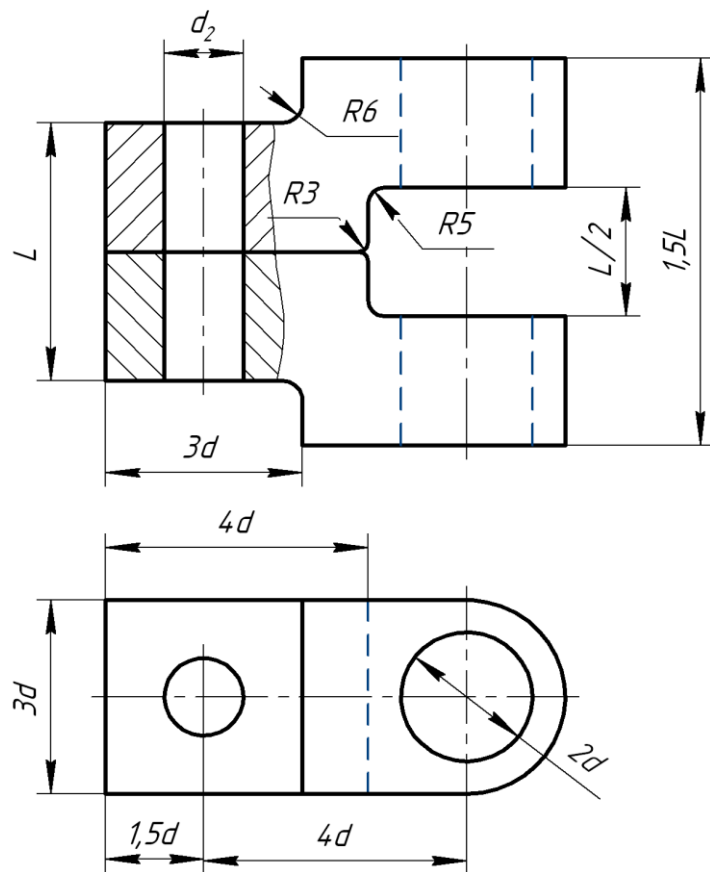


Рис. 6.16. Деталі для з'єднання болтом

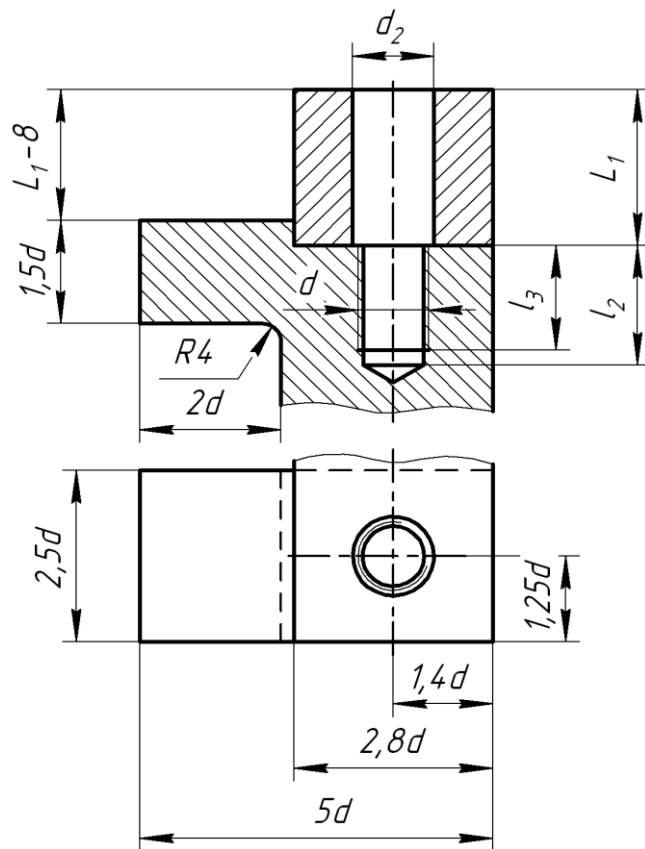


Рис. 6.17. Деталі для з'єднання шпилькою

### Настанови щодо виконання завдання

З'єднання деталей болтом і шпилькою потрібно накреслити в двох проекціях (фронтальний розріз і вигляд зверху) за розмірами, показаними на рис. 6.18 і 6.19.

Ці розміри розраховуються залежно від заданих в таблиці 6.1 діаметрів болта  $d_b$  і шпильки  $d_w$  та товщин  $L$  і  $L_1$  з'єднуваних елементів. Так, наприклад, довжину болта і шпильки треба прийняти  $L+1,5 d_b$  для болта і  $L+1,5 d_w$  – для шпильки, округливши отримане значення до величини, кратної 5 мм при довжині  $l \leq 80$  мм і кратної 10 мм при довжині  $l > 80$  мм.

Усі інші розміри болта, шпильки, гайки і шайби, показані на рис. 6.18 і 6.19, приймаються залежно від заданого значення діаметра  $d$  болта чи шпильки на підставі наступних співвідношень:  $d_1 = 0,85d$ ;  $d_2 = d + 2$  мм;  $D = 2d$ ;  $H = 0,8d$ ;  $h = 0,7d$ ;  $D_w = 2,2d$ ;  $S = 0,15d$ ;  $l_0 = 2d + 6$  мм;  $l_1 = 1,25d$  (цей розмір залежить від матеріалу деталі, в яку вгвинчується шпилька; значення  $l_1 = 1,25d$  приймають для деталей, виготовлених із сірого чавуну). Глибина гнізда під шпильку буде  $l_2 = l_1 + 0,5d$ .

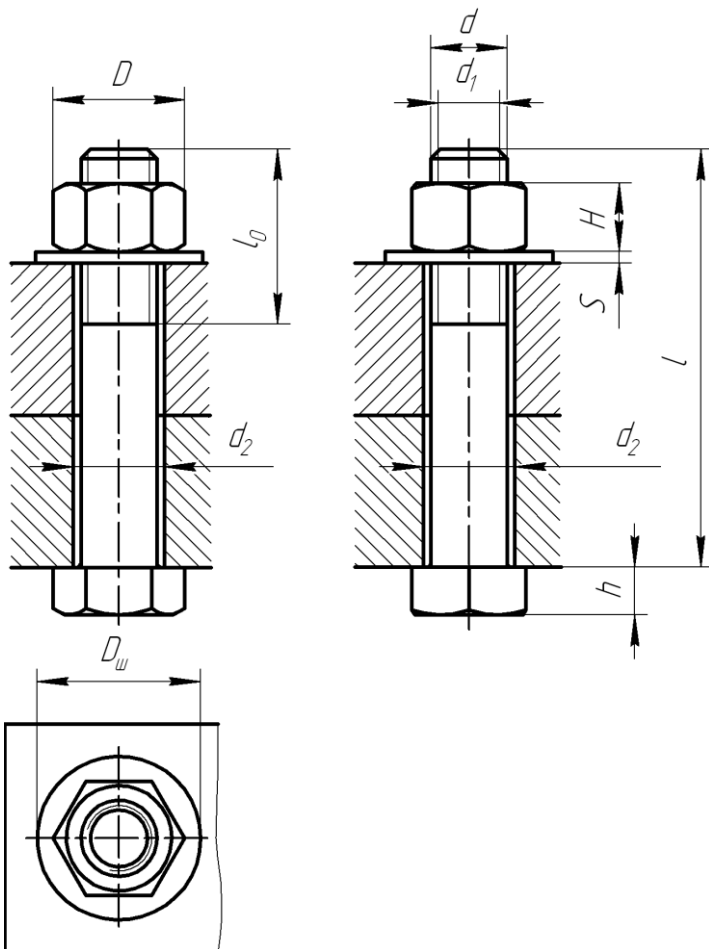


Рис. 6.18. Болтове з'єднання

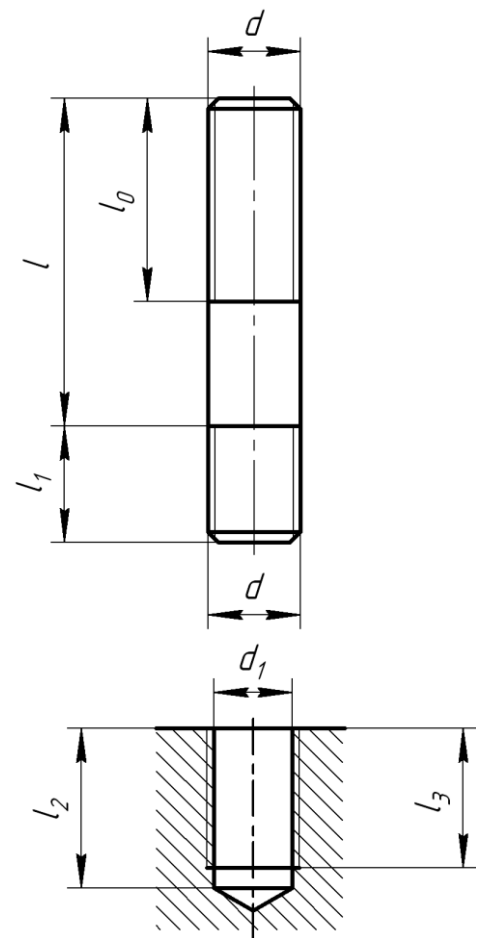


Рис. 6.19. Шпилька і гніздо під шпильку

Приклад виконання завдання б надано на рис. 6.20.

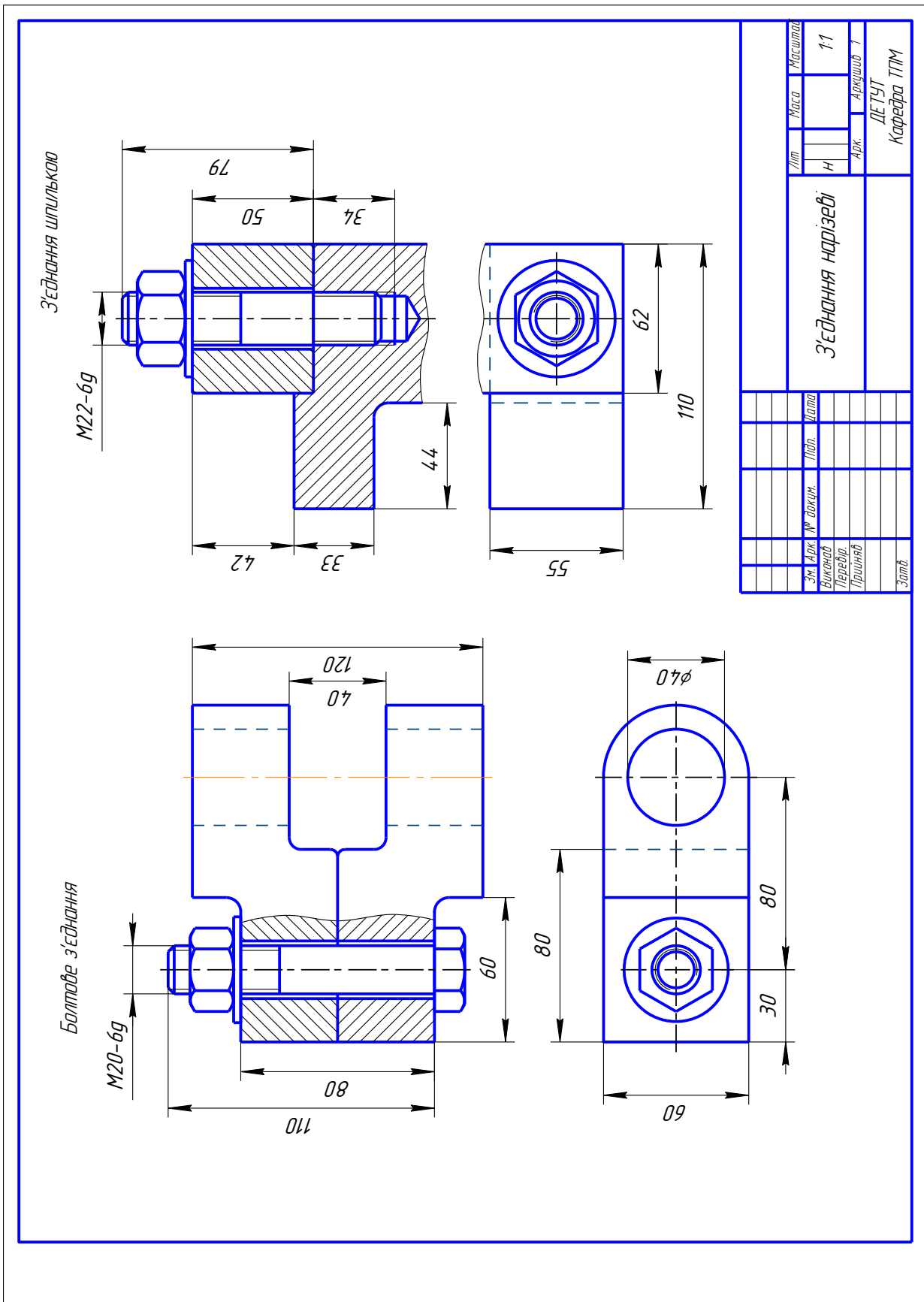


Рис. 6.20. Приклад виконання завдання 6 «Нарізеви з'єднання»



## ТЕМА 7. КРЕСЛЕНИКИ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ

За результатами вивчення теми студент повинен знати основні правила виконання креслеників складальних одиниць, схем та будівельних креслеників; вміти читати кресленики загального вигляду вузла чи механізму, виділяти із кресленика загального вигляду (складального кресленика) та зображати окремі нестандартні деталі; оволодіти навичками читання та детюлювання креслеників загального вигляду та читання схем.

*Література:* [1] с. 209...216; 226...240.

### 7.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

Інженерам багатьох експлуатаційних спеціальностей часто доводиться читати або виготовляти кресленики складальних одиниць, схем, будівельних конструкцій. Це пояснюється насамперед плануванням технологічного процесу, розміщенням технологічного обладнання, плануванням реконструкції виробничих приміщень, необхідністю вибору або замовлення певних проектів.

Кожен вид графічного документу (машинобудівні кресленики, схеми, будівельні кресленики) виконується за певними правилами, викладеними у державних стандартах та окремих нормативних документах. При вивченні правил виконання різних графічних документів треба звернути увагу на відмінності у цих правилах.

Основними графічними документами на складальну одиницю (виріб) є кресленики загального виду та складальні кресленики. Особливості виконання цих креслеників обумовлені їхнім призначенням — кресленик загального вигляду є основою для розробки складального кресленика, специфікації і робочих креслеників деталей, а складальний кресленик призначений для складання (виготовлення) та контролю вузла чи механізму.

Читання кресленика загального виду починають з ознайомлення із конструкцією виробу та принципом його дії. Під читанням кресленика розуміють визначення форми, розмірів, взаємного розташування, способу з'єднання деталей, їх взаємодія та призначення у виробі.

Деталювання – це процес виконання робочих креслеників деталей за креслеником загального виду. Деталювання вимагає вміння читати кресленики, знання всіх умовностей та спрощень, що використовуються при виконанні креслеників загального вигляду, а також вміння виконувати та оформлювати робочі кресленики деталей.

При вивченні теми відмітьте особливості в оформленні будівельних креслеників порівняно з іншими видами технічних креслеників: у обводці ліній кресленика – на будівельних креслениках не всі видимі контури обводять суцільною основною лінією, а лише ті, які за змістов даного кресленика потрібно виділити. Є особливості в нанесенні розмірів, наприклад, розмірні лінії обмежують засічками, а не стрілками, розмірні ланцюжки не розривають тощо.

## 7.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 7.2.1. Конструкторські документи на складальні одиниці (вироби)

До конструкторських документів, згідно ГОСТ 2.101-68, належать графічні та текстові документи, що визначають склад та будову виробу і мають необхідні відомості для його розробки або виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту.

#### 7.2.1.1. Види і комплектність конструкторської документації

*Специфікація* є основним текстовим конструкторським документом на складальну одиницю (виріб). Вона визначає зміст складальної одиниці, комплексу та комплексу. Загалом специфікація містить таку послідовність розділів: документація, комплекси, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали, комплекти. Розділи визначаються складом виробу. Форму і порядок заповнення специфікації встановлює ГОСТ 2.106-96.

*Кресленики загального вигляду (ОВ)* є проектними конструкторськими документами і розробляються на стадіях технічної пропозиції, ескізного та технічного проектів. Такий кресленник є основою для розробки складального кресленника, специфікації і робочих кресленників деталей.

*Складальний кресленник (СБ)* належить до робочої конструкторської документації. Ця документація розробляється після виконання кресленника загального вигляду і кресленників окремих деталей. Кресленник призначений для складання (виготовлення) виробу.

*Габаритний кресленник (ГЧ)* – документ, який складається з контурного (спрощеного) зображення виробу з габаритними, установочними і приєднувальними розмірами.

*Монтажний кресленник (МЧ)* – документ, який вміщує контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, потрібні для його встановлення (монтажу) на місці застосування. Вимоги до монтажного кресленника встановлює ГОСТ 2.109-73.

#### 7.2.1.2. Кресленник загального вигляду

Кресленник загального вигляду повинен мати зображення складальної одиниці, яке дає повне уявлення про її склад, принцип дії та особливості конструкції її складових частин. Відомості, потрібні для виготовлення деталей та здійснення складання виробу, як правило, на цих кресленниках не наводять.

Кресленник загального вигляду згідно з ГОСТ 2.119-73 повинен мати:

1) зображення виробу (вигляди, розрізи, перерізи), текстову частину і написи, необхідні для розуміння конструктивної будови виробу, взаємодії його складових частин і принципу дії;

2) найменування і позначення складових частин виробу;

3) розміри та інші дані, які наносяться на зображення;

4) вказівки про вибрані посадки деталей;

5) схему, якщо вона потрібна;

6) технічні вимоги до виробу;

7) технічні характеристики виробу.

Зображення на кресленнику ОВ виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими стандартами ЕСКД для робочих кресленників. Якщо на кресленнику ОВ складанної одиниці зрозуміла конструкція, взаємодія деталей та принцип роботи, то елементи складових частин виробу зображують спрощено.

На кресленнику всі складові частини виробу нумерують відповідно до номерів позицій, указаних у специфікації складальної одиниці. Номери позицій проставляють на поличках ліній-виносок, які проводять від зображень складових частин виробу.

У технічній характеристиці виробу зазначають його основні параметри (робочий хід, тиск, продуктивність, частота обертання тощо), а також габаритні розміри. Записують її над технічними вимогами колонкою.

### **7.2.1.3. Складальний кресленик**

Складальний кресленик містить зображення складальної одиниці й інші дані, необхідні для її складання (виготовлення) і контролю. Вимоги до складального кресленника встановлює ГОСТ 2.109-73.

Згідно з ГОСТ 2.109-73 складальний кресленик повинно мати:

1) зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розміщення та взаємні зв'язки складових частин виробу й надає змогу виконувати, складати і контролювати складальну одиницю;

2) вказівки про характер спряження і методи його виконання;

3) номери позицій складових частин виробу;

4) розміри з граничними відхиленнями та інші параметри й вимоги, що мають бути виконані та проконтрольовані за цим складальним кресленником;

5) габаритні розміри виробу;

6) установлювальні, приєднувальні й інші необхідні довідкові розміри.

До складального кресленника додається специфікація, в яку заносять складові частини, що входять у виріб, і розроблені до нього конструкторські документи.

Необхідна кількість зображень складальної одиниці визначається її складністю. Вона має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про будову виробу. Зображення виконують і оформляють згідно з ГОСТ 2.305-68.

### **7.2.2. Схеми**

Схеми – це спеціальні кресленники, що містять умовні зображення складових частин виробів та зв'язків між ними.

Схеми використовують у різноманітних галузях промисловості як робочу конструкторську документацію, що супроводжує складання, регулювання та контроль виробів електроніки, радіотехніки, сантехніки, вентиляції тощо, а також пояснює принцип дії механізмів і пристроїв.

Залежно від виду елементів і зв'язків між ними схеми поділяють на електричні (*Э*), гідравлічні (*Г*), пневматичні (*П*), кінематичні (*К*), комбіновані (*С*), поділу (*Е*), а залежно від змісту – на структурні (*1*), функціональні (*2*), принципові (*3*), монтажні (*4*), підключення (*5*) та ін. (ГОСТ 2.701-84).

Код схеми містить літерне та цифрове позначення згідно із зазначеною класифікацією.

### 7.2.2.1. Кінематичні схеми

Правила виконання кінематичних схем подано в ГОСТ 2.703-68. Найпоширенішими є схеми передач редукторів, коробок, верстатів. Умовні графічні позначення деталей для кінематичних схем встановлені ГОСТ 2.770-68. Крім цього, застосовують текстові та цифрові написи. Вали нумерують римськими цифрами в порядку передачі руху, рахуючи від двигуна; для шківів задають діаметр і ширину, для зубчастих коліс – модуль і число зубців, для ходових гвинтів – число заходів і напрям різьби. Біля електродвигуна зазначають його потужність і кількість обертів за хвилину (рис. 7.1).

Номерами позицій позначають складові елементи схеми, а їхні найменування записують у таблиці переліку.

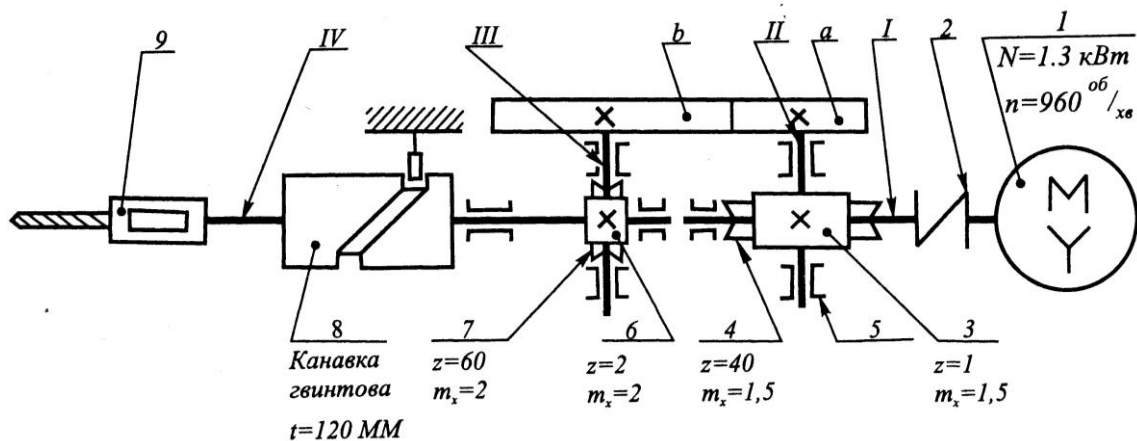


Рис. 7.1. Схема кінематична принципова

### 7.2.2.2. Електричні схеми

Правила виконання електричних схем подано в ГОСТ 2.702-75. Умовні графічні позначення елементів на схемах виконують за ГОСТ 2.721-74, ГОСТ 2.758-81. Умовні позначення елементів, які входять до одного ланцюга, розміщують послідовно вздовж прямої, а окремі ланцюги – поряд, утворюючи рядки або стовпці. Різні функціональні ланцюги на одній схемі можна виконувати лініями різної товщини.

Кожен елемент повинен мати позиційне позначення, що складається з літерного коду латинським шрифтом та цифрового (порядкового) номера і задається в межах даної схеми чи виробу. Літерний код вказує на вид елемента або пристрою. Наприклад, *C* – конденсатор; *F* – захисний елемент або пристрій; *G* – генератор; *K* – реле електромагнітне, пускач; *L* – котушка індуктивності; *M* – електродвигун; *P*, *PA*, *PV* – прилади вимірювальні; *R* – резистор; *T* – трансформатор і т. д.

Порядковий номер позиційного позначення надається пристрою чи елементу відповідно до його розміщення на схемі (зверху вниз, зліва направо).

Перелік елементів записують групами в алфавітному порядку літерних кодів. У кожній групі елементи розміщують у порядку зростання номерів (рис. 7.2).

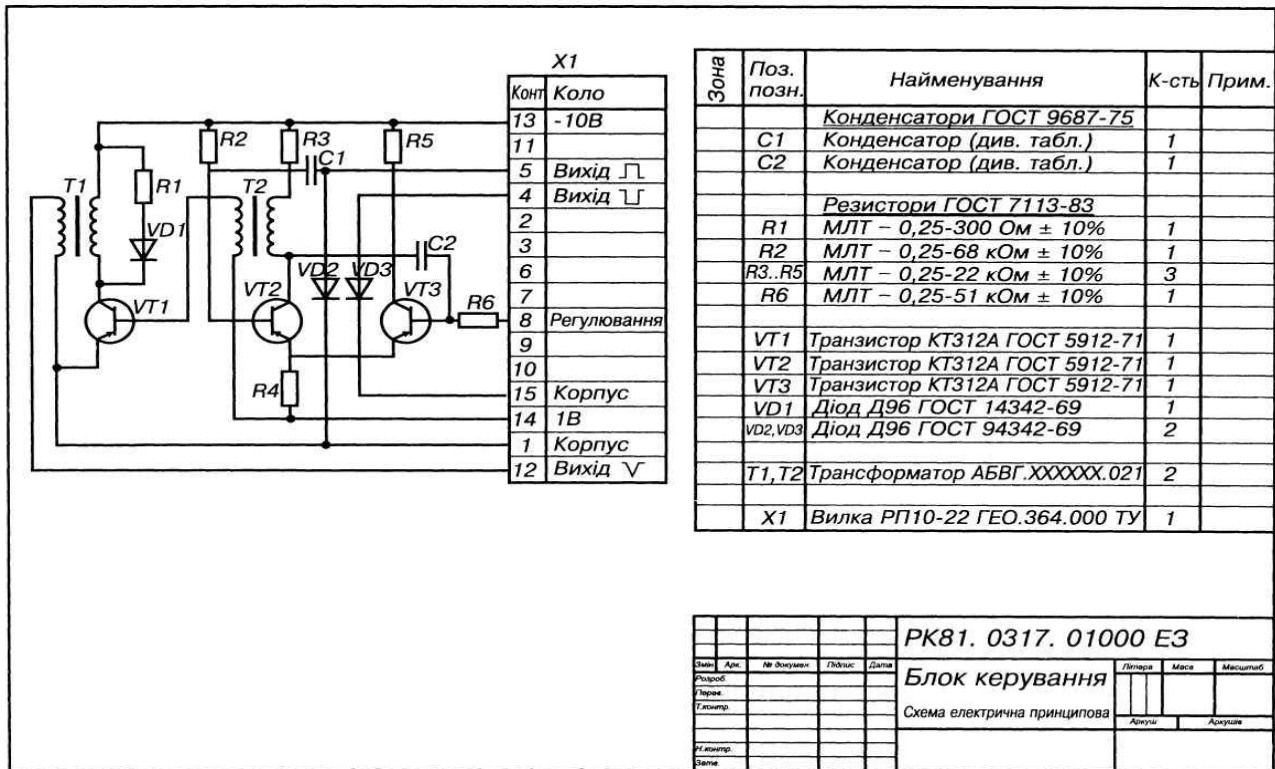


Рис. 7.2. Схема електрична принципова

### 7.2.2.3. Гідралічні та пневматичні схеми

Правила виконання гідралічних і пневматичних схем встановлені ГОСТ 2.704-76.

У гідралічних схемах застосовують умовні позначення насосів, гідродвигунів, гідроапаратів. Гідралічні принципові схеми можуть бути двох видів: функціональні, де з'ясовується функціональне призначення кожного апарата без показу його конструктивних особливостей, та конструктивні, де ілюструються конструктивні особливості й будова гідралічних апаратів.

Система символічних і умовних позначень гідроапаратури включає: гідроприводи та їх з'єднання; апаратуру насоса, силових циліндрів і гідромоторів; апаратуру регулювання тиску, витрати рідини, розподілу її потоку та ін. Вона регламентується рядом стандартів, зокрема ГОСТ 2.780-68.

Крім зображень, принципові гідралічні схеми містять технічні дані насосів: модель, продуктивність, тиск, кількість обертів за хвилину, потужність електродвигунів. У технічних даних гідроапаратів зазначають приєднувальні розміри, умовні проходи, тиск, допустиму витрату рідини.

Усім елементам і пристроям надаються номери, необхідні дані записують у таблицю переліку, яку виконують на одному аркуші зі схемою або як окремий документ.

Пневматичні схеми відрізняються від гідралічних апаратами, арматурою та їхніми позначеннями.

## 7.2.3. Будівельні кресленики

### 7.2.3.1. Проектна документація для будівництва

За змістом будівельні кресленики поділяють на архітектурно-будівельні (кресленики будинків, цехів, вокзалів тощо) та інженерно-будівельні (кресленики доріг, гребель, гідротехнічних споруд).

Об'єкт проектують зазвичай в три етапи: складання техніко-економічного обґрунтування будівництва; складання проектного завдання; розробка проектною документації.

Технічний проект містить розробки планів, фасадів, розри будівлі (без деталізації конструкції) та техніко-економічні показники. Виконуючи робочі кресленики, уточнюють і деталізують рішення, розроблені в технічному проекті.

### 7.2.3.2. Зображення на будівельних креслениках

**Плани будівель.** Виконання будівельного кресленика починають з плану. Це зображення, яке дістають після умовного перетину будівлі горизонтальною площиною. Плани виконують для кожного поверху окремо.

**Розрізи будівель.** Січну площину для розрізу вибирають так, щоб у зображенні були прорізи вікон, зовнішніх воріт, дверей. У розрізі зображають тільки елементи, розміщені безпосередньо за січною площиною.

**Фасади будівель.** Фасад є проекцією будівлі на фронтальну або профільну площину проєкцій і має давати уявлення про зовнішній вигляд будівлі.

На рисунку 7.3 подано план, фасад та розріз С-С станції технічного обслуговування автопарку.

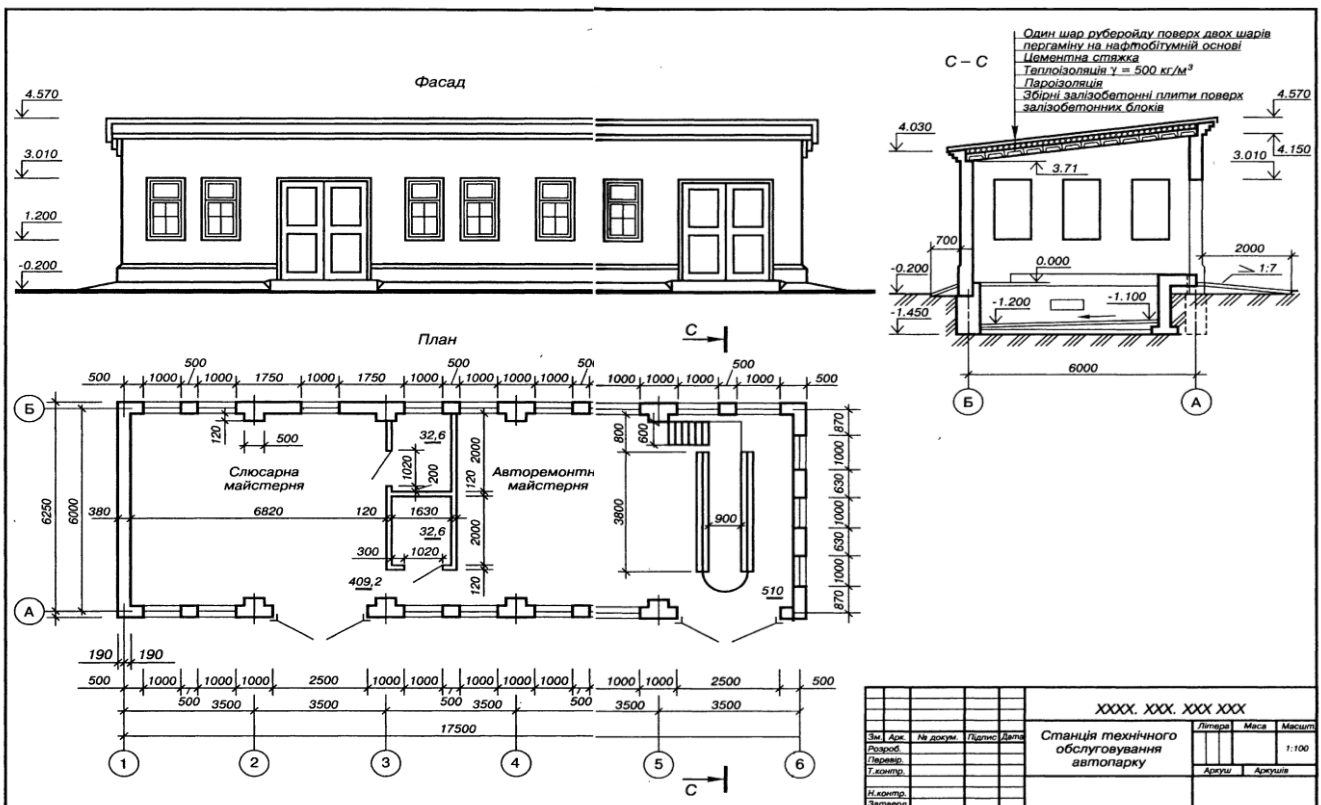


Рис. 7.3. Будівельний кресленик

### Запитання для самоперевірки

1. Які кресленики називають креслениками загального вигляду? Чим вони відрізняються від складальних креслеників?
2. Яка інформація може бути отримана з кресленика загального вигляду?
3. Які основні етапи деталювання креслеників загального вигляду?
4. Які умовності та спрощення при зображенні деталей на кресленнику загального вигляду вимагають розробки подробиць на робочому кресленнику?
5. Які бувають схеми залежно від виду елементів та зв'язків між ними?
6. Назвати види схем залежно від змісту.
7. Що включає позначення елементів на схемах?
8. Як оформляють таблицю переліку елементів?
9. Як вибирають і зображують умовні графічні позначення елементів?
10. Що входить до складу робочої документації на виконання будівельних та монтажних робіт?
11. Які масштаби застосовують у будівельному кресленні?
12. У чому особливості нанесення розмірів на будівельних креслениках?
13. Які розміри називають позначками рівнів?
14. Що таке план будинку і в чому його призначення? Для яких цілей виконують розрізи будинку? Що дає кресленик фасаду будинку?

### 7.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Розглянути схему кінематичну принципальну (КЗ) електромеханічної малогабаритної силової установки для свердлування отворів малих діаметрів, подану на рис. 7.1. Описати за схемою принцип роботи установки.

2. Розглянути схему електричну принципову (ЕЗ) блоку керування, подану на рис. 7.2. Визначити, які елементи виробу мають позиційні позначення **T2**, **R5**, **VT3**.

3. Розглянути будівельний кресленик марки АР (архітектурні рішення), поданий на рис. 7.3. Відмітити на кресленнику основні конструктивні елементи будівлі: фундамент, стіни, перекриття, покриття, сходові клітки, дверні і віконні блоки. Визначити їх положення за розмірною прив'язкою до координаційних осей.

Проаналізувати особливості нанесення розмірів на будівельному кресленнику порівняно з машинобудівними креслениками: повторюваність розмірів одного елемента на різних зображеннях, використання засічок замість стрілок, відступ виносних ліній від контура зображення.

За позначками рівня визначити висоту розміщення конструкцій будівлі над рівнем умовної «нульової» позначками.

## 7.4. ЗАВДАННЯ 7 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ «ЧИТАННЯ І ДЕТАЛЮВАННЯ КРЕСЛЕНИКА ЗАГАЛЬНОГО ВИГЛЯДУ»

Прочитати кресленик загального вигляду. Виконати робочий кресленик однієї з деталей, що входять до складу виробу. Дані для свого варіанту взяти з табл. 7.1 і рис. 7.4 – 7.8.

Таблиця 7.1

Завдання для читання та деталювання кресленика

Варіант	Номер рисунок	Позиція для деталювання	Варіант	Номер рисунок	Позиція для деталювання
1	7.4	3	11	7.4	9
2	7.5	4	12	7.5	10
3	7.6	6	13	7.6	4
4	7.7	12	14	7.7	3
5	7.8	1	15	7.8	8
6	7.4	8	16	7.4	3
7	7.5	5	17	7.5	4
8	7.6	3	18	7.6	6
9	7.7	6	19	7.7	12
10	7.8	7	20	7.8	1

Перелік деталей, що входять до складальних одиниць, та короткі відомості про їх улаштування та роботу:

**Обойма блоку** (рис. 7.4). *Деталі:* **1** – обойма; **2** – блок, **3** – вісь; **4** – кільце, **5** – кільце (2 шт.), **6** – вісь, **7** – щока, **8** – траверса, **9** – скоба, **10** – кільце. *Стандартні вироби:* **11** – шплінт 4x22 ГОСТ 397-79; **12** – гвинт М10x8 ГОСТ 1477-93; **13** – гайка М30 ГОСТ 5915-70; **14** – гайка М18 ГОСТ 5915-70, **15** – шайба 18 ГОСТ 11371-78; **16** – шплінт 2x25-001 ГОСТ 397-79.

Обойма блоку призначена для підвішування до підйомного канату. Вона має відкидну щоку **7**, яка може повертатися навколо осі **6**. Це дозволяє зручно запровадити канат або трос в обойму блоку **2**. Вантажозахватна скоба **9** вільно підвішена до траверси **8** з різьбою на кінці для гайки **13**. Блок **2** обертається на осі **3**, усередині якої є канали, які через отвір, що закривається гвинтом **12**, заповнюються густим (консистентним) мастилом.

**Форсунка** (рис. 7.5). *Деталі:* **1** – корпус, **2** – сопло, **3** – гайка, **4** – ніпель, **5** – гайка накидна, **6** – маховичок, **7** – гайка, **8** – конус, **9** – трійник, **10** – ніпель. *Стандартні вироби:* **11** – гайка М12 ГОСТ 5915-70.

Форсунка призначена для розпилювання рідкого палива при спалюванні його в топках котлів. Паливо поступає у форсунки через ніпель **10**, одночасно через ніпель **4** подається пара або стисле повітря. По каналу в соплі **2** пара спрямовується до виходу. На виході з сопла вона підхоплює паливо і розпилює його. Кількість палива, що подається, можна змінювати, регулюючи величину зазору між конічними поверхнями сопла **2** і корпусу **1**. Досягається це обертанням маховичка **6**, посадженого на стрижень сопла **2**.



**Насос плунжерний** (рис. 7.6). *Деталі:* 1 – корпус, 2 – плунжер, 3 – направляюча, 4 – клапан всмоктуючий, 5 – кулька (2 шт.), 6 – гайка накидна (2 шт.), 7 – пружина, 8 – пружина, 9 – втулка (2 шт.), 10 – клапан нагнітальний. *Стандартні вироби:* 11 – прокладка П 48x72x2.5МНЗ 138–62.

Плунжерний насос служить для приведення в рух мастила в системі змащування. Плунжер 2 рухається поворотно-поступально. При підйомі плунжера в корпусі 1 утворюється розрідження і мастило засмоктується через отвір всмоктуючого клапана 4. Кулька 5 при цьому переміщується вліво, стискаючи пружину 8. При опусканні плунжера 2 тиск мастила в порожнині корпусу збільшується, кулька притискається до отвору всмоктуючого клапана 4 і перекриває його. Одночасно відкривається з лівого боку нагнітальний клапан 10. Мастило під тиском проходить у нагнітальний трубопровід. Корпус 1 приєднується до баку для мастила двома болтами (на кресленіку не показані).

**Вентиль запірний** (рис. 7.7). *Деталі:* 1 – корпус, 2 – флянець, 3 – штуцер, 4 – флянець, 5 – втулка, 6 – штуцер, 7 – клапан, 8 – втулка, 9 – шпindel, 10 – кільце, 11 – втулка, 12 – гайка, 13 – маховичок. *Стандартні вироби:* 14 – шпилька А М14x45 ГОСТ 11765–66, 15 – гайка М12 ГОСТ 5915-70, 16 – прокладка П 56x66x2,5 МН 3138–62, 17 – прокладка П 18x38x2 МН 3138–62; 18 – кільце СТ 28x17x3,5 ГОСТ 6418-81.

Запирний вентиль призначений для перекриття трубопроводів, по яких рухається рідина або газ. Щоб перекрити трубопровід, потрібно опустити запирний клапан 7 до зіткнення з торцем втулки 5. Переміщення клапана у вертикальному напрямі здійснюється шляхом обертання маховичка 13, посаженого на квадратний кінець шпінделя 9. Гайка 15 перешкоджає зіскакуванню маховичка з шпінделя. Корпус 1 приєднують штуцерами 3 і 6 до трубопроводу. У місці виходу шпінделя 9 з корпусу 1 встановлено сальникове ущільнення, що є набиванням з повстяного просаленого кільця 18 прямокутного перетину. Набивання, притискуване зверху втулкою 11, щільно прилягає до шпінделя. При затягуванні гайковим ключем гайки 12 сальника стиснення набивання збільшується.

**Регулятор тиску** (рис. 7.8). *Деталі:* 1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – сідло; 4 – клапан; 5 – циліндр; 6 – стакан; 7 – втулка; 8 – шток; 9 – пружина, 10 – сідло; 11 – голка. *Стандартні вироби:* 12 – гайка М8 ГОСТ 5915-70 (2 шт.), 13 – гвинт М6x10 ГОСТ 1477-93, 14 – прокладка П 26x34x2 МН 3138–62.

Регулятор тиску встановлюється на трубопроводах для запобігання аварії у разі надмірного тиску газу або повітря. При нормальному тиску газ і повітря, що надходять через штуцер 1, тиснуть на клапан 4, але під дією пружини 9 клапан 4 не відкриває отвір верхнього сідла 3. При зростанні тиску вище за нормальний клапан 4 опускається вниз, газ або повітря по каналах корпусу 2 виходить в атмосферу. Голкою 11 регулюють величину виходу газу або повітря при різкій зміні тиску, що запобігає аварії в трубопровідній мережі. При великому зростанні тиску клапан 4 перекриває нижнє сідло 10. Для продування трубопровідної мережі необхідно повністю відкрити отвір сідла 3 шляхом підгвинчення гайок 12, при цьому шток 8, спираючись на торець стакану 6, починає відтягувати знизу клапан 4.

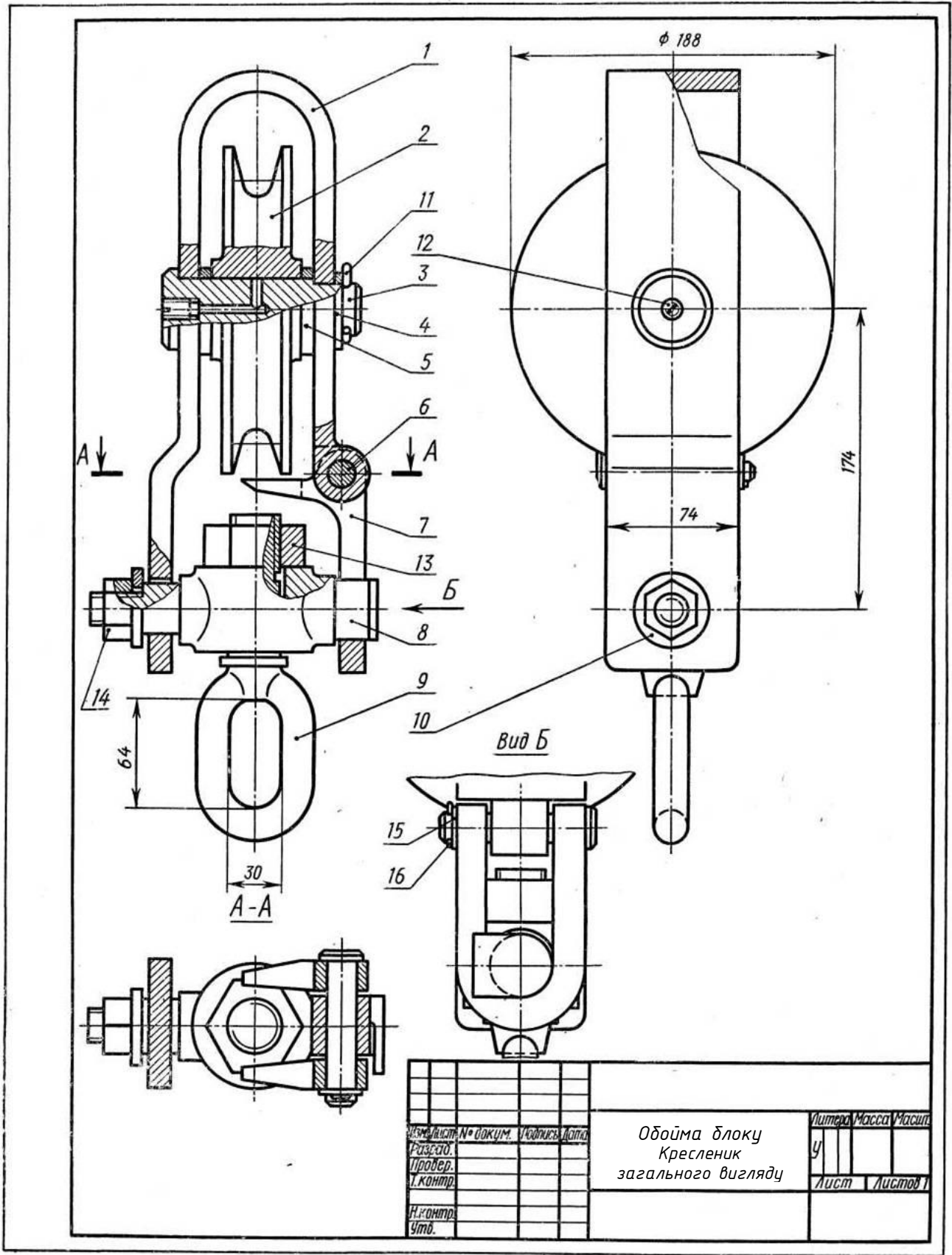


Рис. 7.4. Обойма блоку. Кресленик загального вигляду

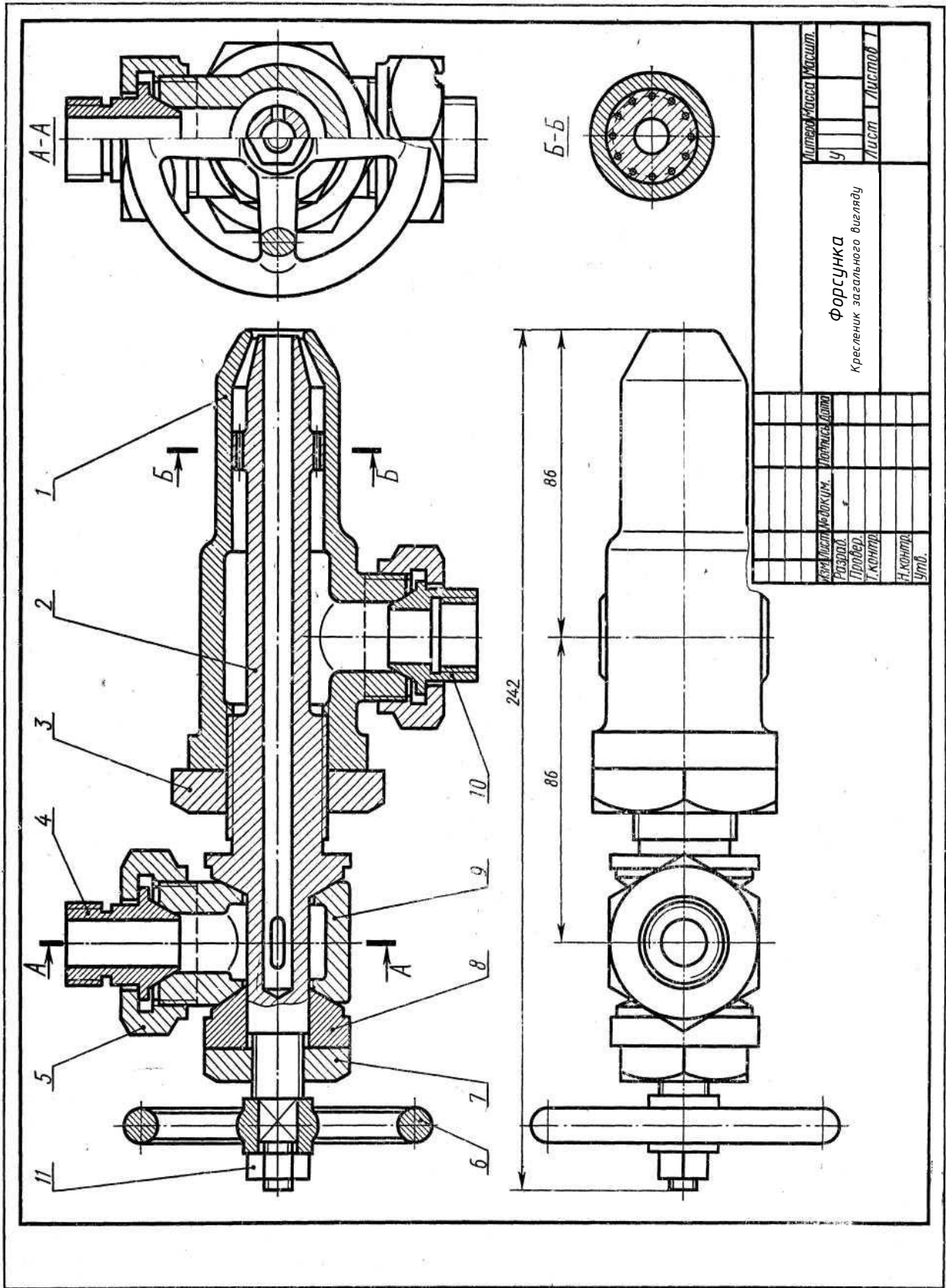


Рис. 7.5. Форсунка. Кресленик загального вигляду

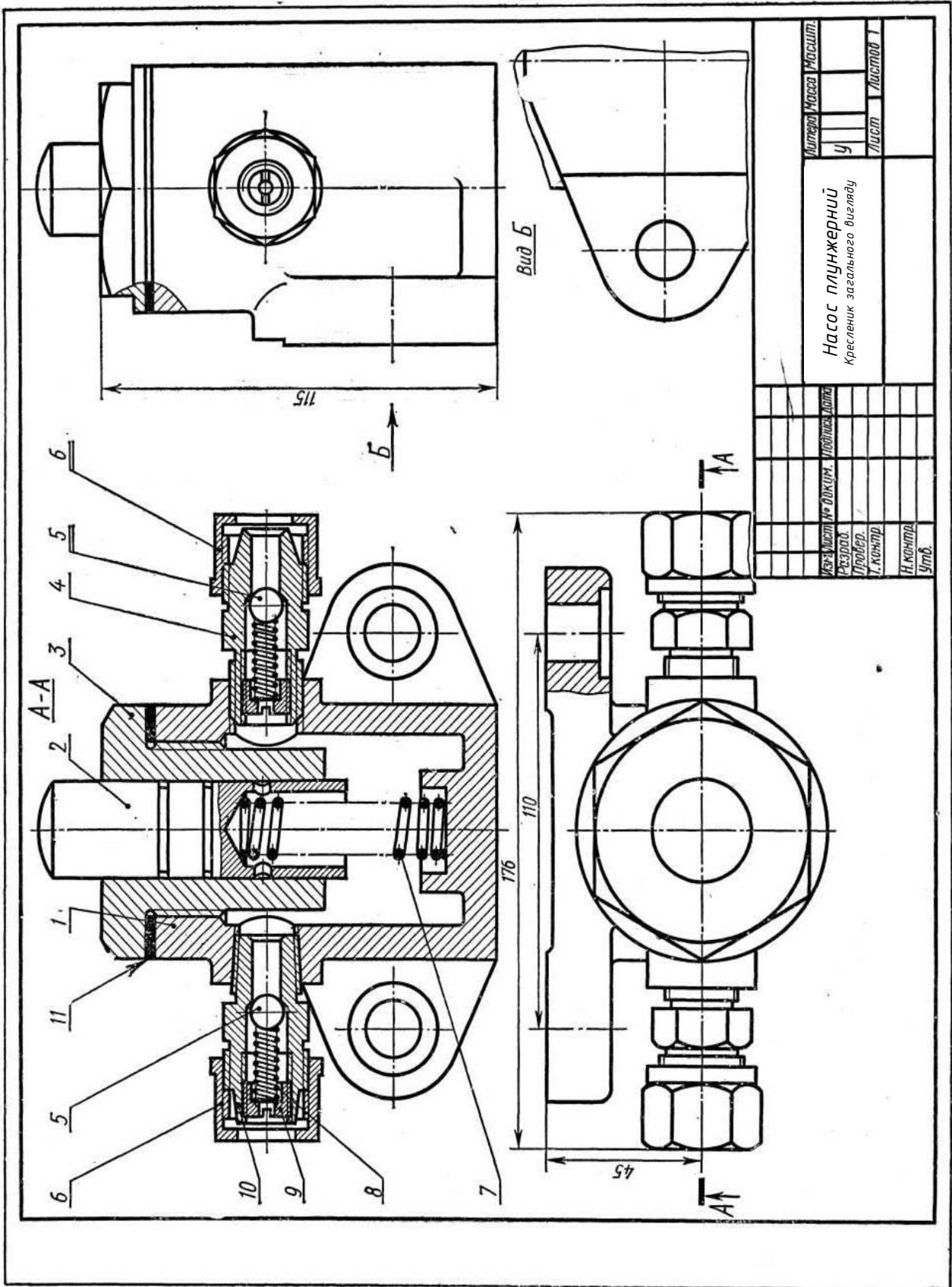


Рис. 7.6. Насос плунжерный. Кресленок загального вигляду

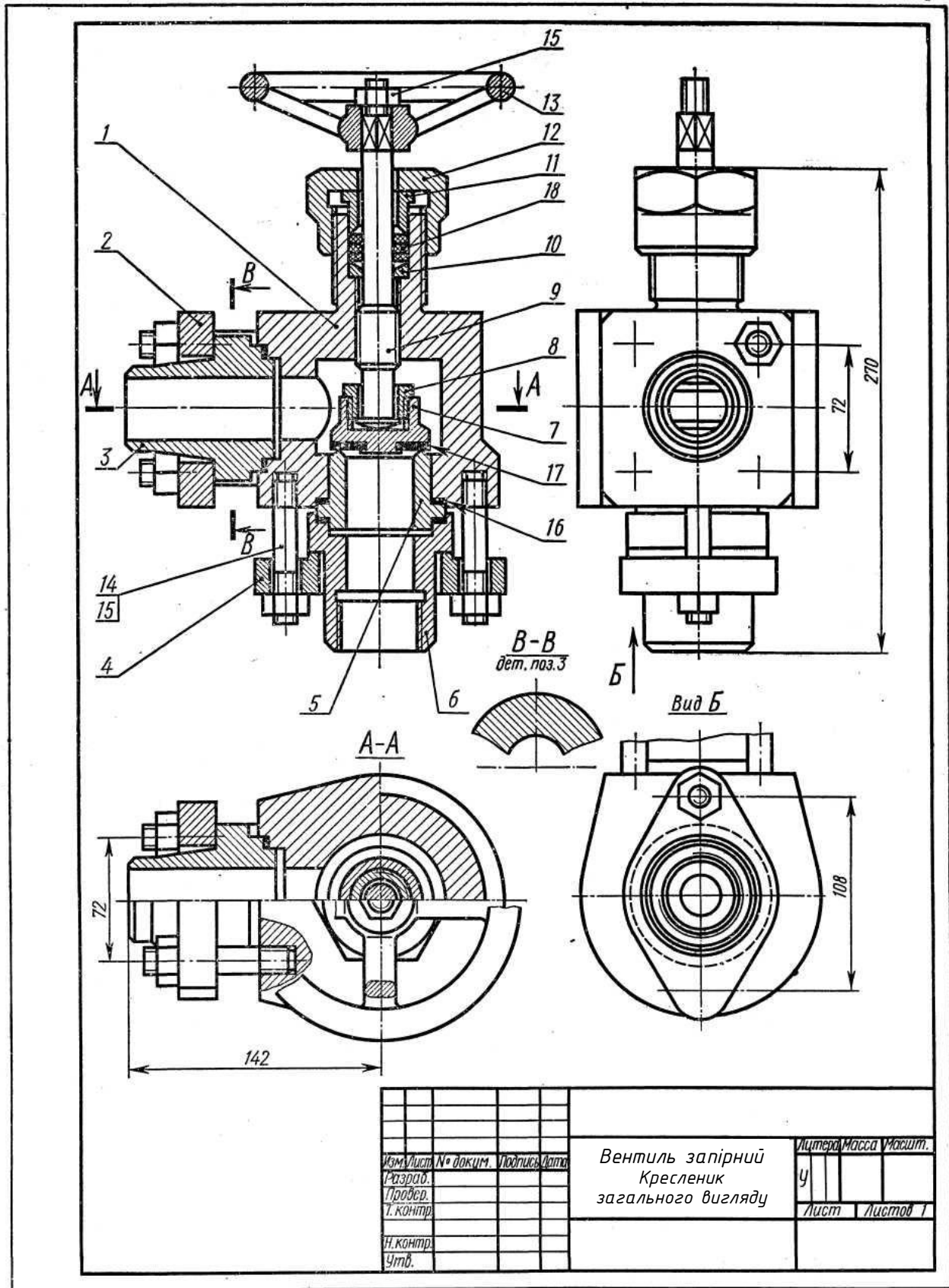


Рис. 7.7. Вентиль запірний. Кресленик загального вигляду

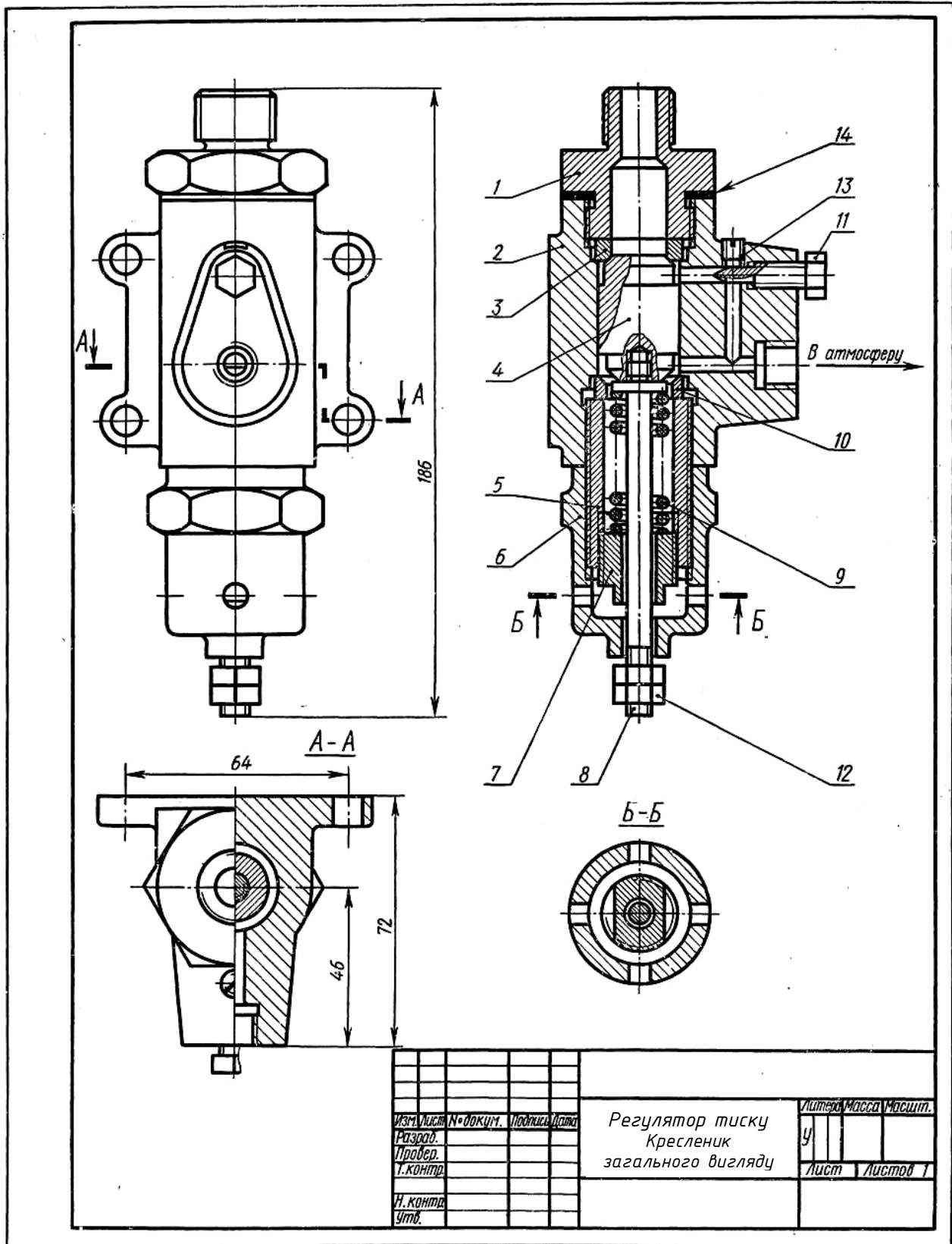


Рис. 7.8. Регулятор тиску. Кресленик загального вигляду

## ***Настанови щодо виконання завдання***

1. Читання кресленника загального вигляду починають з ознайомлення із конструкцією виробу та принципом його дії. Під читанням кресленника розуміють визначення форми, розмірів, взаємного розташування, способу з'єднання деталей, їх взаємодія та призначення у виробі. Таким чином, в процесі читання кресленника загального вигляду з'ясовують такі питання:

- призначення виробу та принцип його роботи;
- характер взаємодії деталей в процесі експлуатації виробу;
- способи з'єднання деталей;
- з'ясування геометричних форм окремих нестандартних деталей.

2. Деталювання – це процес виконання робочих креслеників деталей за кресленником загального вигляду. Виконати деталювання кресленника у даному завданні – це накреслити одну деталь із кресленника загального вигляду відповідно до завдання за варіантами.

На кресленнику загального вигляду всі складові частини виробу пронумеровані відповідно до номерів позицій, указаних у специфікації складальної одиниці. Номери позицій проставлені на поличках ліній-виносок, які проведені від зображень складових частин виробу.

При визначенні форми деталі треба враховувати, що у розрізах і перерізах одні й ті ж деталі на різних зображеннях заштриховані однаково. Штрихування суміжних деталей відрізняється за напрямом або за відстанню між лініями штрихування.

Кресленник загального вигляду виконувався з умовностями та спрощеннями; на робочому кресленнику всі конструктивні елементи деталі мають бути показані.

На кресленниках можуть бути не показані фаски, скруглення, проточки, заглиблення, виступи, рифлення та інші дрібні елементи. Симетричні зображення допускається виконувати частково (з обривом).

Вали, осі, кріпильні вироби в розрізах показані нерозсіченими. Використовувалися спрощені й умовні зображення стандартних кріпильних виробів у з'єднаннях згідно з ГОСТ 2.315-68. Зазори між стержнем і отвором не показані.

У кресленникх-завданнях указані тільки ті розміри, які необхідні на кресленнику загального вигляду. Усю решту розмірів деталі, що зображається, необхідно взяти з кресленник-завдання безпосередньо вимірюванням з урахуванням масштабу, в якому виконаний кресленник-завдання.

При виконанні креслеників симетричних деталей необхідно розрізи сумішати з відповідними видами, навіть якщо на складальному кресленнику був даний тільки розріз даної деталі. Робочий кресленник повинен мати всі розміри, необхідні для виготовлення і контролю деталі.

Приклад виконання завдання 7 подано на рис. 7.9.





## ТЕМА 8. КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

За результатами вивчення теми студент повинен знати правила користування персональним комп'ютером для графічних побудов; вміти користуватися засобами введення та виведення графічної інформації при роботі з комп'ютером, описувати та вводити геометричні дані при створенні креслеників, створювати технічні кресленики за допомогою однієї з комп'ютерних програм; оволодіти навичками створення графічних зображень за допомогою комп'ютера.

*Література:* [1] с. 286...345.

### 8.1. НАСТАНОВИ ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗА ТЕМОЮ

Необхідність вивчення систем комп'ютерної графіки зумовлена інтенсифікацією інформаційного обміну, вимогами підвищення рівня творчості та продуктивності праці інженера, звільнення його від рутинної креслярської роботи.

Використання комп'ютера в конструкторській діяльності значно полегшує підготовку конструкторських та інших графічних документів, звільняючи конструктора від виконання рутинних і трудомістких операцій, скорочує термін виготовлення документів і покращує їх якість. При автоматизованому виконанні креслеників створюється «електронний» еквівалент кресленика, а замість паперу і креслярських інструментів використовується екран дисплея, клавіатура і маніпулятор «миша».

У діалозі з комп'ютером можуть бути створені кресленики як з використанням графічних примітивів, тобто неподільних графічних об'єктів: точок, відрізків, кіл, дуг тощо, так і з фрагментів раніше побудованих графічних зображень, наприклад, стандартних виробів, типових конструкцій і їх частин. Більш того, кресленики можуть бути використані як елементи більш складних креслеників, що значно полегшує роботу конструктора. Особливо ефективно використання комп'ютера при конструюванні виробів на базі параметрично заданих уніфікованих і типових елементів конструкцій. Змінюючи значення параметрів, можна змінювати розміри і геометричну форму елементів, забезпечуючи багатоваріантність графічних зображень і креслеників. Інший підхід до автоматизації конструкторської діяльності полягає в створенні тривимірних геометричних моделей виробів і одержанні на їх основі зображень на площині.

Вивчення програмного продукту *AutoCAD* – системи векторної комп'ютерної графіки, забезпечує набуття студентом базових навичок, які дозволять комплексно розв'язувати задачі в процесі інженерної діяльності на підприємствах залізничної галузі та в проектних організаціях. Ця система є базовою для реалізації прикладних програм.

Опрацьовуючи теоретичний матеріал, треба паралельно з вивченням теоретичних положень відтворювати на комп'ютері налаштування, що описуються в матеріалі теми, встановлювати режими роботи, виконувати побудови.

Для користування системами комп'ютерної графіки треба засвоїти положення нарисної геометрії та мати навички розробки конструкторської документації.

## 8.2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 8.2.1. Системи автоматизованого проектування

Комп'ютерну графіку потрібно розглядати як підсистему системи автоматизованого проектування (САПР), що є одним із важливих компонентів сучасного виробництва. Комп'ютерна графіка розв'язує найбільш трудомістку і важливу задачу САПР: автоматизація розробки і виконання конструкторської документації. Вона забезпечує створення, зберігання і обробку моделей геометричних об'єктів і їх графічне зображення за допомогою комп'ютера.

Системи автоматизованого проектування (САПР) поділяють залежно від їхнього функціонального призначення.

До машинобудівних САПР можна віднести такі прикладні пакети, як *Mechanical Desktop*, *Solid Works*, *Autodesk Inventor*, *Техтран*, *КОМПАС*; до архітектурно-будівельних – *ArchiCAD*, *Autodesk Architectural Desktop R2*, *Allplan*; до дизайнерсько-анімаційних – *CorelDraw*, *Adobe Illustrator*, *3D Studio*; до універсальних (популярних програмних продуктів без чіткого проблемного спрямування, які частково поєднують усі попередні) можна зарахувати *AutoCAD*, *DenebaCAD*, *Actrix Technical* та ін.

Графічно-орієнтоване комп'ютерне програмне забезпечення графічних систем відрізняється одне від одного орієнтацією на ті чи інші геометричні побудови, способами роботи із зображеннями і веденням діалогу з комп'ютером

### 8.2.2. Робота у системі AutoCAD

#### 8.2.2.1. Основні принципи роботи системи

**Графічні об'єкти AutoCAD.** Будь-який кресленик в *AutoCAD* є набором об'єктів, створених командами креслення або редагування і, якщо необхідно, із розмірами. Об'єктами *AutoCAD* можуть бути як прості геометричні фігури (графічні примітиви), так і поєднання простих фігур у більш складні елементи, що мають власні назви і команди для їхнього рисування.

**Властивості об'єктів.** Графічні об'єкти мають певні властивості: колір, тип лінії, належність певному шару. Під шаром розуміють об'єктний простір, який може бути відключений, і, таким чином, об'єкти, які належать шару, будуть невидимими. Всі об'єкти одного шару мають однакові властивості.

**Одиниці вимірювання.** В системі *AutoCAD* відстань між точками на кресленнику вимірюється в умовних одиницях, що дозволяє конструктору працювати в масштабі 1:1. Відповідність між умовними одиницями системи *AutoCAD* і конкретним форматом кресленика здійснюється при виведенні кресленика на принтер або плотер.

**Системи координат.** Координати точок *X*, *Y*, *Z* *AutoCAD* зберігає у внутрішній системі координат, яку назрівають світовою (*WCS – World Coordinate System*). Вона визначена так, що вісь *OX* направлена зліва направо, вісь *OY* – знизу вгору, вісь *OZ* – перпендикулярно екрану монітора в бік користувача. Для зручності роботи використовуються також системи координат користувача *UCS*.

### 8.2.2.2. Робоче вікно програми

*AutoCAD* – діалогова система. В процесі роботи відбувається обмін інформацією між користувачем і програмою: користувач тим чи іншим способом віддає команди, а програма виводить на екран підказки щодо можливостей даної команди, запити щодо інформації, яку необхідно надати програмі для подальшої роботи, і результат роботи – побудовані в процесі діалогу графічні об'єкти.

Взаємодія користувача з системою здійснюється за допомогою робочого вікна *AutoCAD* (рис. 8.1).

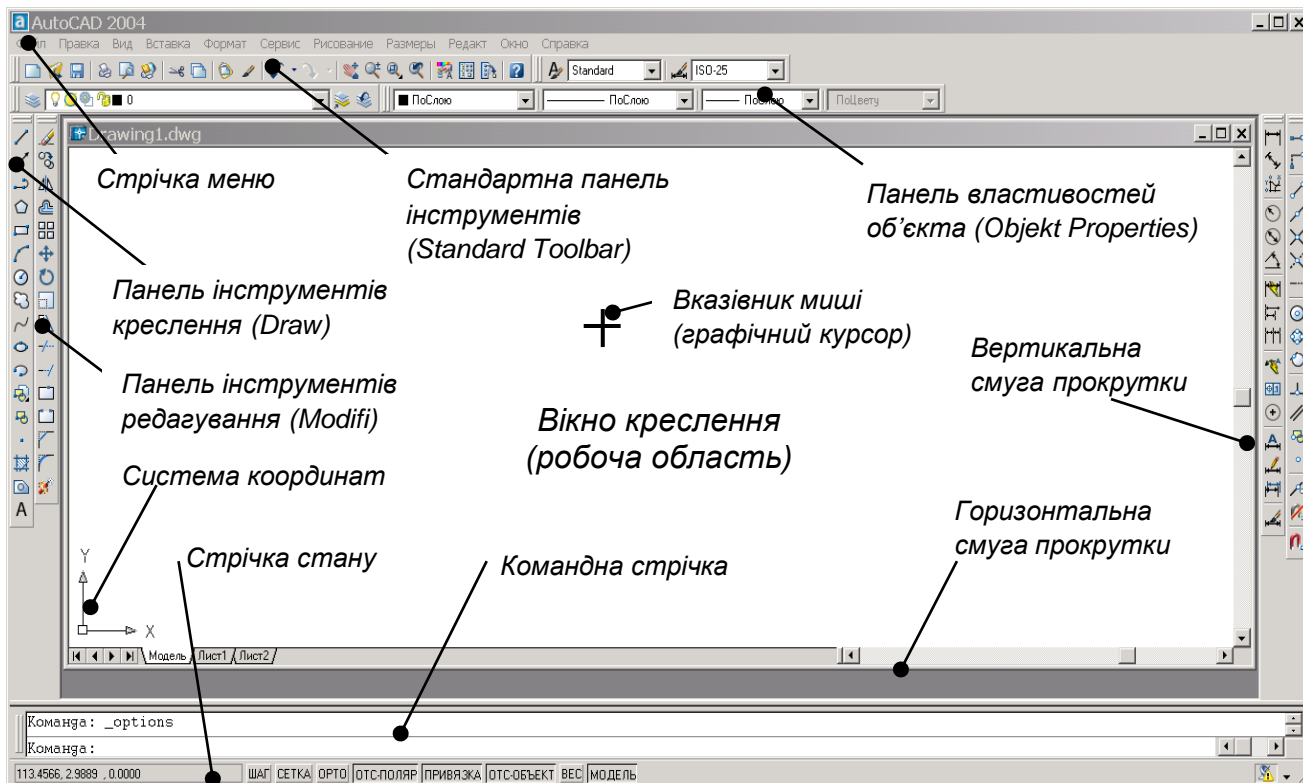


Рис. 8.1. Робоче вікно *AutoCAD*

**Спадні меню *AutoCAD*.** Меню – це графічна структура списку імен, яка дозволяє швидко вибрати потрібну команду. Стрічка спадних меню (рис. 8.2) розміщується у верхній частині робочого вікна. Вибір пункту приводить до появи списку команд, розміщеного під вибраним пунктом. Для вибору команди на її ім'я поміщають курсор «миші», а для її виконання достатньо один раз натиснути ліву кнопку миші.

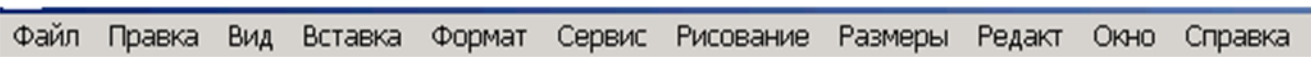


Рис. 8.2. Стрічка спадних меню

**Стрічка статусу** містить динамічну інформацію про поточні координати графічного курсору та кнопки-піктограми режимів креслення, які працюють як перемикачі цих режимів (рис. 8.3).



Рис. 8.3. Стрічка статусу

**Командна стрічка** за умовчанням розміщена одразу над стрічкою стану і призначена для введення з клавіатури команд та їх параметрів, а також системних підказок *AutoCAD* (рис. 8.4).



Рис. 8.4. Командна стрічка

### 8.2.2.3. Основні панелі інструментів

**Стандартна панель інструментів** крім команд, що використовуються у всіх комп'ютерних програмах, містить засоби керування екранним виглядом, які дозволяють змінити, збільшити чи зменшити наявне зображення екрану для того, аби побачити всі елементи кресленика або побудувати нові (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Стандартна панель інструментів

**Панель інструментів «Рисование» (Draw)** (рис. 8.6) містить набір команд для створення графічних елементів: відрізків, поліліній, багатокутників, кругів, дуг, еліпсів, виконання штриховки, багатострічкового тексту, створення та вставки блоків. Ці команди також можуть бути викликані із спадного меню **Рисование** або введені з клавіатури.



Рис. 8.6. Панель інструментів креслення

**Панель інструментів «Редактирование» (Modifi)** (рис. 8.7) містить набір команд для редагування графічних об'єктів: видалення, копіювання, дзеркальне відображення, створення подібних об'єктів, обрізання та подовження, копіювання масивом, масштабування, побудову фасок і спряжень тощо. Ці команди також можуть бути викликані із спадного меню **Редактирование** або введені з клавіатури.

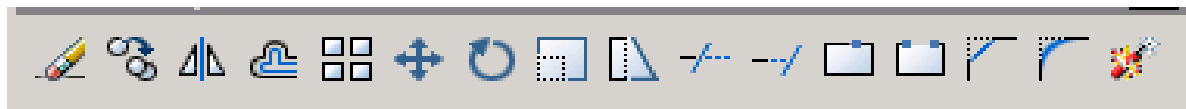


Рис. 8.7. Панель інструментів редагування

**Панель інструментів «Размеры» (Dimension)** містить команди для нанесення та редагування розмірів (рис. 8.8). Значення розміру система визначає автоматично за фактичним зображенням.



Рис. 8.8. Панель інструментів розмірів

## 8.2.3. Графічні можливості комп'ютерних програм

### 8.2.3.1. Графічний редактор *Visio*

Програма *Visio* – професійний редактор інженерної і ділової графіки. Програма призначена для швидкої і якісної розробки графічних документів будь-якої складності. За її допомоги можна створювати технічні проекти, моделі, діаграми і різноманітні кресленики. Крім того, програма дозволяє створювати блок-схеми, розклади, маркетингові діаграми, карти компаній тощо (рис. 8.9).

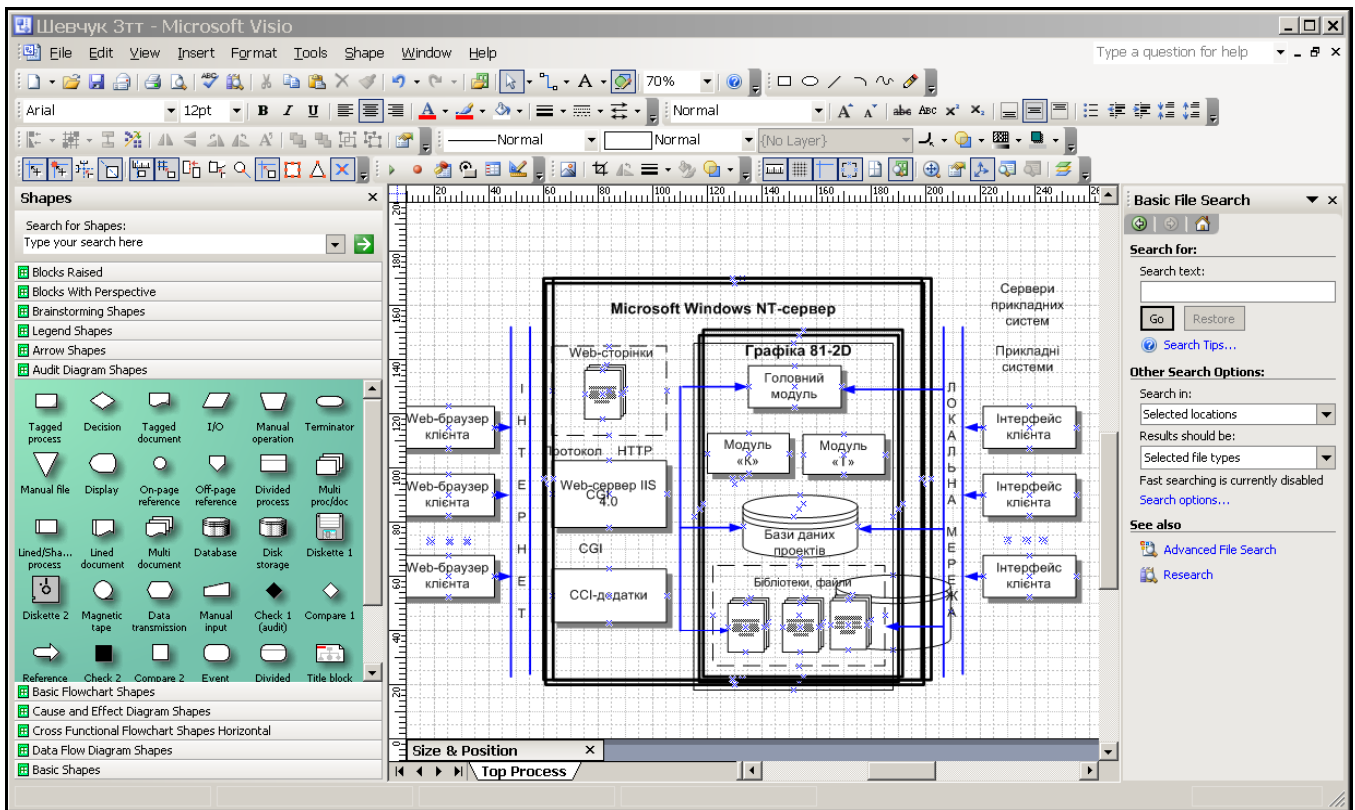


Рис. 8.9. Робоче вікно програми *Visio*

Найбільшою перевагою *Visio* порівняно з іншими програмами є наявність трафаретів з готовими фігурами, які можна просто перетягувати мишею на сторінку. Основні категорії трафаретів можна побачити, якщо відкрити вкладку *File* ⇒ *Stencils*. Список, що відкриється, буде містити всі категорії, які визначені для поточної установки *Visio*. Кожна категорія може включати від одного до кількох трафаретів.

### 8.2.3.2. Редактор електронних таблиць *Excel*

Редактор електронних таблиць призначений для проведення обчислень з використанням потужного апарату функцій і формул. На основі отриманих даних можуть бути побудовані різноманітні графіки і діаграми (рис.8.10). Крім того, у даній програмі, як і в інших програмах *Microsoft Office*, можна створювати зображення, не пов'язані з розрахунками.

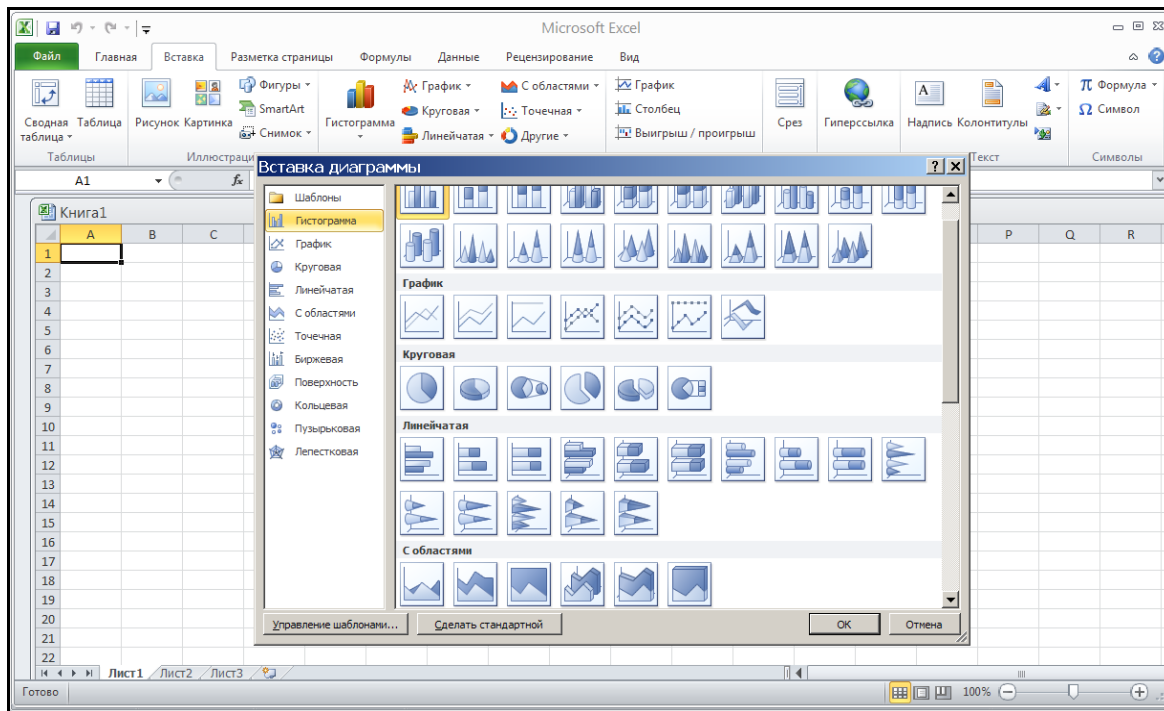


Рис. 8.10. Робоче вікно програми *Excel*

### 8.2.3.3. Графічні можливості *Microsoft Office*

У будь-який файл *Microsoft Office* можна додати одну фігуру чи об'єднати кілька фігур, щоб створити рисунок або більш складну фігуру. У розпорядженні користувача є такі фігури: лінії, основні геометричні фігури, стрілки, фігури для формул, фігури блок-схеми, зірки, банери і виноски. Можна також додавати текст, маркери чи нумерацію. Виклик вкладки з меню *File* ⇒ *Вставка* ⇒ *Фігури* (рис.8.11).

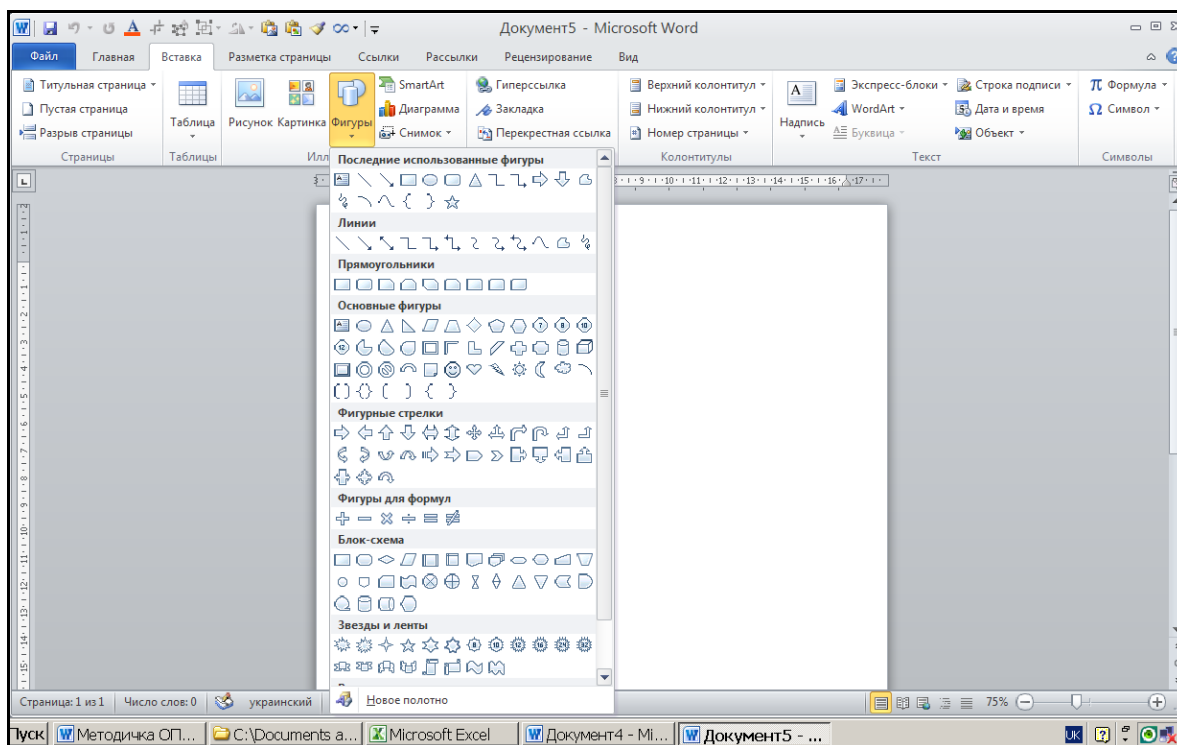


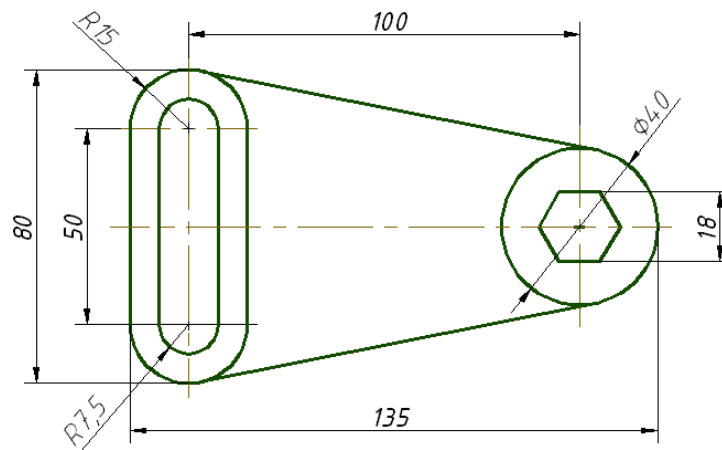
Рис. 8.11. Робоче вікно програми *Word*

### Запитання для самоперевірки

1. Як поділяються системи автоматизованого проектування (САПР) залежно від функціонального призначення?
2. Якими основними факторами визначається ефективність застосування системи комп'ютерної графіки та графічного редактора?
3. Що таке графічний примітив?
4. Які основні команди креслення застосовують для створення зображень у системі *AutoCAD*?
5. Які команди редагування використовують для зміни об'єктів?
6. Для створення яких зображень призначена програма *Visio*?
7. Які зображення можуть бути створені у програмі *Excel*?
8. Які графічні можливості мають офісні програми?

### 8.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Побудуйте зображення пластини у системі *AutoCAD*. Нанесіть розміри.



2. Виконайте схему алгоритму у програмі *Visio* (використайте будь-яку схему з курсу інформатики).

**ДОДАТОК А.  
ЗРАЗОК ВИКОНАННЯ ТИТУЛЬНОГО АРКУША**

*Міністерство освіти і науки України  
Державний економіко-технологічний університет  
транспорту  
Кафедра «Теоретична та прикладна механіка»*

**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА  
РОБОТА**

*з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка»*

*Керівник: доцент  
Близнюк К.П.*

*Розробив: студент  
Сидоренко О.П.*




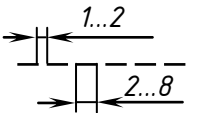
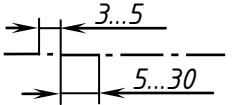
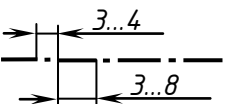
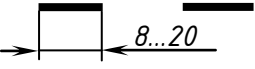

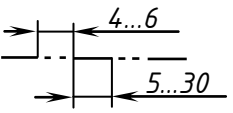
*«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.*

*група 1 ОПУТ-1  
варіант 05*

*2016*



**ДОДАТОК Б.**  
**ЛІНІЇ КРЕСЛЕННЯ (ЗА ГОСТ 2.304-81)**

Назва	Зображення	Товщина	Призначення
Суцільна товста основна		S	Лінії видимих контурів, лінії контурів перерізів
Суцільна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Розмірні та виносні лінії. Лінії штрихування
Суцільна хвиляста		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії розмежування вигляду і розрізу. Лінії обриву
Штрихова		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії невидимого контуру
Штрихпунктирна тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Осьові та центрові лінії
Штрихпунктирна потовщена		від $\frac{S}{2}$ до $\frac{2S}{3}$	Поверхні, що підлягають термообробці або покриттю
Розімкнена		від S до $\frac{3S}{2}$	Лінії перерізів
Суцільна тонка зі зламом		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Довгі лінії обриву
Штрихпунктирна з двома крапками тонка		від $\frac{S}{3}$ до $\frac{S}{2}$	Лінії згину на розгортках. Зображення крайніх або проміжних положень

**ДОДАТОК В.  
ШРИФТИ КРЕСЛЯРСЬКІ (ЗА ГОСТ 2.304-81)**

Зразок написання літер, цифр і знаків шрифту типу Б з нахилом



Основні параметри та розміри шрифту типу Б

Параметр шрифту	Позначення	Відносний розмір	Розмір шрифту, мм							
			1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Висота великих літер	<i>h</i>	(10/10)h	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Висота малих літер	<i>c</i>	(7/10)h	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між літерами	<i>a</i>	(2/10)h	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок рядків	<i>b</i>	(17/10)h	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами	<i>e</i>	(6/10)h	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Товщина ліній шрифту	<i>d</i>	(1/10)h	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

## ДОДАТОК Г. ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ (ЗА ГОСТ 2.307-68)

Розміри на креслениках наносять згідно з вимогами ГОСТ 2.307-68. Розміри поділяють на лінійні та кутові. Лінійні розміри та їхні граничні відхилення на креслениках указують у міліметрах без позначення одиниці фізичної величини. Для розмірів, які записуються в технічних вимогах і пояснювальних написах на полі кресленика, обов'язково вказують одиниці вимірювання.

Процес нанесення розмірів включає дві операції: проведення виносних і розмірних ліній і написання розмірного числа.

**Виносні лінії** при нанесенні розміру прямолінійного відрізка проводять перпендикулярно вимірюваному елементу (рис. Г1, а); при нанесенні розміру кута – радіально (рис. Г1, б); при нанесенні розміру дуги – паралельно бісектрисі кута (рис. Г1, в). У випадку ухилів і конусностей розмірні й виносні лінії проводять так, щоб разом із вимірюваною ділянкою вони утворювали паралелограм (рис. Г1, г).

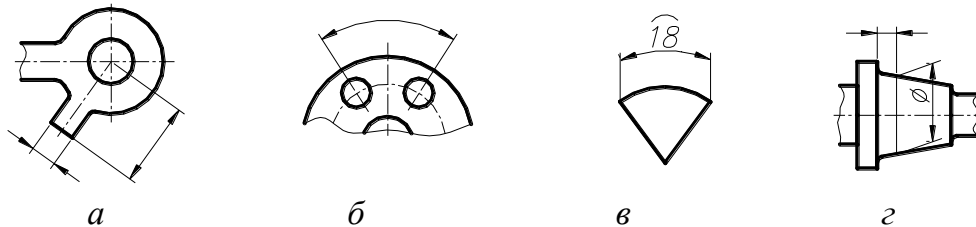


Рис. Г1. Нанесення виносних і розмірних ліній

**Розмірну лінію**, що показує межі вимірювання, проводять паралельно вимірюваному елементу і закінчують стрілками (рис. Г2). Якщо довжина розмірної лінії недостатня для нанесення стрілок, то їх дозволяється виконувати зовні вимірюваного відрізка.

Розмірні лінії рекомендується наносити поза контуром зображення. Мінімальна відстань між розмірною лінією та лінією контуру має бути 10 мм, між паралельними розмірними лініями – 7 мм. Можна проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осьових, центрових та інших ліній (рис. Г3). Але ці лінії не дозволяється використовувати як розмірні. Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірної лінії на 1...5 мм. Не допускається перетин розмірних ліній іншими лініями.

Якщо вигляд чи розріз симетричного предмета зображають лише до осі симетрії або з обривом, то розмірну лінію проводять також з обривом трохи далі осі або лінії обриву (рис. Г4).

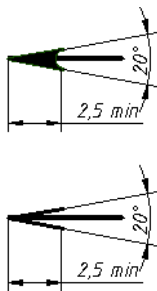


Рис. Г2. Стрілки розмірної лінії

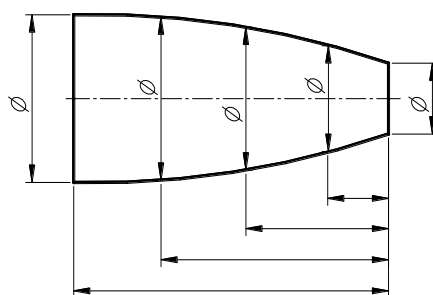


Рис. Г3. Проведення розмірних ліній

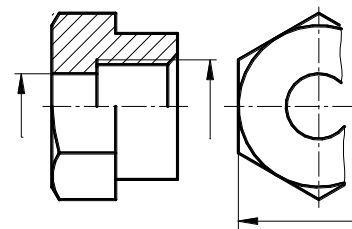


Рис. Г4. Розмірні лінії з обривом

**Розмірні числа** проставляють, як правило, на відстані 1 мм над розмірною лінією ближче до її середини. Якщо місця для розмірного числа недостатньо, його проставляють над продовженням розмірної лінії або на поличці лінії-виноски. Орієнтують розмірні числа так, щоб вони вільно читалися при нормальному розміщенні кресленика або при його повороті в межах  $90^\circ$  за годинниковою стрілкою. При нанесенні розміру радіуса або діаметра перед розмірним числом ставлять відповідно знаки **R**, **Ø** (рис. Г5).

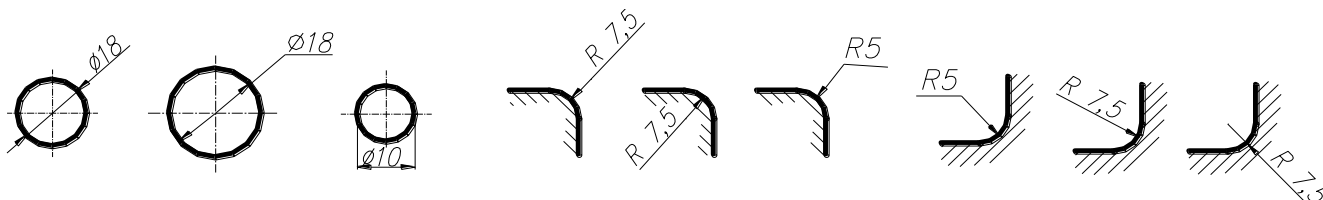


Рис. Г5. Нанесення розмірів радіусів і діаметрів

Розміри фасок під кутом  $45^\circ$  наносять у вигляді добутку, наприклад,  $2 \times 45^\circ$  (рис. Г6, а), розміри фасок під іншими кутами вказують за загальним правилом – двома розмірами: лінійним і кутовим або двома лінійними розмірами. При нанесенні кількох паралельних або концентричних розмірних ліній розмірні числа над ними рекомендується розміщати в шаховому порядку (див. рис. Г6, а). Розміри, що стосуються одного і того ж конструктивного елемента (канавки, отвору та ін.), рекомендується групувати і розміщувати в одному місці на тому зображенні, де форма даного елемента розкривається найповніше (рис. Г6, б).

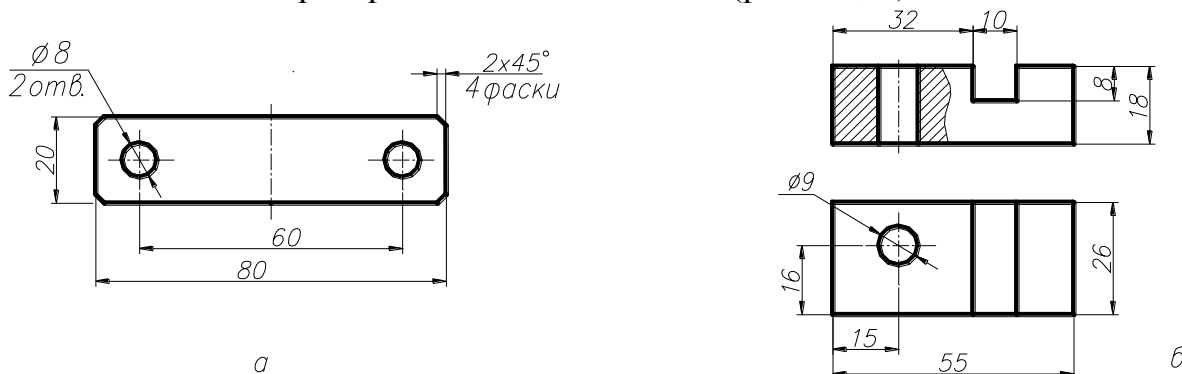


Рис. Г6. Нанесення розмірів конструктивних елементів

Розміри двох симетрично розміщених елементів виробу (крім отворів) наносять лише один раз без зазначення їхньої кількості, групуючи всі розміри в одному місці (рис. Г7).

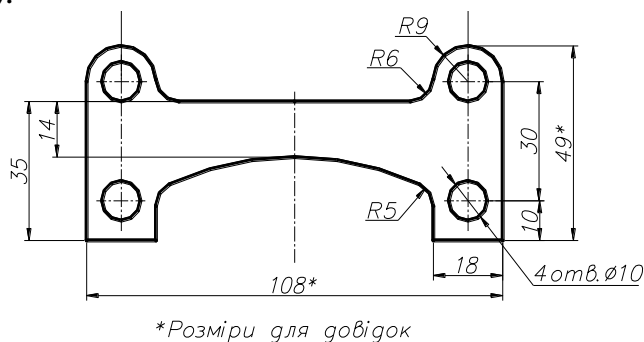
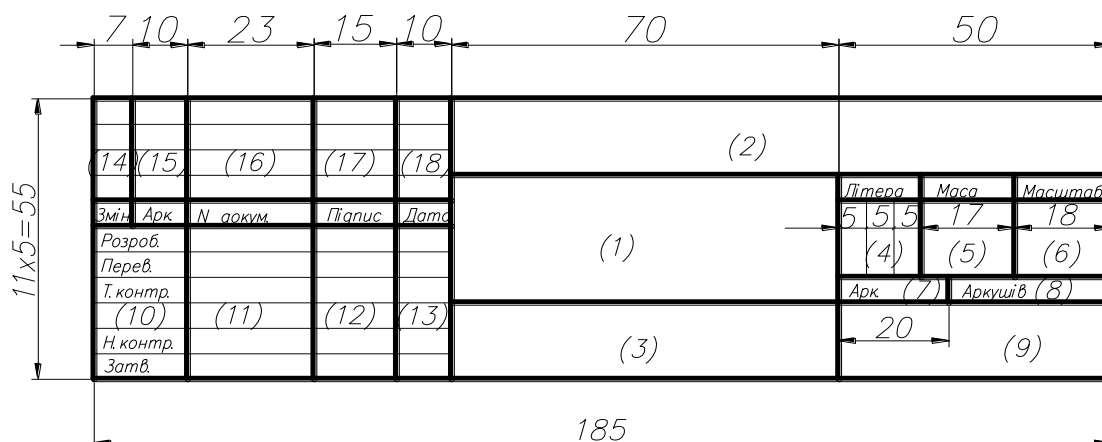


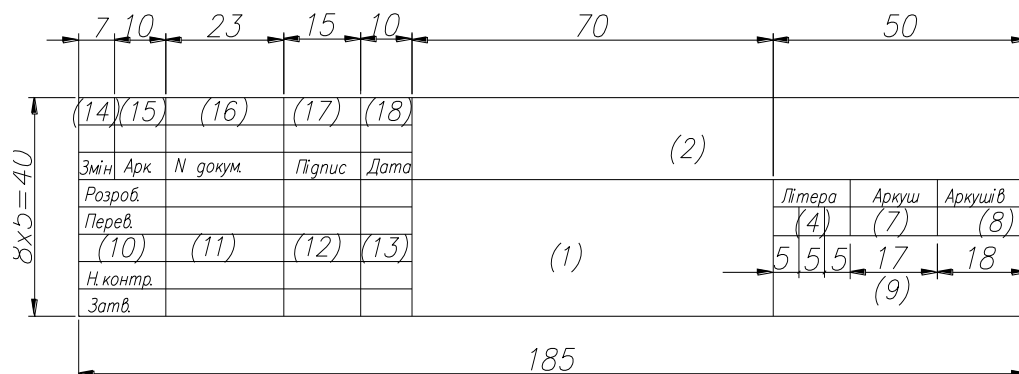
Рис. Г7. Нанесення розмірів на симетричну деталь

**ДОДАТОК Д.  
ФОРМИ ОСНОВНОГО НАПИСУ (ЗА ГОСТ 2.104-68)**

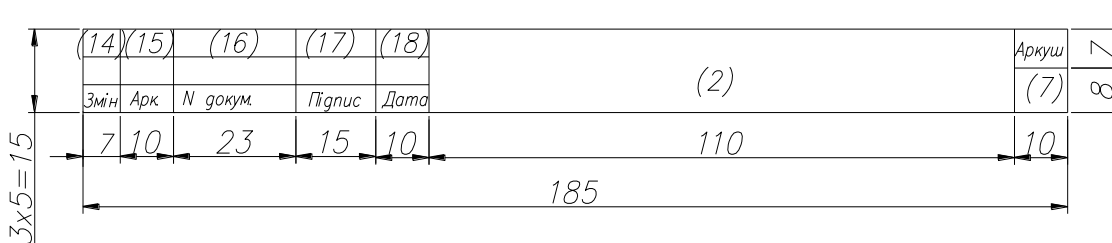
**Основний напис для креслеників і схем (форма 1)**



**Основний напис для текстових конструкторських документів  
(перший аркуш – форма 2)**



**Основний напис для текстових конструкторських документів  
(наступні аркуші – форма 2а)**



У графах основного напису вказують:

- 1 – назву виробу, починаючи з іменника, і назву документа, якщо йому присвоєно шифр;
- 2 – позначення документа відповідно до ГОСТ 2.202-80;
- 3 – позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише на креслениках деталей);
- 4 – літеру, яка присвоєна документу відповідно до ГОСТ 2.103-68;
- 5 – масу виробу відповідно до ГОСТ 2.109-73;
- 6 – масштаб відповідно до ГОСТ 2.302-68;
- 7 – порядковий номер аркуша (на документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють);
- 8 – загальна кількість аркушів (графу заповнюють лише на першому аркуші);
- 9 – назву або розпізнавальний індекс підприємства, що випустило документ;
- 10 – характер роботи, що виконується особами, які підписують документ;
- 11 – прізвища осіб, які підписали документ;
- 12 – підписи осіб, прізвища яких зазначені у графі 11;
- 13 – дата підписання документа;
- 14...18 – зміни, які вносяться відповідно до ГОСТ 2.503-74.

**ДОДАТОК Е.  
ОСНОВНІ ТИПИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ШВІВ (ЗА ГОСТ 5264-80)**

Форма підготовлених кромок	Характер виконаного шва	Форма поперечного перерізу		Границі товщин зварюваних деталей, мм	Умовне позначення шва зварного з'єднання
		підготовлених кромок	виконаного шва		
<b>Стикові з'єднання</b>					
Без скосу кромок	Односторонній			1-6	C2
Зі скосом однієї кромки	Односторонній			4-26	C5
Зі скосом однієї кромки	Двосторонній			4-26	C8
Зі скосом двох кромок	Односторонній			3-50	C15
<b>Кутові з'єднання</b>					
Без скосу кромок	Односторонній впритул			1-6	У2
Зі скосом однієї кромки	Односторонній			4-26	У6
Зі скосом двох кромок	Односторонній			12-50	У9
<b>Таврові з'єднання</b>					
Без скосу кромок	Односторонній			2-20	T1
Без скосу кромок	Двосторонній			2-30	T3
Зі скосом однієї кромки	Односторонній			4-26	T6
<b>З'єднання внапуск</b>					
Без скосу кромок	Односторонній переривчастий			2-60	H1
Без скосу кромок	Двосторонній			2-60	H2

## ЛІТЕРАТУРА

1. Михайленко В. Є., Найдий В. М., Підкоритов А. М., Скидан І. А. Інженерна та комп'ютерна графіка: 2-ге вид. – К.: Вища школа, 2001. –352 с.
2. Михайленко В. Є., Ванін В. В., Ковальов С. М. Інженерна графіка.–К.: Каравела, 2002. – 332 с.
3. Михайленко В. Є. Інженерна графіка. Збірник задач –К.: Вища школа, 1990. – 303 с.
4. Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації. – Навч. посібник. –К.: Вища школа, 2000. –160 с.
5. Розов С.В. Курс черчения. – М.: Машиностроение, 1966. – 383 с.
6. Хаскин А. М. Черчение. – К.: Вища школа, 1974. – 446 с.
7. ДСТУ 3321-96. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
8. ДСТ України БА. 2.4. – 4-95 (ГОСТ 21101-93). Основні вимоги до робочої документації.