Г.О. Райковська

Основи нарисної геометрії та інженерна графіка

ББК 22.151.3я73+30.11я73
Р18

Автор **Райковська Г.О.**

Рецензенти: ***Лось Л.В.,*** *заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор Державного агроекологічного університету (м . Житомир);*

Костенко Л.М., *викладач вищої категорії Немішаївського державного аграрного коледжу Національного аграрного університету;*

Ревенок М.В., *викладач-методист Хорольського державного агропромислового коледжу*

Райковська Г.О.
Основи нарисної геометрії та інженерна графіка: Навчальний посібник. - К.: Аграрна освіта, 2003.- 517с.
ISBN 966-7906-08-06

Подано основні правила оформлення креслень, прийоми викреслювання контурів технічних деталей.

Викладено основні відомості про побудову й читання машинобудівних креслень на конкретних виробничих задачах та типових технологічних процесах виготовлення деталей і складальних одиниць. Розкрито дані про автоматизацію і комп'ютеризацію процесів виконання креслень.

Для студентів вищих навчальних закладів 1-2 рівнів акредитації

ББК 22.151.3я73+30.11я73

ISBN 966-7906-08-06

Г.О. Райковська, 2003

ПЕРЕДСЛОВО

Коротко розглянемо основні етапи розвитку інженерної графіки і стандартизації.

Графіка - це спосіб відображення оточуючої нас дійсності на площині. Графіка містить велику кількість способів зображення. Розглянемо два з них: малюнок та креслення.

Малюнок - графічне зображення, виконане від руки на око, яке дає нам уявлення тільки про зовнішній вигляд деталі і не дає уявлення про внутрішній склад та розміри.

Креслення - графічне зображення, виконане за допомогою спеціальних креслярських приладів за особливими правилами побудови зображень, яке дає повне уявлення про зовнішню, внутрішню будову та розміри предмета.

Ще до того, як люди створили писемність, вони навчились малювати оточуючі їх предмети. Для створення графічних зображень на різних етапах розвитку суспільства використовувались різні матеріали і інструменти. Спочатку матеріалом була земля, стіни печер, камінці, на яких малюнки викарбовувались. Потім використовували шкіру, пергамент, папір та інші матеріали, на яких зображення наносились чорнилом або тушшю за допомогою гусячого пера.

Тільки в кінці XVIII століття для побудови графічних зображень стали використовувати олівці.

Досліджуючи шлях розвитку креслення від давніх часів до наших днів, можна відмітити два його основних напрямки: перший - будівельні креслення, за якими будували житло, промислові будівлі, мости та інші споруди; другий - промислові креслення, за якими створювали різні інструменти, пристрої, механізми.

Виникнення будівельних креслень відноситься до того часу, коли люди для будівлі житла або іншого приміщення на землі в дійсну величину розкреслювали плани і на них зводили споруди. Робилося це за допомогою примітивних пристроїв. Лінійні розміри відкладалися розміточним циркулем (рис. 1), коло проводили за допомогою мотузки і двох кілків (рис. 2). Один кілок забивали в землю, він відігрівав роль центра, а другим, натягуючи мотузку, проводили коло.

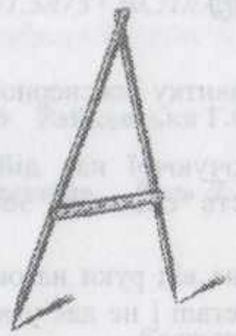


Рис. 1

Рис. 2

Коли збудовані споруди стали займати певні площі, де була задіяна велика кількість людей, виникла необхідність викреслювати креслення в зменшеному вигляді, на будь-якому матеріалі (шкірі, полотні, пергаменті). Креслення виконували без масштабу, але з розмірами, і тільки у XVIII ст. стали застосовувати масштаб. Початкове зображення в плані (вид зверху) сполучали із зображенням фасаду будинку (вид спереду) - рис. 3.

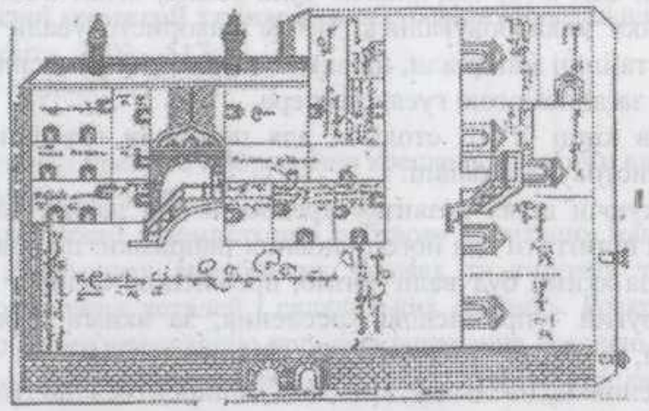


Рис. 3

У XVI ст. в Москві за наказом Івана Грозного був створений "Пушкарський наказ", який відав інженерною і артилерійською справою. Там вже були креслення, які тоді називали "чертещиками". Креслення виконувались за допомогою інструментів: лінійки (правило) і циркуля (кружало). По всій Московській державі спеціальними людьми збирався географічний матеріал, який ліг в основу створення у XVI ст. "Великого креслення" всієї Московської Русі.

На початку XVII ст. при Борисі Годунові було складено "Годуновське креслення Кремля", яке відтворювало замкові палати і оборонні укріплення, розміщені навколо Кремля.

На початку XVIII ст. у період правління Петра I в Росії бурхливо розвивається суднобудування, гірничодобувна промисловість, будуються машини і заводські силові установки. Все це вимагало умілого виконання креслення. У зв'язку з цим за наказом Петра I вводиться викладання креслення в спеціальних навчальних закладах, що сприяло виникненню в 1708 році перших підручників з креслення "Прийоми циркуля і лінійки" і "Практична геометрія". У цей час з'являються перші креслення заводських споруд, де зображення виконується у двох видах. Збереглося креслення двадцятидвохвеслового човна, виконаного особисто Петром I в 1719 році (рис. 4).

Рис. 4

У період ремісничого виробництва, коли вироби від початку до кінця виготовлялись однією людиною, його форма і розміри визначались самим майстром. Вироби, що користувалися широким попитом - серпи, коси, ножі, дверні заслони тощо виготовляли за зразком із застосуванням розмітки і шаблонів, які заміняли собою креслення. З розвитком виробництва на заміну малим ремісничим майстерням приходять великі мануфактури, де широко застосовується розподіл праці. Тепер один виріб виконують декілька майстрів. З'являються промислові креслення. Спочатку вони виконуються без розмірів, потім на полі креслення стали робити написи, які вказували основні розміри.

З розвитком техніки креслення ускладнювались, а їх виконання вимагало більш високої точності виконання. Стали застосовувати масштаби, проекційні зв'язки, виконуючи розрізи, без яких неможливо було зрозуміти внутрішню будову виробу і принцип його роботи. Ці креслення були вже близькі до сучасних креслень, але на них не було розмірів. Вони визначались за допомогою масштабної шкали,

зображеної на полі креслення. Прикладом таких креслень може бути креслення парової машини І.І. Ползунова, виконане в 1763 році (рис. 5). На кресленні зображено поперечний розріз машини, на якому показано використані матеріали (цегла, деревина, грунт), окремі деталі, що є прообразом сучасного складального креслення.

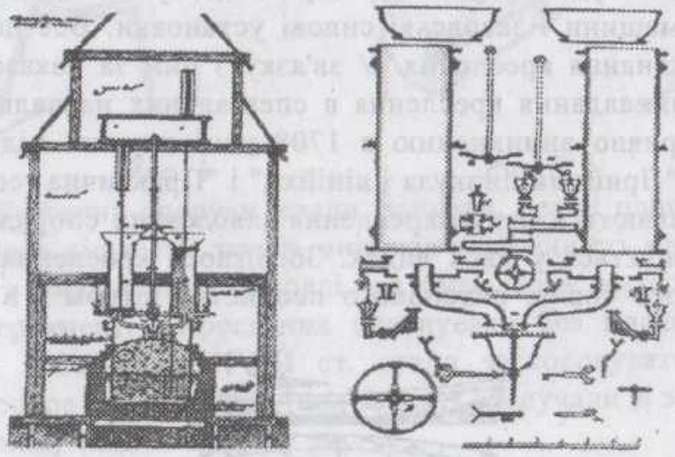


Рис. 5

Продовжувачами справи І.І. Ползунова в розвитку вітчизняної техніки і удосконалення креслення були російські механіки батько і син Черепанови. У 1824 році за їх кресленнями була побудована перша парова машина. На рис. 6 показано повздовжній розріз розробленого ними паровозу.

Подальше удосконалення виробництва, ускладнені форми деталей, потреба у вищій точності їх виготовлення призводить до удосконалення креслень. У кінці першої половини XIX ст. на кресленнях стали наносити розміри за допомогою виносних і розмірних ліній.

З розвитком машинного виробництва креслення набуває значення важливого технічного документа, який містить дані не тільки про форму та розміри деталі, але і про чистоту обробки поверхні, термічної обробки і граничні відхилення розмірів, тобто відомості, необхідні для виготовлення цієї деталі.

У другій половині XVIII ст. зустрічаються креслення, виконані в наочному зображені. Це вже зароджує майбутнє аксонометрії. Прикладом можуть бути креслення К.Д. Фролова "Рудопіднімальна машина" (рис. 7).

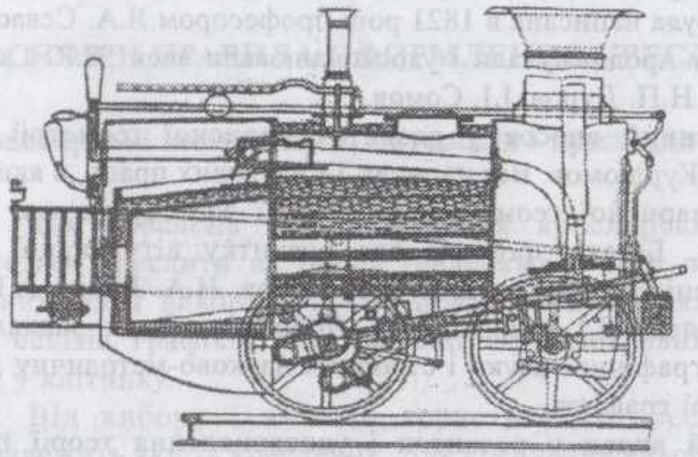


Рис. 6

Талановитим механіком-винахідником, який зробив великий внесок в удосконалення креслення, був І.П. Кулібін. У його проекті однопрольотного арочного моста через річку Неву були креслення поперечноного розрізу моста, окремі конструкції, а також вид зверху і збоку.

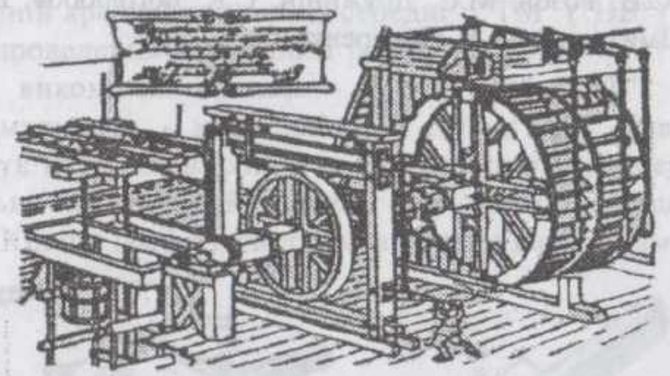


Рис. 7

У 1798 році французький вчений Гаспар Монж (1746-1818) опублікував свою працю "Нарисна геометрія", в якій він узагальнив досвід спеціалістів у зображенні просторових форм на площині і показав розв'язок технічних задач графічним способом. У кінці XVIII ст. - на початку XIX ст., коли виникла і стала розвиватися нарисна геометрія, метод ортогональних проекцій одержав наукове пояснення.

Перша наукова праця з нарисній геометрії в Росії "Основи нарисної геометрії" була написана в 1821 році професором Я.А. Севастьяновим. Його справу продовжували і удосконалювали вчені П.К. Галактіонов, А.Х. Редер, Н.П. Дуров, І.І. Сомов.

Неоціненний внесок у розвиток нарисної геометрії як науки зробив В.І. Курдюмов. Він написав 14 наукових праць, в яких дав нові напрямки нарисної геометрії, показав її застосування в технічних кресленнях. Багато зробили для розвитку вітчизняної технічної графіки вчені Н.І. Макаров, Є.С. Федоров, Н.А. Ринін, А.К. Власов, Н.А. Глаголев, Д.І. Каргін, А.І. Добряков. Вони заклали основу російської графічної науки і створили науково-методичну літературу з інженерної графіки.

Великий вклад у розвиток і удосконалення теорії інженерної графіки, методику її викладання, у створення навчальних посібників зробили вчені І.Г. Попов, С.М. Куликов, А.М. Ієрусалімський, Н.А. Попов, В.О. Гордон, В.І. Каменєв, Н.Ф. Четверухин.

В останній час плідний внесок у створення навчальних посібників з креслення та удосконалення методики викладання цієї дисципліни зробили проф. С.В. Розов, М.С. Дружинін, С.К. Боголюбов, В.Є. Михайленко, П.В. Дмитренко, В.К. Сидоренко.

Розділ 1. ГРАФІЧНЕ ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

§1. ОСНОВНІ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

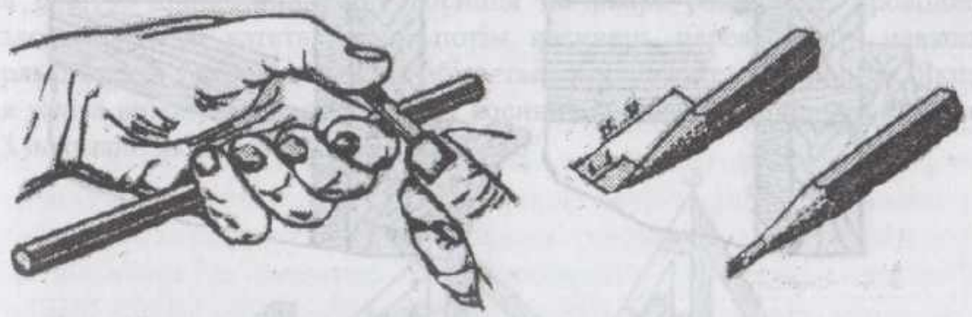
1.1. Креслярські інструменти, матеріали і приладдя

Папір. Для креслень використовують креслярський папір. Рекомендується креслити на більш гладенькому боці паперу. Для копіювальних робіт використовують прозорий папір-кальку, а для виконання ескізів, графіків, діаграм тощо - міліметровий папір або звичайний у клітинку.

Олівці. Від вибору і вмілого користування креслярськими олівцями залежить якість креслення. Для креслення використовують олівці "Конструктор" або "КОН-1- 00 ". Вони бувають тверді, м'які і середні.

Для побудови креслень у тонких лініях використовуюють олівці з твердим грифелем - "Т", "2Т" ("Н", "2Н") - у дужках зазначено відповідне позначення твердості імпортних олівців; для проведення основних ліній креслення - олівці середні - "ТМ" ("НВ") і м'які -"М" ("В"); для проведення виносних і розмірних ліній - "Т", "2Т" ("Н", "2Н"), для виконання написів - "ТМ", "М" ("НВ", "В") і для технічних малюнків - м'які олівці - "М"..."3М". Для креслення використовують і цангові олівці із стержнями різної твердості.

Правильно заструганий слівець має форму конуса заввишки 25...30 мм. Кінчик графіту виступає з оправи на 6...8 мм (рис. 8, *б*).



а *б* *в*

Рис. 8

Для виконання ліній однакової товщини олівці застругують "під лопатку" (рис. 8, *в*). Під час роботи графітовий стержень загострюють на дрібному наждачному папері № 0 або № 00. Для зручності смужку наждачного паперу слід наклеїти на дощечку (рис. 9) або папір. Олівець застругують з кінця, на якому немає марки.

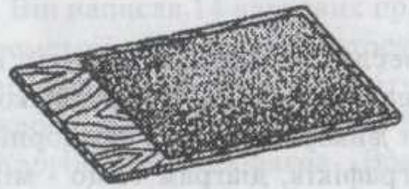
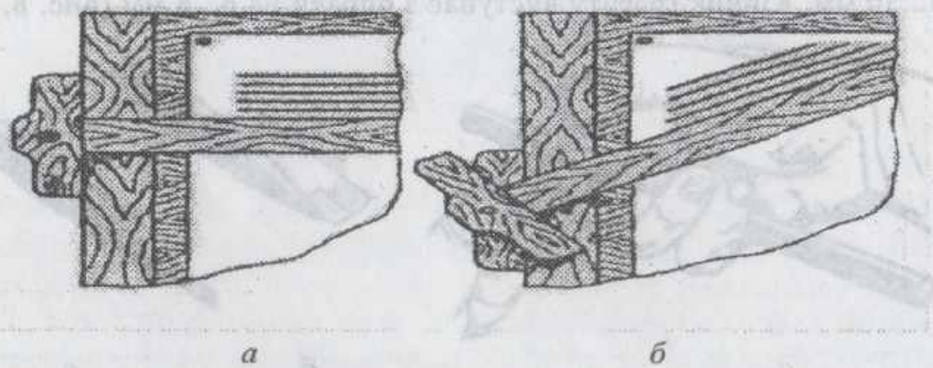


Рис. 9

Креслярські дошки виготовляють з м'яких сортів деревини (липи або тополі). З боків дошку обрамовують дубовими брусками на шпунтах. Найбільше застосовують креслярські дошки таких розмірів: 700х1000 мм; 500х700 мм і 350х500 мм.

Рейсшина - це довга лінійка, до якої з одного кінця прикріплено дві планки, нижня планка нерухома, а верхню закріплено на гвинті і можна повертати на певний кут відносно лінійки (рис. 1, *б*). Розміри рейсшини від 560х50х2 мм до 1320х60х2,5 мм. Під час роботи рейсшину переміщують угору або вниз на потрібну відстань лівою рукою вздовж лівої бічної сторони креслярської дошки, притискуючи до неї головку рейсшини. Правою рукою проводять паралельні горизонтальні лінії. Рухома планка дає змогу креслити похідні лінії.



а *б*

Рис. 10

Роликова рейсшина - це довга лінійка, на кінцях якої справа і зліва встановлені ролики з двома канавками. Вона кріпиться до креслярської дошки (рис. 11) за допомогою тонкого шнура і чотирьох цвяхів.

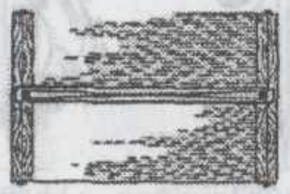
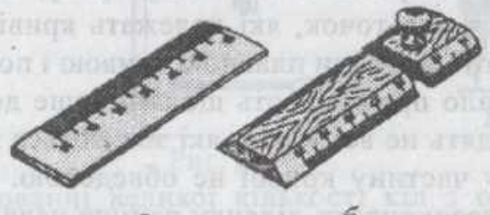


Рис. 11

Лінійки використовуються для проведення прямих ліній і вимірювання лінійних розмірів. Вони виготовляються з дерева або пластмаси двох видів: плоскі лінійки для проведення ліній (рис. 12, *а*), і вимірювальні лінійки із скошеними боками (рис. 12, *б*).



а *б*

Рис. 12

Косинці. Рекомендується мати щонайменше два косинці з кутами 45-90-45° і 30-90-60°. За допомогою косинців креслять паралельні лінії - похилі і вертикальні. Точність прямого кута перевіряють так, як показано на рис.13: приклавши катет косинця до ребра рейсшини, проводять уздовж другого катета лінію, потім косинець перевертають навколо прямого кута і перевіряють, чи збігається лінія з катетом косинця. Якщо ця умова виконується, прямий кут косинця зроблено правильно. На рис. 13 показано як перевіряти кути 45° і 30°.

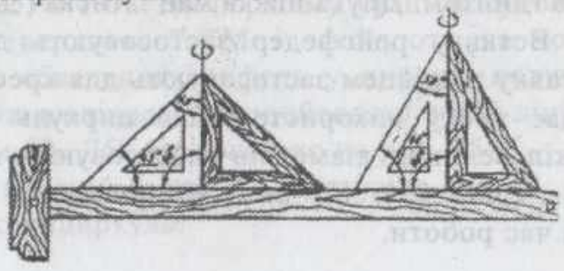


Рис. 13

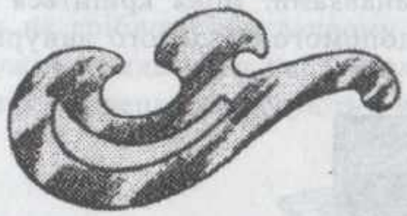


Рис. 14

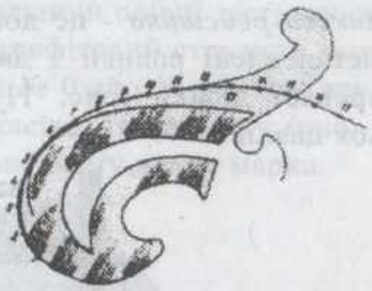


Рис. 15

Лекала - це фігурні лінійки з криволінійними контуром. Застосовують їх для проведення кривих ліній, коли задано ряд точок, які не можна сполучити за допомогою циркуля (рис. 14). Для роботи треба мати набір лекал.

Як користуватися лекалами показано на рис. 15.

Для того, щоб накреслити лекальну криву, спочатку за певним законом будується ряд точок, які належать кривій. Потім від руки олівцем сполучають ці точки плавною кривою і починають обводити її по лекалу. Лекало прикладають щонайменше до 4-5 точок кривої одночасно і обводять не всі точки, які збігаються з його обрисами, а залишають деяку частину кривої не обведеною. Наступна частина лекала повинна перекривати ділянку раніше наведеної кривої і т. д. Це забезпечує плавність кривої і відсутність переломів.

Готовальня - це набір креслярських інструментів, укладених у спеціальний футляр. У ній є такі інструменти: циркуль (рис. 16), циркуль-вимірник (рис. 17), кронциркуль (рис. 18), рейсфедер (рис. 19), вимірник (рис. 20), подовжувач (рис. 21), вставка кронциркуля (рис. 22, *а*), коловий рейсфедер (рис. 22, *б*), вставка з голкою (рис. 22, *в*). *Циркуль* (рис. 16) використовують для креслення великих кіл і дуг. Опорна ніжка циркуля закінчується голкою, закріпленою гвинтом. Друга ніжка має затискач для змінних вставок з гвинтом. Вставку рейсфедер застосовують для креслення кіл тушшю, вставку з олівцем застосовують для креслення кіл, вставка з голкою дає змогу використовувати циркуль як вимірник. Для креслення кіл великих діаметрів застосовують проміжну вставку-подовжувач (рис. 21). На рис. 23 показано, як треба тримати циркуль під час роботи.

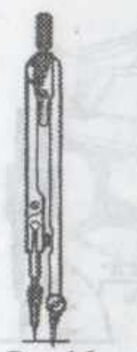


Рис.16

Рис.17

Рис.18

Рис.19

Рис. 20

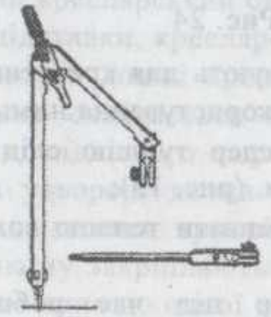
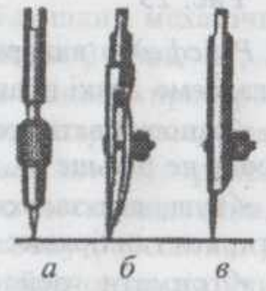


Рис. 21



а б в

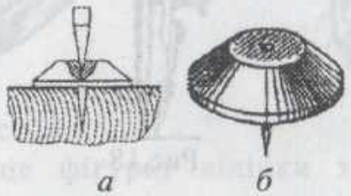
Рис. 22

При викреслюванні великої кількості кіл з одного центра від багаторазового обертання голки отвір на папері збільшується, що призводить до зміщення центру кіл. Щоб цього уникнути, у центрі кола встановлюється центрик - металева кнопка з маленькою конічною заглибиною в головці, яка розташована точно над голкою (рис. 24, *а*). У цю заглибину конічним кінцем встановлюють голку ніжки циркуля, як показано на рис. 24, *б*, де 1 - голка циркуля; 2 - центрик; 3 - папір; 4 - креслярська дошка.

Грифель ніжки циркуля повинен виступати на 6...8 мм. Форму заточки і твердість грифеля вибирають залежно від стадії виконання креслення (рис. 25, *а* і *б*). На першому етапі побудови креслення беруть грифель твердості Т-ТМ і заточують на конус, гостро (рис. 25, *а*). Для обведення грифель у циркулі повинен бути на номер м'якший, ніж в олівцеві, яким обводять прямі лінії. Заточують грифель під кутом 60...75°, як показано на рис. 25, *б*.

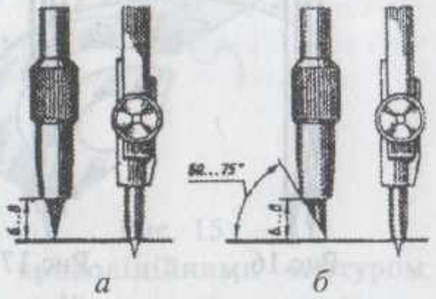
Для креслення кіл малих діаметрів від 2 до 12 мм використовують кронциркуль.

Рис. 23



а *б*

Рис. 24



а *б*

Рис. 25

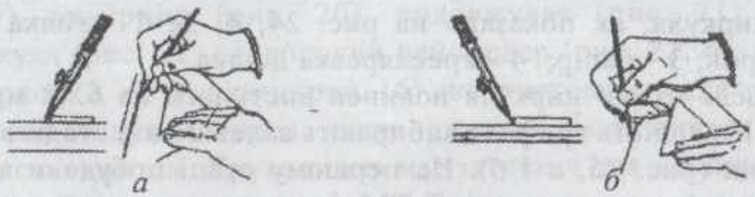
Рейсфедер використовують для креслення прямих ліній тушшю. Нагадаємо деякі правила користування ним:

✓заповнювати рейсфедер тушшю слід за допомогою пера на висоту не більше 6...8 мм. (рис. 19);

✓туш, яка засохла, змивати теплою водою і стулки рейсфедера обтирати ганчіркою;

✓тримати рейсфедер під час роботи треба в площині, перпендикулярній до площини креслення, з нахилом 75° до лінії, що проводиться.

Неправильне тримання рейсфедера під час обведення креслення показано на рис. 26, *а, б*. Прямі лінії креслять у напрямі зліва направо або знизу вверх. Двічі наводити ту саму лінію не рекомендується. Стовщувати лінії треба так, що не змінювались розміри предмета.

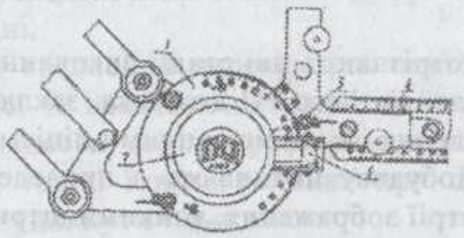


а *б*

Рис. 26

Гумка. Для витирання ліній, проведених олівцем, застосовують м'які гумки, а для ліній, обведених тушшю, тверді. Перед роботою кінчик гумки протирають на чистому аркуші паперу, щоб вона не забруднювала креслення.

а



б

Рис. 27

Креслярське приладдя. Щоб прискорити процес креслення, застосовують універсальний креслярський стіл з механічною рейсшиною. Він складається з підставки, креслярської дошки і механічної рейсшини, яку закріплено на дошці кронштейном 3 (рис. 27, *а*). Сама механічна рейсшина складається з важільного пристрою, побудованого на принципі підвісного шарнірного паралелограма, і головки. Паралелограми утворені двома парами штанг, прикріплених до кільця 2. Верхні штанги прикріплено до кронштейна, а нижні - до диска 1, на якому закріпляють і головку рейсшини. До головки під прямим кутом одна до одної прикріплено дві лінійки з поділками. Важільний шарнірний механізм дає змогу паралельно переміщувати лінійку в будь-яку частину креслярської дошки.

Якщо натиснути на заскочку 6 (рис. 27, *б*), можна повернути головку 7 і утворити потрібний кут відносно горизонтального напряму. Кут відлічують за поділками транспортира, нанесеними на нерухомому диску 1. Заскочка 6 під дією пружини автоматично фіксує положення лінійок 4 через кожні 15°. Щоб закріпити головку рейсшини на інших поділках транспортира, користуються гайкою-баранчиком 5.

На рис. 28 зображено різні приклади проведення ліній за допомогою механічної рейсшини.

а *б* *в*

Рис. 28

1.2. Методи виконання креслень

Розрізняють дві стадії виконання креслень: підготовку олівцем і обведення його. Підготовка заключається в побудові всіх фігур креслення і написів тонкими лініями гостро заструганим олівцем.

Побудову починають з проведення осьових ліній, які є осями симетрії зображення, тонкими штрихпунктирними лініями.

Для відкладення довжин відрізків на кресленні існує два методи: можна відкласти потрібний розмір безпосередньо по лінійці із скошеними боками або ж попередньо "взяти" цей розмір за допомогою циркуля-вимірника. Місце положення точки відмічають легким уколом голки; для кращої видимості точку "наколюють" олівцем, для цього гострій олівця ставлять у потрібну точку і, тримаючи олівець вертикально, обертають його.

Так само слід робити, якщо треба відмітити точку, утворену внаслідок перетину двох засічок, зроблених циркулем. Після наколювання точки засічок витирають. Інколи замість "наколки" точки їх обводять маленькими кружечками. Нанесені точки з'єднують прямими або кривими лініями, отримавши обриси зображення. Після побудови обрису переходять до нанесення подробиць фігури.

При підготовці креслення лінії проводять з легким натиском на олівець. Це дозволяє у випадку помилки витерти лінії і провести її в новому місці. Стараються рідше користуватися гумкою, оскільки застосування її бруднить креслення. Закінчивши побудову креслення, його ретельно перевіряють. Слідкують за тим, щоб на кресленні не було неправильно проведених і зайвих ліній. Витирання тонких ліній після обведення приносить багато клопотів, віднімає час, а інколи веде до перероблення всього креслення.

Обведення ведуть широким фронтом, тобто спочатку проводять горизонтальні лінії на всіх зображеннях даного креслярського аркуша, потім всі вертикальні лінії, всі похилі лінії одного направлення і т. д. Закінчивши обведення, у тій же послідовності обводять штрихові, суцільні тонкі і штрихпунктирні лінії. Інколи рахують, що обведення креслення слід починати з осьових і центрових ліній. Взагалі можливо і в такій послідовності обводити.

Проте він має певні недоліки: проведені лінії ховають центри кола і дуг, їх важко знайти на кресленні.

Після закінчення обведення креслення перевіряють повторно, звертаючи на цей раз увагу на те, чи повністю обведені лінії, чи не проведені зайві лінії, чи скрізь нанесені стрілки розмірних ліній, чи нанесені всі необхідні розміри тощо. Кожне питання при цьому вирішують окремо, що дозволяє уникнути помилок.

При обведені олівцем важко зберегти чистоту креслення через неможливість вичистити гумкою все поле креслення. Можна почистити тільки частину поля, незайнятої зображенням. Тому підготовку креслення, яке передбачають обводити олівцем, слід робити старанніше, дотримувати чистоти і уникати проведення зайвих ліній. Друга особливість у тому, що важко проводити прямі лінії і кола однакової товщини і чорноти. Часто циркульні криві отримуємо менш чорними, ніж прямі лінії і лекальні криві. Пояснюється це тим, що на стержень, встановлений у циркуль, не можна натиснути так сильно, як на олівець. Тому в циркуль встановлюють м'якший стержень.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Якої міцності використовують олівець для підготовки креслення, обведення і малювання?

2. В якому напрямку слід проводити лінії за рейсшиною, трикутником?

3. У чому переваги креслярського приладдя, як ним користуватися?

4. Для чого існує рейсфедер, як ним користуватися?

5. У якій послідовності слід вести підготовку креслення?

§ 2. ГРАФІЧНЕ ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

2.1. Формати. Основний напис

Форматом називається розмір аркуша креслення або іншого конструкторського документа.

Формат визначається розмірами зовнішньої рамки, яку виконують тонкою суцільною лінією (рис. 29). Формати поділяються

на основні (табл. 1) і додаткові (табл. 2). Формат А1 з розмірами сторін 1189 х 841мм має площу 1м². Кожен наступний основний формат утворюють діленням попереднього формату навпіл. Причому ділення виконують паралельно меншій стороні формату.

Таблиця 1

Основні формати

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

Таблиця 2

Додаткові формати

Позначення	Розміри сторін, мм	Позначення	Розміри сторін, мм
А0 х 2	1189 х 1682	А3 х 6	420 х 1783
А0 х 3	1189 х 2523	А3 х 7	420 х 2080
А1 х 3	841 х 1783	А4 х 3	297 х 630
А1 х 4	841 х 2378	А4 х 4	297 х 841
А2 х 3	591 х 2181	А4 х 5	297 х 1051
А2 х 4	591 х 1682	А4 х 6	297 х 1261
А2 х 5	591 х 2102	А4 х 7	297 х 1471
А3 х 3	420 х 891	А4 х 8	297 х 1682
А3 х 4	420 х 1189	А4 х 9	297 х 1892
А3 х 5	420 х 1486		

Позначення додаткового формату складається з позначення основного формату і його кратності.

Встановлені стандартом формати використовуються не тільки для виконання креслень, а і для іншої конструкторської документації.

Рамку креслення виконують суцільною основною лінією на відстані 5 мм від верхньої, правої і нижньої меж формату. Між лівою межею і лінією рамки залишають поле завширшки 20 мм для підшивання й брошурування креслень та документів.

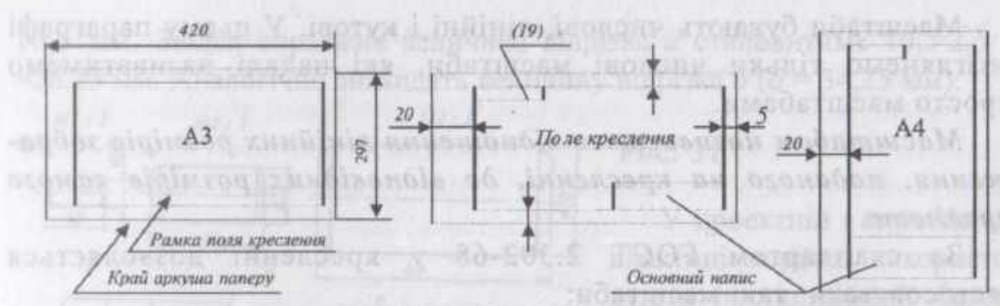


Рис. 29

Кожне креслення і конструкторський документ повинні мати основний напис. Його розміщують у правому нижньому кутку формату і виконують за стандартом 2.104-68. Напис - це своєрідна характеристика креслення, в якому наводять найважливіші відомості про предмет: його назву, матеріал, з якого його виготовлено, масштаб та ін. На рис. 30 зображено основний напис за формою 1 (стандарт ГОСТ 2.104-68). У графі 1 пишуть назву креслення; у графі 6 - масштаб зображення; 9 - скорочену назву навчального закладу і групи; 11 - прізвища тих, хто креслив і перевіряв креслення; 12 - підписи їх; 2 - позначення креслення; 19 - позначення креслення, повернуте на 180° для формату А4, для форматів більше А4 при розташуванні основного напису поздовж довгого боку аркуша і на 90° для форматів більше А4 при розташуванні основного напису поздовж короткого боку аркуша.

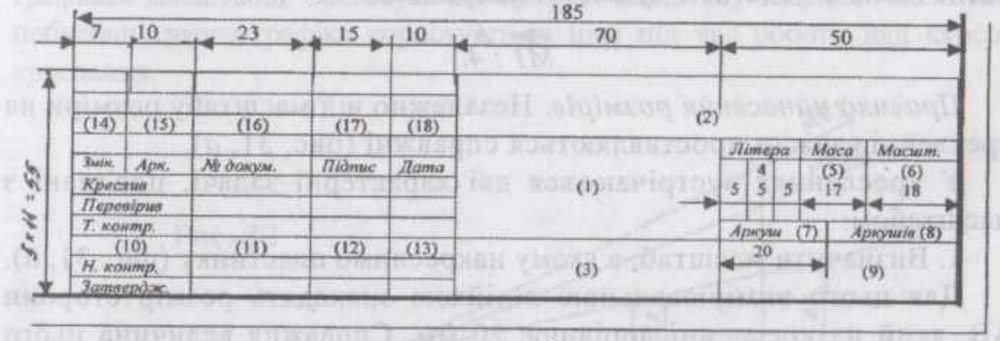


Рис. 30

2.2 Масштаби

Не завжди є можливість накреслити предмет у натуральну величину. Великі предмети доводиться зображати зменшеними в кілька разів, а дрібні - збільшеними.

Масштаби бувають числові, лінійні і кутові. У цьому параграфі розглянемо тільки числові масштаби, які надалі називатимемо просто масштабами.

Масштабом називається відношення лінійних розмірів зображення, поданого на кресленні, до відповідних розмірів самого предмета.

За стандартом ГОСТ 2.302-68 у кресленні дозволяється застосовувати такі масштаби:

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; 1:100; 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.

Перевагу слід віддавати зображенню предмета в натуральну величину.

Позначення масштабу. При позначенні масштабу в спеціальній графі основного напису букву М не ставлять, а пишуть тільки відношення, наприклад: 1 : 1, 1 : 2 і т.д. Якщо якесь зображення на кресленні виконано в масштабі, що не відповідає зазначеному в основному написі, то над цим зображенням пишуть його умовне позначення з додатком букви *М*, наприклад:

$$\frac{A}{M1:4}.$$

Правило нанесення розмірів. Незалежно від масштабу розміри на кресленні завжди проставляються справжні (рис. 31, *а*).

У кресленнях зустрічаються дві характерні задачі, пов'язані з масштабом:

1. Визначити масштаб, в якому накреслимо пластинку (рис. 31, *б*).

Для цього вимірювальною лінійкою знаходять розмір сторони АВ, який на кресленні дорівнює 20 мм. Справжня величина цього відрізка - 300 м. Отже, масштаб, в якому виконано креслення, становитиме 1 : 15.

2. Визначити справжню величину відрізка *а* і *б*, якщо позначено масштаб креслення - М 1 : 2,5 (рис. 31, *в*).

Вимірюванням знаходять, що величина *а* становить на кресленні

10,5 мм. Звідси справжня величина відрізка *а* становитиме 10,5·2,5 = =26,25 мм. Аналогічно знаходять величину відрізка *б* (*б* = 34,25 мм).

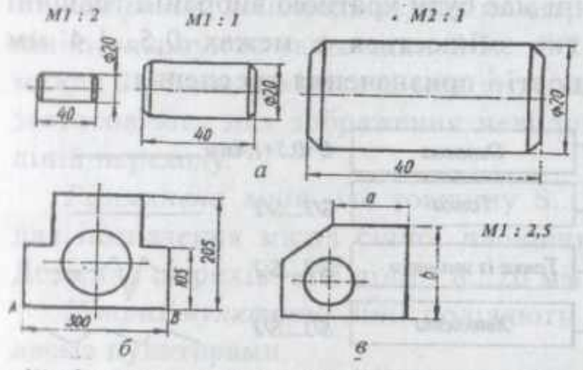


Рис. 31

У проектній і виробничій практиці нерідко використовують пропорційний (кутовий) масштаб. Це простий графік. Нехай треба побудувати такий графік для масштабу 1:15. На горизонтальній прямій від точки А (рис. 32) відкладають відрізок довжиною 100 мм; у точці В будують прямий кут і по його другій стороні відкладають відрізок, зменшений у 5 раз (100 мм : 5 = 20 мм); з'єднують отриману точку С з точкою А. Лінію довжиною 12,8 мм, яку беремо з креслення, розташовуємо вертикально і за її основою знаходять на горизонтальній прямій дійсну довжину, що дорівнює 66 мм. Графік будують на міліметровому папері або в клітинку. Для масштабу 1 : 2,5 на лінії ВС від точки В відкладають відрізок, який дорівнює 40 мм, для масштабу 1 : 2 - 50 мм. Зображений на рис. 32 ряд пропорційних масштабів називають графіком масштабів. Застосування графіка масштабу зберігає час. Після побудови такого графіка користуються ним під час роботи над курсом креслення.

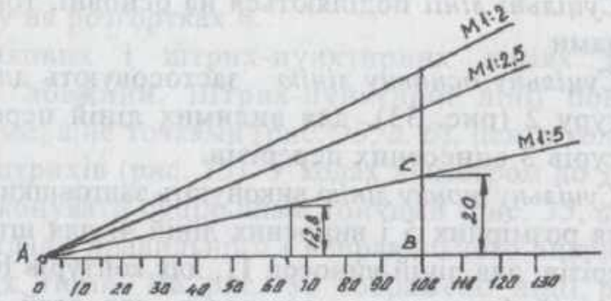


Рис. 32

2.3. Лінії креслення

Лінії, які застосовують для виконання креслення, їх призначення, проведення і співвідношення товщини встановлені стандартом

ГОСТ 2.303-68. Відповідно до цього стандарту в кресленні бувають лінії трьох типів: *суцільні, штрихові* та *штрих-пунктирні* (рис. 33).

Товщина ліній на кресленні має бути кратною вибраній товщині суцільних основних ліній, яка змінюється в межах 0,5...1,4 мм залежно від величини, складності і призначення креслення.

Рис. 33

Суцільні лінії поділяються на основні, тонкі, хвилясті і тонкі із зламами.

Суцільну основну лінію застосовують для наведення видимого контуру 2 (рис. 33), для видимих ліній переходу і для обведення контурів 3 винесених перерізів.

Суцільну тонку лінію виконують завтовшки S/3...S/2. Застосовують її для розмірних 5 і виносних ліній 4, для штрихування 10 розрізу і перерізів, для ліній-виносок 11, для контурів І6 накладених перерізів, для ліній 6 згину на розгортках, для осей 15 проекцій, слідів 14 площин, ліній 13 побудови точок та ін.

Суцільна хвиляста лінія має товщину S/3...S/2 і застосовується для зображення обривів та для розмежування 12 вигляду й розрізу.

Суцільна тонка лінія із зламами має товщину S/3...S/2 і застосовується для виконання довгих ліній обриву.

Штрихові лінії поділяється на штрихові і розімкнені. Штрихову лінію виконують завтовшки S/3... S/2. Довжину штрихів беруть у межах 2...8 мм, а відстань між штрихами - 1...2 мм. Штрихові лінії застосовують для зображення невидимого контуру 9 і невидимих ліній переходу.

Розімкнена лінія має товщину S...1*1/2* S і застосовується лише для позначення місця січної площини і в перерізах та розрізах. Довжина штрихів цієї лінії - 8...20 мм.

Штрих-пунктирні лінії поділяють на тонкі, стовщені й тонкі з двома пунктирами.

Тонка штрих-пунктирна лінія має товщину S/3...S/2 і застосовується для зображення центрових та осьових ліній 7, ліній симетрії. Довжину штрихів беруть у межах 5...30 мм, а відстань між штрихами - 3...5 мм.

Штрих-пунктирну стовщену лінію завтовшки S/2...2/3S застосовують для позначення в розрізах елементів 17, розміщених перед січною площиною (так званих "накладених проекціях"), для позначення поверхні 18, що підлягає термообробці або покриттю.

Штрих-пунктирна тонка лінія з двома пунктирами має такі ж обриси, що й штрих-пунктирна тонка, але має два пунктири в обриві між штрихами. Використовується для зображення граничних деталей, частин виробу в крайніх положеннях на розгортках поверхонь, ліній згину на розгортках 6.

Штрихи в штрихових і штрих-пунктирних лініях треба проводити однакової довжини. Штрих-пунктирні лінії повинні закінчуватися штрихами, а не точками (рис. 35, *а, б*), центр кола позначають перетином штрихів (рис. 35). У колах діаметром до 12 мм центрові лінії слід виконувати суцільними тонкими (рис. 35, *а*). На рис. 34 наведено приклади правильного і неправильного виконання перетину ліній різних типів. На рис. 36 зображено лінії різної товщини.

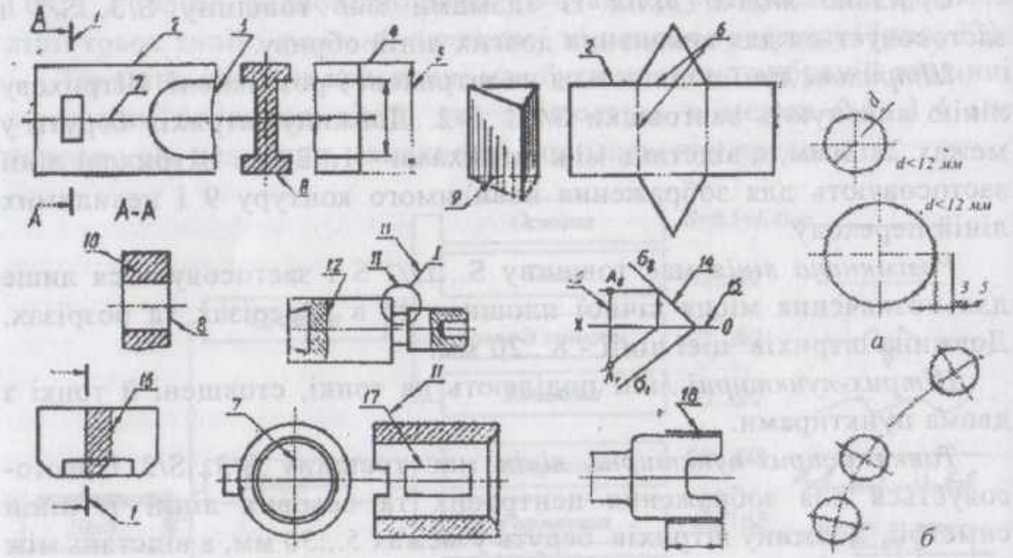
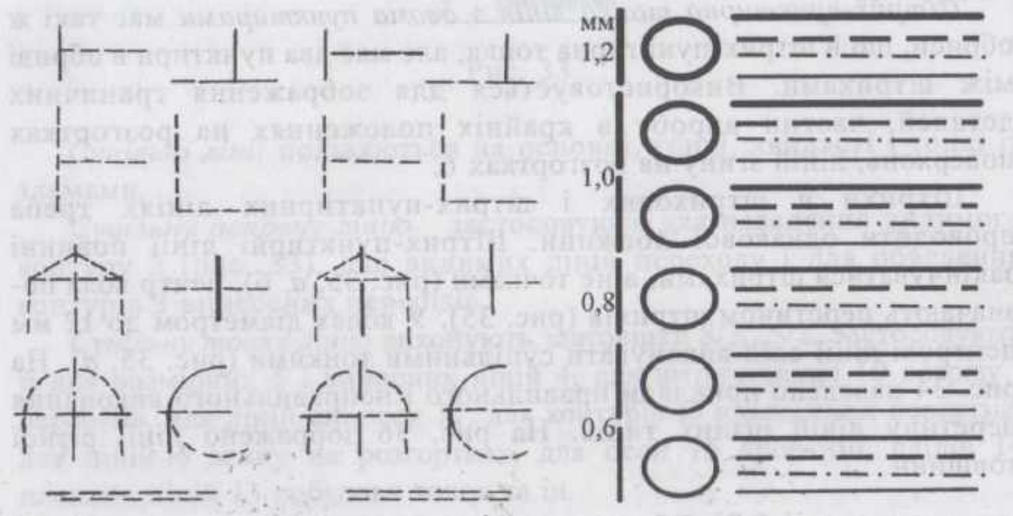


Рис. 34

Рис. 35



Правильно Неправильно

Рис. 36

Рис. 37

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається форматом креслення?

2. Які основні формати встановлює ГОСТ 2.301-68 (вкажіть їх розміри)?

3. Які формати називаються додатковими?

4. На якій відстані від краю аркуша проводять рамку креслення?

5. Назвіть основні види ліній, що використовуються в кресленні.

6. У яких межах вибирають товщину S суцільної основної лінії та від чого залежить її товщина?

7. Для чого існує на кресленні суцільна тонка лінія?

8. У якому співвідношенні береться товщина різноманітних ліній залежно від S?

9. У яких межах вибирається довжина штрихів та відстань між ними для штрихових і штрих-пунктирних ліній?

10. Що таке масштаб креслення?

11. Які масштаби зменшення і збільшення відповідно до ГОСТ 2.302-68?

12. Як позначають масштаб на кресленні?

2.4. Креслярський шрифт

Зображення на кресленнях поповнюють написами, які виконують креслярським шрифтом за стандартом ГОСТ 2.304-81. У стандарті наведено основні відомості щодо конструкції букв і цифр, установлено їх висоту, ширину, товщину обведення, відстань між буквами, рядками та інші елементи, за якими можна досить красиво виконувати написи.

Шрифт алфавіту поділяється на основний з нахилом (рис.38, *а*), широкий з нахилом і прямий без нахилу (рис. 38, *б*). Різниця широкого шрифту від основного не у висоті і не в конструкції букв, а лише в їх ширині. На рис. 39, *а* зображено арабські цифри, а на рис. 39, *б* - римські цифри прямого і похилого шрифтів.

За стандартом шрифт має бути нахиленим до основи рядка вправо під кутом 75°. Прямий шрифт без нахилу застосовують рідко: для деяких заголовків, позначень в основному написі, на полі креслення тощо.

Стандарт установлює такі розміри шрифту: (1,8); 2,5; 3 ,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Розміри шрифтів визначаються висотою великих букв у міліметрах. Ця висота вимірюється в напрямі, перпендикулярному

Рис. 38 *а*

до основи строк. Отже, висота великих букв шрифту розміру 10 дорівнює 10 мм, розміру 5 - відповідно 5 мм і т. д. Висота малих букв становить 5/7 висоти великих букв h, що приблизно відповідає наступному меншому розміру шрифту. Так, висота малих букв шрифту 10 дорівнює 7 мм, тобто відповідає висоті великих букв наступного шрифту 7-го розміру. Винятком є висота малих букв *б, р, д, р, у, ф,* яка дорівнює висоті великих букв, або, що те саме, розміру шрифту, застосованого для написів.

Написи можуть складатися з одних великих букв; у цьому випадку перша буква повинна мати таку ж висоту, як і інші.

Для машинобудівних креслень можна використовувати шрифт типу Б з нахилом під кутом 75° (рис. 38, табл. 3).

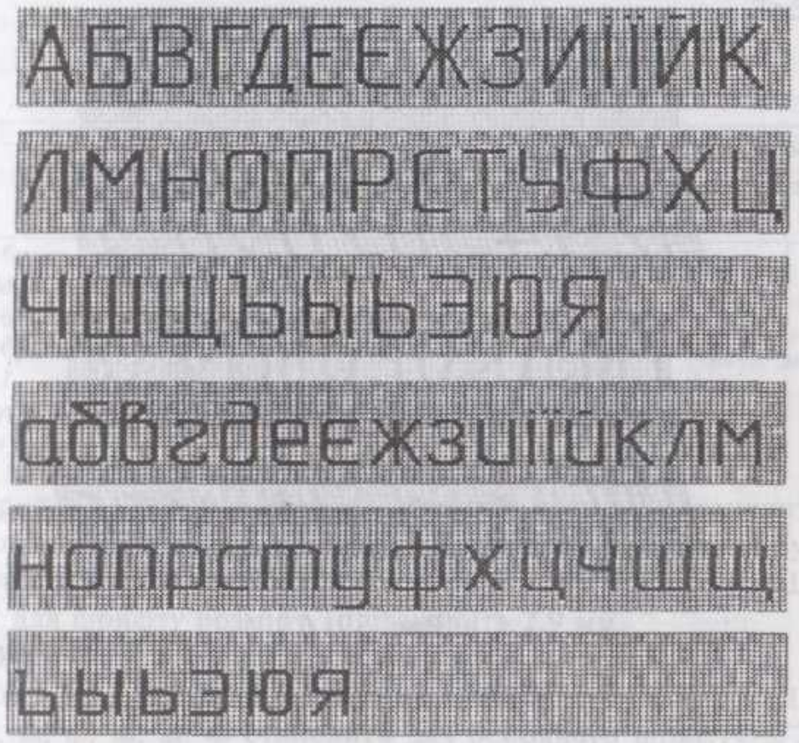


Рис. 38 *б*

Рис. 39 *а*

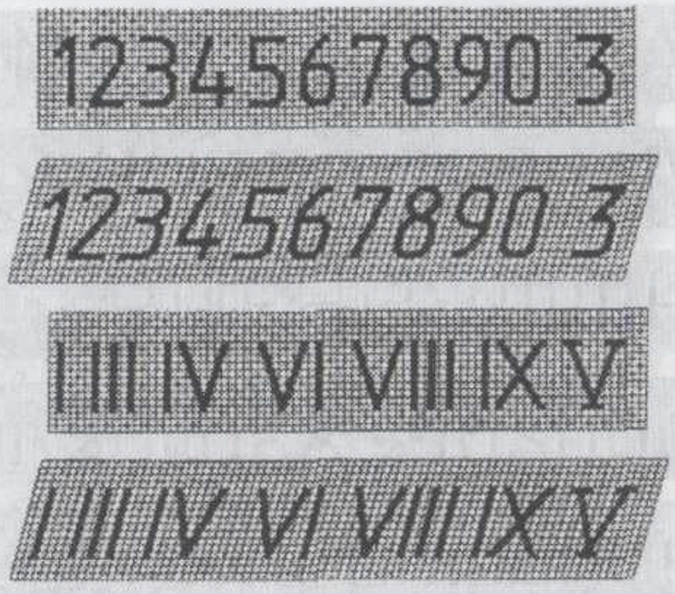


Рис. 39 *б*

Таблиця 3

Шрифт типу Б (d=h/10)

Параметр	Позначення	Відносний розмір		Розмір , мм							
Розмір шрифту висота великих букв	h	10/10h	10d	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Висота малих букв	c	7/10h	7d	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Відстань між буквами	A	2/10h	2d	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Мінімальний крок строк	A_2	17/10h	17d	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Мінімальна відстань між словами	e	6/10h	6d	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Товщина ліній шрифту	d	1/10h	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

Ширина букв (табл. 4). Ширина великих букв дорівнює 4/7h для основного і 5/7h для широкого шрифтів. Виняток становлять букви А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ю, І, Ї і цифра 1. Ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ю відповідно дорівнює 6/7h для основного і h для широкого шрифтів. Проміжне положення займають букви А і М, ширина яких дорівнює 6/7h для основного і h для широкого шрифтів. Ширина цифри 1 дорівнює 2/7h.

Таблиця 4

Ширина букв і цифр

Елемент шрифту	Ширина шрифту з нахилом основного		широкого	
	позначення	вираз	позначення	вираз
Великі букви і цифри, крім букв	b	4/7h	$b_ш$	5/7h
А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ю, І, Ї і цифри *1*	b_1	6/7h	$b_{1ш}$	h
Великі букви *Ж, Ф, Ш, Щ , Ю*	b_2	5/7h	$b_{2ш}$	6/7h
Великі букви *А, М*	b_3	2/7h	$b_{3ш}$	2/7h
Цифра *1*	b_4	3/7h	$b_{4ш}$	4/7h
Малі букви, крім букв *ж, м, т, ф, ш, щ, ю*	b_5	5/7h	$b_{5ш}$	6/7h
Буква *м*	b_6	4/7h	$b_{6ш}$	5/7h

Наприклад, для шрифту 10 ширина букви Б становить для основного шрифту 5,7 мм, а для широкого - 7 мм. Ширина букви Ж відповідно становить 8,6 і 10 мм, а букви М - 7 і 8,6 мм. Ширина цифри і для шрифту розміру 10 становить 2,9 мм.

Ширина більшості малих букв, крім *ж, м, т, ф, ш, щ, ю*, дорівнює 3/7h для основного, 4/7h для широкого шрифтів. Ширина букв *ж, т, ф, ш, щ, ю* становить для основного шрифту 5/7h, для широкого - 6/7h. Окремо стоїть буква м, ширина якої становить відповідно 4/7h і 5/7h.

Товщину ліній для обведення букв і цифр беруть у межах 1/7...1/10. Більшу товщину обведення (1/7h) можна рекомендувати для великих букв і цифр, меншу (1/10h) - для малих букв. Товщина обведення ліній для того самого тексту має бути однаковою незалежно від наявності в ньому великих чи малих букв.

Відстань А між суміжними буквами в словах і між цифрами в числах повинна становити 2/7h, а відстань між словами і між числами не менше ширини букв тексту. Відстань А2 між основами рядків беруть не меншою 1,5 h, тобто не менше, як півтора розміру шрифту. Якщо написи виконують різними шрифтами, то відстань між основами рядків беруть за найбільшим розміром шрифту. Так, для шрифту розміру 10 проміжки між буквами повинні бути 3 мм, між словами - не менше 10 мм, а відстань між основами рядків - не менше 15 мм.

Іноді, при поєднанні окремих букв, спостерігається уявне збільшення проміжків між ними. Так буває, наприклад, при поєднанні в слові великих букв *Г* і *А*, *Р* і *А*, *Т* і *Л* (рис. 40) тощо. У цих випадках стандарт рекомендує зменшувати відстані між буквами до 1/7h, щоб позбавитися зорових розривів. На рис. 40 у словах "Верстат" і "Гараж" зменшено відстань між *Т* і *А*, *Г* і *А*, *Р* і *А*.

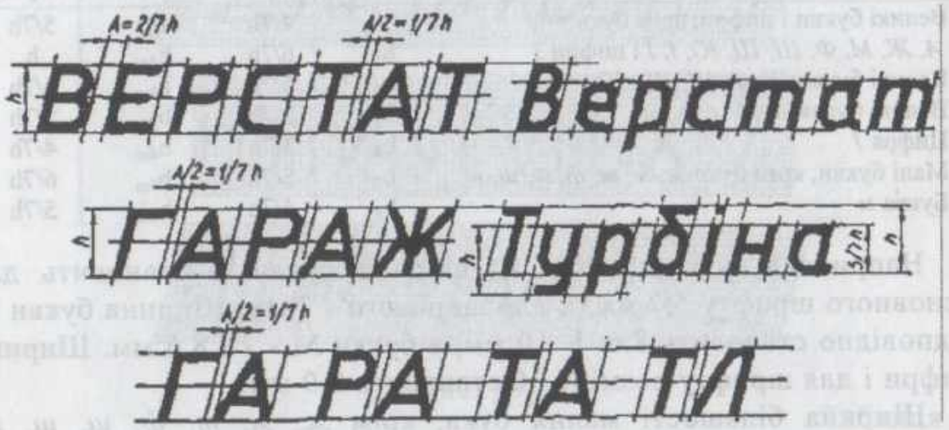


Рис. 40

2.4.1. Конструкція букв

Вивчення конструкції букв креслярського шрифту слід починати не в алфавітному порядку, а залежно від труднощів і однотипності їх написання. Треба з'ясувати принцип розміщення окремих елементів букв і цифр відносно паралелограма сітки, в якій їх розміщено. Великі і малі букви алфавіту поділяють на кілька характерних груп, кожну з яких вивчають окремо.

Написання великих букв (рис. 41). Усі великі букви поділяють на чотири групи.

Букви першої групи - Г, Н, П, Т, Ц, Е, Ш, Щ, І характерні тим, що утворені лише прямолінійними елементами, розташованими з нахилом 75° до рядка або горизонтально, ширина букв широкого шрифту *Ш* і *Щ* дорівнює їх висоті, а ширина букв *І* та *Ї - S*. Нижні відростки букв *Ц* і *Щ* виконують за рахунок проміжків між буквами і рядками; вони виступають за межі паралелограма на величину товщини обведення букви.

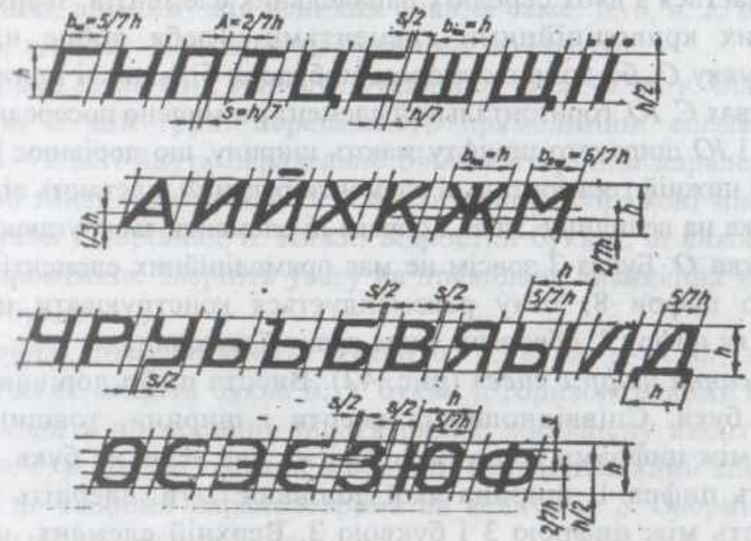


Рис. 41

Букви другої групи - *А, И, Х, Ж, М, Л, Д* також утворені прямолінійними елементами, але розміщеними не лише горизонтально, а й похило або діагонально. Особливу увагу треба звернути на правильне положення похилих елементів. Внутрішні похилі елементи букви М лежать на перетині діагоналей паралелограма. У букві К нижній похилий елемент також іде по діагоналі паралелограма, а верхній - з правої вершини паралелограма в точку, яка лежить на відстані 2/7h від нижньої лінії рядка. Буква Ж за конструкцією - це подвоєна буква *К*.

Букви третьої групи - Ч, Р, У, Ь, Б, В, Я утворені горизонтальними, похилими і криволінійними елементами. Середні горизонтальні елементи розділені точно посередині рядка. У буквах, що мають заокруглення *(Р, Ь, Б, В, Я)*, горизонтальні елементи проводять тільки до середини ширини букв, а потім від руки виконують заокруглення. Похилий елемент букви *Я* виконують у напрямі діагоналі паралелограма. Верхню горизонтальну поличку букви Б, нижню - букви У і верхній заокруглений елемент букви В не доводять до кінця на величину S/2. Рекомендується спочатку креслити прямолінійні елементи букв, а потім - криволінійні.

Букви четвертої групи - О, С, Э, Є, З, Ю, Ф в основному складаються з криволінійних елементів; основою цієї групи є буква *О*,

що складається з двох середніх паралельних елементів, зверху і знизу спряжених криволінійними елементами. Треба добре навчитися писати букву *О*, бо вона є основою побудови більшості малих букв.

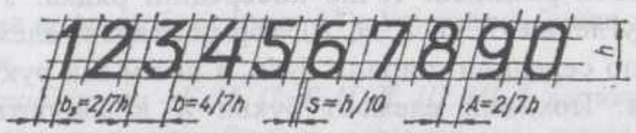
У буквах *Є, Ю* горизонтальний елемент розміщено посередині рядка. Букви *Ф* і *Ю* широкого шрифту мають ширину, що дорівнює їх висоті. Верхній і нижній горизонтальні елементи букви *Ф* відстають від крайніх ліній рядка на величину. Зліва і справа ці елементи заокруглюються так, як і в букви *О*. Буква З зовсім не має прямолінійних елементів. Вона є частиною цифри 8, тому рекомендується конструювати цю букву спочатку як цифру 8, обводячи лише праву її половину.

Написання цифр і чисел (рис. 42). Висота цифр дорівнює висоті великих букв. Співвідношення висоти і ширини, товщини ліній, відстані між цифрами тощо такі самі, як для великих букв. Виняток становить цифра 1, ширина якої дорівнює 2/7h. Зверніть увагу на відмінність між цифрою 3 і буквою З. Верхній елемент цифри не має заокруглення, а складається з прямолінійних елементів. Форма римських цифр для шрифтів типів А та Б також регламентується ГОСТ 2.304-81.

Арабські цифри

Широкий шрифт з нахилом

Основний шрифт з нахилом



Римські цифри

Рис. 42

Написання малих букв (рис. 43). Тільки 15 малих букв мають конструкцію, відмінну від великих букв, а саме: *а, б, в, г, д, е, и, п, й, т, у, ф, ц, ш, д*. Поділимо ці букви на дві групи.

До першої групи слід віднести букви *й, ц, ш, щ, п, т, у*. Основою їх є буква *и*. У цій групі переважають прямолінійні елементи, які займають ~ 2/3h і йдуть паралельно бічним сторонам паралелограма. Зверху або знизу прямолінійні елементи плавно спряжені між собою. Висота букви *у* дорівнює h. Нижні відростки букв ц, щ виконують за рахунок проміжків. Зверніть увагу на правильне виконання нижнього елемента букви *у*.

До другої групи належать букви *а, б, в, д, е, р, ф*, в основі побудови яких лежить буква *о*. У букви є горизонтальний елемент, який проходить посередині висоти рядка, збільшену висоту мають букви *б, в, д, р, ф - h*. У букви *д* верхній горизонтальний елемент не доходить до сторони паралелограма на величину *S*. Зверніть увагу на правильне написання букв *б* і *в*.

Особливе місце займає буква *г*, яка має лише невеликий похилий прямолінійний елемент.

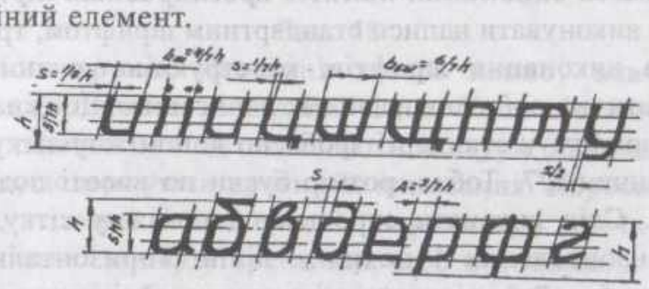


Рис. 43

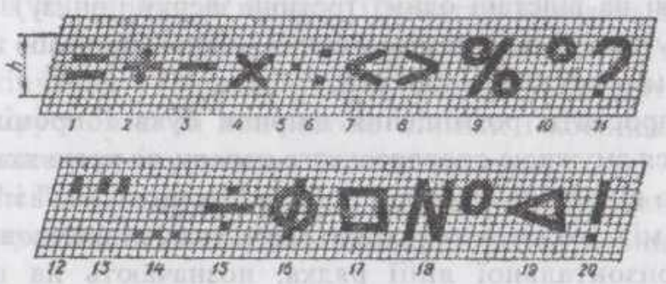


Рис. 44

Написання деяких знаків. На рис. 44 показано написання знаків, які зустрічаються в кресленні, а саме: рівність - 1, плюс - 2, мінус - 3,

множення - 4, ділення - 6, менше - 7, більше - 6, процент - 9, градус - 10, знак запитання - 11, хвилина - 12, секунда і лапки - 13, від ... до - 14, діаметр - 16, квадрат - 17, номер - 18, конусність - 19, знак оклику - 20. Конструкція цих знаків зрозуміла з рисунка.

На рис. 45 наведено приклади виконання написів цифрами і знаками основним шрифтом з нахилом, а на рис. 46 буквами без нахилу написано слово "трактор" та деякі цифри і знаки.

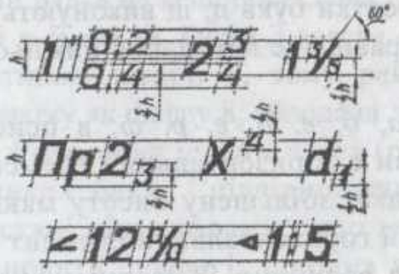


Рис.45

Рис.46

2.4.2. Прийоми виконання написів креслярським шрифтом

Щоб добре виконувати написи стандартним шрифтом, треба твердо знати правила виконання шрифтів, конструкцію кожної букви та цифри, систематично робити вправи з їх написання. Щоб краще подати конструкцію шрифту, у стандарті зроблено допоміжну сітку у вигляді ромбиків заввишки h/7. Тобто, розмір букви по висоті поділено на 7 рівних частин. Слід виконати спрощену допоміжну сітку, яка складається з горизонтальних і похилих ліній. Горизонтальних ліній проводять п'ять (крайні, відстань між якими дорівнює висоті букв, середню, дві на відстані однієї третини зверху і знизу). Похилі лінії йдуть під кутом 75° на відстані ширини кожної букви або цифри тексту і проміжку між буквами і словами.

Щоб спростити розміщення ширини букв і проміжків, можна скористатися смужкою креслярського паперу, на краю якої відкладено поділки, що відповідають ширині букв ("нормальних" і "широких") і проміжкам між буквами і словами. Пересуваючи виготовлену смужку вздовж горизонтальної лінії рядка, позначають на ній потрібні розміри і через утворені поділки проводять похилі лінії сітки. Похилі лінії під кутом 75° можна будувати за допомогою двох косинців або спеціальним косинцем (рис. 47).

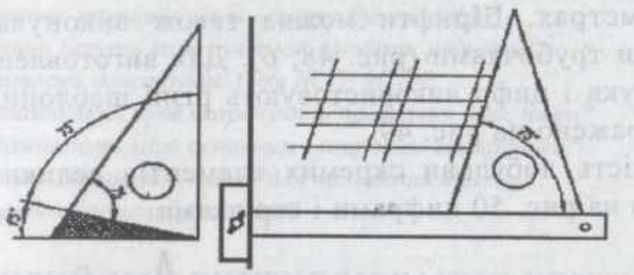
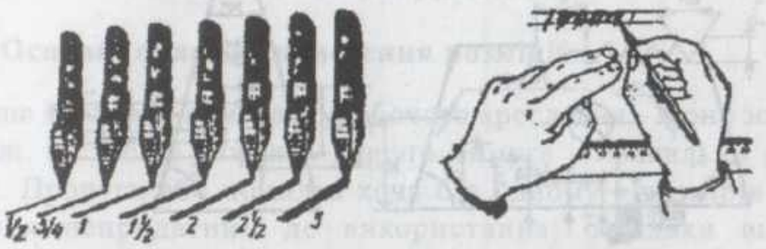


Рис. 47



а б

Рис. 48

На перших кроках навчання якість напису значною мірою залежатиме від точності побудови сітки. Коли сітка готова, тонко загостреним олівцем злегка позначають контури ("кістяк") усіх букв, цифр і знаків, додержуючи правил їх написання. Пересвідчившись у правильному нахилі і написанні, переходять до їх обведення. Обводити "кістяк" шрифту треба так, щоб потовщення відбулось за рахунок намічених габаритних розмірів кожної букви і цифри, тобто не збільшуючи їх ширини й висоти. Спочатку обводять похилі та горизонтальні елементи, потім прямолінійні діагональні елементи букв і на закінчення - криволінійні елементи. Обводити шрифт великого розміру можна за допомогою лінійки і косинця, букви і цифри невеликого розміру пишуть без інструмента.

Набувши певних навичок письма, можна не будувати повної сітки, а обмежуватись тільки проведенням горизонтальних ліній - основ рядка.

Для напису тушшю використовують спеціальні шрифтові пера (рис. 48, *а*), які випускають під номерами 1/2; 3/4; 1; 11/2; 2; 21/2; 3. Номери, що означають розміри діаметрів пишучих дисків, тобто товщину

ліній у міліметрах. Шрифти можна також виконувати тушшю креслярськими трубочками (рис. 48, *б*). Для виготовлення сітки та розміщення букв і цифр використовують різні шаблони. Два таких шаблонів зображено на рис. 49.

Послідовність добудови окремих елементів великих та малих букв показано на рис. 50 цифрами і стрілками.

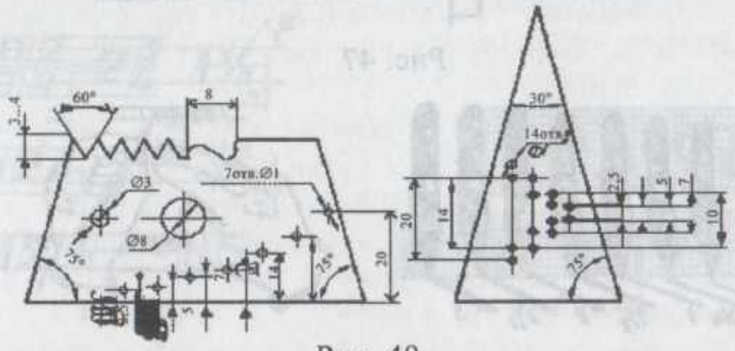


Рис. 49

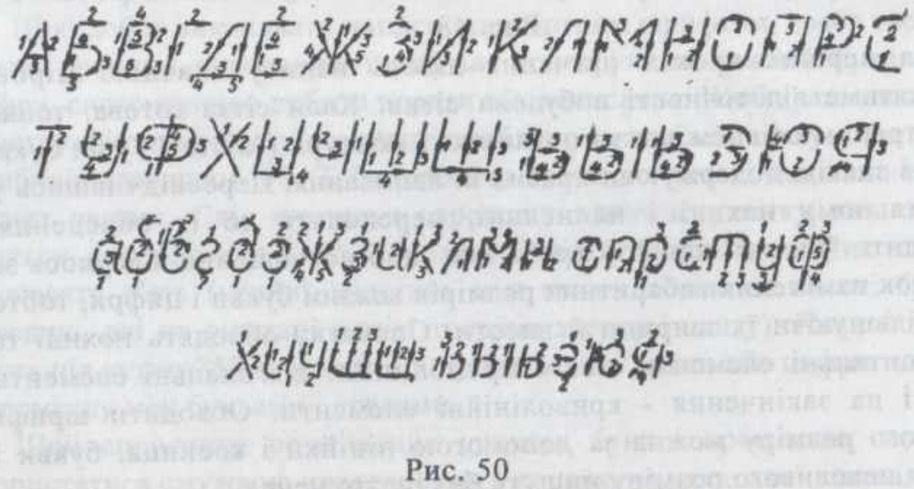


Рис. 50

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які розміри шрифту застосовують у машинобудівному кресленні?

2. Яке співвідношення висоти великих і малих букв?

3. Яке співвідношення ширини і висоти букв? Які букви становлять виняток із загального правила?

4. Якою шириною виконують букви А і М?

5. Чому дорівнює товщина ліній великих букв і цифр?

6. Яку відстань беруть між буквами, словами, рядками?

7. Які особливості конструкції букв Ж, З, М, Ф?

8. При поєднанні яких букв скорочують проміжки між ними?

9. У чому відмінність між основним і широким шрифтами?

10. Як будують допоміжну сітку для написання тексту?

11. Який порядок написання написів?

§ 3. ПРИЙОМИ ВИКРЕСЛЮВАННЯ КОНТУРІВ ТЕХНІЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Основні правила нанесення розмірів

Перша і головна вимога до робочого креслення - вірне зображення деталі. Не менш важлива і друга вимога - правильно нанесені розміри. Пропуск або помилка хоча б в одному з розмірів роблять креслення непридатним до використання, оскільки визначати пропущені розміри обмірюванням відповідних місць на кресленні не допускається.

Нанесення розмірів - найвідповідальніший момент під час виготовлення креслення.

У цій операції прийнято розрізняти: завдання розмірів - які розміри і з якою точністю слід задати їх на кресленні, щоб зображене на ньому креслення можна було виготовити; нанесення розмірів - як слід розташувати їх на кресленні.

Завдання розмірів залежить від багатьох факторів - конструктивних, технологічних та ін. При виконанні перших навчальних креслень слід знати правила нанесення розмірів з креслення завдання на виконане креслення.

Розміри на кресленнях слід проставляти відповідно до ГОСТ 2.307-68. Розмірні числа є основою для визначення величини зображуваного виробу і його елементів.

Розміри поділяються на лінійні і кутові. Лінійні розміри проставляють у міліметрах, не зазначаючи одиниці вимірювання, а кутові - у градусах із позначенням одиниці вимірювання.

Якщо розміри записують на полі креслення (у пояснювальних написах, у технічних вимогах, примітках тощо), слід обов'язково поряд з розмірним числом зазначати одиницю вимірювання.

Для розмірних чисел використовують тільки десяткові дроби. Простий дріб дозволяється застосовувати для розмірів у дюймах, наприклад, для позначення трубної і конічної різі.

Кожний розмір на кресленні наносять тільки один раз. Повторювати розміри на різних зображеннях або в написах не дозволяється. Загальна кількість розмірів повинна бути мінімальна, але достатньою для того, щоб за цим кресленням можна було виготовити виріб і проконтролювати якість його виготовлення.

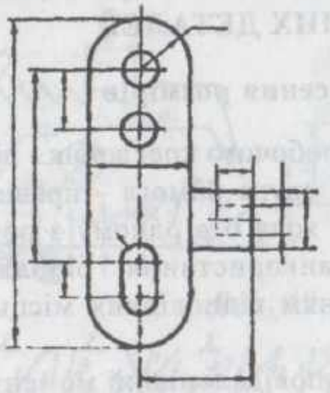


Рис. 51

Розміри, що характеризують три найбільших виміри предмета (довжина, висота, ширина (товщина), називаються габаритними.

Розмірні і виносні лінії. Розміри на кресленнях показують розмірними числами, які проставляють над розмірними лініями. Якщо треба проводять і виносні лінії. Розмірна лінія показує межі вимірювання елемента предмета. Її проводять між виносними лініями або розміщують безпосередньо між лініями контуру, осьовими, центровими та ін. (рис. 51).

Рекомендується наносити розмірні лінії поза контуром зображення, розміщуючи їх по можливості справа і знизу від зображення.

Розглянемо основні випадки проведення розмірних ліній:

✓ при нанесенні розміру прямолінійного відрізка розмірну лінію проводять паралельно до цього відрізка і такої самої довжини, а виносні лінії - перпендикулярно до розмірних (рис. 52, *а*);

✓ при нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром на вершині кута, виносні лінії йдуть радіально (рис. 52, *б*);

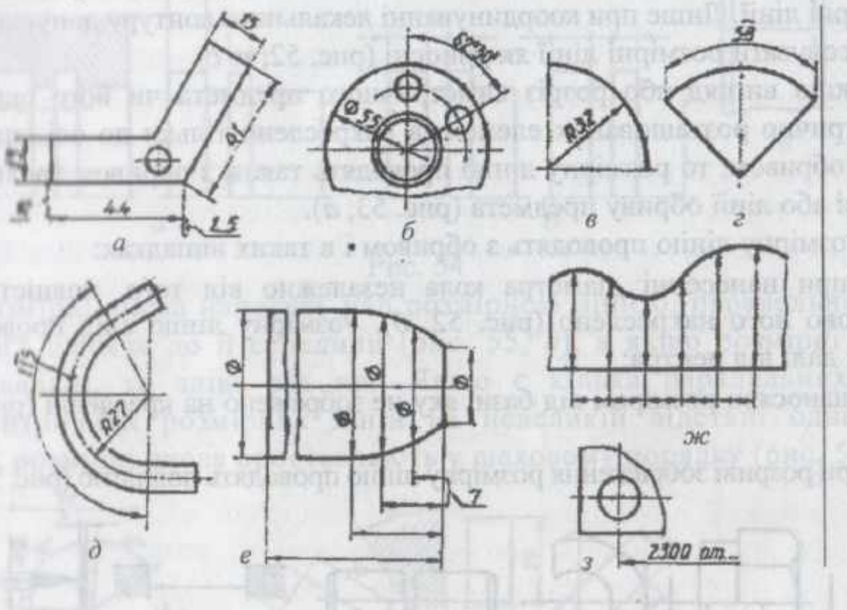


Рис. 52

✓ при нанесенні розміру радіуса розмірні лінії проходять між дугою або її продовженням і центром дуги (рис. 52, *в*);

✓ розмірну лінію для нанесення розміру діаметра кола проводять через його центр (рис. 52, *б*) або паралельно до одного з його діаметрів;

✓ при нанесенні розміру дуги кола розмірну лінію проводять концентрично до контуру дуги, а виносні лінії - паралельно до бісектриси кута; над розмірним числом ставлять знак "∩" дуги (рис. 52, *г*). Дозволяється креслити виносні лінії розміру дуги радіально і, якщо потрібно, показувати, якої саме дуги стосується розмір (рис. 52, *д*).

Розмірні і виносні лінії креслять тонкими суцільними лініями завтовшки s/3...s/2. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями повинна бути 7 мм (рис. 52, *е*), а між розмірною і лінією контуру - 10 мм (рис. 52, *а*).

Виносні лінії можуть бути продовженням ліній видимого контуру, осьових, центрових, а іноді й ліній невидимого контуру. Виносні лінії

виходять за кінці розмірних стрілок на 1...5 мм (рис. 52, *а*). Слід уникати перетину розмірних і виносних ліній. Контурні, осьові, центрові і виносні лінії, а також їх продовження не дозволяється використовувати як розмірні лінії. Лише при координуванні лекального контуру допускається застосовувати розмірні лінії як виносні (рис. 52, *е, с*).

Якщо вигляд або розріз симетричного предмета чи його окремих симетрично розташованих елементів накреслено тільки до осі симетрії або з обривом, то розмірну лінію проводять також з обривом трохи далі від осі або лінії обриву предмета (рис. 53, *а*).

Розмірну лінію проводять з обривом і в таких випадках:

✓при нанесенні діаметра кола незалежно від того, повністю чи частково його накреслено (рис. 52, *б*). Розмірну лінію слід проводити трохи далі від центра;

✓наносячи розміром від бази, яку не зображено на кресленні (рис. 52, *ж*);

При розриві зображення розмірну лінію проводять повністю (рис. 53, *б*).

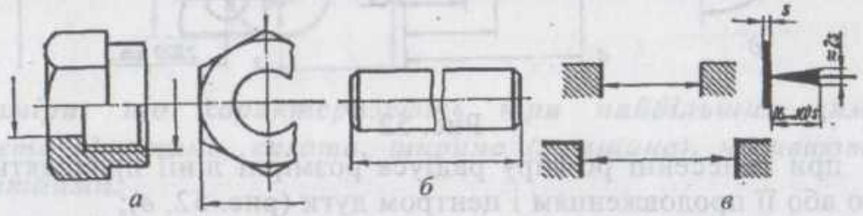


Рис. 53

Стрілки. Розміри стрілок (рис. 53, *в*) вибирають залежно від товщини лінії видимого контуру: довжина стрілки l=(6ч10)h, ширина основи $h \approx 2s$, де s - товщина лінії видимого контуру. Найчастіше довжину стрілки беруть у межах 4...6 мм. Вістря стрілок слід упирати в контурні, виносні, центрові або осьові лінії.

Якщо довжина розмірної лінії недостатня для розміщення стрілок, то лінію слід продовжити за виносні, контурні та інші лінії, а вістря стрілок спрямувати в бік розмірного числа (рис. 54, *а*). При послідовному розміщенні чисел у вигляді ланцюжка, коли не вистачає місця, дозволяється замінювати стрілки рисками, напрямленими під кутом 45°, або точками (рис. 54, *б*).

Якщо стрілка перетинає лінію видимого контуру або виносну, то в цьому місці останні допускається переривати (рис. 54, *в*).

Розмірні числа слід писати стандартним шрифтом, витримуючи на кресленні один розмір шрифту. Рекомендується шрифт 3,5 або 5.

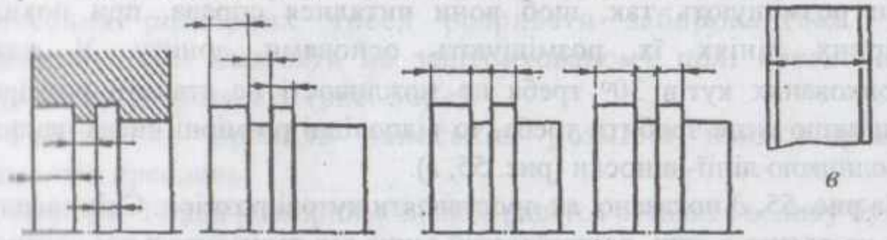


Рис. 54

Розмірні числа наносять над розмірною лінією, паралельно їй і якомога ближче до її середини (рис. 55, *а*), а якщо розмірні лінії вертикальні, то зліва від неї. Якщо є кілька паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа проставляють у шаховому порядку (рис. 55, *б*).

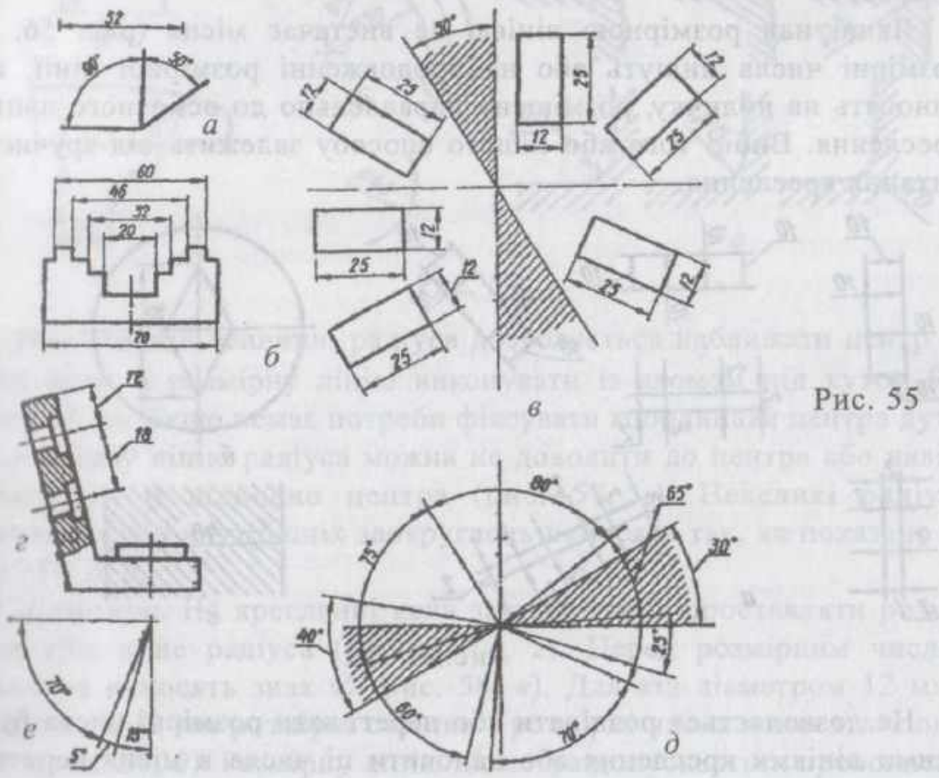


Рис. 55

На рис. 55, *в* показано, як наносити числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній. При вертикальних розмірних лініях цифри розміщують так, щоб вони читалися справа, при похилих розмірних лініях їх розміщують основами донизу. У межах заштрихованих кутів 30° треба по можливості не ставити розмірних чисел; якщо ж це зробити треба, то відповідні розмірні числа наносять над поличкою лінії-виноски (рис. 55, *г*).

На рис. 55, *д* показано, як проставляти кутові розміри. Слід звернути увагу на те, що в зоні, розташованій вище від горизонтальної центрової лінії, розмірні числа пишуть над розмірними лініями з боку їх опуклості, а в зоні, розташованій нижче від горизонтальної лінії, - з боку вгнутості. Як і для лінійних розмірів, не рекомендується ставити розмірні числа в заштрихованій зоні. Якщо потрібно, розмірні числа виносять на горизонтально розміщені полички. Розмірні числа кутів малих розмірів дозволяється виносити на поличку незалежно від зони розташування (рис. 55, *е*).

Якщо над розмірною лінією не вистачає місця (рис. 56, *а*), розмірні числа пишуть або на продовженні розмірної лінії, або виносять на поличку, розміщену паралельно до основного напису креслення. Вибір того або іншого способу залежить від зручності читання креслення.

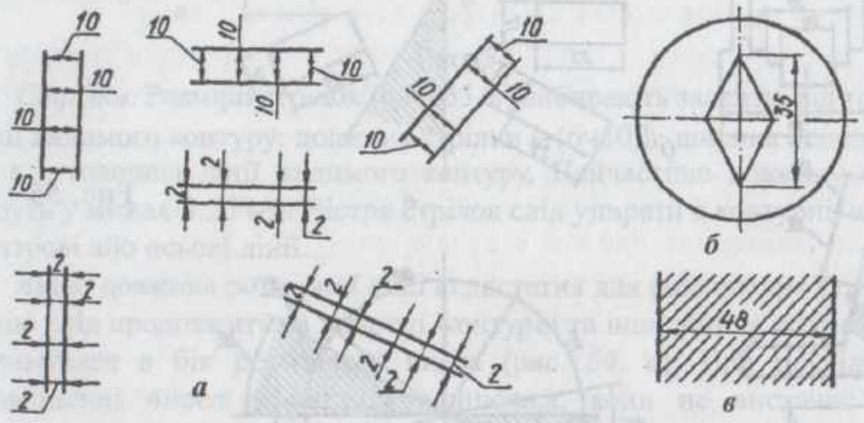


Рис.56

Не дозволяється розділяти або перетинати розмірні числа будь-якими лініями креслення або наносити ці числа в місця перетину

розмірних, осьових або центрових. Якщо потрібно нанести розмірне число, такі лінії переривають (рис. 56, *б*). Контурну лінію для нанесення розмірних чисел розривати забороняється. Якщо розмірне число наносять на заштрихованому полі креслення, то штриховку розривають (рис. 56, *в*).

Розглянемо правила нанесення розмірів найпоширеніших елементів креслень:

Радіуси. Перед розмірним числом радіуса ставлять велику букву R. Розмірну лінію проводять з центра дуги (рис. 57, *а*). Лінія ця має тільки одну стрілку, яка впирається в контур дуги. Якщо на кресленні треба показати розміри, що визначають положення центра дуги кола, то центр показують перетином центрових або виносних ліній (рис. 57, *б*).

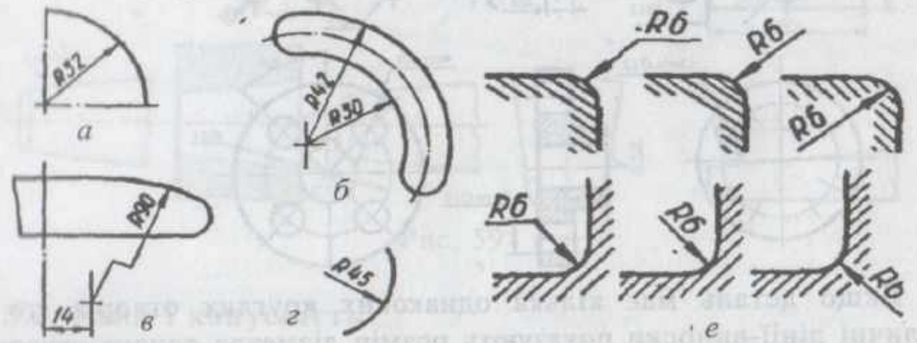


Рис. 57

При значній величині радіуса дозволяється наближати центр до дуги кола, а розмірну лінію виконувати із зломом під кутом 90° (рис. 57, *в*). Якщо немає потреби фіксувати координати центра дути, то розмірну лінію радіуса можна не доводити до центра або навіть зміщувати її відносно центра (рис. 57, *г*). Невеликі радіуси зовнішніх або внутрішніх заокруглень наносять так, як показано на рис. 57, *д, е*.

Діаметри. На кресленні кола завжди треба проставляти розмір діаметра, а не радіуса (рис. 58, *а, г*). Перед розмірним числом діаметра наносять знак ∅ (рис. 58, *в*). Для кіл діаметром 12 мм і менших за 12 мм розмірні стрілки і розмірні числа наносять ззовні кола (рис. 58, *д*). Розмірну лінію діаметра допускається проводити з

обривом (незалежно від того, чи повністю зображено коло). При цьому її обривають за центром кола (рис. 58, *б*).

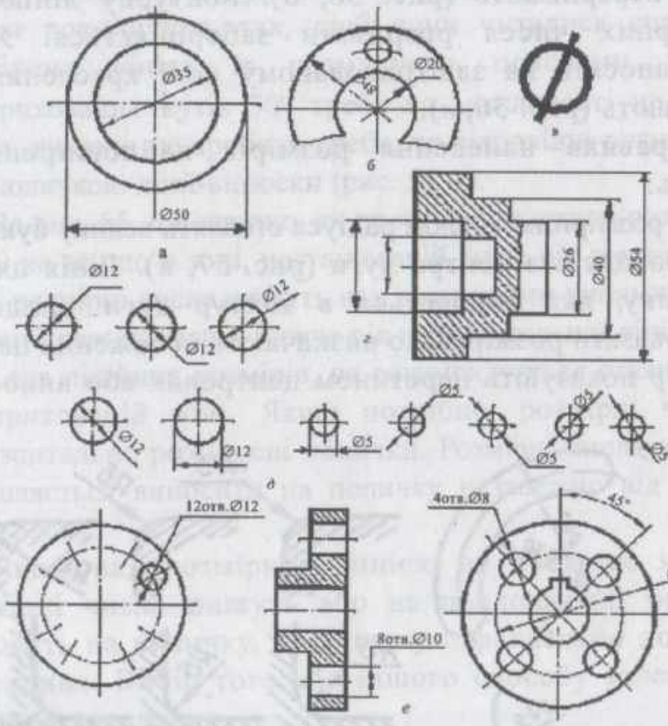


Рис. 58

Якщо деталь має кілька однакових круглих отворів, то на поличці лінії-виноски показують розмір діаметра одного отвору із зазначенням їх кількості (рис. 58, *е*).

Сфера. Перед розмірним числом діаметра або радіуса сфери пишуть знак ∅ або R; слово "Сфера" не пишуть (рис. 59, *а*). Допускається писати слово "Сфера" в тому разі, коли за кресленням важко відрізнити сферичну поверхню від інших. У таких випадках слід писати: "Сфера R30" або "Сфера ∅ 35".

Квадрат. Розміри квадрата наносять так, як показано на рис. 59, *б, в*. Розміри квадрата та квадратного отвору позначають знаком " " перед розміром сторін квадрата (рис. 59, *б*). При цьому грані зображуються суцільними тонкими лініями, проведеними по діагоналі.

Конусність і ухил позначають на кресленнях умовно. Розмірне число конусності подають у вигляді відношення (наприклад, 1:2) або

в процентах (наприклад, 50%). Перед розмірним числом наносять умовний знак "◁", вершина якого напрямлена в бік вершини конуса (рис. 59, *г*). Значення конусності пишуть над віссю або на поличці, розміщеній паралельно осі. Перед розмірним число ухилу, поданому у вигляді відношення або в процентах, наносять умовний знак "∠", вершина якого напрямлена в бік ухилу (рис. 59, *д*). Напис розміщують на поличці, яку сполучають з лінією ухилу тонкою виносною лінією, що закінчується стрілкою. Поличку розміщують паралельно лінії, відносно якої будують ухил.

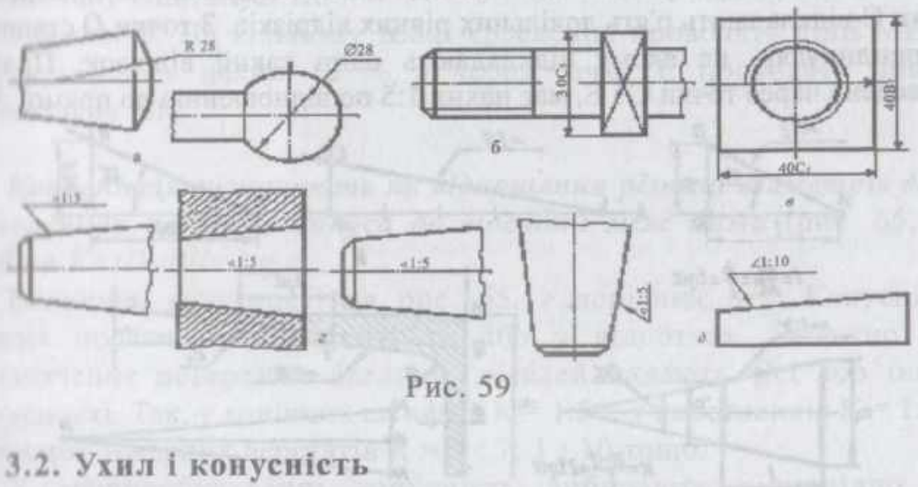


Рис. 59

3.2. Ухил і конусність

У багатьох деталях машин використовуються нахил і конусність. Нахил зустрічається в профілях прокатної сталі, у кранових рейках, косих шайбах тощо. Конусність зустрічається в центрових бабках токарних верстатів, на кінцівках валів і ряду інших деталей.

Положення лінії відносно іншої, розташованої горизонтально або вертикально, характеризує величину, яка називається ухилом.

У прямокутному трикутнику АВС (рис. 60, *а*) нахил гіпотенузи АВ до катета АС можна подати або величиною кута б в градусах, або нахилом *і*, величина якого визначається відношенням катета ВС до катета АС. Нахил можна подати у відсотках або у вигляді відношення, наприклад, 10% або 1:10. Позначення нахилу на кресленнях

виконують за ГОСТ 2.307-68, вказують за допомогою лінії-виноски, на поличці якої наносять знак і значення нахилу (рис. 60, *а, б*).

З побудовою нахилу пов'язані дві основні задачі:

1. Визначити величину нахилу прямої *AB* відносно прямої AC (рис. 60, *а*). З довільної точки *C* прямої *AC* ставлять перпендикуляр до AC. Вимірюють довжину катетів BC і AC і ділять першу величину на другу. Припустимо, що довжина катета BC дорівнює 10 мм, а катета AC - 20 мм. У цьому разі матимемо нахил 1 : 2, або 50%.

2. Дано відрізок AB і на ньому точку C (рис. 60, *б*). Через точку C треба провести пряму з нахилом 1: 5 до даного відрізка. На прямій від точки C відкладають п'ять довільних рівних відрізків. З точки *D* ставлять перпендикуляр, на якому відкладають один такий відрізок. Пряма, проведена через точки C і E, має нахил 1:5 по відношенню до прямої AB.

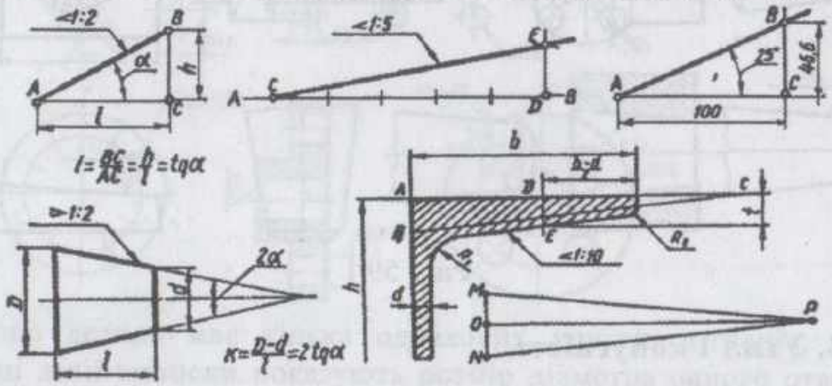


Рис. 60

Співвідношення між величиною кутів у градусах і відповідними нахилами у відсотках подано в таб. 5.

Таблиця 5

Співвідношення між кутами, у градусах, і відповідними нахилами, %

Кут	Нахил	Кут	Нахил	Кут	Нахил	Кут	Нахил
1	1,7	6	10,5	12	21,3	30	57,7
3	5,2	7	12,3	15	26,8	35	70,
4	7,0	8	14,0	20	36,4	40	83,9
5	8,7	10	17,6	25	46,6	45	100

Поверхні багатьох виробів, наприклад, швелерів, залізничних

рейок, лиття тощо мають різні нахили. Розглянемо креслення полички швелера № 18 (рис. 60, *д*). За розмірами h = 180 мм; b = 76 мм; d = 5,1 мм, узятими із стандарту, креслять основним контур швелера. Визначаючи розмір $(b-d)/2=(70-5,1)/2=32,5$ мм, знаходять точку E і відкладають від неї величину t = DE = 0,7 мм. Через знайдену точку *E* проводять пряму нахилом 10 %. Це можна зробити двома способами:

1-й спосіб. На основі полки швелера відкладають відрізок AC = 100 мм і AB = 10 мм і через точку E проводять пряму, паралельну гіпотенузі BC.

2-й спосіб. На вільному місці креслення проводять лінії MP та NP, які мають нахил 10 %, і через точку E проводять пряму, паралельну NP.

Конусність визначають як відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними (рис. 65, *г*), *тобто* $K=(D-d)/l=2tg\,a$.

Величина конусності на рис. 65, *г* дорівнює 1:2. Конусність можна подати простим дробом або у відсотках. Залежно від призначення поверхням багатьох деталей надають тієї або іншої конусності. Так, у конічних штифтів K = 1:50, у хвостовиків K = 1:50, у центрів токарних верстатів K = 1 : 7; 1 : 10 тощо.

У машинобудуванні конусність вибирають відповідно до ГОСТ 8593-81 (дод. 1).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

4. Як розміщують на кресленні розмірні і виносні лінії для вимірювання відрізка, кута, радіуса, дуги?

5. На якій відстані слід проводити розмірні лінії від ліній контуру, одну від одної?

6. Як записувати розмірні числа залежно від нахилу розмірних ліній для лінійних розмірів, для кутових розмірів?

7. Які правила нанесення розмірних ліній і розмірних чисел для діаметрів кіл і для радіусів дуг?

8. Як наносити розміри сфери, квадрата?

9. Які правила нанесення розмірів конусності, ухилу?

10. В яких випадках розмірну лінію виконують з обривом?

3.3. Геометричні побудови

Прості задачі на побудову розв'язувались на уроках геометрії в середній школі. Кожен пам'ятає, як поділити циркулем відрізок прямої або кут навпіл, як побудувати квадрат, як встановити або опустити перпендикуляр, побудувати правильний трикутник тощо. Знаючи ці елементарні прийоми, слід використовувати їх у відповідних випадках при виконанні технічних креслень.

Під геометричними побудовами розуміють елементарні побудови на площині, в основі яких лежать певні геометричні закони.

Точність креслення залежить від правильності і охайності виконання геометричних побудов. Геометричні побудови виконують твердим олівцем (Т, 2Т), суцільними тонкими лініями.

3.3.1. Ділення відрізка прямої

Ділення відрізка на дві рівні частини (рис. 61, а). Із точок А і В як із центрів радіусом R, більшим за половину відрізка АВ, проводять дуги до взаємного перетину в точках М і N. Пряма MN ділить відрізок навпіл. Так само частина ВС поділена ще на дві рівні частини.

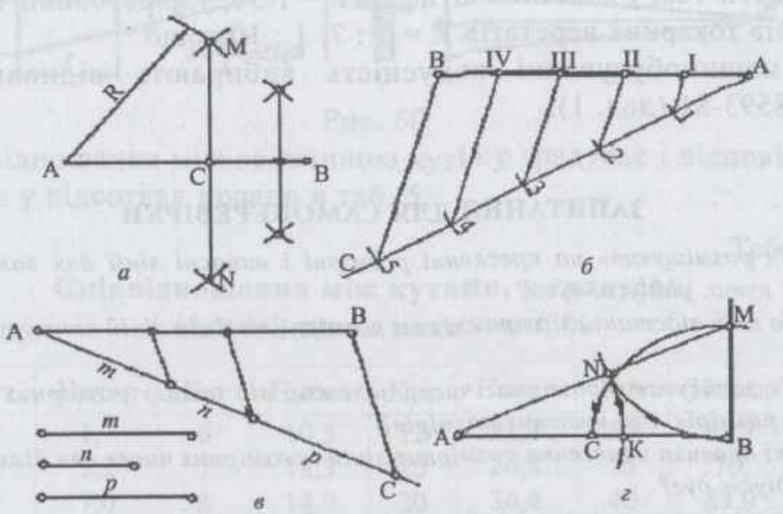


Рис. 61

Ділення відрізка на довільну кількість рівних частин (рис. 61, б). Щоб відрізок АВ графічно поділити на п'ять рівних частин, проводять допоміжну пряму АС і на ній відкладають п'ять рівних частин довільної довжини. Крайню точку 5 сполучають з точкою В і за допомогою косинця та лінійки через точки поділу проводять прямі, паралельні В5. Знайдені точки I, II, III, IV ділять відрізок АВ на п'ять рівних частин.

Вправа. На рис. 61, *в* відрізок АВ поділено на частини, пропорційні відрізкам m, n і p (пояснити зроблену побудову).

Ділення відрізка в крайньому і середньому відношеннях (рис. 61, *г*). Ділення відрізка прямої у відношенні називається "золотим перерізом". Для цього з точки В проводять перпендикуляр до АВ, на якому відкладають відрізок BM = AB : 2 = AC. На гіпотенузі AM від точки M відкладають величину MN = MB. Радіусом AN з центра А проводять дугу до перетину з АВ в точці К, яка s поділить АБ в шуканому відношенні.

3.3.2. Побудова перпендикулярних і паралельних прямих

Добудова перпендикуляра через середину відрізка (рис. 62, *а*). Пряма MN і буде перпендикуляром, що проходить через середину відрізка АВ.

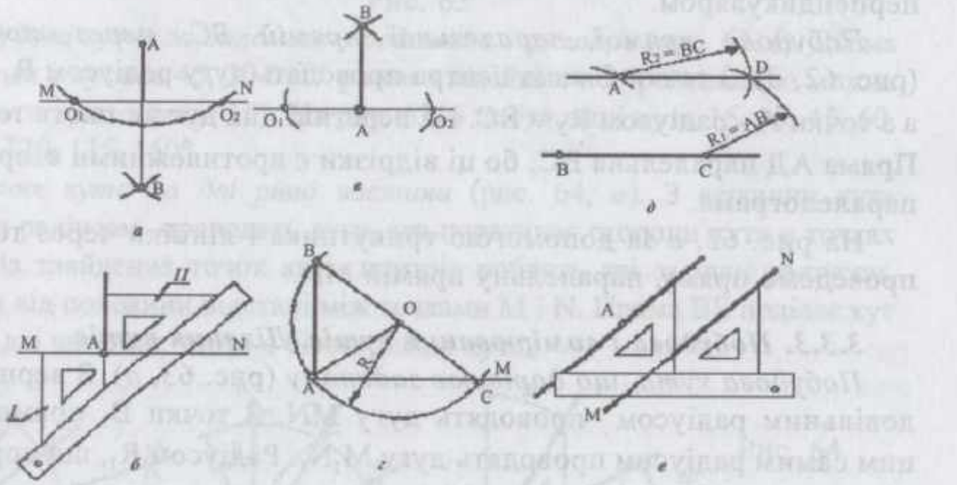


Рис. 62

Побудова перпендикуляра до прямої з точки, що лежить поза цією прямою (рис. 62, а). З точки А як із центра довільним радіусом проводять дугу, що перетинає пряму MN в точках O_1 і O_2. Із знайдених точок радіусом, більшим за половину відрізка O_1O_2, проводять дуги до взаємного перетину в точці В. Пряма АВ і є перпендикуляром до прямої MN.

Побудова перпендикуляра до прямої через точку, що лежить на цій самій прямій (рис. 62, б). Установлюють косинець так, щоб його катет збігся з лінією MN (положення I). Прикладають до гіпотенузи лінійку s, пересуваючи косинець по лінійці до збігу його вертикального катета з точкою А (положення II), проводять перпендикуляр до прямої.

Вправа. Пояснити побудову перпендикуляра до прямої з точки А, виконану за допомогою циркуля (рис. 62, в).

Побудова перпендикуляра до прямої АМ, який проходить через кінцеву точку А (рис. 62, г). З довільної точки О, що лежить поза прямою, проводять коло радіусом ОА, яке перетинає задній відрізок у точці С. Точки О і С сполучають прямою і продовжують її до перетину з колом у точці В. Кут ВАС - прямий, як вписаний у коло і спирається на його діаметр; отже, пряма АВ і є шуканим перпендикуляром.

Побудова прямої паралельної прямій ВС, через точку А (рис. 62, *д*). З точки С як із центра проводять дугу радіусом $R_1 = AB$, а з точки А - радіусом $R_2 = BC$. На перетині цих дуг дістають точку *Д*. Пряма АД паралельна ВС, бо ці відрізки є протилежними сторонами паралелограма.

На рис. 62, *е* за допомогою трикутника і лінійки через точку А проведемо пряму, паралельну прямій MN.

3.3.3. Побудова і вимірювання кутів. Ділення кутів

Побудова кута, що дорівнює заданому (рис. 63, *а*). З вершини В довільним радіусом проводять дугу MN. З точки B_1 прямої B_1A_1 цим самим радіусом проводять дугу M_1N_1. Радіусом R_1, що дорівнює величині хорди MN, з точки M_1 як із центра проводять другу дугу до перетину з дугою радіуса R у точці N_1. Кут $M_1B_1N_1$ дорівнює куту MBN.

Побудова і вимірювання кутів за допомогою транспортира (рис. 63, *б*). За допомогою транспортира будують кути, які не можна побудувати двома косинцями. Нехай на прямій MN у точці А треба побудувати кут, що дорівнює 53,5°. Для цього центр півкола транспортира (точку О) суміщують з точкою А, а його початкову пряму - з прямою MN. По шкалі проти поділки 53,5° фіксують точку В і через точки А і Б проводять другу сторону шуканого кута. Аналогічно вимірюють кути за допомогою транспортира.

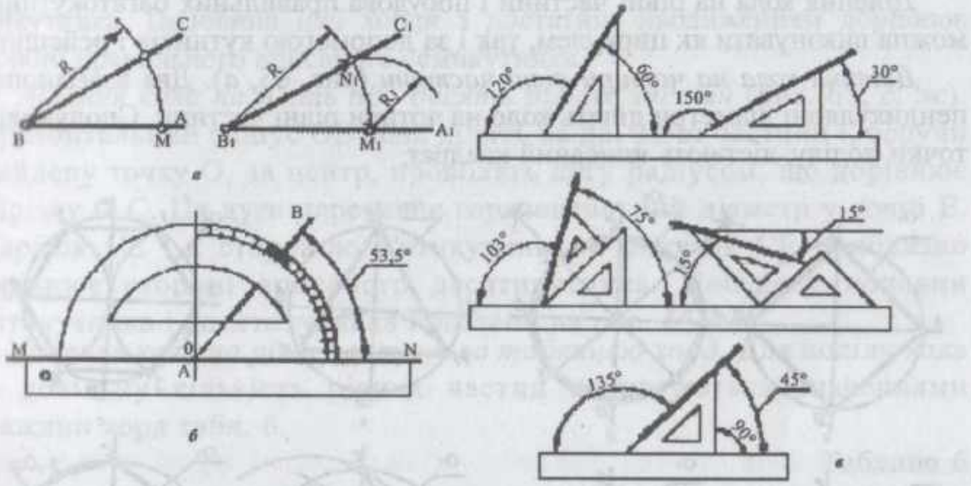


Рис. 63

Побудова кутів за допомогою рейсшини і косинців (рис. 63, *в*). Двома косинцями з кутами 45, 30 і 60° разом з лінійкою або рейсшиною можна побудувати кути, кратні 15°. На рис. 63, *в* побудовані кути 15, 30, 45, 60, 75, 105, 120, 135, 150°.

Ділення кута на дві рівні частини (рис. 64, *а*). З вершини кута довільно радіусом проводять дугу, яка перетинає сторони кута в точках M і N. Із знайдених точок як із центрів роблять дві засічки радіусом, більшим від половини відстані між точками M і N. Пряма BE поділяє кут ABC на дві частини, тобто є бісектрисою кута.

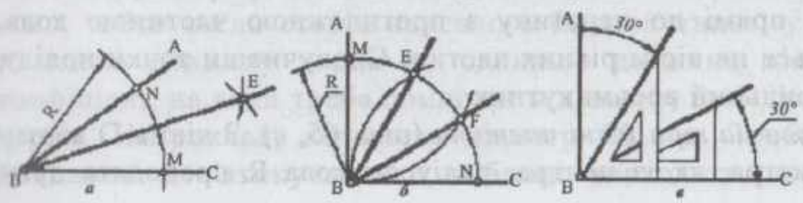


Рис. 64

Ділення кута на три рівні частини (рис. 64, *б*). Довільним радіусом R з вершини В прямого кута проводять дугу. Із знайдених точок М і N ним самим радіусом проводять дуги до перетину з дугою MN у точках Е і F. Прямі ВЕ і BF ділять прямий кут на три рівні частини за допомогою косинця.

3.3.4. Ділення кола на рівні частини. Побудова правильних вписаних багатокутників

Ділення кола на рівні частини і побудова правильних багатокутників можна виконувати як циркулем, так і за допомогою кутників і рейсшини.

Ділення кола на чотири рівні частини (рис. 65, *а*). Два взаємноперпендикулярні діаметри ділять коло на чотири рівні частини. Сполучивши точки поділу, дістають вписаний квадрат.

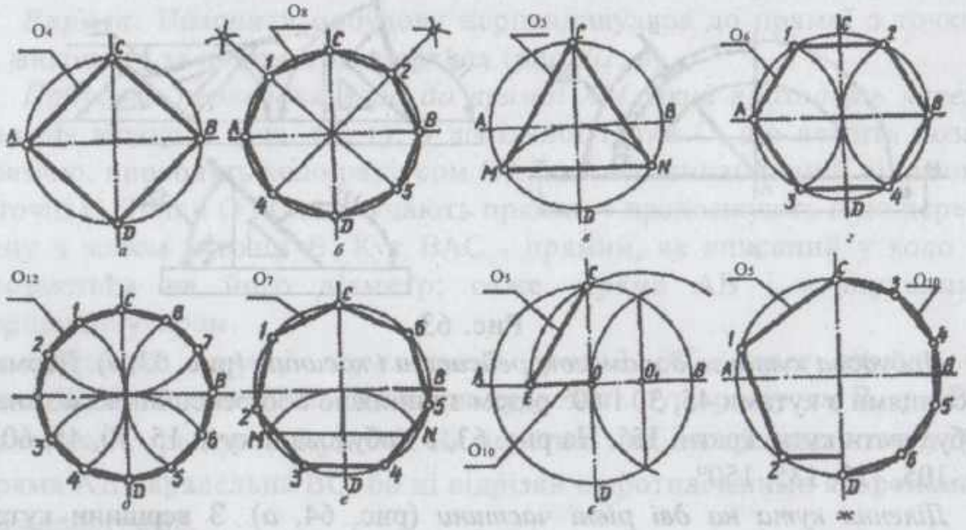


Рис. 65

Ділення кола на вісім рівних частин (рис. 65, *б*). Дуги кола між точками А і С, В і С ділять навпіл за допомогою циркуля або транспортира. Знайдені точки сполучають прямими з центром кола і продовжують прямі до перетину з протилежною частиною кола. Коло поділиться на вісім рівних частин. Сполучивши точки поділу, дістають правильний восьмикутник.

Ділення кола на три рівні частини (рис. 65, *в*). З кінця D вертикального діаметра, як із центра, радіусом кола R проводять дугу,

яка засікає коло в точках М і N. Сполучивши точки М, N і С, дістають правильний вписаний трикутник.

Ділення кола на шість рівних частин (рис. 65, *г*). З кінців А, В горизонтального діаметра радіусом кола проводять дуги, які засікають коло в точках 1, 2, 3 і 4. Сполучивши точки А, I, 2, В, 4, 3, дістають правильний вписаний шестикутник.

Ділення кола на сім рівних частин (рис. 65, *е*). Поділивши коло на три рівні частини, дістанемо хорду MN - сторону правильного вписаного трикутника. Половина цієї хорди з достатнім наближенням дорівнює стороні правильного вписаного семикутника.

Ділення кола на п'ять або десять рівних частин (рис. 65, *с, ж*). Горизонтальний радіус ОВ кола ділить на дві рівні частини і, беручи знайдену точку O_1 за центр, проводять дугу радіусом, що дорівнює відрізку O_1C. Ця дуга перетинає горизонтальний діаметр у точці Е. Відрізок СЕ і є стороною п'ятикутника, а відрізок СЕ приблизно дорівнює стороні вписаного десятикутника. Побудову половин п'ятикутника і десятикутника показано на рис. 65, *ж*.

Ділення кола на рівні частини за таблицею хорд. Для поділу кола на довільну кількість рівних частин користуються значеннями довжини хорд табл. 6.

Таблиця 6

Довжина хорд для R = 1мм

Число поділок	Довжина хорди	Число поділок	Довжина хорди
3	0,866	9	0,342
4	0,707	10	0,309
5	0,588	11	0,282
6	0,500	12	0,258
7	0,434	13	0,239
8	0,383	14	0,223

У першій графі таблиці зазначено на скільки частин поділяється коло, тобто число сторін вписаного багатокутника; у другій графі наведено довжину хорди на одиницю довжини діаметра, тобто коефіцієнт, на який треба помножити діаметр, щоб дістати довжину хорди. Наприклад, коло має діаметр 80 мм. Треба побудувати вписаний дев'ятикутник. З таблиці знаходять, що коефіцієнт

дорівнює 0,342. Отже, довжина хорди становитиме 80 · 0,342 = 27,36 мм. Креслять коло і від будь-якої точки на ньому відкладають знайдену величину дев'ять разів. Сполучивши точки поділу, дістають правильний дев'ятикутник.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як поділити відрізок на 4 і 8 рівних частин?
2. Як побудувати перпендикуляр до прямої з точки, що лежить поза цією прямою?
3. Як поділити кут на три рівні частини?
4. Як вписати в коло правильний шестикутник, семикутник, п'ятикутник?
5. Як за таблицею хорд побудувати правильний одинадцятикутник?
6. Що таке нахил? Як вимірюють величину нахилу?
7. Як позначають нахил на кресленнях?
8. Що таке конусність? Як вимірюють конусність?
9. Як позначають конусність на кресленнях?

§ 4. СПРЯЖЕННЯ

4.1. Загальні відомості

Розглядаючи деталі, бачимо, що в їх конструкції часто одна поверхня переходить в іншу. Звичайно ці переходи роблять плавними, що збільшує міцність деталей і роблять їх зручними. На кресленні поверхні зображаються лініями, які також плавно переходять одна в іншу.

На рис. 66, *а* зображена деталь, у котрій плавні переходи одних площин в інші - циліндричні поверхні. На кресленні (рис. 66, *б*) ці площини зображені прямими лініями, а циліндричні поверхні - дугами кола. Плавний перехід від одної прямої до іншої в цьому випадку виконують за допомогою дуги заданої радіусом.

Плавний перехід одної циліндричної поверхні в іншу може бути також циліндричною поверхнею (рис. 67, *а*). На кресленні ці циліндричні поверхні зображаються дугами кола (рис. 67, *б*).

На рис. 66, *а* і 67, *а* розглянуто прості приклади плавних переходів поверхонь. На кресленнях більш складних деталей плавні переходи між поверхнями зображаються різними сполученнями прямих, дуг кола і самих кіл.

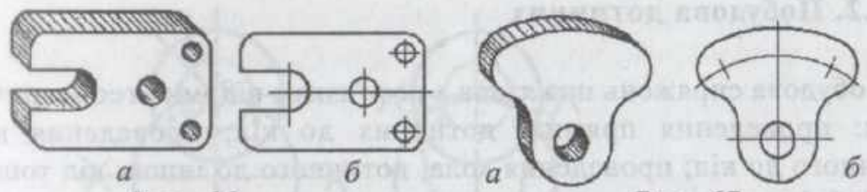


Рис. 66 Рис. 67

Плавний перехід однієї лінії в іншу називається дотиканням.

Основні типи дотикання відомі з геометрії. Пряма, дотична до кола, утворює прямий кут з радіусом, проведеним у точку дотику (рис. 68, а). Геометричними місцями центрів кіл, дотичних до даної прямої АВ, є прямі MN і PQ, паралельні АВ і віддалені від неї на величину радіуса кола. Будь-яка точка цих прямих є центром кола, дотичного до АВ. Точка дотику К є основою перпендикуляра, опущеного з центра O_3 на пряму АВ.

Існує два види взаємного дотикання кіл: зовнішнє (рис. 68, *б*) - коли відстань між центрами дорівнює сумі радіусів $R_1 + R_2$ і точка дотику розташована на лінії центрів між O_1 та O_2, і внутрішнє (рис. 68, *г*) - коли відстань між центрами дорівнює різниці радіусів $R_1 - R_2$ і точка дотику лежить на лінії центрів поза точками O_1 та O_2. Через точку дотику можна провести спільну дотичну t, яка буде перпендикулярною до радіусів, проведених у точку дотику.

Плавний перехід від однієї лінії до іншої, виконаний за допомогою проміжної лінії, називається спряженням.

Основні елементи спряження (рис. 68, *д*) - радіус дуги спряження R, центр спряження О, точки спряження, або точки переходу А і В. У технічному кресленні при побудові спряжень найчастіше задають радіус дуги спряження R, а інші елементи визначають у процесі побудови.

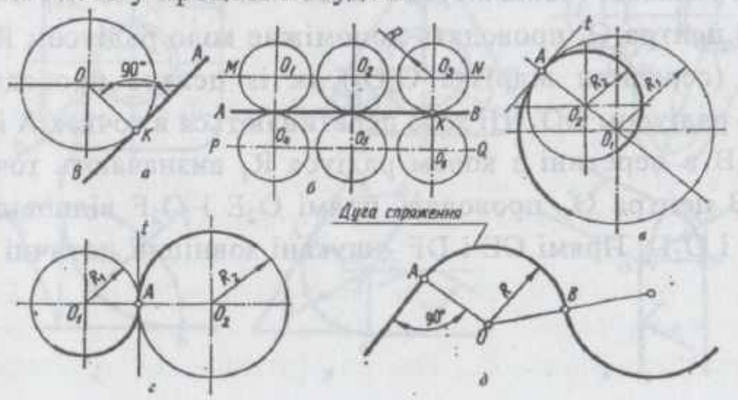


Рис. 68

4.2. Побудова дотичних

Побудова спряжень пов'язана з розв'язком відомих геометричних задач: проведення прямих, дотичних до кіл; проведення кола, дотичного до кіл; проведення кола, дотичного до інших кіл тощо.

Побудова дотичної до кола в точці, що лежить на колі (рис. 69, *а*). Через центр кола і точку А проводять пряму, до якої в точці А ставлять перпендикуляр. Він і є шуканою дотичною.

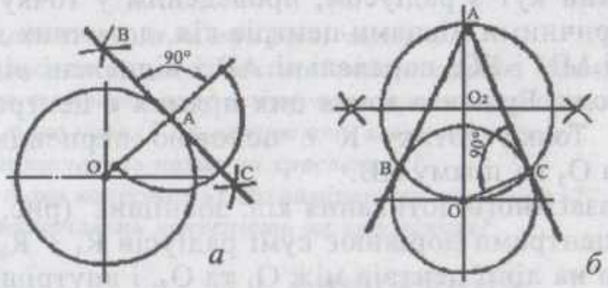


Рис. 69

Побудова дотичної до кола, яка проходить через зовнішню точку А (рис. 69, б). На відрізку АО як на діаметрі будують допоміжне коло з центром O_1. Перетин допоміжного кола із заданим дає точки дотику В і С. Прямі АВ і АС є шуканими дотичними, бо кут АСО прямий як вписаний, що спирається на діаметр АО.

У практиці часто бувають випадки побудови дотичної до двох кіл. Відносно них дотична може бути зовнішньою, якщо обидва кола лежать по один бік від неї, або внутрішньою, якщо кола розташовані по різні боки.

Побудова зовнішньої дотичної до двох кіл радіусів R_1 і R_2 (рис.70, *а, б*). З центра O_1 проводять допоміжне коло радіусом $R_1 - R_2$. З точки О (середини відрізка O_1O_2) як із центра проводять допоміжне коло радіусом OO_1. Ці кола перетинаються в точках А і В. Прямі O_1A і O_1B в перетині з колом радіуса R_1 визначають точки дотику С і D. З центра О проводять прямі O_2E і O_2F відповідно паралельні O_1C і O_1D. Прямі СЕ і DF - шукані зовнішні дотичні до двох кіл.

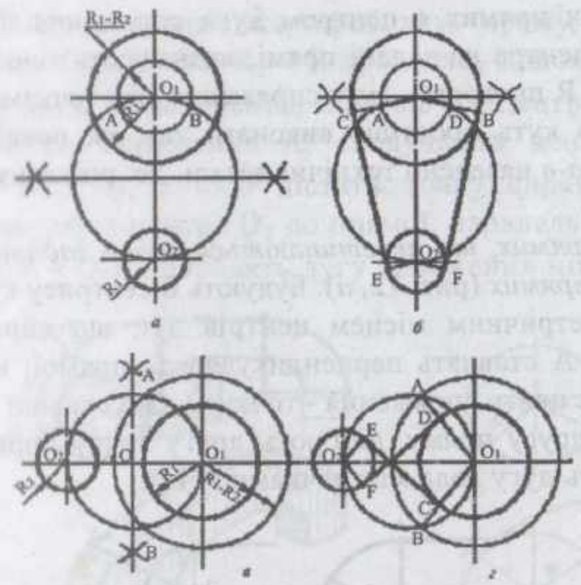


Рис.70

4.3. Спряження прямих дугою кута

Найчастіше бувають два типи завдань на побудову спряжень двох прямих: задано радіус дуги спряження; задано точку спряження на одній з прямих.

Спряження сторін прямого, гострого або тупого кутів (рис. 71, *а-в*) *дугою радіуса (заокруглення кутів).* Проводять дві допоміжні прямі, паралельні до сторін кута, на відстані радіуса спряження R. Ці прямі є геометричним місцем центрів кіл радіуса R, дотичних до сторін кута.

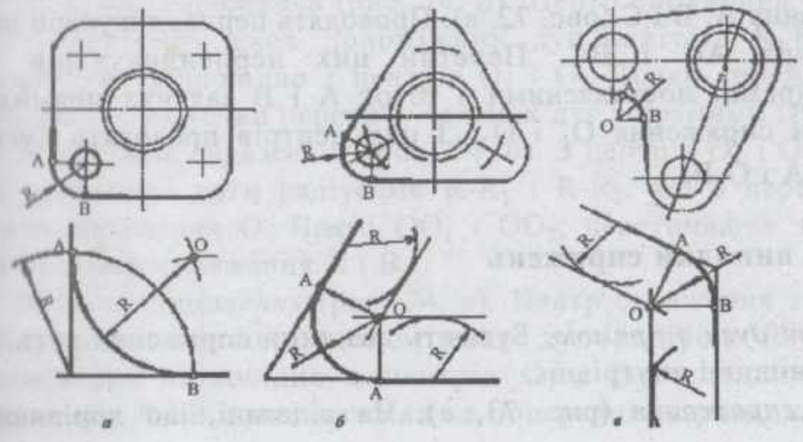
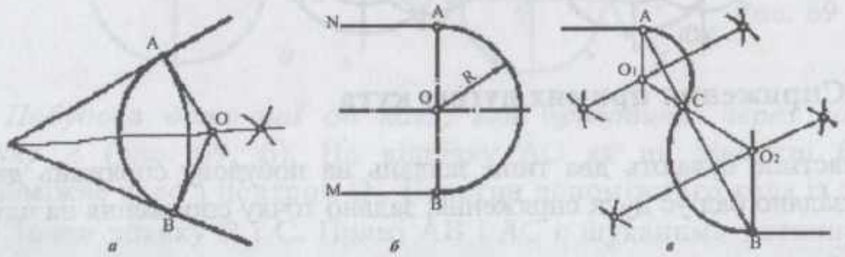


Рис. 71

Точка О перетину цих прямих є центром дуги спряження. Перпендикуляри, опущені з центра на задані прямі, визначають точки спряження А і В. Радіусом R проводять дугу спряження між точками А і В. Заокруглення прямого кута простіше виконати так, як показано на рис. 71, *а*. На рис. 71, *а-в* наведено технічні деталі, де розглянуті різні типи спряжень.

Спряження двох прямих, що перетинаються, якщо задана точка спряження на одній з прямих (рис. 72, *а*). Будують бісектрису кута між прямими, яка є геометричним місцем центрів дуг, що спряжують задані прямі. З точки А ставлять перпендикуляр до прямої; перетин його з бісектрисою дає центр спряження - точку О. Опустивши з точки О перпендикуляр на другу пряму, дістають другу точку спряження. Радіусом ОА проводять дугу кола між точками А і В.



а *б* *в*

Рис. 72

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову спряження двох паралельних прямих, якщо надано точку спряження А (рис. 72, б).

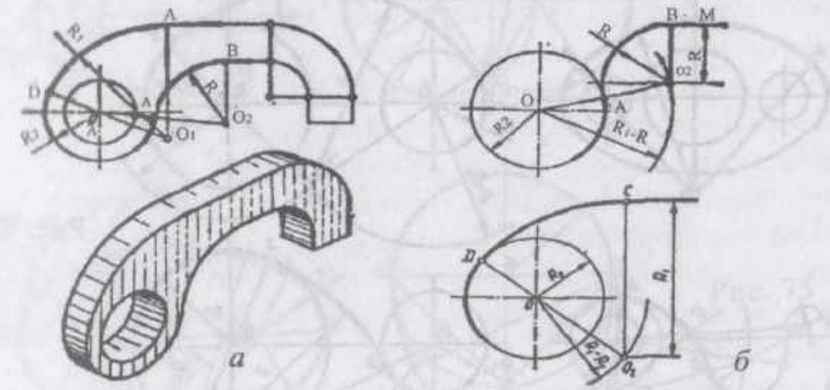
Спряження паралельних прямих двома дугами, коли задано точки спряження А, В і С (рис. 72, в). Проводять перпендикуляри до середини хорд АС і ВС. Перетин цих перпендикулярів з перпендикулярами, поставленими з точок А і В заданих прямих, дають центри спряження O_1 і O_2. З цих центрів проводять дуги радіусами O_1A і O_2B.

4.4. Різні випадки спряжень

Спряження дуги з прямою. Бувають два типи спряження дуги з прямою - зовнішнє і внутрішнє.

Зовнішнє спряження (рис. 73, *а*). На відстані, що дорівнює

радіусу R дуги спряження, проводять пряму, паралельну ВМ. З центра кола О радіусом $R_2 + R$ проводять допоміжну дугу. Точка O_2 перетину дуги з проведеною прямою і є центром спряження. Щоб дістати точку спряження А, сполучають центр спряження O_2 з центром кола О, а щоб дістати точку спрямлення В, ставлять перпендикуляр з центра O_2 до прямої, паралельної ВМ. З центра O_2 радіусом $R = O_2B$ проводять дугу спряження між точками А і В.



а *б*

Рис. 73

Внутрішнє спряження (рис. 73, *б*). Роблять ті самі побудови з тією лише відмінністю, що допоміжну дугу проводять радіусом R_1-R_2. Точку спряження D знаходять на перетині центрів O_1O з колом.

Спряження дуг між собою. Розрізняють три типи спряження дуг кола між собою: *зовнішнє, внутрішнє і мішане.*

Зовнішнє спряження (рис. 74, *а*). Центр спряження О лежить у точці перетину двох допоміжних дуг радіусів R_1+R і R_2+R, проведених відповідно з центрів O_1 і O_2. Точки спряження А і В визначають як точки перетину заданих дуг з прямими OO_1 і OO_2.

Внутрішнє спряження (рис. 74, *б*). З центрів O_1 і O_2 проводять дві допоміжні дуги радіусами $R-R_1$ і $R-R_2$, які в перетині дають центр спряження О. Прямі OO_1 і OO_2, перетинаючи задані дуги, дають точки спряження А і В.

Мішане спряження (рис. 74, *в*). Центр спряження знаходять як точку перетину двох допоміжних дуг радіусів $R+R_1$ і $R-R_2$, проведених відповідно з центрів O_1 і O_2 заданих дуг. Точки спряження А і В визначають як і в попередніх випадках.

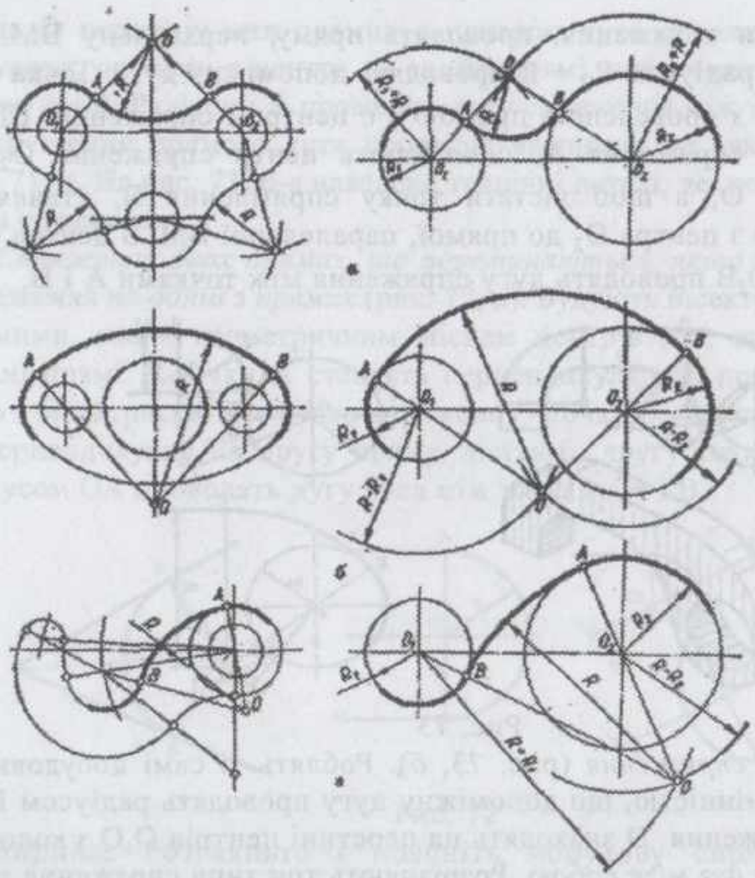


Рис. 74

4.5. Побудова коробових кривих

Коробовими називаються опуклі криві, утворені спряженням дуг кола.

До коробових кривих належать овали, осоїди, завитки тощо. *Овал - це замкнена коробова крива, яка має дві осі симетрії.* Його можна будувати за однією великою віссю або за двома осями - великою і малою.

Добудова овала діленням великої осі на чотири частини (рис. 75, *а*). Поділивши велику вісь АВ на чотири рівні частини, дістають центри спряження O_1 і O_2. З центра О радіусом ОА проводять дугу до перетину з вертикальною віссю в точках O_3 і O_4 - другій парі центрів спряження. Точки спряження С, D, F, E розташовані на прямих O_1O_3, O_1O_4, O_2O_3,

O_2O_4. Описуючи з центрів O_1 і O_2 дуги радіусом $R_1 = O_1A$, а з центрів O_3 і O_4 - радіусом $R = O_4D$, дістають контур овала.

Вправа. Пояснити побудову овала діленням великої осі на три рівні частини (рис. 75, *б*).

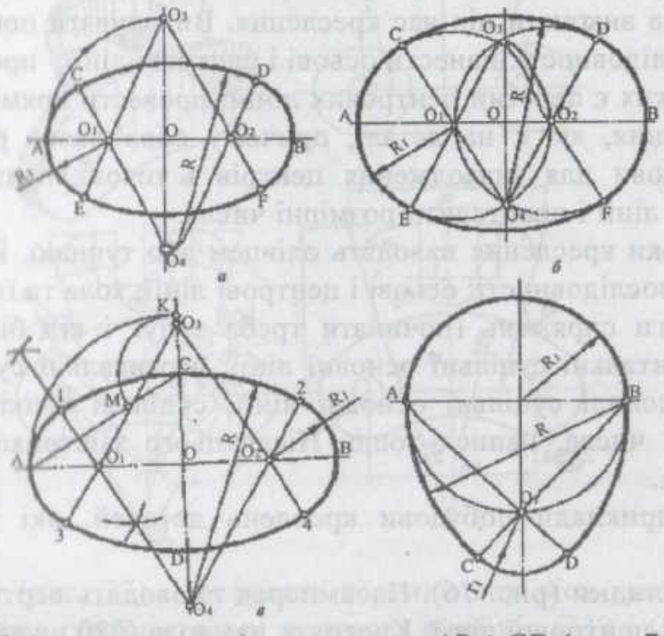


Рис. 75

Побудова овала за двома осями АВ і CD (рис. 75, *в*). З центра О проводять дугу радіусом ОА і засікають нею малу вісь овала. Дугою радіуса СК, проведеною з точки С, засікають допоміжну пряму АС, тобто МС=КС. Через середину відрізка АМ проводять перпендикуляр, який перетинає осі овала в точках O_1 і O_4. Знаходять симетричні їм точки O_2 і O_3 і проводять лінії центрів O_1O_3, O_1O_4, O_2O_3, O_2O_4. З точки O_4 як із центра, радіусом $R = O_4C$ проводять дугу до перетину з прямими O_4O_1 і O_4O_2 в точках 1 і 2, які будуть точками спряження овала. Виконавши аналогічну побудову з центра O_3, дістають точки спряження 3 і 4. Закінчують побудову проведенням дуг з центрів O_1 і O_2 радіусом $R_1 = O_1A$ або $R_1 = O_2B$.

Вправа. Розглянути і пояснити побудову овоїда за його шириною - відрізком АВ (рис. 75, в).

Овоїд - це замкнена коробова крива, що має тільки одну вісь симетрії.

4.6. Побудова креслень технічних деталей

Виконувати креслення технічної деталі треба починати з аналізу геометричних елементів, з яких вона складається, і з визначення її габаритних розмірів. Потім слід продумати, які геометричні побудови і спряження треба виконати під час креслення. Виконувати побудову треба в такій послідовності: нанести осьові і центрові лінії; провести кола, центрами яких є перетин центрових ліній; провести прямі лінії; виконати спряження, які є на деталі, причому обов'язково робити допоміжні побудови для знаходження центрів і точок спряження; нанести розмірні лінії і проставити розмірні числа.

Після перевірки креслення наводять олівцем або тушшю. Робити це треба в такій послідовності: осьові і центрові лінії; кола та їх дуги, у тому числі дуги спряжень (починати треба з дуг і кіл більших радіусів); горизонтальні суцільні основні лінії; вертикальні суцільні основні лінії; похилі суцільні основні лінії; суцільні тонкі лінії; стрілки, розбірні числа, написи тощо. Після цього заштриховують перерізи і розрізи.

Розглянемо приклади побудови креслень деталей, які мають спряження.

Контур прокладки (рис. 76). Насамперед проводять вертикальну вісь симетрії і центрової лінії. Креслять два кола ∅20 на відстані 110 мм одне від одного і з цих самих центрів проводять кола радіусами R32. Виконують прямими лініями зовнішній контур прокладки, що має форму рівнобічної трапеції з основами 130 та 65 мм і висотою 120 мм. Проводять паралельні прямі верхнього вирізу, використовуючи розміри 36 і 38 мм (рис. 76, *б*). Виконують зовнішнє спряження кіл радіусів R32 дугою радіуса R84. Центр O_4 спряжувальної дуги визначиться, якщо зробити дві засічки з центрів O_1 і O_2 радіусом R = 32 + 84 мм. Виконують внутрішнє спряження цих самих кіл дугою радіуса R108. Центр цього спряження O_2 лежить на перетині дуг, проведених з центрів O_1 і O_2 радіусами R = 108 - 32 мм. Будують спряження гострих кутів при верхній основі трапеції радіусом R25 і спряження похилої сторони трапеції s дугою радіуса R108 за допомогою дуги радіуса R28 (ці спряження позначені на рис. 76, *в* цифрами 1 і 2). Заокруглюють паралельні прямі вирізу дугою радіуса R18 (спряження III, рис. 76, *в*).

Перевіряють креслення, наводять його і проставляють розміри (рис. 76, *г*).

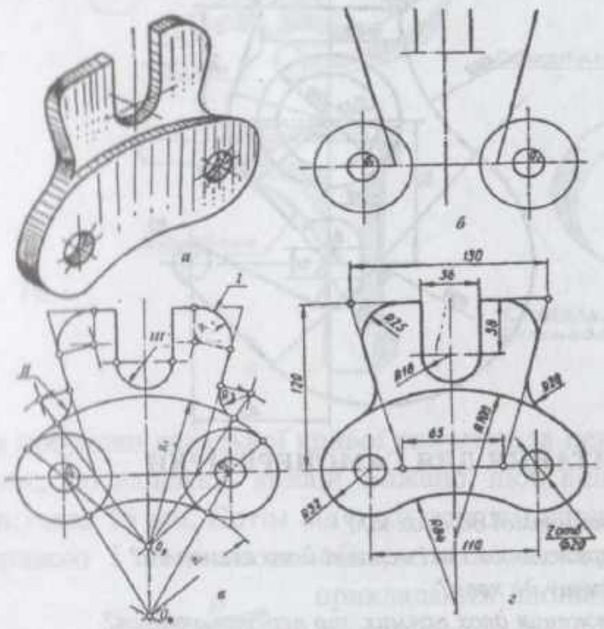


Рис. 76

Гак (рис. 77). Проводять вертикальну вісь гака і за розмірами намічають горизонтальні центрові лінії кіл ∅32 і ∅46 та дуг R10 і R6. З центра O_1 проводять кола діаметром ∅32 та ∅46 і дугу радіусом R33, а з центрів O_2 і O_3 - дуги радіусом R10. На відстані 45 мм знаходять центр дуги радіуса R6 і будують цю дугу. Визначивши за допомогою розміру 16 мм центр O_4 дуги, креслять цю дугу радіусом R50. Проводять паралельні твірні верхньої циліндричної частини гака на відстані 35 мм і знаходять, використовуючи розмір 40 мм, дві точки - A і B, відстань між якими дорівнює ∅45. З точки B і з центра O проводять дотичні до дуги радіуса R33. Будують дотичні до двох кіл радіусів R6 та R10 і до кіл радіусів R6 і R50. Центр O_5 (на рис. 77 не показано) дуги R68, спряженої з дугою R50, визначають за допомогою двох засічок, проведених з центра O_4 радіусом 50 + 68 мм і радіусом R68 з точки A. Центр O6 дуги R5 визначається перетином засічки, проведеної R5 з точки A і прямої, паралельної до осі гака, на відстані 17,5 + 5 мм.

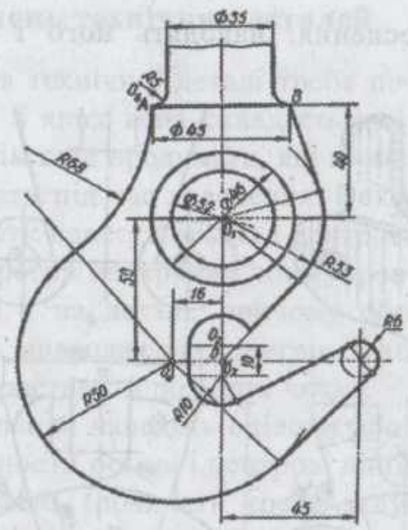


Рис. 77

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які умови дотикання прямої до двох кіл?
2. Що називається спряженням і які основні його елементи?
3. Як побудувати дотичну до кола?
4. Як побудувати спряження двох прямих, що перетинаються?
5. Як побудувати внутрішнє спряження дуги з прямою?
6. Як побудувати внутрішнє спряження, зовнішнє і мішане двох кіл?
7. Поясніть побудову овалу за двома осями.
8. Як побудувати овоїд за його шириною?

§5. ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ

У техніці часто зустрічаються деталі, які мають складні обриси, що складаються з криволінійних ділянок, а також з лекальних кривих. На рис. 78 показано такі деталі: махове колесо, гайка, кронштейн, кулачок.

Лекальними називаються криві, які креслять за допомогою лекал за попередньо знайденими точками.

Лекальні криві утворюються при перетині поверхонь площиною, при переміщені будь-якої точки в площині за певним законом, можуть графічно відображувати закономірності будь-якого процесу, є проекціями просторових кривих тощо. За характером утворення лекальні криві можна поділити: на криві конічного перерізу, циклоїдальні криві, спіральні криві, синусоїдальні криві.

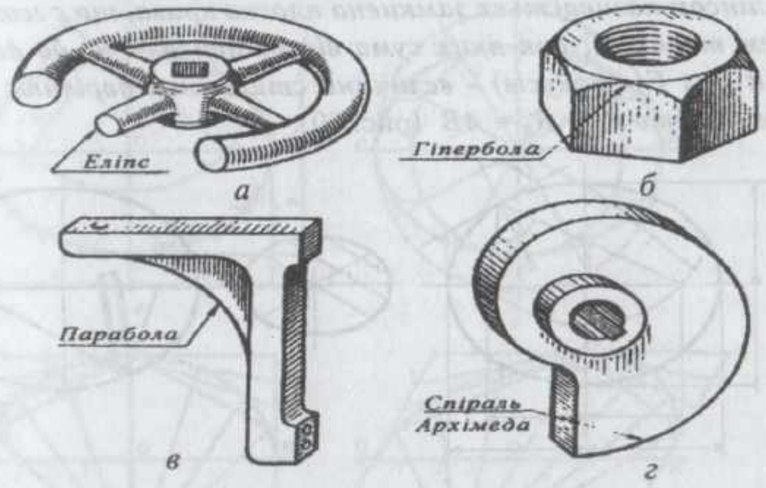


Рис. 78

Для побудови лекальної кривої спочатку за певним законом будують ряд точок, які належать кривій. Бажано, щоб відстань між точками не перевищувала 15 мм. Потім від руки олівцем сполучають ці точки плавною кривою і починають обводити по лекалу (рис. 79). Лекало прикладають щонайменше до 4-5 точок кривої одночасно і обводять не всі точки, які збігаються з його обрисом, залишають деяку частину кривої не обведеною. Наступна ділянка лекала повинна перекривати частину раніше наведеної кривої і т.д. Це забезпечує плавність кривої і відсутність переломів.

Рис. 79

Обведення рекомендується починати з місця найкрутішого згину кривої. Майже завжди доводиться користуватися не одним, а кількома лекалами, вибираючи ділянки, обриси яких найкраще відповідають потрібній кривій.

5.1. Еліпс, парабола, гіпербола

Криві конічного перерізу - еліпс, параболу, гіперболу - можна отримати при перетині прямого кругового конусу площинами різного положення відносно його твірних та осі конуса.

Еліпсом називається замкнена плоска крива, що є геометричним місцем точок M, для яких сума відстаней R_1 і R_2 до двох заданих точок F_1 і F_2 (фокусів) - величина стала, яка дорівнює великій осі еліпса, тобто $R_1 + R_2 = AB$ (рис. 80).

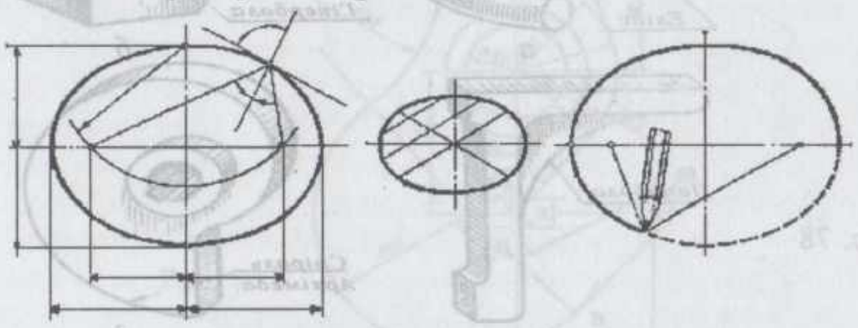


Рис. 80

Еліпс має дві осі симетрії: *велику вісь AB = 2a і малу CD = 2b*. Точки A, B, C, D - *вершини еліпса*. Відстань F_1F_2 = 2c називається *фокусною*. Точка O - центр еліпса. Між фокусною відстанню і величиною осей еліпса існує така залежність: $a^2 = b^2 + c^2$. Довільна пряма, що проходить через центр еліпса, називається його *діаметром*. Щоб побудувати діаметр, спряжений із заданим діаметром, наприклад PE (рис.80, б), проводять довільну хорду KL, паралельну PE, і знаходять її середину - точку O_1. Сполучають O_1 з центром еліпса O. Прямі QH і PE є спряженими діаметрами еліпса.

Рівняння еліпса: $(x^2:a^2)+(y^2:b^2)=1$.

Щоб провести дотичну t і нормаль n у будь-якій точці M еліпса (рис. 80, *а*), знаходять бісектрису кута між радіусами-векторами R_1 і R_2, які йдуть з даної точки до фокусів F_1 і F_2. Бісектриса дає напрям нормалі n, а перпендикуляр до неї - дотичну t до еліпса в точці M.

Є кілька способів побудови еліпса.

Побудова еліпса за великою віссю AB і фокусною відстанню F_1F_2 (рис. 80, *в*). На горизонтальній прямій відкладають велику вісь AB і фокусну відстань F1F2. Беруть нитку і закріпляють її в точках F_1 і F_2 кнопками або цвяшками так, щоб довжина нитки між точками закріплення дорівнювала великій осі еліпса AB. Натягнувши нитку, олівцем креслять на папері еліпс.

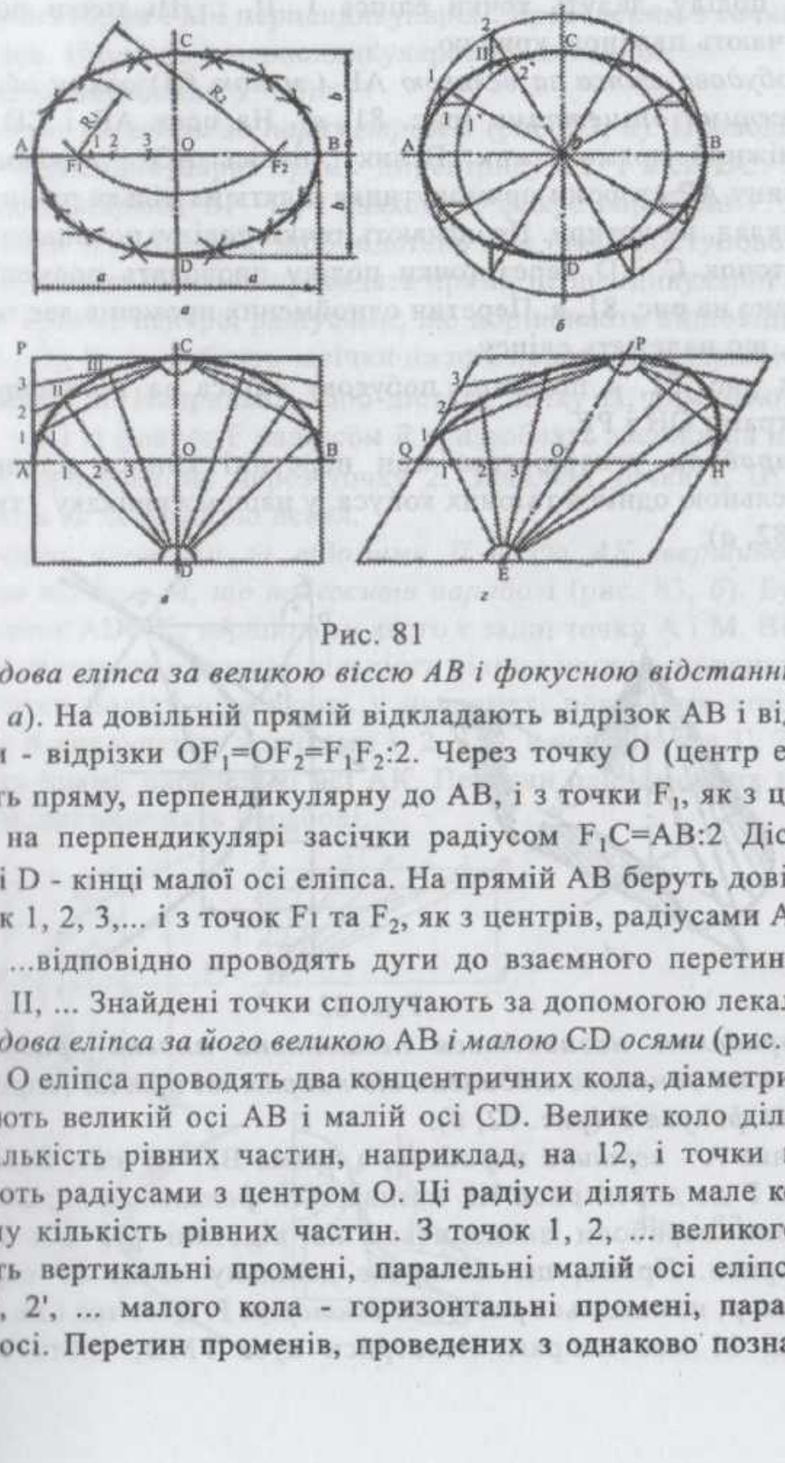


Рис. 81

Побудова еліпса за великою віссю AB і фокусною відстанню F_1F_2 (рис. 81, *а*). На довільній прямій відкладають відрізок AB і від його середини - відрізки $OF_1=OF_2=F_1F_2:2$. Через точку O (центр еліпса) проводять пряму, перпендикулярну до AB, і з точки F_1, як з центра, роблять на перпендикулярі засічки радіусом $F_1C=AB:2$ Дістають точки C і D - кінці малої осі еліпса. На прямій AB беруть довільний ряд точок 1, 2, 3,... і з точок F_1 та F_2, як з центрів, радіусами A_1 і B_1, A_2 і B_2, ...відповідно проводять дуги до взаємного перетину їх в точках I, II, ... Знайдені точки сполучають за допомогою лекала.

Побудова еліпса за його великою AB *і малою* CD *осями* (рис. 81, *б*). З центра O еліпса проводять два концентричних кола, діаметри яких дорівнюють великій осі AB і малій осі CD. Велике коло ділять на певну кількість рівних частин, наприклад, на 12, і точки поділу сполучають радіусами з центром O. Ці радіуси ділять мале коло на таку саму кількість рівних частин. З точок 1, 2, ... великого кола проводять вертикальні промені, паралельні малій осі еліпса, а з точки 1', 2', ... малого кола - горизонтальні промені, паралельні великій осі. Перетин променів, проведених з однаково позначених

точок поділу, дадуть точки еліпса 1, II, ... Ці точки послідовно сполучають плавною кривою.

Побудова еліпса за великою AB *і малою* CD *осями або за його спряженими діаметрами* (рис. 81, *в*). На осях AB і CD будують допоміжний прямокутник. Велику піввісь AO і суміжну з нею половину AP сторони прямокутника ділять на кілька рівних частин, наприклад, на чотири. Позначають точки поділу, починаючи з точки A. З точок C і D через точки поділу проводять промені так, як показано на рис. 81, *в*. Перетин однойменних променів дає точки I, II, III, ..., що належать еліпсу.

На рис. 81, *г* показано побудову еліпса за його спряженими діаметрами QH і PE.

Парабола утворюється при перетині конуса площиною д, паралельною одній з твірних конуса, у нашому випадку - твірній SN (рис. 82, *а*).

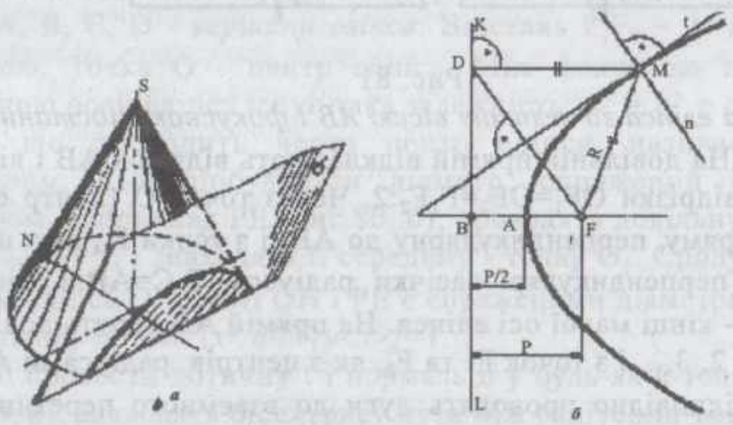


Рис. 82

Параболою називається незамкнена плоска крива, кожна точка якої однаково віддалена від напрямної прямої (директриси) KL і від фокуса F (рис. 82, *б*).

Точка A - *вершина параболи*, а пряма BF - *її вісь*. Відстань від фокуса F до директриси KL називається *фокальним параметром* p. Вершина параболи знаходиться на відстані p:2 від фокуса і директриси. Пряма, що сполучає довільну точку M параболи з фокусом *p*, називається *радіусом-вектором* F. Дотична t до параболи в точці M має напрям бісектриси кута FMD, тобто кута між

радіусом-вектором FM і перпендикуляром, проведеним з точки M до директриси. Нормаль n перпендикулярна до дотичної.

Рівняння параболи: $y = 2px$.

Побудова параболи за параметром p (рис. 83, *а*). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі: директрису KL і вісь BC. На осі відкладають відрізок BF = *p* і знаходять фокус параболи F. На осі беруть точки I, 2, 3,... так, щоб відстань між ними поступово збільшувалася, і через ці точки проводять прямі, перпендикулярні до осі. З фокуса F, як із центра, радіусами, що дорівнюють відповідно відрізкам B_1, B_2, B_3,..., роблять засічки на цих перпендикулярах і мають точки параболи. Наприклад, щоб дістати точку П, вимірюють відрізок $B_2 = a$ і із фокуса F радіусом R = *a* роблять засічки на перпендикулярі, проведеному через точку 2. Знайдені точки I, II, III, ... сполучають за допомогою лекал.

Побудова параболи за відомими її віссю AK, вершиною A і довільною точкою M, що належить параболі (рис. 83, *б*). Будують прямокутник ADMK, вершинами якого є задні точки A і M. Відрізки AD і DM ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад, на шість. Точки поділу нумерують у напрямах, показаних стрілками. Вершину A сполучають з точками 1, 2, 3,..., а через точки 1', 2', 3', ... проводять прямі, паралельні осі AK. Перетин однойменних прямих дає точки, які належать параболі.

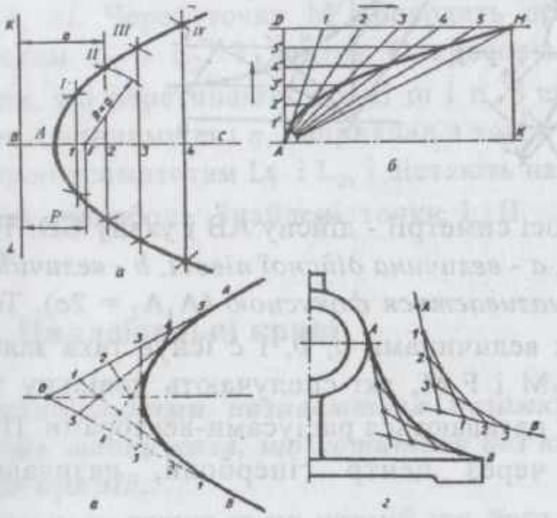


Рис. 83

Побудова параболи, дотичної в точках А і В до двох прямих, що перетинаються (рис. 83, *в*). Відрізки ОА і ОВ ділять на однакову кількість рівних частин, нумерують точки, як показано на рисунку, і однойменні точки сполучають прямими. Крива, що огинає ці прямі, і є параболою.

На рисунку 83, *г* показано побудову параболи на корпусі підшипника.

Гіпербола утворюється при перетині конуса (рис. 84, *а*) площиною д, паралельною двом його твірним (SM і SN) або осі конуса.

Гіперболою називається незамкнена плоска крива, в якої різниця відстаней будь-якої точки М від фокусів F_1 і F_2 є величина стала, що дорівнює відстані між вершинами гіперболи, тобто $R_1 - R_2 = AB$ (рис. 84, *б*).

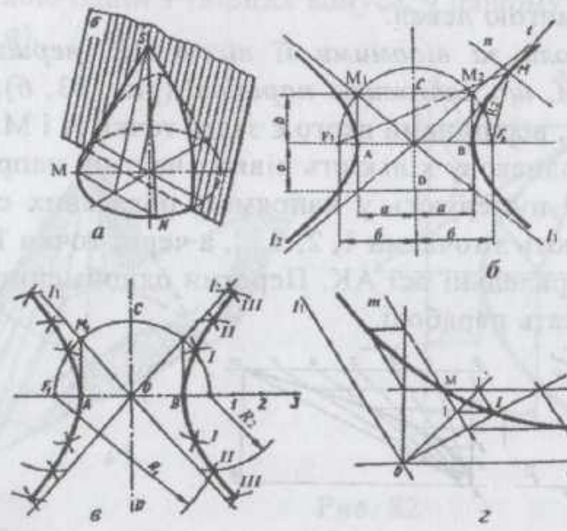


Рис. 84

Гіпербола має дві осі симетрії - дійсну АВ і уявну CD. Точки А і В - *вершини гіперболи*, *а - величина дійсної півосі*, *b - величина уявної півосі*. Відстань F_1F_2 *називається фокусною* ($A_1A_2 = 2c$). Точка О - *центр гіперболи*. Між величинами *a, b,* і *c* існує така залежність: $c^2 = a^2 + b^2$. Прямі F_1M і F_2M, які сполучають довільну точку М гіперболи з фокусами, називаються радіусами-векторами. Прямі L_1 і L_2, що проходить через центр гіперболи, називаються її *асимптотами*.

Асимптоти - це прямі, що необмежене наближаються до гілок гіперболи і стикаються з ними у нескінченності.

Дотична t до гіперболи в точці М іде в напрямі бісектриси кута між радіусами-векторами даної точки, а нормаль *n*-перпендикулярна до дотичної.

Рівняння гіперболи: $(x^2:a^2)-(y^2:b^2)=1$.

Побудова гіперболи за фокусною відстанню $F_1F_2 = 2c$ і відстанню між вершинами $AB = 2a$ (рис. 84, *в*). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі і відкладають від точки О відрізки $OA = OB = a$; $OF_1 = OF_2 = c$. Радіусом OF_1 з центра О будують півколо і з вершин А та В ставлять перпендикуляри AM_1 і BM_2 до дійсної осі гіперболи. Через центр О і знайдені точки M_1 і M_2 пройдуть асимптоти L_1 і L_2. На осі гіперболи позначають кілька довільних точок 1, 2, 3 ,..., відстань між якими в міру віддалення від фокуса F_2 збільшується. З фокусів F_1 і F_2, як із центрів, роблять засічки радіусами, які дорівнюють відстаням від будь-якої з цих точок до вершин гіперболи А і В. Наприклад, щоб знайти точку II, проводять дуги радіусом $R_2 = B_2$ з фокуса F_2, а потім зустрічну дугу радіусом $R = A_2$ з фокуса F_1. Ліву гілку гіперболи будують симетрично до відносно уявної осі CD.

Побудова гіперболи за її асимптотами і заданою точкою М (рис. 84, *г*). Через точку М проводять прямі *m* і *n*, паралельні асимптотам L_1 і L_2. З центра О креслять пучок прямолінійних променів, які перетинають прямі m і n. З точок перетину кожного променя з прямими *m* і *n*, наприклад з точок 1 і 1', проводять прямі, паралельні асимптотам L_1 і L_2, і дістають на їх перетині точку *i*, яка належить гіперболі. Знайдені точки I, II, ... сполучають плавною кривою.

5.2. Циклоїдальні криві

Циклоїдальними називаються незамкнені плоскі криві, які описують точки кола, що котиться без ковзання по нерухомому колу або прямій.

Якщо коло котиться по прямій, то його точка описує циклоїду.

Якщо коло котиться по колу ззовні, то описана крива називається епіциклоїдою, а якщо зсередини - гіпоциклоїдою. Циклоїдальні криві мають багато гілок, кожна з яких відповідає повному оберту твірного кола.

Циклоїда. Побудову циклоїди за відомим діаметром твірного кола можна вести двома способами.

1-й спосіб (рис. 85, *а*). На горизонтальній прямій OO_8, яка проходить через центр О твірного кола, відкладають довжину *pd* цього кола. Цей відрізок і твірне коло ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад, на вісім, і з точок 1, 2, 3, ... поділу кола проводять горизонтальні прямі. З точок O_1, O_2, O_3, ... як із центрів, дугами радіуса послідовно засікають проведені горизонтальні прямі і дістають точки A_1, A_2, ... циклоїди. Наприклад, з центра O_1 засікають дугою пряму, що йде з точки 1, з центра O_2 - пряму, що йде з точки 2 і т.д. Знайдені точки сполучають за допомогою лекал.

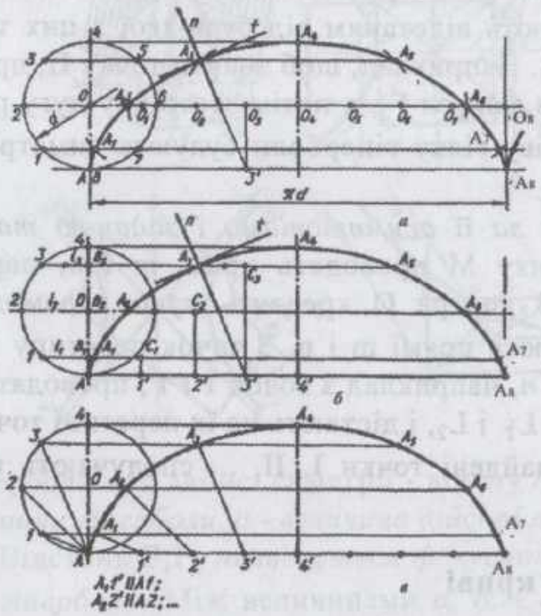


Рис. 85

2-й спосіб (рис. 85, *б*). Напрямну пряму AA_8, яка дорівнює довжині *pd* кола, і твірне коло ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад, на вісім. З точок I, 2, 3, ... поділу кола проводять горизонтальні прямі, а з точок 1', 2', 3', ... - перпендикуляри до

перетину з відповідними горизонтальними прямими в точках C_1, C_2, ... Із знайдених точок відкладають відрізки $C_1A_1 = B_11$, $C_2A_2 = B_22$, ... і дістають точки циклоїди. Точки правої половини циклоїди будують симетрично відносно середньої осі A_44'.

Нормаль *n* до циклоїди в будь-якій її точці, наприклад, у точці A_3, можна побудувати, сполучивши A_3 з 3', а дотична буде перпендикулярна до нормалі.

На рисунку 85, *в* показано третій спосіб побудови циклоїди.

Епіциклоїда (рис. 86, *а*).

Величину центрального кута сектора, що охоплює одну гілку епіциклоїди, можна обчислити за формулою $d = (d \cdot 360):R$, де d - *діаметр твірного кола*, R - *радіус дуги прямого кола*.

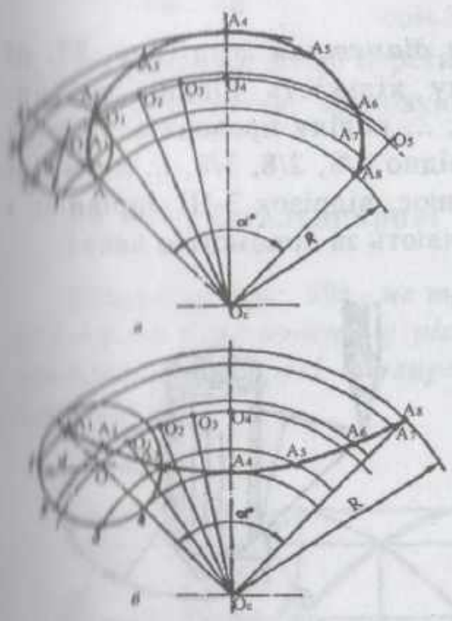


Рис. 86

Побудову епіциклоїди за даними величинами d і R (рис. 86, *а*) ведуть так: радіусом R будують дугу напрямного кола і обмежують її сектором, центральний кут б якого визначають за наведеною вище формулою. З точки O_c проводять центрову лінію радіусом $O_cO=R+d:2$. Коло і дугу OO_8 центрової лінії ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад, на вісім. З центра O_c радіусами $O_c1, O_c2, \ldots$ проводять концентричні кола, а з точок O_1, O_2, O_3,... як із центрів, дугами радіуса послідовно засікають ці кола. Знаходять точки A_1, A_2, A_3, ..., епіциклоїди. Наприклад, з центра O_1 роблять засічку на дузі, що проходить через точку *1*, з центра O_2 - на дузі, що проходить через точку 2, і т.д.

Гіпоциклоїда (рис. 86, *б*).

Величину центрального кута, яка охоплює одну гілку

гіпоциклоїди, обчислюють за тією самою формулою, що й для епіциклоїди. (Розглянути і пояснити побудову гіпоциклоїди. Послідовність цієї побудови така сама, як і епіциклоїди).

5.3. Спіральні криві

Із спіральних кривих розглянемо евольвенту кола і спіраль Архімеда.

Евольвента кола - це плоска крива, яку описує кожна точка прямої, перекочуваної по колу без ковзання.

На рис. 87, *б* бачимо, що евольвенту описує кінець олівця, прикріпленого до нитки, намотаної на нерухомий циліндр. Коли, натягуючи, розмотувати нитку, то її кінець з олівцем опише евольвенту.

Побудову евольвенти за заданим діаметром кола (рис. 87, *а*) ведуть так: коло ділять на певну кількість рівних частин, наприклад, на вісім. З точок I, 2, 3, ... поділу проводять до кола дотичні і відкладають на них відповідно 1/8, 2/8, 3/8, ... довжини кола. Наприклад, відрізок 2-II дорівнює, відрізок 3-III дорівнює і т.д. Знайдені точки I, II, III, ... сполучають за допомогою лекал.

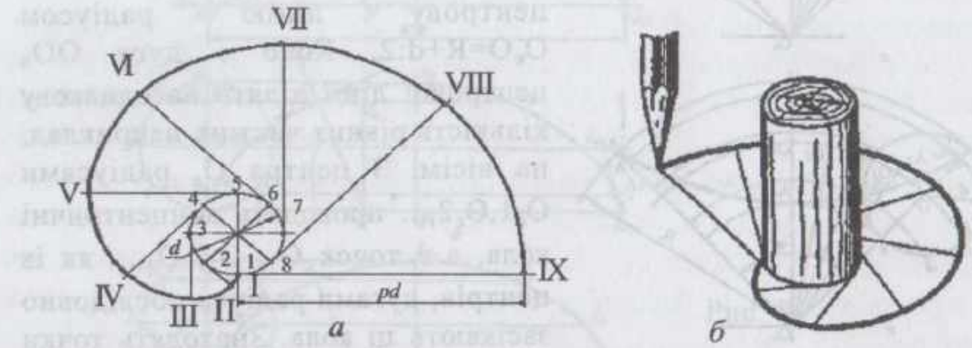


Рис. 87

Спіраль Архімеда - це плоска крива, яку описує точка, що рівномірно рухається по радіусу-вектору, який водночас рівномірно обертається навколо нерухомої точки - полюса S спіралі (рис. 88).

Відрізок, що сполучає довільну точку спіралі з полюсом,

називається *радіусом-вектором*. Крок спіралі SA - це шлях, який проходить точка по радіусу-вектору за час його повного оберту навколо полюса S.

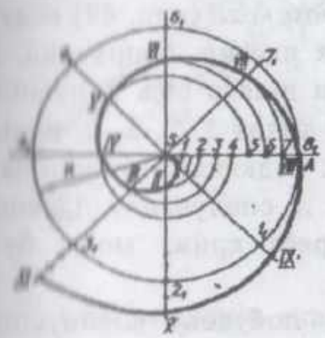


Рис. 88

Побудову спіралі за відомими кроком SA і полюсом S (рис. 88) ведуть так: з точки як із центра проводять коло радіусом SA. Коло і відрізок SA ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З полюса S до точок 1_1, 2_1, 3_1, ... поділу кола проводять промені. З того самого центра радіусом, що дорівнює SI, проводять дугу до перетину з променем SI_1 в точці 1, потім проводять дугу радіусом S2 до перетину з променем $S2_1$ в точці II, дугу радіусом S3 до перетину з променем $S3_1$ в точці III і т.д.

Знайдені точки, враховуючи SI A, сполучають за допомогою лекал.

5.4. Інші лекальні криві

Синусоїда (рис. 89) - ***це траєкторія складного руху точки, яка одночасно бере участь у рівномірно-поступальному і зворотно-поступальному русі в напрямі, перпендикулярному до напряму першого руху.***

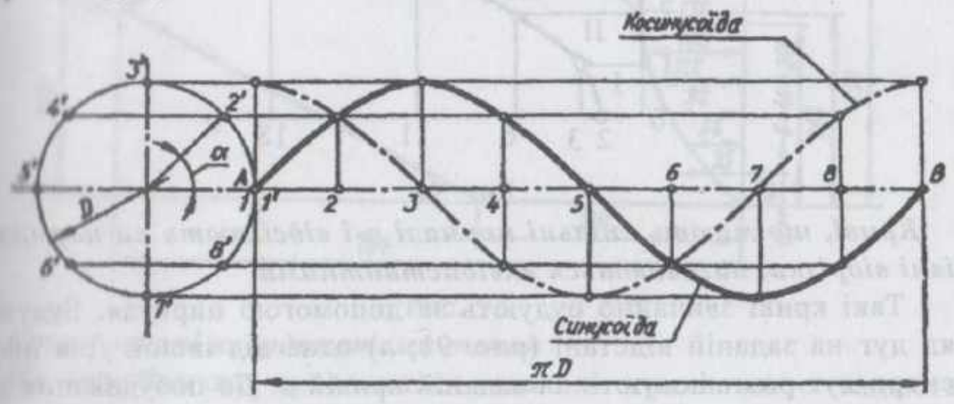


Рис. 89

Синусоїда показує зміну тригонометричної функції синуса залежно від зміни кута б. Відрізок АВ називається *періодом синусоїди*, а найбільше відхилення точки синусоїди від її осі називається *амплітудою*.

Побудову синусоїди за заданим діаметром кола (рис. 89) ведуть так: коло ділять на певну кількість рівних частин, наприклад, на вісім. На однакову кількість рівних частин ділять вісь синусоїди, довжина якої дорівнює довжині кола *pd*. З точок 1, 2, 3, ... поділу будують перпендикуляри до осі, на яких відкладають ординати точок поділу кола. Знайдені точки 1, II, III, ... сполучають плавною кривою за допомогою лекал. При потребі крива може бути продовжена за точку VIII.

На рисунку 89 розгляньте і поясніть побудову косинусоїди самостійно.

Криві, обумовлені рівнянням

Закономірні криві часто задають рівнянням. Наприклад, треба побудувати криву, яка задана рівнянням $x = y^2 + 2$ (рис. 90). Будуємо координатні вісі x та y. Підставляємо в рівняння замість y значення 0, 1, 2, 3, ... і т.д., визначимо значення x: $x = 2$, $x = 3$, $x = 6$ і т.д. На осях x та y відкладемо відповідні відрізки і на перетині перпендикулярів, проведених через відмічені точки, знайдемо точки I, II, III,... і т.д.

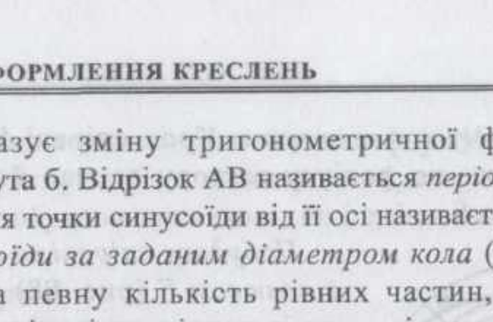


Рис. 90

Криві, що мають спільні нормалі n і відсікають на нормалях рівні відрізки, називаються еквідистантними.

Такі криві звичайно будують за допомогою циркуля. Будують ряд дуг на заданій відстані (рис. 91, *а*) одна від іншої. Для цього центри дуг розташовують на заданій кривій *а*. До побудованих дуг проводять їх еквідистантну криву *а'*, яка їх обгинає.

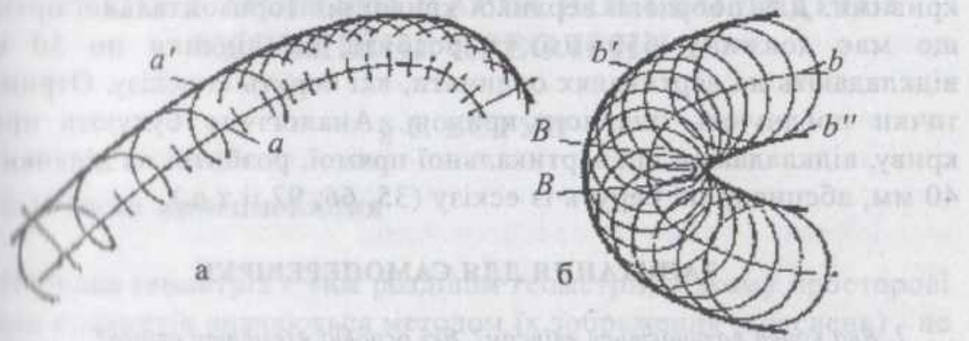


Рис. 91

У ряді випадків еквідистантні криві за своєю формою значно відрізняються від заданої кривої. Так, еквідистантна крива b' (рис. 91, *б*), проведена ззовні еліпса *b*, вже не буде еліпсом, а крива b'', проведена всередині еліпса *b*, складається, крім того, із чотирьох ділянок, обмежених точками повернення В.

Еквідистантні криві використовуються при побудові креслень похило розташованих поверхонь обертання, а також креслень пружин, змійовиків тощо.

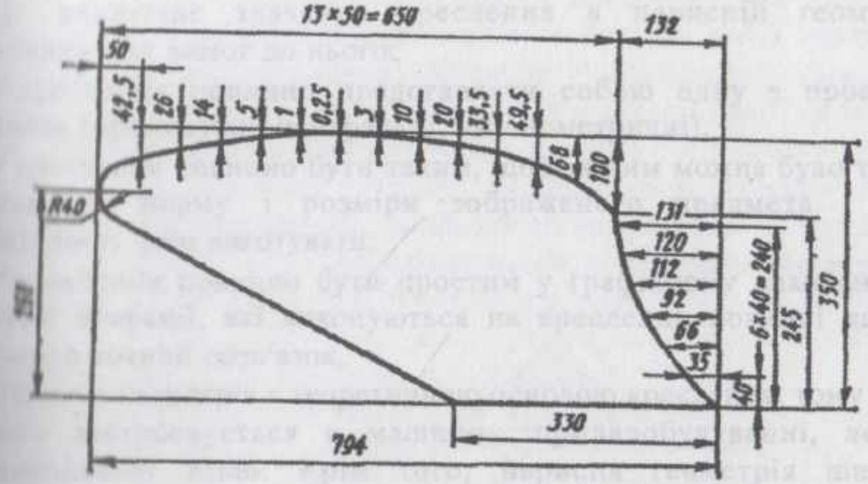


Рис. 92

Криві, задані координатами точок

На виробничих кресленнях лекальні криві часто задають координатами точок за допомогою розмірних чисел (рис. 92). Заготівка відвалу плуга зверху і справа обмежена лекальними

кривими. Для побудови верхньої кривої від горизонтальної прямої, що має довжину 650 мм та розбита на ділянки по 50 мм, відкладають на вертикалях ординати, які беруть із ескізу. Отримані точки поєднують плавною кривою. Аналогічно будують праву криву, відкладаючи від вертикальної прямої, розбитої на ділянки по 40 мм, абсциси, які беруть із ескізу (35, 66, 92, і т.д.).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка крива називається еліпсом? Які основні елементи еліпса?

2. Як побудувати еліпс за двома його осями?

3. Яка крива називається гіперболою? Які основні елементи гіперболи?

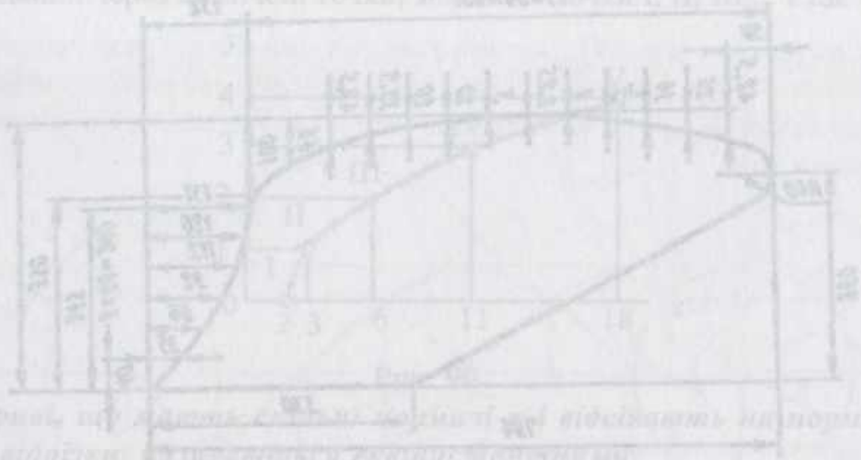
4.Як побудувати гіперболу за фокусною відстанню і відстанню між вершинами?

5. Яка крива називається параболою і які її основні елементи?

6. Як побудувати параболу за її параметрами?

7. Яка крива називається циклоїдою і як її побудувати за діаметром твірного кола?

8. Що таке евольвента і як її побудувати за діаметром кола?



Розділ 2. ОСНОВИ НАРИСНОЇ ГЕОМЕТРІЇ І ПРОЕЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

§ 6. ВСТУП

6.1. Види проеціювання

Нарисна геометрія є тим розділом геометрії, в якому просторові форми предметів вивчаються методом їх зображення (креслень) - це наука про зображення просторових форм предметів на площині.

Отже, зміст нарисної геометрії:

1. Розробка, об'рунтування та дослідження методів побудови креслень просторових форм на площині.

2. Вивчення способів рішення просторових задач на площині за допомогою креслень.

Якщо в інших розділах геометрії креслення відіграє роль ілюстрації, то в нарисній геометрії - це основний засіб вивчення предметів реального світу. Він набуває самостійного значення.

Це виключне значення креслення в нарисній геометрії обумовлює ряд вимог до нього:

- ✓ креслення повинно представляти собою одну з проекцій предмета (прямокутні, центральні, аксонометричні);
- ✓ креслення повинно бути таким, щоб за ним можна було точно встановити форму і розміри зображеного предмета і при необхідності його виготувати;
- ✓ креслення повинно бути простим у графічному виконанні, а графічні операції, які виконуються на кресленні, повинні давати достатньо точний розв'язок.

Нарисна геометрія є теоретичною основою креслення, тому вона широко застосовується в машино-, приладобудуванні, легкій промисловості тощо. Крім того, нарисна геометрія широко використовується в рішенні різноманітних задач просторової статики, кінематики механізмів та ін., вона сприяє розвитку в людини просторового уявлення, без якого важко обійтися в практичній діяльності.

Зображення (рисунок, креслення тощо) просторового предмета є плоскою фігурою, яка складається з точок, ліній, розташованих так, що якщо дивитись на нього, то виникає уявлення про зображений предмет.

Під плоскою фігурою розуміємо будь-яку множину точок. Зображення просторового предмета на площині досягається відображенням цього предмета проеціюванням. У нарисній геометрії предмети відображаються способами *центрального і паралельного проеціювання.*

Креслення, які отримані за способом (методом) проеціювання, називаються проекційними.

Центральне проеціювання

Слово "проекція" - латинське, від дієслова projecere, що в перекладі означає "кинути наперед".

Отже, ***проекція - це зображення предмета, "відкинуте" на площину за допомогою променів.***

Спроеціювати предмет - це означає зобразити його на площині. Ідею центрального проеціювання видно з рис. 93. Точка S, з якої виходять проеціювальні промені, називається *центром проекцій.* Площина P, на яку проеціюється предмет, називається *площиною проекцій.* Площина P і точка S становлять апарат центральної проекції. Проеціювальний трикутник ABC називається *оригіналом, або натурою.* Щоб спроеціювати трикутник, треба з центра проекцій S через усі його вершини провести проеціювальні промені до перетину з площиною проекцій *P.* Трикутник *abc* називається *центральною проекцією трикутника ABC.*

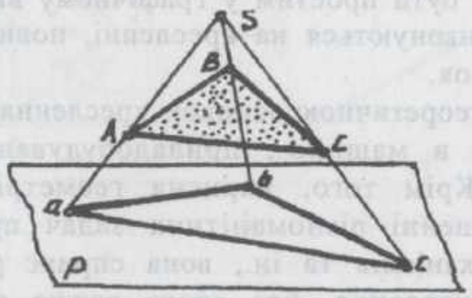
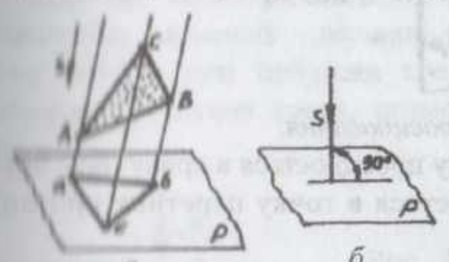


Рис. 93

Центральні проекції застосовують в архітектурно-будівельній справі, у малюванні тощо, він також називається перспективою.

Паралельне проеціювання

Якщо центр проеціювання віддалити в безмежність, то в цьому випадку проеціювальні промені стануть паралельні між собою. Таке проеціювання називається паралельним. Зображення, яке отримали за цим методом проеціювання, буде паралельною проекцією (рис. 94).



а *б*

Рис. 94

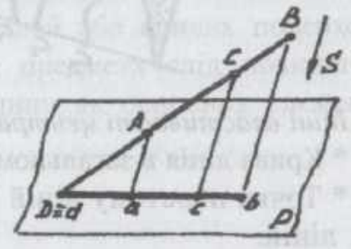


Рис. 95

У свою чергу, паралельне проеціювання поділяється на *косокутне і прямокутне. Якщо проеціювальні промені перпендикулярні до площини проекцій* (рис. 94, *б*), *такий спосіб проеціювання називається прямокутним, а проекції, що одержують при цьому, - прямокутними, або ортогональними. Якщо ж кут нахилу променів не дорівнює 90°, то така паралельна проекція називається косокутною.* У кресленні, звичайно, користуються прямокутним проеціюванням.

6.2. Особливості проеціювання

Властивості центрального проеціювання

1. За даними умовами проеціювання (задана площина *P* і центр проеціювання *S*) кожна точка простору (за винятком т. *S*) має єдину свою проекцію, оскільки через дану точку і центр проекцій можна провести тільки одну проеціювальну пряму.

2. Проекцією прямої в загальному випадку є пряма. В окремому випадку, коли пряма проходить через центр проекцій, вона проеціюється в точку, тому що сама є проеціювальною прямою.

3. Кожній точці, яка належить будь-якій лінії (прямій або кривій), відповідає проекція цієї точки, яка належить проекції лінії. Інакше, якщо $B \in AC$, то $b \in ac$ (рис. 96).

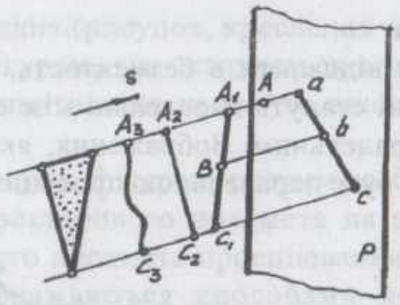


Рис. 96

Інші властивості центрального проеціювання:

* Крива лінія в загальному випадку проеціюється в криву (рис. 96).

* Точка перетину ліній проеціюється в точку перетину проекцій цих ліній.

Центральні проекції мають велику ступінь наочності, вони близькі до образів, які утворюються на сітчатці нашого ока.

Паралельне проеціювання має ті ж властивості, що і центральне. Разом з цим йому належать додаткові властивості:

✓ Проекції паралельних прямих паралельні.

✓Відношення відрізків прямої дорівнює відношенню їх проекцій (рис. 95).

Відношення довжини проекцій відрізка до дійсних розмірів самого відрізка є величина стала. Ця величина називається *коефіцієнтом (або показником) спотворення*.

✓Відношення відрізків двох паралельних прямих дорівнює відношенню їх проекцій.

Отже, якщо відрізок (або плоска фігура) переміщається в просторі відносно самого себе, то його паралельна проекція не змінює своєї величини. Також не змінюється його проекція і при паралельному переміщені площини проекцій.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У чому суть центрального проеціювання?
2. У чому суть паралельного проеціювання?
3. На які види поділяють паралельні проекції?
4. Основні властивості центрального проеціювання?
5. Основні властивості паралельного проеціювання?

§ 7. ТОЧКА І ПРЯМА

7.1. Проеціювання точки на три площини проекцій. Комплексне креслення

Будь-яке геометричне тіло, предмет або деталь складається з конкретних елементів - вершин, ребер, граней або кривих поверхонь. Тому розгляд суті побудови креслення з предмета слід починати з побудови креслення точки, прямої і площини як основних елементів простору.

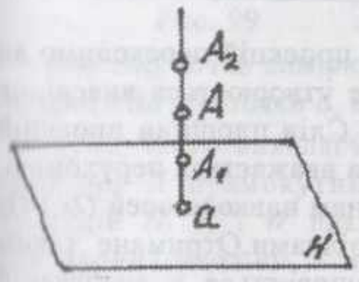


Рис. 97

Одна прямокутна проекція точки не визначає її положення в просторі. Справді, проекції *a* (рис. 97) відповідає в просторі безліч точок, які лежать на проеціювальному промені, що проходить через точку *A*, перпендикулярно до площини проекцій *H*. Сукупністю двох прямокутних проекцій на дві взаємно перпендикулярні площини можна визначити форму і положення в просторі об'єктів проеціювання. Але в кресленні при побудові зображень часто використовують три площини проекцій. Розглянемо закони проеціювання на три площини проекцій.

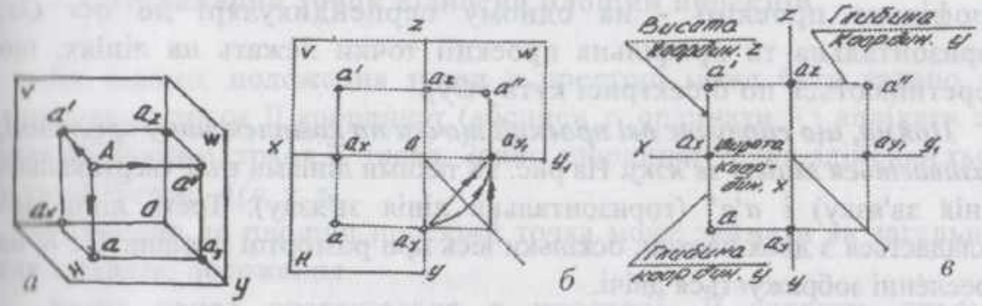


Рис. 98

Скористаємося трьома взаємно перпендикулярними площинами, що утворюють прямий тригранний кут (рис. 98, *а*).

Тут *H - горизонтальна*, *V - фронтальна* і *W - профільна площина проекцій*; лінії *Ox, Oy, Oz* взаємного перетину площини проекцій - осі проекцій; точка O - початок осей проекцій.

Розмістимо в просторі тригранного кута точку *A* і побудуємо її проекції на площини *H, V* і *W*. Для цього з точки A проведемо проеціювальні промені *Aa*, *Aa'*, *Aa"*, перпендикулярні до площин проекцій, до перетину з ними. Внаслідок перетину дістанемо *a* - горизонтальну, *a'* - фронтальну і *a"* - профільні проекції точки *A*. Перпендикуляр *Aa* називається *горизонтально проеціювальним*, *Aa* - *фронтально проеціювальним* і *Aa"* - профільно-проеціювальними променями.

Від просторового зображення точки і її проекцій переходимо до плоского, або комплексного креслення, яке утворюється внаслідок обертання площин проекцій навколо осей. Слід площини проекцій *H* і *W* сумістити з площиною *V*. Ця площина вважається нерухомою, а площини H і W суміщають з нею обертанням навколо осей *Ox* і *Oz* в напрямі, зазначеному на рис. 98, *а* стрілками.Отримане таким чином зображення (проекції) точки розташовується у визначеній системі (рис. 98, *б*) і утворюється одне креслення - *креслення в системі прямокутних проекцій або комплексне креслення.*

Креслення, яке складається з двох або більше пов'язаних між собою прямокутних проекцій геометричної фігури, називають також *епюром.*

З креслення видно, що горизонтальна і фронтальна проекції точок лежать на одному перпендикулярі до осі *Ox*, а фронтальна і профільна проекції - на одному перпендикулярі до осі *Oz*, горизонтальна та профільна проекції точки лежать на лініях, що перетинаються по бісектрисі кута yOy_1.

Пряма, що сполучає дві проекції точки на комплексному кресленні, називається лінією зв'язку. На рис. 98 такими лініями є *aa'* (вертикальна лінія зв'язку) і *a'a"* (горизонтальна лінія зв'язку). Третя лінія *aa"* складається з двох частин, оскільки вісь при розгортці площин *H* і *W* на кресленні зображується двічі.

7.2. Виміри і координати точки

У просторі є безліч точок, що займають різне положення відносно площин проекцій *H, V, W*. Наприклад, піраміда і зрізаний

паралелепіпед (рис. 99) мають 4 і 9 вершин. Щоб визначити положення кожної точки окремо, треба знати три її виміри - висоту, глибину і широту.

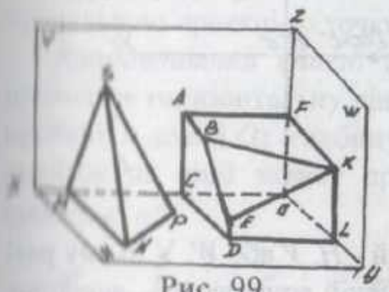


Рис. 99

Висоту точки (рис. 98, *а-в*) вимірюють віддаллю її самої від горизонтальної площини проекцій або її фронтальної проекції *a'* від осі $Ox(Aa = a'a_x)$.

Глибину точки вимірюють віддаллю її самої від фронтальної площини проекцій або її горизонтальної проекції *a* від осі $Ox(Aa' = aa_x)$.

Широту точки вимірюють віддаллю її самої від профільної площини проекцій або точки a_x від початку *O* осей проекцій $(Aa" = a_xO)$.

Дуже часто виявляється зручним задавати положення точки в просторі її прямокутними координатами. При цьому площини проекцій *H, V,* і *W* вважають за систему трьох взаємно перпендикулярних площин, а точку O - за початок відліку координат. Тоді відрізок $Aa" = a_xO$ буде координатою *x* цієї точки, тобто відстанню від точки до площини *W* (широтою); відрізок $Aa" = aa_x$ - координатою *y*, тобто відстанню від точки до площини *V* (глибиною); відрізок $Aa = a'a_x$ - координатою *z* точки *A*, тобто відстанню від точки до площини *H* (висотою).

7.3. Положення точок відносно площин проекцій

Як відомо, положення точки в просторі може бути задано за допомогою трьох її координат (абсциси *x*, ординати *y* і аплікати *z*), інакше кажучи, трьох її чисел. Запис координат точки здійснюється у такій формі: *A(x, y, z)*.

Відносно до площин проекцій точка може займати як загальне, так і окреме положення.

Якщо точка розташована в просторі, її задають трьома координатами (вимірами). Усі три проекції точки віддалені від осей проекцій (рис. 100, *а*).

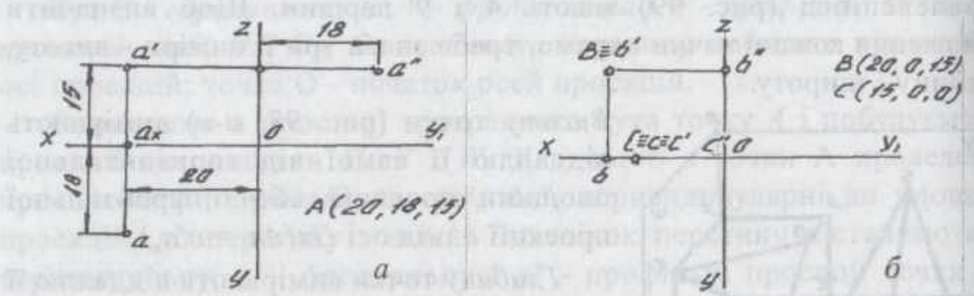


Рис. 100

Точка лежить на одній з площин проекцій - *H, V* або *W*. У цьому разі відстань від точки до площини проекцій, на якій вона лежить, дорівнює нулю, тобто точку задають лише двома координатами. Одна проекція збігається з самою точкою, а дві інші лежать на осях. На рис. 100, *б* побудовано точку *B(20, 0, 15)*, що лежить на площині *V*, бо її координата *y* (глибина) дорівнює нулю. Тут фронтальна проекція збігається з самою точкою В, горизонтальна проекція *b* лежить на осі *Ox*, а профільна *b"* - на осі *Oz*.

Точка лежить на одній з осей проекцій - *Ox, Oy* або *Oz*. У цьому разі відстані від точки до двох площин проекцій, яким вона належить, дорівнюють нулю, тобто точку задають лише однією координатою. Дві проекції такої точки збігаються з самою точкою, а третя лежить на початку осей - у точці *O*. На рис. 100, *б* побудовано точку *C(15, 0, 0)*, що лежить на осі *Ox*, бо її координати *y* і *z* дорівнюють нулю. У цьому випадку горизонтальна і фронтальна проекції збігаються з самою точкою *C*, а профільна проекція *c"* лежить у точці *O*.

7.4. Побудова третьої проекції точки за двома її проекціями

У кресленні часто доводиться будувати третю проекцію фігури за двома відомими. Щоб виконати це, треба навчитися будувати третю проекцію точки, коли відомі дві її проекції. Це можна зробити трьома способами:

Проеціювальний спосіб (рис. 101, *а*). З фронтальної проекції *a'* проводять горизонтальну лінію зв'язку, з горизонтальної проекції *a* опускають перпендикуляр на вісь *Oy*, дістають точку a_y і за допомогою

циркуля або рівнобедреного прямокутного трикутника знаходять на осі *Oy* положення точки a_{y1}. З цієї точки проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною лінією, проведеною з *a'*. Точка *a"* і буде профільною проекцією точки *A*.

Координатний спосіб (рис. 101, *б*). З фронтальної проекції *a'* проводять горизонтальну лінію зв'язку. Виміряють циркулем відстань від проекції *a* до осі *Ox* (глибину точки, або координату *y*) і відкладають цей відрізок на лінії зв'язку праворуч від точки a_z. Дістають профільну проекцію *a"*.

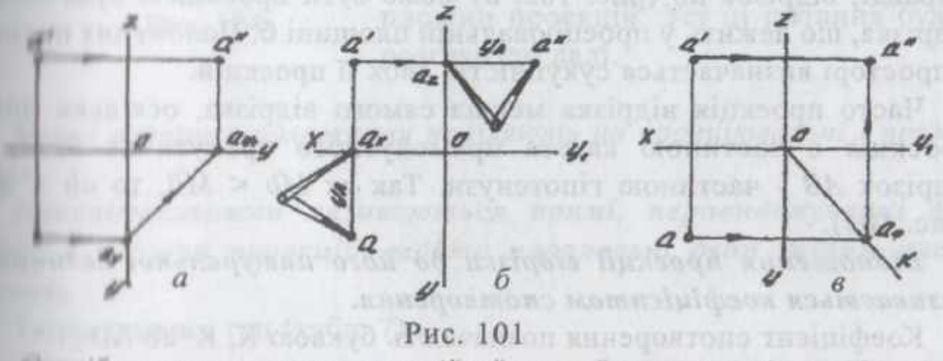


Рис. 101

Спосіб з використанням постійної прямої креслення (рис. 101, *в*). З фронтальної проекції *a'* проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проекції *a* проводять горизонтальну лінію зв'язку до перетину в точці a_0 з постійною прямою *к*, тобто з бісектрисою кута yOy_1. З точки a_0 проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з лінією, проведеною з фронтальної проекції *a'*.

Перевагу слід віддати другому і третьому способам, які потребують меншої кількості ліній побудови.

7.5. Проеціювання прямої на три площини проекцій

Пряму в геометрії розглядають як множину точок.

Пряма в просторі безмежна. Обмежена частина прямої називається відрізком.

Проеціювання прямої зводиться до побудови проекцій будь-яких двох її точок, бо дві точки повністю визначають положення прямої в просторі. Проекціями прямої є, як правило, також прямі. Провівши

через точки *A* і *B* (рис. 102, *а*) перпендикуляри до площини *H*, на перетині знайдемо їх горизонтальні проекції *a* і *b*. Відрізок *ab* - горизонтальна проекція прямої. Те саме матимемо й тоді, коли проведемо перпендикуляри до площини *V* з довільних точок прямої. Сукупність цих перпендикулярів (проеціювальних променів) утворює горизонтально-проеціювальну площину б, яка перетинається з площиною *H* по прямій *ab*, що є горизонтальною проекцією прямої *AB*. Аналогічно, знаходимо фронтальну проекцію *a'b'* прямої *AB* (рис. 102, *б*).

Одна проекція прямої не визначає положення прямої в просторі. Справді, відрізок *ab* (рис. 102, *а*) може бути проекцією будь-якого відрізка, що лежить у проеціювальній площині б. Положення прямої в просторі визначається сукупністю двох її проекцій.

Часто проекція відрізка менша самого відрізка, оскільки його проекція є частиною катета прямокутного трикутника *BbM*, а відрізок *AB* - частиною гіпотенузи. Так як *Mb* < *MB*, то *ab* < *AB* (рис. 103).

Відношення проекції відрізка до його натуральної величини називається коефіцієнтом спотворення.

Коефіцієнт спотворення позначають буквою К, К=ab/AB≤1

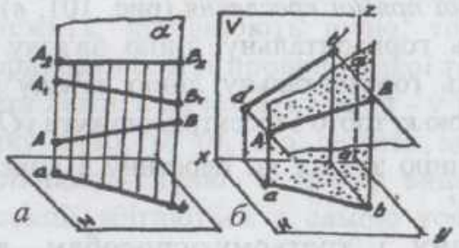


Рис. 102

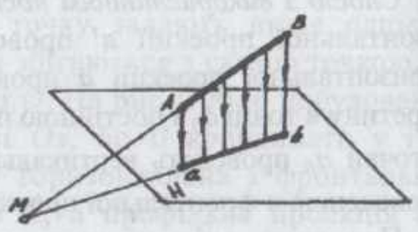


Рис. 103

Для побудови третьої проекції прямої за двома відомими використовують ті самі способи, що й для побудови третьої проекції точки: проеціювальний (рис. 101, *а*), координатний (рис. 101, *б*) і з використанням постійної прямої креслення (рис. 101, *в*).

7.6. Положення прямої відносно площин проекцій

За розташуванням у просторі розрізняють прямі загального і окремого положення.

Пряма загального положення - пряма не паралельна і не перпендикулярна жодній з площин проекцій (рис. 104).

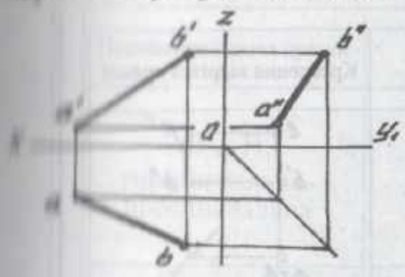


Рис. 104

Жодна з проекцій цієї прямої не може бути паралельною осям проекцій або перпендикулярною до них і не зображується на комплексному кресленні в натуральну величину. Без додаткової побудови з креслення не можна визначити кутів нахилу цієї прямої до площин проекцій. Усі ці питання буде розглянуто далі.

Прямі окремого положення поділяють на проеціювальні і прямі рівня.

Проеціювальними називаються прямі, перпендикулярні до однієї з площин проекцій, тобто паралельні двом іншим площинам.

Таких прямих три (табл. 7):

горизонтально-проеціювальна - перпендикулярна до горизонтальної площини проекцій;

фронтально-проеціювальна - перпендикулярна до фронтальної площини проекцій;

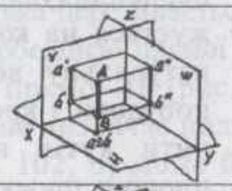
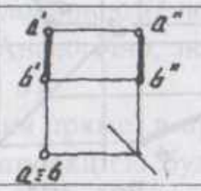
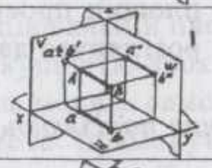
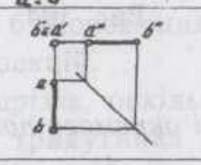
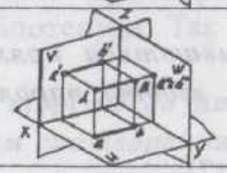
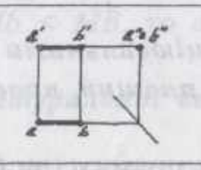
профільно-проеціювальна - перпендикулярна до профільної площини проекцій.

Проеціювальні прямі мають характерне зображення на кресленні. Так, у горизонтально-проеціювальної прямої фронтальна і профільна проекції паралельні осі *z*, у фронтально-проеціювальної прямої горизонтальна і профільна проекції паралельні осі *y*, у профільно-проеціювальної прямої горизонтальна і фронтальна проекції паралельні осі *x*.

На одній з площин проекцій проеціювальна пряма зображується у вигляді точки, а на двох інших - у вигляді відрізків, які займають горизонтальне або вертикальне положення і величина яких дорівнює справжній величині відрізка прямої.

Таблиця 7

Проеціювальні прямі

Положення і назва прямої	Наочне зображення відрізка прямої	Креслення відрізка прямої
AB ⊥ H, горизонтально-проеціювальна		
AB ⊥ V, фронтально-проеціювальна		
AB ⊥ H, профільно-проеціювальна		

Пряма, паралельна будь-якій одній з площин проекцій, називається прямою рівня.

У нарисній геометрії відрізняють три лінії рівня (табл. 8):

горизонтальна пряма - пряма, паралельна горизонтальній площині проекцій;

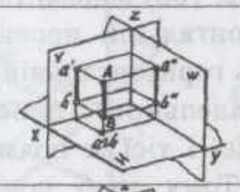
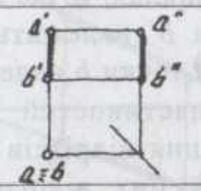
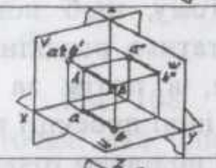
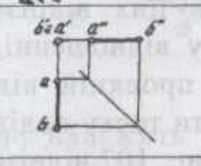
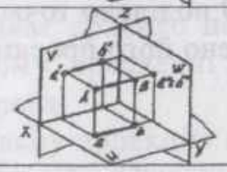
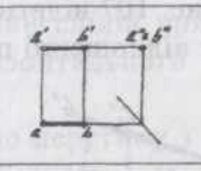
фронтальна пряма - пряма, паралельна фронтальній площині проекцій;

профільна пряма - пряма, паралельна профільній площині проекцій.

Кожна лінія рівня проеціюється в дійсну величину на ту площину проекцій, до якої вона паралельна. Так, горизонтальна пряма проеціюється в дійсну величину на горизонтальну площину проекцій, фронтальна - на фронтальну, профільна пряма - на профільну площину проекцій. На цю ж площину проекцій без спотворення проеціюються і кути, які ця пряма утворює з іншими двома площинами проекцій.

Таблиця 8

Прямі рівня

Положення і назва прямої	Наочне зображення відрізка прямої	Креслення відрізка прямої
AB ⊥ H, горизонтально-проеціювальна		
AB ⊥ V, фронтально-проеціювальна		
AB ⊥ H, профільно-проеціювальна		

З табл. 8 видно, що проекції кожної прямої рівня мають свої відмінні особливості в розташуванні на кресленні. Так, наприклад, фронтальна і профільна проекції горизонтальної прямої розташовуються горизонтально (паралельно осі x), оскільки всі точки такої прямої розташовуються на одній тій же самій відстані від площини H, оскільки мають однакові висоти. Горизонтальна проекція горизонтальної прямої може займати довільне, але не перпендикулярне до осі проекцій положення. Аналогічно можна проаналізувати на кресленні положення проекцій двох інших прямих рівня - фронтальної і профільної.

Пряма рівня може лежати в самій площині проекцій. Таку пряму називають *лінією нульового рівня*. На основному кресленні у прямої нульового рівня дві проекції співпадають з осями проекцій.

7.7. Пряма і точка

Точка і пряма в просторі можуть бути розташовані по різному відносно один одного і площин проекцій. На рис. 105 наведено

приклади, коли точка лежить над прямою (точка C), під прямою (точка C_1), за прямою (точка C_2).

Якщо точка лежить на прямій, то її проекції лежать на однойменних проекціях цієї прямої і на спільній лінії зв'язку.

Наприклад, точка *B* (рис. 106) належить прямій *AC*, її фронтальна проекція *b'* належить фронтальній проекції *a'c'*, а горизонтальна проекція точки *b* належить горизонтальній проекції *ac*.

З властивостей паралельного проекціювання відомо, що відношення відрізків однієї і тієї ж прямої дорівнює відношенню проекцій цих відрізків. Тому, щоб поділити відрізок прямої в заданому відношенні, достатньо розділити в цьому ж відношенні одну з проекцій відрізка, а потім за допомогою лінії зв'язку перенести точку поділу на інші проекції відрізка.

На рис. 107 відрізок *AB* поділено точкою *C* у відношенні 2 : 2. У цьому ж відношенні поділено його проекції *ab* і *a'b'*.

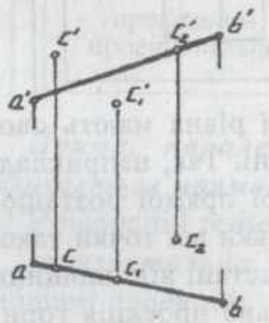


Рис. 105

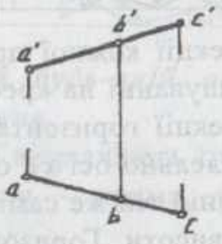


Рис. 106

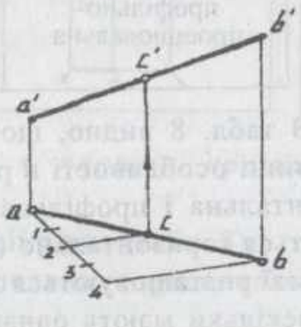


Рис. 107

7.8. Сліди прямої

Якщо відрізок *AB* загального положення (рис. 108, *а*) продовжити в обидва боки від точок *A* і *B*, то в точках *M* і *N* він перетне площини проекцій *H* і *V*.

Точки перетину прямої з площинами проекцій називаються слідами прямої.

Точка *M* - *горизонтальний слід прямої*, а точка *N* - *фронтальний*. Проекції слідів на рисунку відповідно позначені *m* і *m' n* і *n'*.

Пряма *AB* і її сліди зображено на комплексному кресленні (рис. 108, *б*).

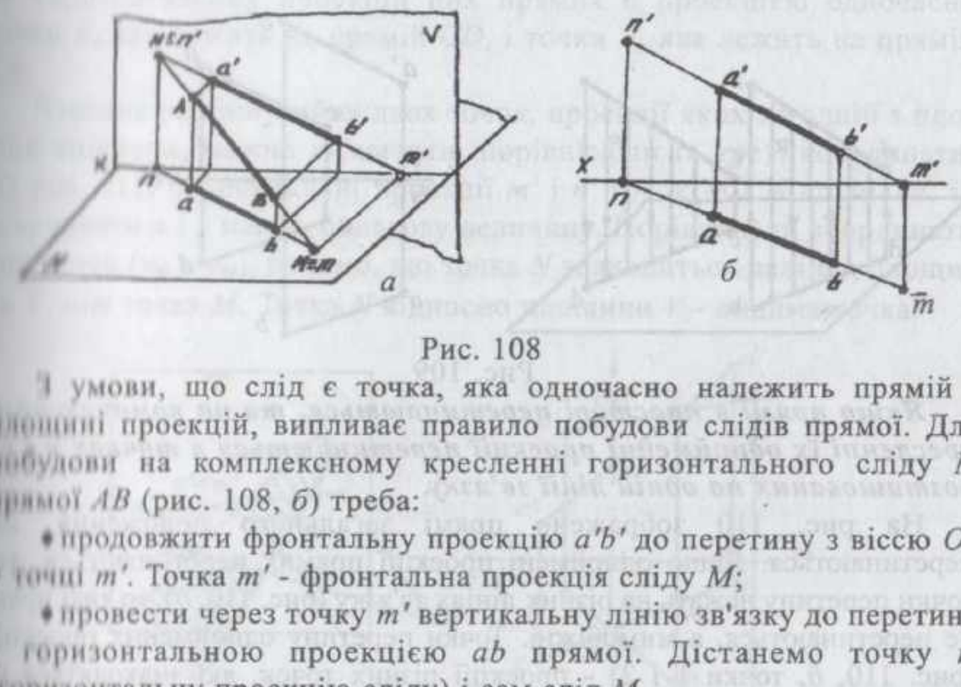


Рис. 108

З умови, що слід є точка, яка одночасно належить прямій і площині проекцій, випливає правило побудови слідів прямої. Для побудови на комплексному кресленні горизонтального сліду *M* прямої *AB* (рис. 108, *б*) треба:

- продовжити фронтальну проекцію *a'b'* до перетину з віссю *Ox* у точці *m'*. Точка *m'* - фронтальна проекція сліду *M*;
- провести через точку *m'* вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною проекцією *ab* прямої. Дістанемо точку *m* (горизонтальну проекцію сліду) і сам слід *M*.

Для побудови фронтального сліду треба продовжити горизонтальну проекцію ab прямої до перетину з віссю *Ox*, через точку *n* провести перпендикуляр до осі *Ox*, до перетину з продовженням фронтальної проекції *a'b'*. Точка *n* - фронтальна проекція фронтального сліду.

З положення слідів можна визначити через які чверті простору проходить пряма. На рис. 108 зображена пряма, яка проходить через *IV*, *I* і *II* чверті.

7.9. Взаємне розташування прямих у просторі

Прямі в просторі можуть займати різноманітне взаємне положення: бути паралельними, перетинатися і бути мимобіжними.

Якщо прямі в просторі паралельні, то їх однойменні проекції на будь-яку площину також взаємно паралельні (рис. 109, *а*).

Так, однойменні проекції паралельних прямих загального положення (рис. 109, *б*) паралельні між собою, тобто $ab \parallel cd$, $a'b' \parallel c'd'$.

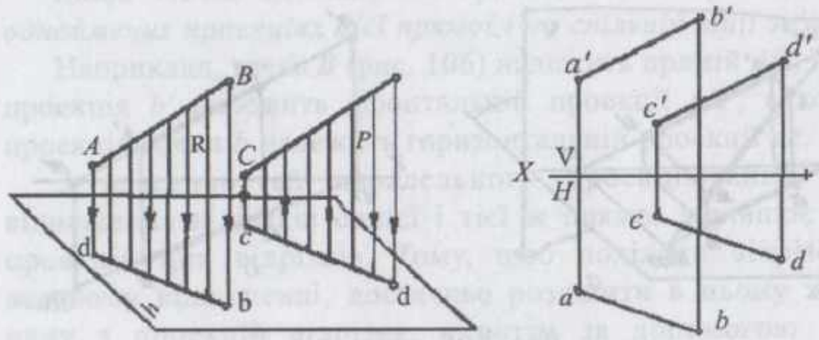


Рис. 109

Якщо прямі в просторі перетинаються, то на комплексному кресленні їх однойменні проекції перетинаються в точках к і к', розташованих на одній лінії зв'язку.

На рис. 110 зображено прямі загального положення, що перетинаються. Якщо одноймені проекції прямих перетинаються, але точки перетину лежать на різних лініях зв'язку (рис. 110, *б*), то такі прямі не перетинаються, а мимобіжні. Точки перетину одноймених проекцій (рис. 110, *б*, точки 1 і 2) - проекції різних точок, які знаходяться на одному проеціювальному промені і належать різним прямим.

Якщо дві прямі в просторі не паралельні між собою і не перетинаються, то вони перехрещуються в просторі. Такі прямі називаються мимобіжні.

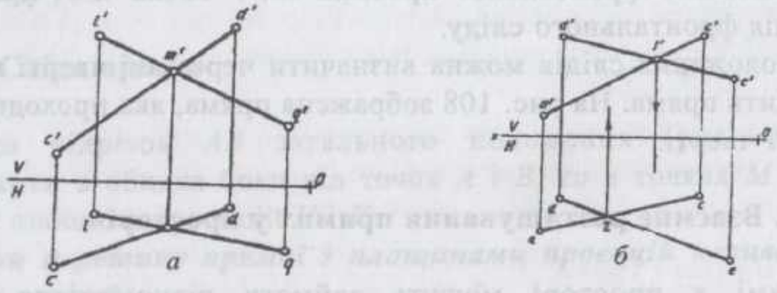


Рис. 110

Точки перетину однойменних проекцій не лежать на одній лінії проекційного зв'язку. На рис. 111 показано як можуть розташовуватися дві мимобіжні прямі *АВ* і *СД* відносно площини *V*, щоб їх

фронтальні проекції $a'b'$ і $c'd'$ перетинались і точка перетину була б фронтальною проекцією одночасно двох точок *M* і *N*. Точка перетину горизонтальних проекцій цих прямих є проекцією одночасно точки *F*, яка лежить на прямій *CD*, і точки *F*, яка лежить на прямій *AB*.

Взаємне розташування двох точок, проекції яких на одній з площин співпали, можна визначити, порівнюючи їх треті координати. На рис. 111, б фронтальні проекції m' і n' точок M і N співпали, їх горизонтальні x і z мають однакову величину. Порівнюючи координати цих точок ($y_N > y_M$), бачимо, що точка *N* знаходиться далі від площини *V*, ніж точка *M*. Точка *N* відносно площини *V* - видима точка.

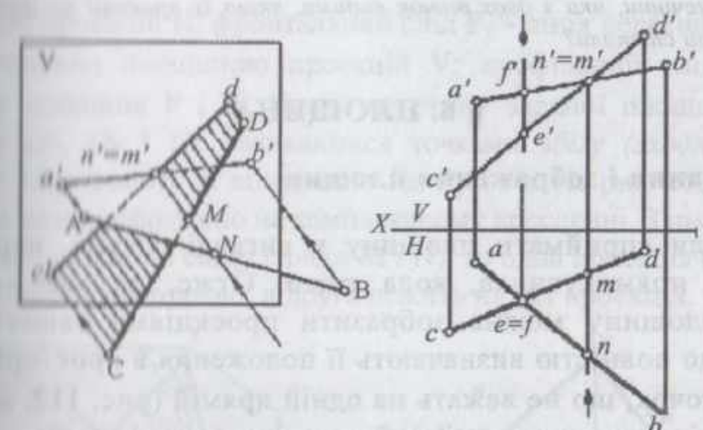


Рис. 111

Видимість точок *E* і *F* відносно горизонтальної площини проекцій визначають порівнюючи їх координату *z*.

Точки, проекції яких співпадають, інакше кажучи, точки знаходяться на одному проеціювальному промені, називаються *конкуруючими точками*, а спосіб визначення видимості геометричних елементів на епюрі за допомогою цих точок - *способом конкуруючих точок*.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як називають і як позначають три основні площини проекцій?
2. Як позначають осі проекцій?
3. Що таке комплексне креслення точки і як його дістають?
4. Основне положення проеціювання точки.

5. Які виміри, або координати належать точці, що лежить у просторі, на площині проекцій W, на осі проекцій Oy?

6. У якій послідовності будують проекції точки за її координатами?

7. Якими способами можна побудувати третю проекцію точки за двома її відомими?

8. Яке положення займають прямі в просторі відносно площин проекцій?

9. Як розташовуються на епюрі проекції відрізка, перпендикулярного площині проекцій H, площині проекцій V?

10. Як розташовуються на епюрі проекції горизонталі, фронталі?

11. Основне положення про належність точки прямій.

12. Як відрізнити на епюрі прямі, що перетинаються з мимобіжними прямими?

13. Які точки називаються конкуруючими?

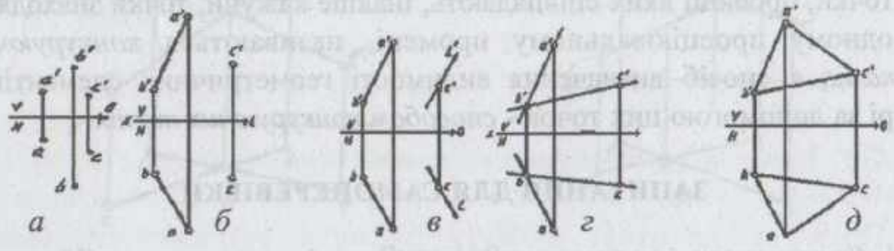
14. Як визначити, яка з двох точок видима, якщо їх проекції на фронтальній площині проекцій співпали?

§ 8. ПЛОЩИНА

8.1. Завдання і зображення площин

Ми звикли сприймати площину у вигляді фігури, наприклад, трикутника, прямокутника, кола тощо. Отже, на комплексному кресленні площину можна зобразити проекціями геометричних елементів, що повністю визначають її положення в просторі:

- ✓ трьох точок, що не лежать на одній прямій (рис. 112, *а*);
- ✓ прямої і точки, розташованої поза нею (рис. 112, *б*);
- ✓ двох прямих, що перетинаються (рис. 112, *г*);
- ✓ двох паралельних прямих (рис. 112, *в*);
- ✓ трикутника або іншої плоскої фігури (рис. 112, *д*).



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 112

З рисунків бачимо, що від одного зображення площини легко перейти до іншого. Так, щоб перейти від зображення площини прямою і точкою

зображення її трикутником, треба тільки сполучити точку з кінцями відрізка прямої.

З цих всіх способів зображення площини на кресленні найбільш наочне - це зображення площини за допомогою плоскої фігури (рис. 112, *д*). Трикутник ABC дозволяє уявити положення площини в просторі.

Розглянемо ще один спосіб зображення площин - *спосіб слідів*. На рис. 113, *а* зображено площину P, довільно розташовану в просторі. Прямі, по яких ця площина перетинається з площинами проекцій, називаються *слідами площини*.

Горизонтальний слід P_H - це лінія перетину заданої площини P з площиною проекцій H; фронтальний слід P_V - лінія перетину площини P з фронтальною площиною проекцій V; профільний слід P_W - лінія перетину площини P і W. Точки перетину заданої площини з осями проекцій *Ox*, *Oy* і *Oz* називаються точками *збігу (сходження) слідів площини*. Позначають їх відповідно *Px*, *Py* і *Pz*. На рис. 113, б площину, задану слідами, зображено на комплексному кресленні. З нього видно, що коли точка лежить на сліду (точки M і N), то одна проекція (однойменна) збігається з самою точкою, а друга лежить на осі проекцій.

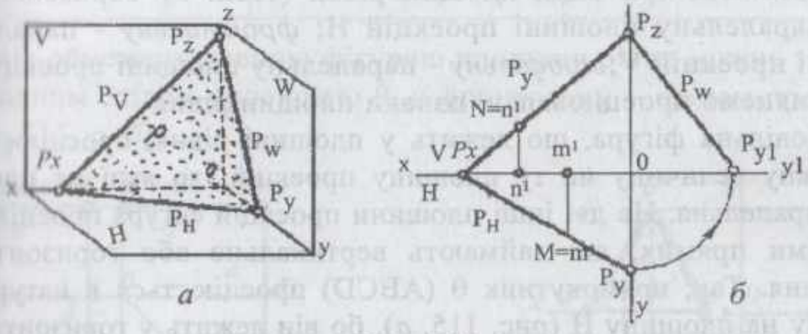


Рис. 113

8.2. Положення площини в просторі відносно площин проекцій

Щоб навчитися читати креслення і будувати зображення складних технічних деталей (рис. 114), треба вміти аналізувати різні положення площин у просторі.

За розташуванням у просторі розрізняють площини загального і окремого положення.

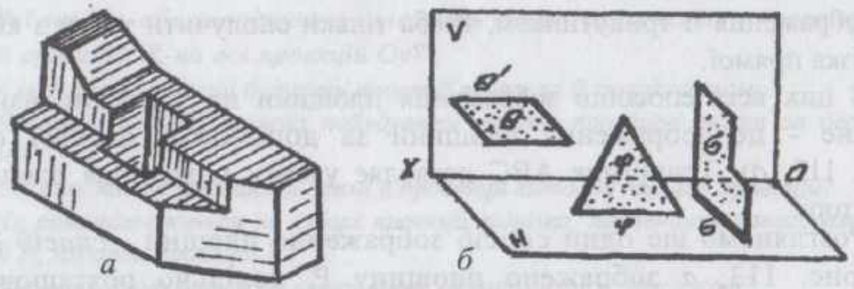


Рис. 114

Площина загального положення може займати довільне положення в просторі.

Площина, не паралельна і не перпендикулярна до жодної з площин проекцій, називається площиною загального положення.

Такими є площини, зображені на рис. 112 і 113. Площина загального положення на всі площини проекцій проеціюється спотворено.

До площин окремого положення належать площини, перпендикулярні і паралельні площині проекцій.

Площина, паралельна одній або перпендикулярна до двох інших площин проекцій, називається площиною рівня.

Розрізняють три види площин рівня (табл. 9): *горизонтальну*, тобто паралельну площині проекцій H; *фронтальну* - паралельну площині проекцій V; *профільну* - паралельну площині проекцій W.

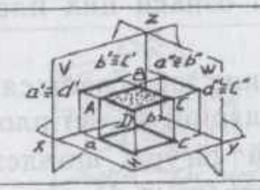
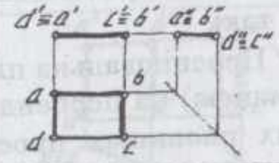
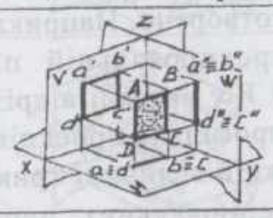
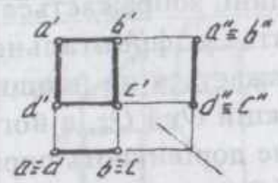
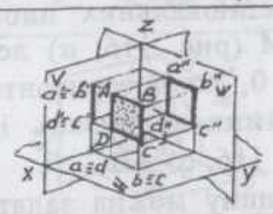
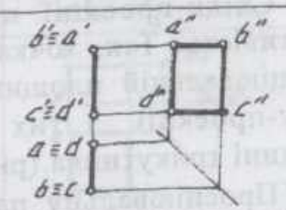
Розглянемо проеціювальні ознаки площин рівня

1. Довільна фігура, що лежить у площині рівня, проеціюється в натуральну величину на ту площину проекцій, до якої ця площина рівня паралельна. На дві інші площини проекцій фігура проеціюється відрізками прямих, які займають вертикальне або горизонтальне положення. Так, прямокутник θ (ABCD) проеціюється в натуральну величину на площину H (рис. 115, *а*), бо він лежить у горизонтальній площині рівня, а на площині проекцій V і W він проеціюється у вигляді горизонтальних відрізків θ' і θ". Проекцію площини рівня у вигляді прямої називають *слідом-проекцією*.

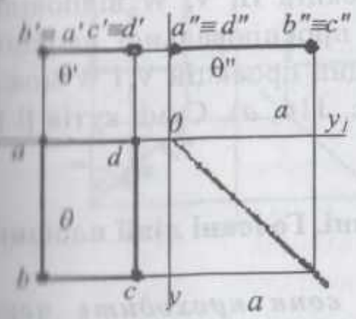
2. Сліди-проекції площин рівня мають збиральну властивість, яка полягає в тому, що проекції точок, ліній, фігур, що лежать у цих площинах, розташовуються на слідах-проекціях. Так, точка M (рис. 115, *б*) не належить площині трикутника ABC, бо її горизонтальна проекція *m* не лежить на сліду-проекції φ площини трикутника.

Таблиця 9

Площини рівня

Положення і назва площини	Наочне зображення	Креслення
ABCD ‖ H, горизонтальна		
ABCD ‖ V, фронтальна		
ABCB ‖ W, профільна		

3. Не обмежену певною фігурою площину рівня можна задавати лише одним слідом-проекцією θ, а фронтальну – слідом-проекцією φ (рис. 115, *а, б*).



а б

Рис. 115

Проеціювальною називається площина, перпендикулярна до однієї з площин проекцій.

Розрізняють три види проеціювальних площин (табл. 10):

горизонтально-проеціювальну, перпендикулярну до площини проекцій H; фронтально-проеціювальну, перпендикулярну до площини проекцій V і профільно-проеціювальну, перпендикулярну до площини проекцій W.

Основні проеціювальні ознаки цих площин можна сформулювати так:

✓Проеціювальна площина зображається прямою лінією (слідом-проекцією) на перпендикулярній до неї площині проекцій. На двох інших площинах проекцій фігура, що лежить у проеціювальній площині, зображається спотворено. Наприклад, трикутник ABC, що лежить у фронтально-проеціювальній площині (рис. 116, *б*), зображається на площину *V* у вигляді відрізка, нахиленого до осей проекцій *Ox* і *Oz*, а його профільна проекція *a"b"c"* і горизонтальна *abc* не дорівнюють справжній величині трикутника ABC.

✓Сліди-проекції проеціювальних площин мають збиральну властивість. Так, точка M (рис. 116, *а*) лежить у горизонтально-проеціювальній площині θ, бо її горизонтальна проекція m є на сліду-проекції. З тих самих міркувань і пряма MN належить площині трикутника (рис. 116, *б*) ABC.

✓Проеціювальну площину можна задати лише одним слідом-проекцією.

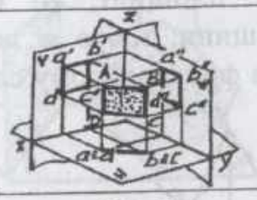
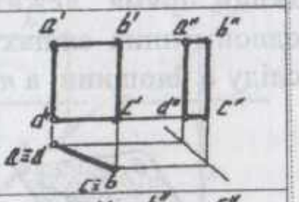
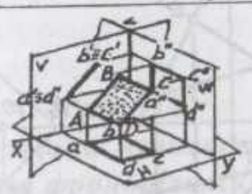
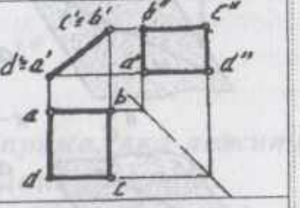
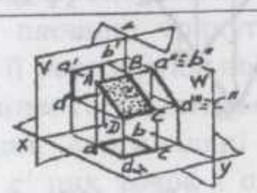
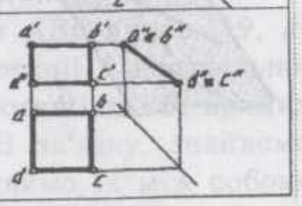
✓За комплексним кресленням можна визначити кути нахилу проеціювальної площини до площин проекцій. Позначимо кути нахилу заданої площини до площин проекцій H, V, W відповідно через α, β, γ. Кут α для горизонтально проеціювальної площини дорівнює 90°, а кути α і γ нахилу до площин проекцій V і W можна виміряти на комплексному кресленні (рис. 116, *а*). Сума кутів β і γ дорівнює 90°.

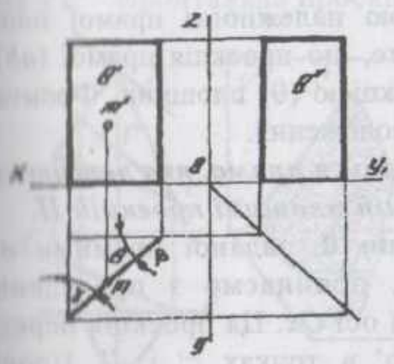
8.3. Прямі і точки, що лежать у площині. Головні лінії площини

Пряма лежить у площині, якщо вона проходить через дві точки, що належать цій площині (рис. 117, *а*), ***або через одну її точку паралельно іншій прямій, проведеній на площині*** (рис. 117, *б*).

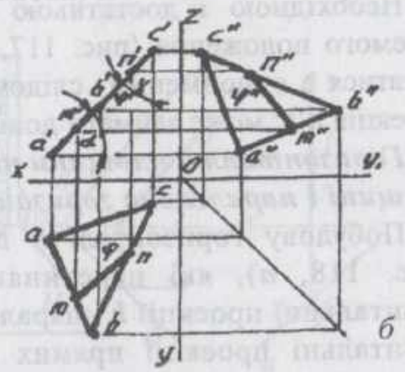
Таблиця 10

Проеціювальні площини

Положення і назва площини	Наочне зображення	Креслення
ABCD ⊥ H, горизонтально-проеціювальна		
ABCD ⊥ V, фронтально-проеціювальна		
ABCB ⊥ W, профільно-проеціювальна		



а



б

Рис. 116

Пряма загального положення

Припустимо, що в площині трикутника ABC треба провести довільну пряму DE (рис. 117, *в*). Побудову можна почати з будь-якої проекції, наприклад, з фронтальної *d'e'*. Ця проекція перетне трикутник в точках *d'* і *e'*. Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо

горизонтальні проекції d і e. Пряма de і є горизонтальною проекцією шуканої прямої.

На рис. 117, *г* пряму загального положення побудовано в площині, заданій слідами. У цьому випадку користуються такою властивістю: якщо пряма лежить у площині, то сліди прямої лежать на однойменних слідах площини, тобто m лежить на горизонтальному сліду δ площини, а n' - на фронтальному сліду δ'.

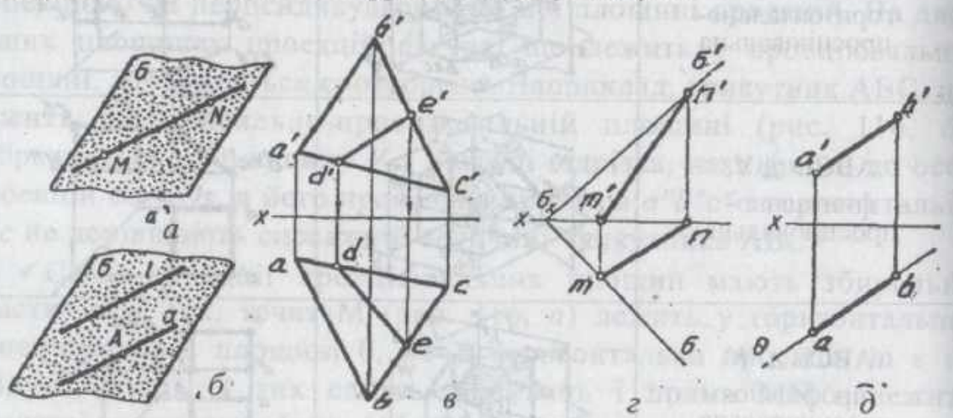


Рис. 117

Необхідною і достатньою умовою належності прямої площині окремого положення (рис. 117, *д*) є те, що проекція прямої (ab) має збігатися з однойменим слідом-проекцією (θ) площини. Фронтальна проекція $a'b'$ може займати довільне положення.

Горизонталлю площини називається пряма, яка лежить в цій площині і паралельна горизонтальній площині проекцій H.

Побудову горизонталі h площини θ, заданої прямими a і b (рис. 118, *а*), які перетинаються, починаємо з проведення її фронтальної проекції h', паралельної осі Ox. Ця проекція перетинає фронтальні проекції прямих a' і b' в точках c' і d'. Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо горизонтальні проекції c та d і сполучимо їх між собою. Пряма $h'(c'd')$ і є горизонтальною проекцією горизонталі h.

У площині можна провести безліч горизонталей, і всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 118, *а* через точку A_1 проведена ще одна горизонталь h_1, причому $h_1 \| h$, а $h_1' \| h$.

горизонталь, що належить горизонтально-проеціювальній площині ν, зображена на рис. 118, *б, в,* а горизонталь, що лежить у фронтально проеціювальній площині δ, на рис. 118, *б, г.*

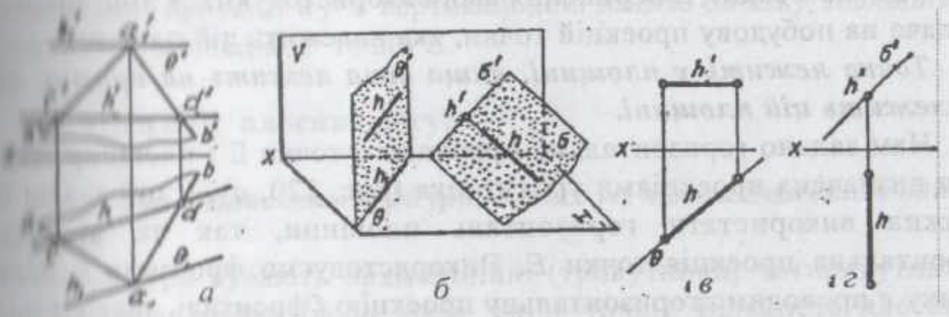


Рис. 118

Фронталлю даної площини називається пряма, яка лежить в цій площині і паралельна фронтальній площині проекцій.

Побудову фронталі у площині трикутника ABC (рис. 119, *а*) починаємо з проведення її горизонтальної проекції f, паралельної осі Ox. Ця проекція перетинає горизонтальні проекції ab і bc прямих у точках $к$ і c. Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо фронтальні проекції $к'$ і c' цих точок і сполучимо їх між собою. Пряма $к'c'$ - фронтальна проекція фронталі f.

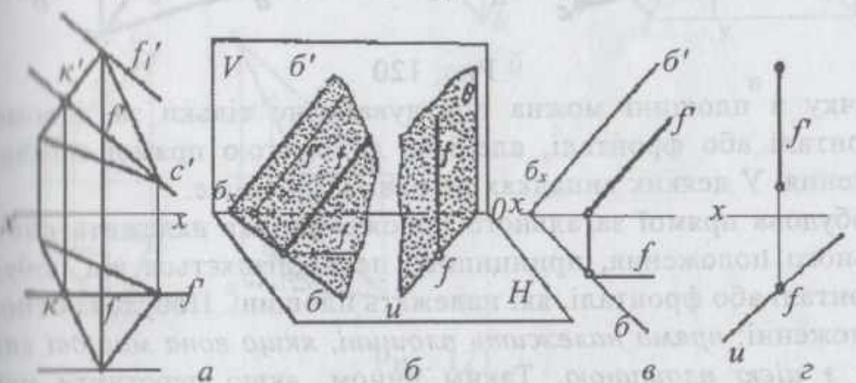


Рис. 119

У площині можна провести безліч фронталей, і всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 119, *а* через точку B проведено ще одну фронталь f_1. Фронталь, яка лежить у площині загального положення,

заданій слідами, зображено на рис. 119, *б*, *в*, фронталь, розміщену в горизонтально-проеціювальній площині δ - на рис. 119, *б*, *г*.

Точка в площині

Однією з задач, для рішення якої використовуються лінії рівня, є задача на побудову проекцій точки, яка належить цій площині.

Точка лежить у площині, якщо вона лежить на прямій, що належить цій площині.

Нам задано горизонтальну проекцію *e* точки E і площину ABC, яка визначена проекціями трикутника (рис. 120, *а*). У цій задачі не можна використати горизонталь площини, так як відсутня фронтальна проекція точки *E*. Використовуємо фронталь *f*; через точку *e* проводимо горизонтальну проекцію *f* фронталі, знаходимо її фронтальну проекцію *f'* і на ній точку *e'*.

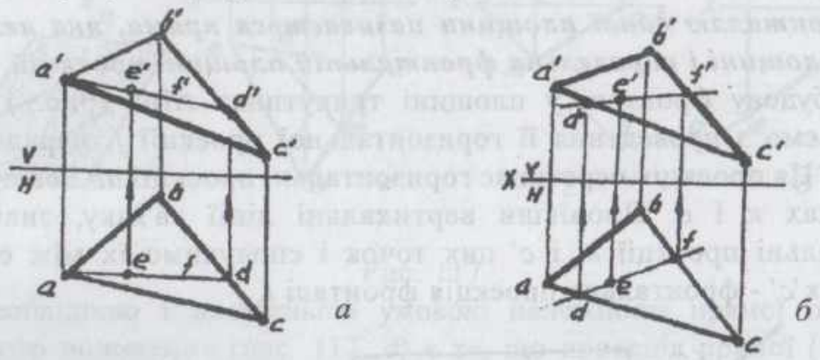


Рис. 120

Точку в площині можна побудувати не тільки за допомогою горизонталі або фронталі, але і за допомогою прямої загального положення. У деяких випадках це навіть зручніше.

Побудова прямої загального положення, яка належить площині загального положення, принципово не відрізняється від побудови горизонталі або фронталі, які належать площині. Побудова основана на положенні: *пряма належить площині, якщо вона має дві спільні точки з цією площиною*. Таким чином, якщо перетнути одну з проекцій площини довільною прямою і для побудови другої проекції лінії використати дві точки перетину цієї прямої з лініями, які належать площині, то ми зможемо розв'язати задачу.

Для прикладу розв'яжемо попередню задачу за допомогою

прямої загального положення (рис. 120, *б*). Через точку *e* проводимо пряму *df* будь-якого нахилу; знаходимо фронтальну проекцію *d'f'* цієї *DF*, використовуючи точки перетину *d'* і *f'*. На перетині фронтальної проекції *d'f'* з вертикальною лінією зв'язку знаходимо фронтальну проекцію *e'* точки *E*.

8.4. Проекції плоских фігур

Плоскими називаються фігури, в яких усі точки лежать в одній площині.

Такі фігури бувають прямолінійні (трикутники, чотирикутники тощо) і криволінійні (коло, овал, еліпс тощо). Більшість плоских технічних деталей має саме такі контури.

Розглянемо проеціювання деяких плоских фігур.

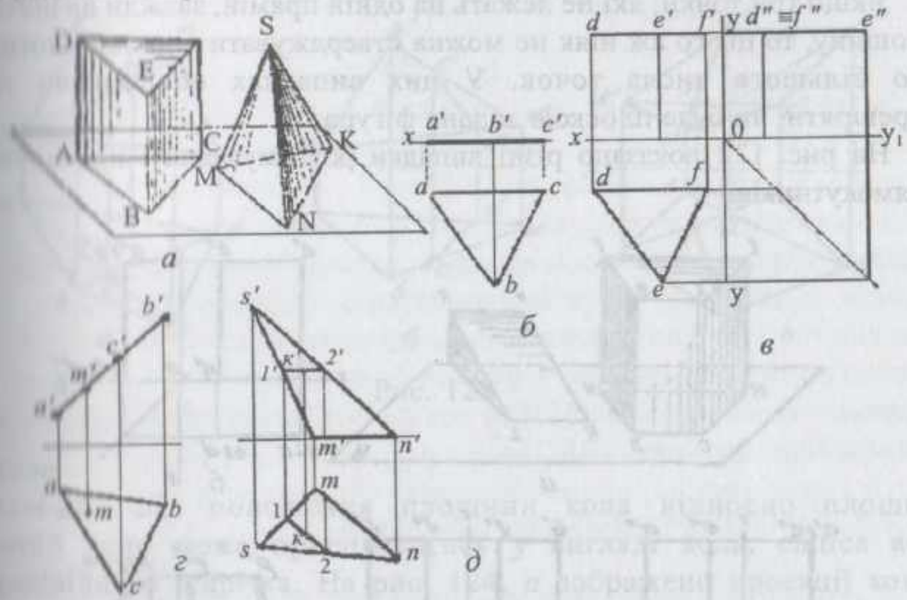


Рис. 121

Трикутник

На рис.121, *б* зображено трикутник, що лежить у горизонтальній площині проекцій H, а на рис. 121, *в* - трикутник, площина якого паралельна H. В обох випадках горизонтальна проекція дорівнює справжній величині трикутника, а фронтальна і профільна проекції

зображуються відрізками, які паралельні або зливаються з осями проекцій. Таке розташування трикутників спостерігаємо в призмах, пірамідах (рис. 121, *а*) і деяких інших фігурах. Трикутник на рис. 121, *г* розміщений у фронтально-проеціювальній площині. Його горизонтальна проекція не дорівнює справжній величині трикутника. Точка М належить площині трикутника АВС, бо її фронтальна проекція m' збігається із слідом-проекцією δ' цієї площини. На рис. 121, *д* зображено дві проекції трикутника загального положення - бічні грані піраміди (рис. 121, *а*). Фронтальну проекцію k' точки К, що належить трикутнику, знайдено за відомою горизонтальною проекцією *k* проведенням допоміжної горизонталі 1-2.

Чотирикутник

Якщо три точки, які не лежать на одній прямій, завжди визначають площину, то цього аж ніяк не можна стверджувати відносно чотирьох або більшого числа точок. У цих випадках обов'язково треба перевіряти, чи буде плоскою задана фігура.

На рис. 122 показано різні випадки розташування і проеціювання прямокутників.

Рис. 122

Якщо горизонтальна і фронтальна проекції точок перетину діагоналей чотирикутника (рис. 123, *а*) розташовані на одному перпендикулярі до осі *Ox*, то чотирикутник є плоским. У нашому випадку ця умова не задовольняється, бо точки m' і k не лежать на одній лінії зв'язку. Отже, точки A, B, C, D розташовані не в одній площині.

Інший спосіб перевірки такий (рис. 123, *б*): протилежні сторони чотирикутника AD і BC продовжено до взаємного перетину в точках к' і к. Оскільки точки к' і к лежать на одній вертикальній лінії зв'язку, то чотирикутник ABCD є плоским.

На рис. 123, *в* повністю задано горизонтальну проекцію *abcde* п'ятикутника і три точки a', b', c' його фронтальної проекції. Користуючись рисунком, слід пояснити, як за допомогою діагоналей знайдено проекції e' і d'.

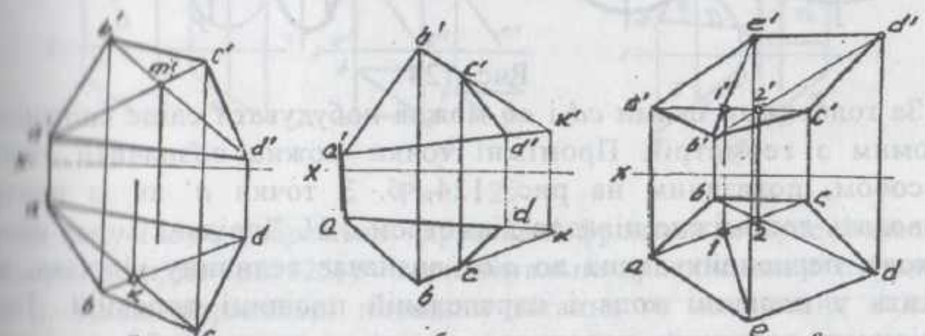


Рис. 123

Коло

Залежно від положення площини кола відносно площин проекцій воно може проеціюватись у вигляді кола, еліпса або прямолінійного відрізка. На рис. 124, *а* зображено проекції кола, площина якого паралельна площині проекцій Н. На рис. 124, *б* площина кола займає фронтально-проеціювальне положення. Тут на площині проекцій V коло зобразиться відрізком $a'b'$, нахиленим до осі *Ox*; величина $a'b'$ дорівнює діаметру кола. На горизонтальну і профільну площини проекцій коло проеціюється у вигляді еліпсів. Велика вісь еліпса на площині Н розташована паралельно осі *Oy* і

дорівнює діаметру кола, тобто $cd = a'b'$. Малу вісь ab креслять, проводячи лінії зв'язку з точок a' і b'. Напрям ab паралельний осі проекцій Ox, а величина її залежить від кута б нахилу площини кола.

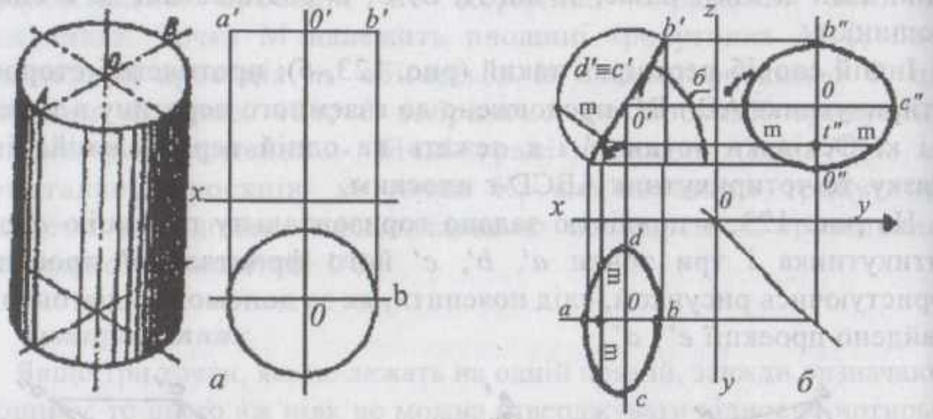


Рис. 124

За головними осями cd і ab можна побудувати еліпс способом, відомим з геометрії. Проміжні точки можна визначити також способом, показаним на рис. 124, *б*. З точки a' як із центра проводять допоміжне півколо діаметром $a'b'$. Довільна хорда цього півкола, перпендикулярна до $a'b'$, визначає величину відрізка, що лежить у площині кола і паралельній площині проекцій. Тому вимірюють величину, наприклад, хорди m, проведеної з довільної точки t', і відкладають її в обидва боки від проекції t паралельно великій осі еліпса cd. Побудову еліпса на профільній площині проекцій видно з рис. 124, *б*.

8.5. Взаємне розташування площин

З геометрії відомо, що дві площини можуть бути паралельні одна одній або перетинатись між собою.

Площини паралельні, якщо дві прямі, що перетинаються, однієї з цих площин, паралельні двом прямим, що перетинаються, другої площини (рис. 125, *а*).

Трикутники ABC і DEK (рис. 125, *б*) паралельні між собою, оскільки сторони AB і AC одного трикутника відповідно паралельні

сторонам DE і DK другого. Треті сторони BC і EK цих трикутників можуть бути і непаралельними.

Площини окремого положення паралельні тоді, коли паралельні їх однойменні сліди-проекції.

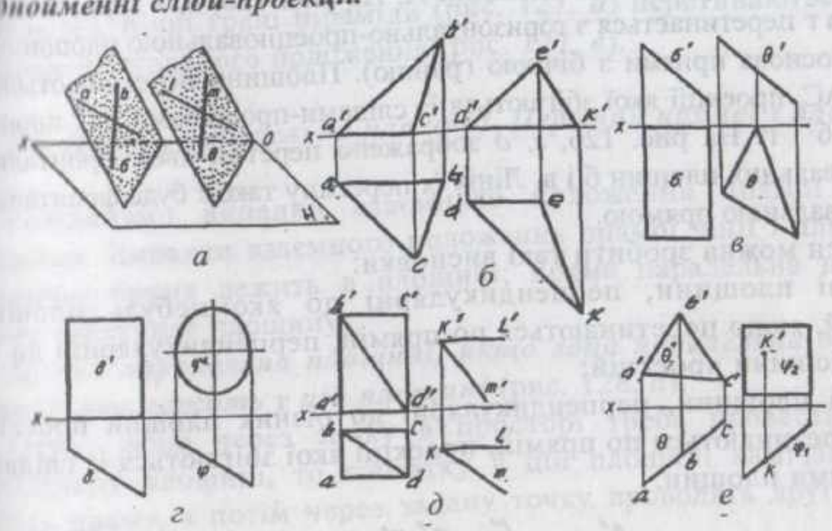


Рис. 125

На рис. 125, *в* зображено паралельні фронтально-проеціювальні площини δ і и, на рис. 125, *г* - горизонтально-проеціювальні площини δ і ц. Якщо паралельні площини загального положення задано слідами, то їх однойменні сліди також паралельні.

Щоб побудувати через задану точку K площину, паралельну площині прямокутника ABCD (рис. 125, *д*), досить через точку $к$ провести дві прямі, нарізно паралельні двом прямим, що перетинаються, і належать площині прямокутника. На рисунку через точку проведено прямі l і m відповідно паралельні стороні BC та діагоналі BD прямокутника.

Площини, що перетинаються

Площини перетинаються по прямій, а положення прямої визначається двома її точками або однією точкою, якщо відомий напрям цієї прямої.

Розглянемо випадки перетину площин, що спостерігаються в практиці креслення.

На рис. 126, *а, б* зображено два прямокутники б і в, що перетинаються. Ці прямокутники (бічні, грані призми) займають горизонтально проеціювальне положення, тобто перпендикулярні до площини проекцій Н. Лінією їх перетину буде пряма АВ, яка також перпендикулярна до площини Н. На рис. 126, *а, в* горизонтальна площина г перетинається з горизонтально-проеціювальною площиною б (верхня основа призми з бічною гранню). Площини перетинаються по прямій АС, проекції якої збігаються із слідами-проекціями цих площин, тобто з б і г. На рис. 126, *г, д* зображено перетин двох фронтально-проеціювальних площин б і в. Лінія їх перетину також буде фронтально-проеціювальною прямою.

Звідси можна зробити такі висновки:

* дві площини, перпендикулярні до якої-небудь площини проекцій, якщо перетинаються по прямій, перпендикулярній до тієї самої площини проекцій;

* дві площини, перпендикулярні до різних площин проекцій, якщо перетинаються по прямій, проекції якої збігаються із слідами-проекціями площин.

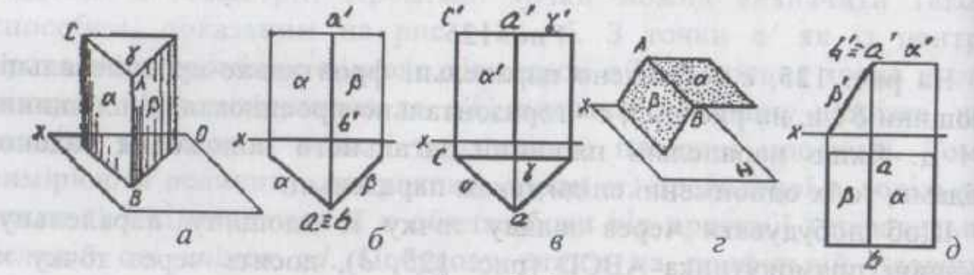


Рис. 126

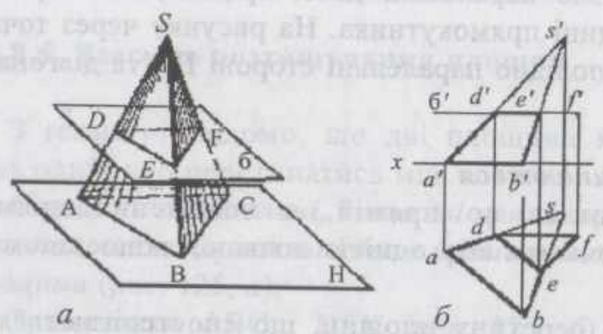


Рис. 127

На рис. 127, *а, б* зображено перетин горизонтальної площини рівня б з площиною загального положення - трикутником ABS. Фронтальна проекція *e'd'* лінії перетину збігається із слідом б'. Провівши з точок *e'* і *d'* лінії зв'язку, знайдемо горизонтальну проекцію *ed* лінії перетину. Дві площини загального положення, наприклад, бічні грані піраміди (рис. 127, *а*) перетинаються також по прямій загального положення (рис. 127, *в*).

8.6. Пряма, паралельна площині. Перетин прямої з площиною

Розглянемо випадки взаємного положення прямої лінії і площини. Випадки взаємного положення прямої лінії і площини в просторі: пряма лежить в площині; пряма паралельна площині; пряма перетинає площину.

Пряма паралельна площині, якщо вона паралельна будь-якій прямій, яка лежить у цій площині (рис. 128, *а*).

Отже, якщо через точку в просторі треба провести пряму, паралельну площині, то спочатку в цій площині намічають яку-небудь пряму, а потім через задану точку проводять другу пряму, паралельну першій.

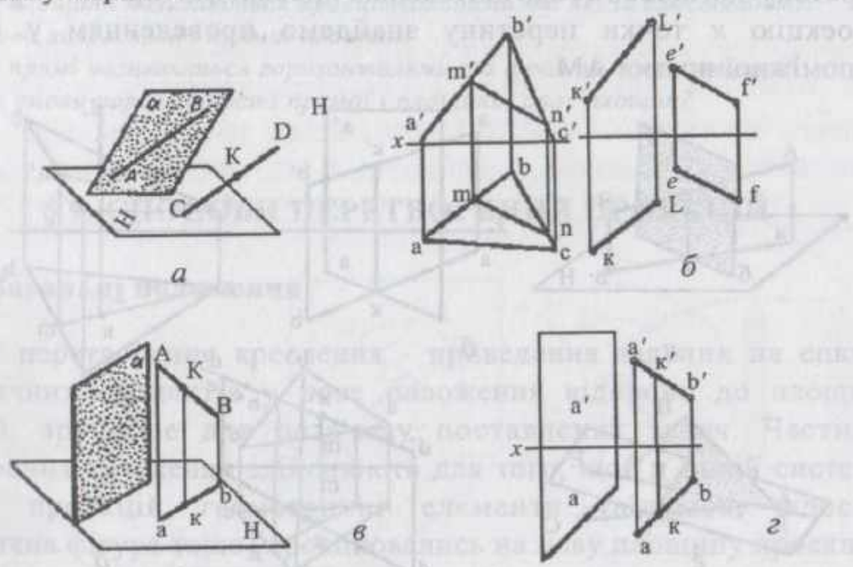


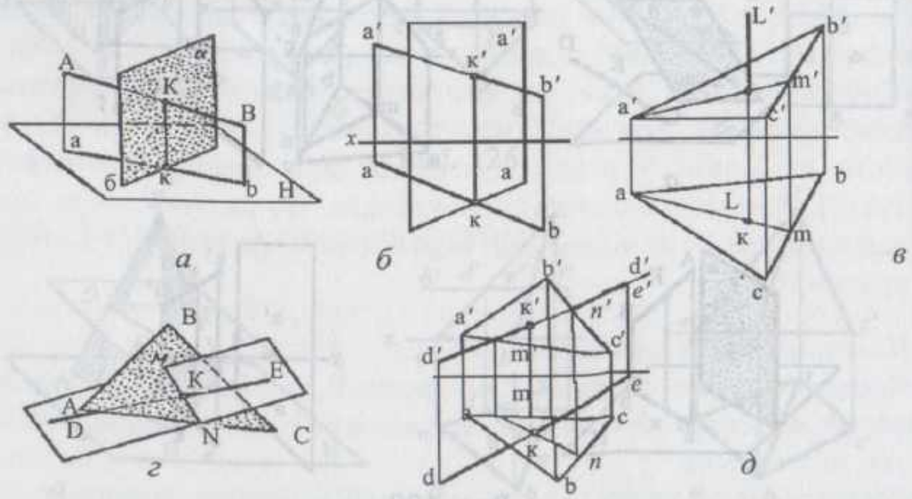
Рис. 128

На рис. 128, *б* через точки *K* і *E* проведено прямі, паралельні площині трикутника ABC. На рис. 128, *в, г* через точку *K* проведено пряму AB, яка паралельна горизонтально-проеціювальний площині б. У цьому разі через *к* проводимо горизонтальну проекцію *ad* шуканої прямої паралельно сліду-проекції б. Фронтальна проекція *a'b'* пройде через *к' зовсім* довільно. Отже, *умова паралельності прямої і площини окремого положення в тому, що проекція прямої повинна бути паралельна однойменному сліду-проекції площини.*

Розглянемо пряму, що перетинає площину окремого положення.

Пряма AB (рис. 129, *а, б*) перетинає горизонтально-проеціювальну площину б. Горизонтальна проекція к точки перетину лежить на перетині проекції *ad* із слідом-проекцією б' площини. Провівши з точки *к* вертикальну лінію зв'язку до перетину з проекцією *a'b'*, знайдемо фронтальну проекцію точки *к'*. Отже, *якщо пряма перетинає проеціювальну площину, то відповідна проекція точки перетину лежить на перетині сліду-проекції площини з однойменною проекцією прямої.*

На рис. 129, *в* проеціювальна пряма *l* перетинає площину загального положення трикутник ABC. Горизонтальна проекція *к* точки перетину збігається з горизонтальною проекцією *l'* прямої. Фронтальну проекцію *к* точки перетину знайдемо проведенням у площині допоміжної прямої AM.



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 129

На рис. 129, *г, д* пряма загального положення *DE* перетинається з площиною загального положення ABC. Завдання розв'язується за таким планом:

- через задану пряму проводять допоміжну площину-посередник б;
- будують лінію перетину MN заданої площини з площиною-посередником;
- на взаємному перетині цієї лінії із заданою прямою визначають положення шуканої точки *K* зустрічі.

Підбір площин-посередників, зазвичай, здійснюють з таким розрахунком, щоб побудови були простіші і їх було менше.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Які є способи завдання і зображення площини на комплексному креслені?*
2. *Що таке сліди площини?*
3. *Які площини називаються площинами рівня та які їх властивості?*
4. *Які площини називаються проеціювальними та які їх властивості?*
5. *Умови належності прямої площині.*
6. *Які прямі називаються горизонталями та фронталями площини?*
7. *Яка умова паралельності прямої і площини, двох площин?*

§ 9. СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРОЕКЦІЙ

9.1. Загальні положення

Мета перетворення креслення - приведення заданих на епюрі геометричних елементів у нове положення відносно до площин проекцій, зручніше для розв'язку поставлених задач. Частіше перетворення креслення здійснюють для того, щоб у новій системі площин проекцій геометричні елементи (відрізок, плоска геометрична фігура тощо) проеціювались на нову площину проекцій без спотворення, в натуральну величину. Відомо, що при розміщенні фігури паралельно будь-якій площині проекцій вона проеціюється на цю площину в натуральну величину, тобто за проекцією можна

Обертання відрізка прямої

При обертанні відрізка прямої навколо осі доводиться обертати дві її точки. Побудова спрощується, якщо вісь обертання провести через одну з кінцевих точок відрізка. Щоб визначити справжню величину відрізка АВ (рис. 131, *а*), повернемо його в положення, паралельне фронтальній площині проекцій. Вісь обертання проводимо через точку А, перпендикулярно до площини Н. Точка А, що лежить на осі обертання, свого положення не змінює. Горизонтальна проекція відрізка займе положення $ab||Ox$. Фронтальна проекція b' точки В переміститься по прямій, паралельній осі Ox, і займе нове положення $б'$, інакше кажучи, точка В переміщується навколо осі обертання і в площині д, перпендикулярній до цієї осі. $\vec{a'}\ б'$ справжня величина відрізка АВ, а кут б - кут нахилу прямої до площини проекцій Н.

На рис. 131, *б* знайдено натуральну величину відрізка *CD* і кут *в* - кут нахилу прямої до площини проекцій V. Слід пояснити побудову.

Обертання плоскої фігури

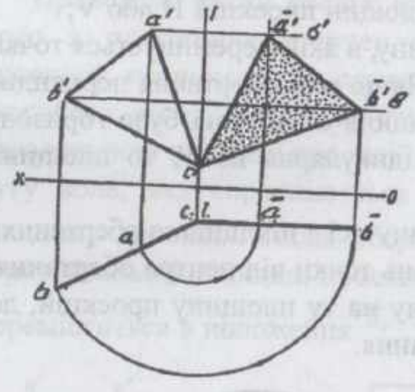


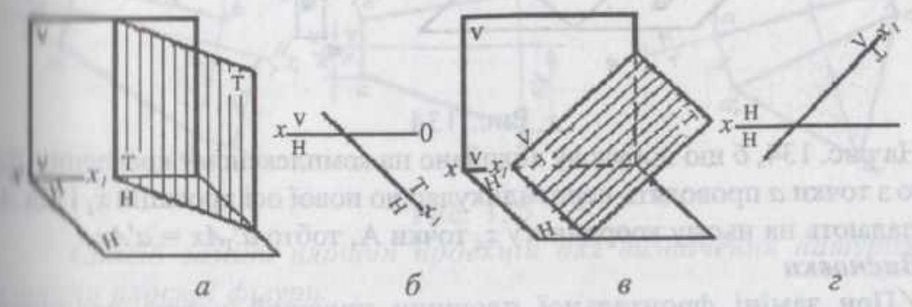
Рис. 132

Потрібно визначити натуральну величину трикутника АВС, що лежить у горизонтально проеціювальній площині (рис. 132). Обертають трикутник навколо осі *і*, перпендикулярної до площини проекцій *Н*. Щоб полегшити побудову, вісь проводять через вершину трикутника, наприклад, через точку С. Після обертання горизонтальна проекція трикутника займе положення $c\vec{ab}$, паралельне осі *Ox*. Вершини трикутника А і В переміщуються в площинах д і и, перпендикулярних до осі обертання. Фронтальні проекції a' і b' після повороту займуть положення $\vec{a'}$ і $б'$. Ці точки лежать на вертикальних лініях зв'язку з точками $\vec{a'}$ і $б'$. Трикутник $c'\ \vec{a'}\ б'$ дорівнює натуральній величині оригіналу АВС.

9.3. Спосіб заміни площин проекцій

Суть способу полягає в тому, що положення в просторі точок, прямих і фігур залишається незмінним, а замість існуючої вибирають нову площину проекцій так, щоб проеціюванням на неї можна було визначити натуральну величину певних геометричних елементів або розв'язати якісь інші завдання.

На рис. 133, *а* задано систему площин проекцій *V/H*. Щоб розв'язати якесь завдання, треба замінити площину проекцій *V* новою площиною *T*, тобто від системи площин проекцій *V/H* перейти до системи *T/H*. Нова площина *T* повинна залишитися перпендикулярною до площини проекцій *H*. На комплексному кресленні (рис. 133, *б*) виникає нова вісь x_1 як наслідок перетину площин *T* і *H*. Слід звернути увагу на те, як позначають осі проекцій у старій і новій системах площин проекцій. На рис. 133, *в* горизонтальна площина Н замінена новою площиною *T*, перпендикулярною до площини проекцій *V*. На комплексному кресленні (рис. 133, *г*) зображено і позначено стару і нову осі проекцій.



а *б* *в* *г*

Рис. 133

Заміна площин проекцій при проеціюванні точки

Нехай точку А (рис. 134, *а*) задано її проекціями в системі площин *V/H*. Треба побудувати проекції точки, коли площину *V* замінено новою вертикальною площиною *T*.

Горизонтальна проекція залишається незмінною, бо не змінюється положення площини проекцій *H*. Щоб знайти нову фронтальну проекцію a'_T, проводимо з точки *A* перпендикуляр до перетину з площиною проекцій *T*. Точка перетину a'_T - нова

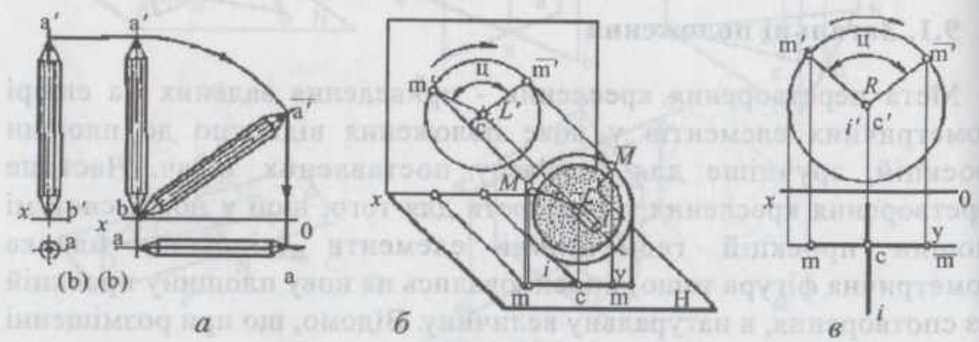
визначити довжину відрізка, площину фігури, величину кутів нахилу прямої до площин проекцій тощо.

Отже, є потреба в прийомах, які б дали змогу перевести задану фігуру із загального положення в окреме по відношенню до площин проекцій. Для цього користуються двома методами перетворення проекцій. У першому незмінною лишається система площин проекцій, а нові проекції фігури утворюються внаслідок обертання її навколо вибраних осей. Залежно рід характеру обертання розрізняють способи обертання, суміщення і плоско-паралельного переміщення. Другий метод: об'єкт проеціювання залишається незмінним, змінюють саму систему площин проекцій, а тому цей метод називають способом заміни площин проекцій.

9.2. Спосіб обертання

Теорія способу обертання

Проведемо такий дослід: візьмемо олівець (рис. 130, *а*) і поставимо його в положення, перпендикулярне до горизонтальної площини проекцій, наприклад, до стола. Повернемо тепер олівець навколо його нижнього кінця (точка *B*) так, щоб площина обертання залишалася паралельною площині проекцій *V*. Верхній кінець олівця (точка *A*) опише дугу кола, яка спроеціюється в справжню величину на фронтальну площину проекцій. Після обертання олівець займе положення $\overline{BA}$. На горизонтальній площині проекцій точка *b* залишається на місці, а точка *a* переміститься в положення $\overline{a_1}$, причому рух її буде паралельним осі *Ox*.



а *б* *в*

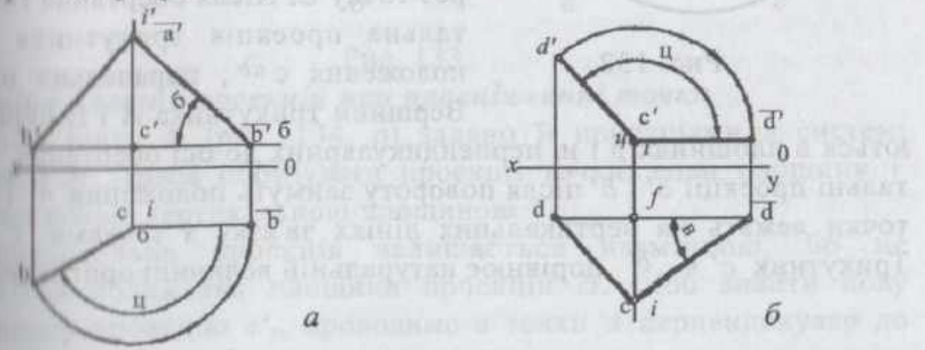
Рис. 130

Такий самий дослід можна поставити, обертаючи невеличке колесо навколо осі, розташованої, наприклад, перпендикулярно до фронтальної площини проекцій (рис. 130, *б, в*). Довільна точка M, зафіксована на ободі цього колеса, опише коло, площина якого перпендикулярна до осі обертання і паралельна площині V. Шлях точки M спроеціюється на V в натуральну величину, тобто у вигляді кола радіуса *cm*, а на площину H - у вигляді відрізка прямої, паралельної осі *Ox*. Якщо ж точку M повернути лише на кут *ц* в положення $\overline{m}$, то її фронтальна проекція повернеться по дузі кола на той самий кут *ц*, а горизонтальна пройде шлях $m\ \overline{m}$.

Отже, якщо точка обертається навколо осі, перпендикулярної до вдніеї з площин проекцій, то проекції точки переміщуються: на тій площині проекцій, до якої вісь перпендикулярна, - по дузі кола, а на інших - по прямих, паралельних до осей проекцій.

Розв'язуючи завдання способом обертання, треба показати на кресленні такі основні елементи обертання (рис. 130, *в*):

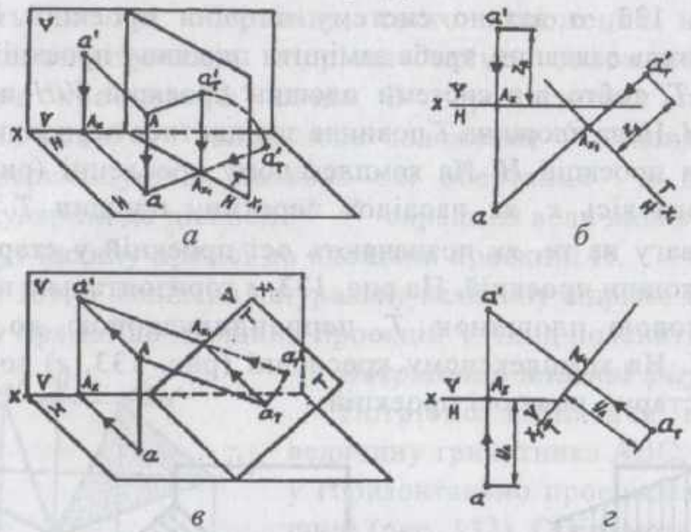
- *вісь обертання i* - пряму, навколо якої обертається точка. Вісь обертання беруть перпендикулярною до площин проекцій H або V;
- *площину обертання* д, тобто площину, в якій переміщується точка і яка перпендикулярна до осі обертання. Якщо вісь обертання перпендикулярна до площини проекцій H, то площина обертання буде горизонтальною; якщо ж вісь обертання перпендикулярна до V, то площина обертання буде фронтальною;
- *центр обертання* - точку C перетину осі з площиною обертання;
- *радіус обертання* $R = c'm'$ - відстань точки від центра обертання. Радіус проеціюється в справжню величину на ту площину проекцій, до якої перпендикулярна вибрана вісь обертання.



а *б*

Рис. 131

фронтальна проекція точки А. Отже, у системі площин проекцій *V/H* проекціями були *a* і *a'*, а в новій системі *T/H* проекціями точки стають *a* і a'_T. З рис. 134, *а* бачимо, що $a'_T Ax = a'Ax$, тобто відстань від нової проекції точки до нової осі дорівнює відстані від заміненої проекції до попередньої осі. Відстань *a'Ax* є координатою *z* точки $A - Z_A$. Отже, при заміні фронтальної площини проекцій незмінними залишаються координати *z* точок фігури.



а *б* *в* *г*

Рис. 134

На рис. 134, *б* цю побудову виконано на комплексному кресленні. Для цього з точки *a* проводять перпендикуляр до нової осі проекцій x_1 і від Ax_1 відкладають на ньому координату z_a точки А, тобто $a'_T Ax = a'Ax$.

Висновки

✓При заміні фронтальної площини проекцій новою площиною горизонтальна проекція точки залишається незмінною;

✓Щоб визначити нову фронтальну проекцію, треба з горизонтальної проекції опустити перпендикуляр на нову вісь і відкласти на ньому відрізок, що дорівнює відстані заміненої проекції від попередньої осі (тобто координату заданої точки).

Спосіб заміни площин проекцій для відрізка прямої

Щоб знайти справжню величину відрізка прямої АВ (рис. 135, *а*), заміняють фронтальну площину проекцій V новою вертикальною площиною *T* так, щоб вона була паралельна відрізку АВ і залишалась

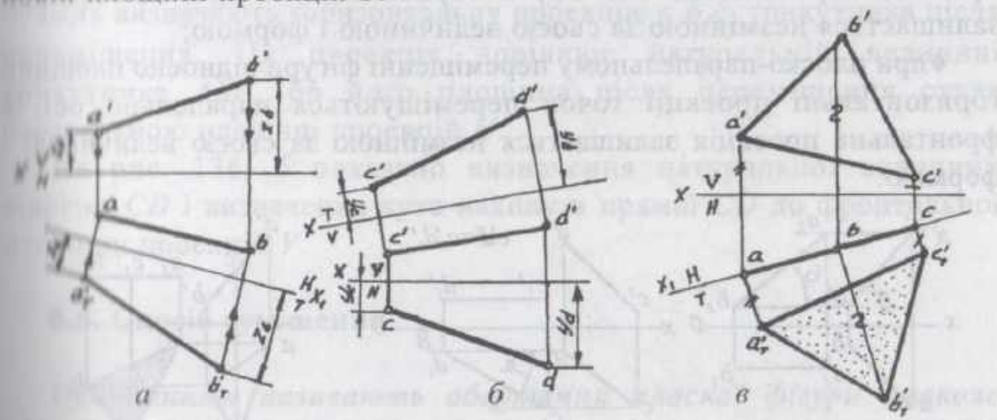
перпендикулярною до площини проекцій Н. На площину Т відрізок проеціюється в натуральну величину. Проекцію $a'_T b'_T$ на комплексному кресленні (рис. 135, *а*) будують у такій послідовності:

* на довільній відстані від лінії *ab* проводять нову вісь x_1, паралельну горизонтальній проекції відрізка;

* з точок *a* і *b* проводять лінії проеційного зв'язку в системі площин Н/Т, перпендикулярні до осі x_1;

* на продовженні цих ліній від нової осі відкладають відрізки, які дорівнюють координатам *z* точок *A* і *B*, тобто відрізки z_A і z_B виміряні на площині проекцій V;

* знайдені точки a_4' і b_4' сполучають прямою. Відрізок $a_4'b_4'$ є натуральною величиною відрізка *AB*, оскільки він паралельний новій площині проекцій *T*.



а *б* *в*

Рис. 135

Спосіб заміни площин проекцій для визначення натуральної величини плоскої фігури.

Треба визначити натуральну величину трикутника АВС, що лежить у горизонтально-проеціювальній площині д (рис. 135, *в*). Проводять нову вертикальну площину проекцій Т перпендикулярно до площини Н і паралельно площині трикутника АВС. При цих умовах вісь системи площин проекцій Т/Н треба провести паралельно сліду-проекції *abc* на довільній відстані. В окремому випадку площина Т може збігатися з площиною трикутника і тоді вісь проекцій x_1 зіллється з проекцією *abc* (рис. 135, *в*).

Через точки *a, b, c* проводять лінії зв'язку нової системи площин

проекцій і відкладають на них від осі x_1 координати z точок A, B, C і сполучають прямими в трикутник, який і буде шуканою натуральною величиною оригіналу ABC.

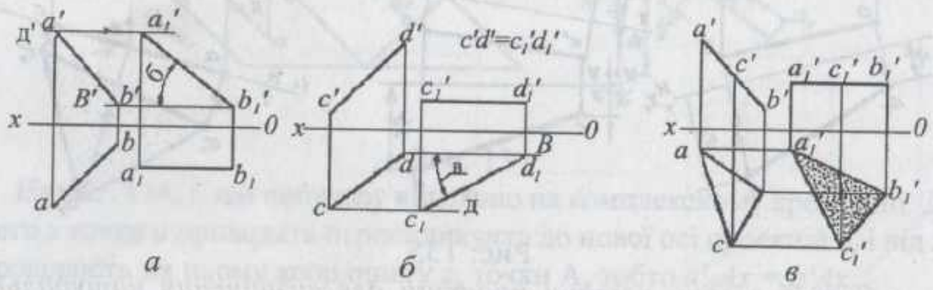
9.4. Спосіб плоско-паралельного переміщення

Плоско-паралельним переміщенням називається такий рух фігури в просторі, при якому всі її точки переміщуються в площинах, паралельних між собою і паралельних одній з площин проекцій.

Основні теоретичні положення цього способу:

♦при плоско-паралельному переміщенні фігури відносно площини проекцій H фронтальні проекції точок переміщуються по прямих, паралельних осі Ox, а горизонтальна проекція фігури залишається незмінною за своєю величиною і формою;

♦при плоско-паралельному переміщенні фігури відносно площини горизонтальні проекції точок переміщуються паралельно осі, а фронтальна проекція залишається незмінною за своєю величиною і формою.



а *б* *в*

Рис. 136

Переміщення відрізка прямої

Щоб визначити натуральну величину відрізка прямої AB (рис. 136, *а*), виконують його переміщення, наприклад, відносно площини проекцій H до положення, паралельного площині V. Для цього горизонтальну проекцію ab, не змінюючи її величини, розташовують на вільному полі креслення паралельно осі проекцій Ox ($a_1b_1 = ab$). З фронтальних проекцій точок a' і b' проводять прямі, паралельні осі Ox, до перетину з вертикальними зв'язку, проведеними з точок a_1 і b_1. $a_1'b_1'$ (фронтальна проекція переміщеного відрізка AB), дорівнює натуральній величині

самого відрізка, бо в новому положенні пряма AB стала паралельною площині V. Кут б є кутом нахилу прямої AB до горизонтальної площини проекцій.

Переміщення плоскої фігури

На рис. 136, *в* способом плоско-паралельного переміщення відносно площини проекцій V визначена натуральна величина трикутника ABC, що лежить у фронтально проеціювальній площині. Для цього фронтальну проекцію $a'b'c'$, не змінюючи її величини і форми, перемістили в положення, паралельне осі $Ox(a_1'b_1'c_1'=a'b'c')$, на вільне місце креслення. Із горизонтальних проекцій a, b, c вершини трикутника провели прямі, паралельні осі Ox, а з точок a_1', b_1', c_1' - вертикальні лінії зв'язку. Точки взаємного перетину цих прямих визначають горизонтальну проекцію $a_1b_1c_1$ трикутника після переміщення. Ця проекція дорівнює натуральній величині трикутника ABC, бо його площина після переміщення стала паралельною площині проекцій H.

На рис. 136, *б* показано визначення натуральної величини відрізка CD і визначення кута нахилу в прямої CD до фронтальної площини проекцій V.

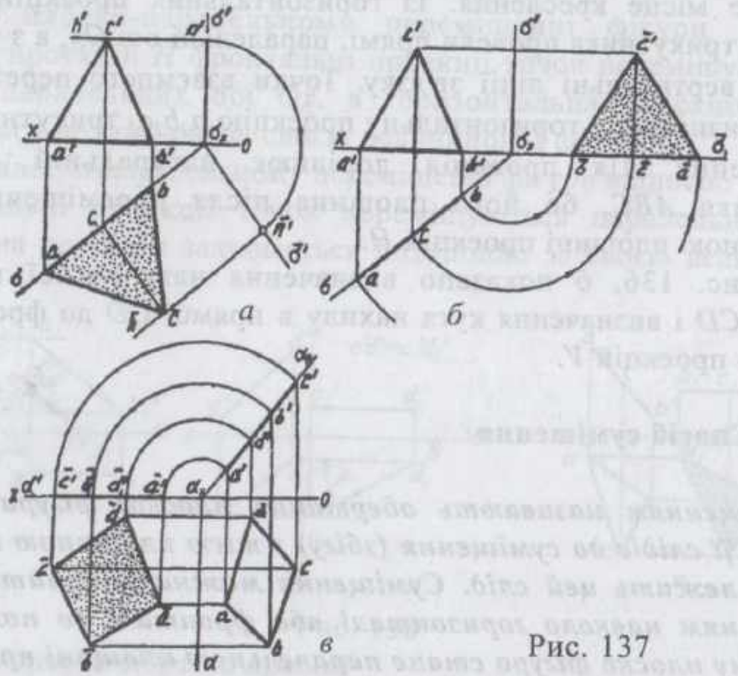
9.5. Спосіб суміщення

Суміщенням називають обертання плоскої фігури навколо одного з її слідів до суміщення (збігу) з тією площиною проекцій, на якій лежить цей слід. Суміщення можна здійснити також обертанням навколо горизонталі або фронталі до положення, при якому плоска фігура стане паралельною площині проекцій.

Внаслідок суміщення плоска фігура і її елементи зображуються без спотворення. Проекції точок після суміщення позначають цифрами або буквами з верхньою рискою ($\overline{a}$, $\overline{a'}$, $\overline{b}$).

Для побудови натурального вигляду трикутника ABC, розміщеного в горизонтально проеціювальній площині д (рис. 137, *а*), використаємо спосіб суміщення площини д з площиною проекцій H обертанням навколо сліду д. Фронтальний слід д' після суміщення займе положення $\overline{д'}$, перпендикулярне до д. Вершини A і B трикутника, що

лежать на осі обертання, тобто на д, при суміщенні свого положення не змінять. Щоб знайти суміщене положення точки *C*, проводимо через цю точку горизонталь *h(CN)*. Після суміщення горизонталь займе положення $\overline{h}$, паралельне сліду д. Відстань $д_x n'$ залишається незмінною, а тому точку $\overline{n'}$ знаходимо за допомогою дуги, описаної з точки $д_x$. З точки *c* опускаємо перпендикуляр до перетину з $\overline{h'}$ і знаходимо суміщене положення $\overline{c}$ вершини трикутника ABC. $\overline{acb}$ - натуральна величина трикутника ABC.



а *б* *в*

Рис. 137

На рис. 137, *б* побудова натуральної величини трикутника ABC здійснена обертанням навколо фронтального сліду *д'* до суміщення з площиною проекцій *V*. Горизонтальний слід *д* площини трикутника в новому положенні *д* зіллється з віссю *Ox*. Вершини *A* і *B* трикутника, що лежать на сліду *д*, займуть положенням $\overline{a}$ і $\overline{b}$. Горизонтальна проекція *c* точки *C* переміститься по дузі кола, описаної з центра $д_x$, і займе положення $\overline{c}$. Суміщене положення $\overline{c}$ вершини *C* трикутника визначиться на перетині прямої, проведеної

з точки $\overline{c}$ паралельно осі *Ox*, з перпендикуляром із $\overline{c}$ до цієї осі. $\overline{acb}$ - натуральна величина трикутника.

Натуральний вигляд чотирикутника знайдено на рис. 137, *в* суміщенням з площиною *H*.

Послідовність побудови така:

- з точки сходження слідів $б_x$ як із центра зроблено засічки на осі *Ox* радіусами $a_x a'$, $a_x d'$ і т.д. *a'* - суміщений фронтальний слід площини *б*;
- через знайдені точки $\overline{a'}, \overline{б'}, \ldots$ проведено допоміжні прямі, перпендикулярні до осі *Ox*, а через горизонтальні проекції *ab*, ... вершин чотирикутника - прямі, паралельні осі *Ox*;
- точки $\overline{a}, \overline{b}, \overline{c}, \overline{d}$ взаємного перетину цих прямих визначають вершини чотирикутника в суміщеному з площиною положенні. Сполучивши ці точки, дістаємо натуральний вигляд чотирикутника.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Способи перетворення проекцій, які застосовуються в кресленні.

2. Суть способу обертання навколо осей, перпендикулярних до площин проекцій.

3. Які основні елементи способу обертання?

4. У чому суть способу заміни площин проекцій?

5. У чому суть способу плоско-паралельного переміщення?

6. У чому суть способу суміщення?

7. Як визначити натуральну величину відрізка прямої лінії загального положення способом обертання навколо осі, перпендикулярної до площини H?

8. Чому дорівнює відстань від нової проекції точки до нової осі проекцій при заміні площин проекцій?

9. Як визначити натуральну величину плоскої фігури способом заміни площин проекцій?

§ 10. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

10.1. Загальні поняття про аксонометричні проекції

Прямокутні проекції об'єктів у різних галузях промисловості дають змогу розв'язувати різноманітні задачі щодо цих об'єктів, а також виконувати вимірювання. Проте недоліком способу

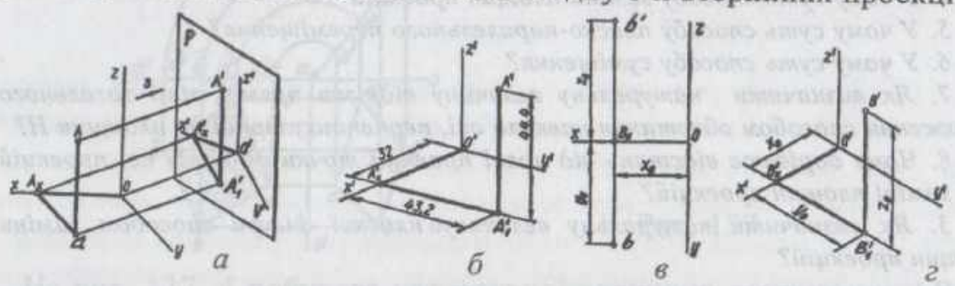
прямокутних проекцій є відсутність одного з вимірів об'єкта на кожній з проекцій, а це призводить до зменшення наочності зображень.

Систему, при якій зображуються всі три виміри об'єкта, називають *аксонометричною*, або просто *аксонометрією*. Отже, аксонометрії властиві наочність та оборотність. Слово "аксонометрія" означає "вимірювання по осях".

Суть аксонометричного проеціювання в тому, що предмет відносять до системи координатних осей і проеціюють його разом з цими осями на вибрану площину аксонометричних проекцій.

На рис. 138, *а* показано схему проеціювання точки *A*, яка є вершиною якогось предмета, віднесеного до координатних осей *Oxyz* і разом з ними спроеційованого на площину *P*.

Площина *P*, на якій будують аксонометричну проекцію, називається *площиною аксонометричних проекцій*. Осі *O'x'*, *O'y'*, *O'z'*, які утворилися внаслідок проеціювання координатних осей, називаються *аксонометричними осями*. Точка *O' - початок аксонометричних осей*, S - *напрям аксонометричного проеціювання*. Точка *A' - аксонометрична проекція точки A*, а точка A_1' - вторинна проекція точки *A*. Щоб положення точки (або якогось іншого геометричного елемента) було визначеним на аксонометричному кресленні, треба крім зображення самої точки показати одну з її вторинних проекцій.



а *б* *в* *г*

Рис. 138

Залежно від напряму променів проеціювання і положення площини проекцій аксонометричне зображення буде дещо спотворене, тобто кожний з його трьох основних вимірів буде менший або більший від натурального.

Відношення довжини аксонометричної проекції відрізка координатної осі до довжини самого відрізка цієї осі в натурі, називається коефіцієнтом (показником) спотворення.

Коефіцієнти спотворення, які визначають величину спотворення відрізків по осях *O'x'*, *O'y'*, *O'z'* і напрямках, паралельних їм (рис. 138, *а*), $p=x'/x=O'A'_x/OA_x$; $q=y'/y=A'_xA'_1/A'_xa$; $r=z'/z=A_1'A'/aA$.

Отже, коефіцієнти спотворення показують, як змінюються координати точки при проеціюванні на площину аксонометричних проекцій.

На рис. 138, *б* показано побудову точки *A(40, 48, 60)*, якщо відомо, що коефіцієнти спотворення $p = 0,8$; $q = 0,9$; $r = 0,74$.

Знаходимо аксонометричні координати точки *A* : $x' = py = 0,8 \cdot 40 = 32$ *мм*; $y' = qy = 0,9 \cdot 48 = 43,2$ *мм*; $z' = r \cdot z = 0,74 \cdot 60 = 44,4$ *мм*. Відкладаємо на осі *x'* від точки *O'* відрізок *O'A'x* = 32 мм і з його кінця проводимо пряму, паралельну осі *O'y'*, на якій відкладаємо аксонометричну координату *y'*. Дістаємо точку A_1', вторинну проекцію точки *A*. З цієї точки проводимо пряму, паралельну осі *O'z'*, на якій відкладаємо відрізок $A_1'A$ = 44,4 мм. Точка *A'* є аксонометричною проекцією точки *A*.

На рис. 138, *в* точку *B* задано двома проекціями на комплексному кресленні. Побудова аксонометричного зображення цієї точки на осях (рис. 138, *г*), якщо коефіцієнти спотворення $p = q = r = 1$.

Послідовність побудови така сама, як і в попередньому випадку, але тут аксонометричні координати дорівнюватимуть координатам точки комплексного креслення. Побудова зрозуміла з рисунка.

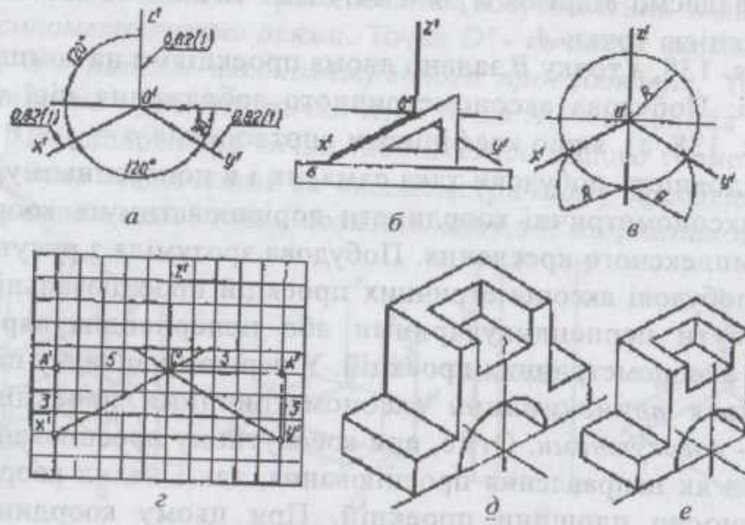
При побудові аксонометричних проекцій проеціювальні промені можуть бути перпендикулярними або неперпендикулярними до площини аксонометричних проекцій. У першому випадку ці проекції називаються *прямокутними* аксонометричними проекціями, а в другому - *косокутними*. Отже, при косокутному проеціюванні можна змінювати як направлення проеціювання, так і нахил координатних осей відносно площини проекцій. При цьому координатні вісі залежно від кута нахилу до аксонометричної площини проекцій і направлення проеціювання будуть проеціюватись з різними коефіцієнтами спотворення. Залежно від цього будуть утворюватись різні аксонометричні проекції, відмінні розташуванням осей координат.

ГОСТ 2.317-69 предбачає такі аксонометричні проекції: ізометрична, або ізометрія, коли всі три коефіцієнти спотворення рівні між собою; диметрична, або диметрія, коли два коефіцієнти

рівні, а третій коефіцієнт спотворення не дорівнює їм; триметрія, коли всі три показники спотворення не дорівнюють один одному. Ми вивчаємо такі види аксонометричних проекцій: прямокутну ізометрію, прямокутну диметрію, косокутну фронтальну диметрію, косокутну фронтальну і горизонтальну ізометрію.

10.2. Прямокутні аксонометричні проекції

Найбільш поширеним і простим видом аксонометрії є *прямокутна аксонометрія*, зокрема прямокутна ізометрія. У цій системі, як вже було відмічено раніше, всі три показники спотворення дорівнюють один одному, а це можливо тільки тоді, коли всі три координатні осі однаково нахилені до площини аксонометричних проекцій. Вісь $O'z'$, як правило, розміщують вертикально, а осі $O'x'$ та $O'y'$ утворюють з нею кути по 120° (рис. 139, *а*).



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 139

Узагальнюючи слід зазначити, що в прямокутній аксонометрії осі координат є висотами трикутника слідів. Показник спотворення в прямокутній ізометрії визначають за формулою $3p^2 = 2$, де $p = \sqrt{2/3} \approx 0{,}82$. На практиці при побудові аксонометричних зображень користуються так званими зведеними показниками спотворення. Зокрема, в прямокутній ізометрії при побудові зображень відкладають паралельно координатним осям натуральні величини. У результаті дістають

аксонометричне зображення, збільшене в *1,22* раза *(1:0,82 = 1,22)*. Таке зображення утворюється без порушення пропорційності його елементів і таке зображення називають збільшеним. На рис. 139, *д* ізометрію деталі побудовано за натуральними розмірами, а на рис. 133, *е* - з урахуванням коефіцієнта спотворення *0,82*. Як видно з порівняння рисунків, обидва зображення мають однакову наочність і відрізняються від відомого тільки величиною.

На рис. 139, *б* показано прийом побудування ізометричних осей за допомогою косинця з кутами 30°, 60°, 90°, а на рис. 139, *в* - за допомогою циркуля. На рис. 139, *г* показано, як побудувати ізометричні осі на папері в клітинку.

Побудова ізометричної проекції багатокутників.

Основою ряда геометричних тіл є плоска геометрична фігура: багатокутник або коло. Щоб побудувати геометричне тіло в аксонометрії, треба вміти будувати його основу, інакше плоску геометричну фігуру. Побудову багатокутників в аксонометрії можна виконувати методом координат, коли кожну вершину багатокутника будують в аксонометрії як окрему точку (побудова точки методом координат розглянута раніше), потім побудовані точки з'єднують відрізками прямих ліній і отримують замкнену лінію у вигляді багатокутника. Цю задачу можна розв'язати інакше. У правильному багатокутнику побудову починають з осі симетрії, а в неправильному - проводять додаткову пряму, яка називається базовою і паралельна одній з осей координат на ортогональному кресленні.

Оскільки плоска фігура має два виміри, то в побудові її аксонометричної проекції використовують дві осі залежно від того, якій площині проекцій фігура паралельна. При паралельності площині *H* використовують осі *x* і *y*, при паралельності площині *V* - *x* і *z*, при паралельності площині *W* - осі *y* і *z*.

Розглянемо побудову в ізометрії прямокутника *ABCD*, що лежить у горизонтальній площині. Сумістимо осі координат *x*, *y* із сторонами *AB*, *BC* прямокутника (рис. 140, *а*). Побудуємо ізометричні осі $O'x'$ і $O'y'$, відкладемо на них від точки O' відрізки, що дорівнюють розмірам сторін прямокутника ($A'B' = AB = b$; $B'C' = BC = a$). Із знайденим точок A' і C' проводимо прямі, паралельні аксонометричним осям, до взаємного їх перетину. Утворений паралелограм $A'B'C'D'$ і є

ізометричною проекцією прямокутника. На рис. 140, *б* зображено ізометричну проекцію прямокутника *ABCD*, розміщеного паралельно площині проекцій *V*.

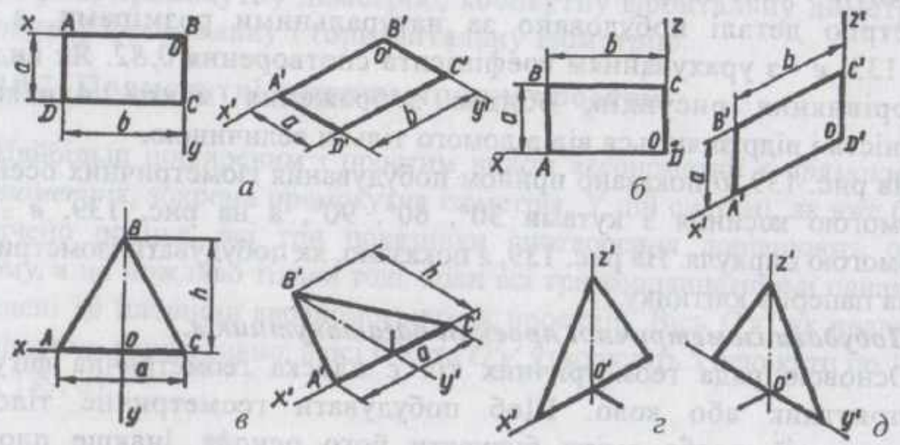


Рис. 140

На рис. 140, *в, г, д* показано побудову трикутника, розташованого паралельно різним площинам проекцій. Поясніть побудову самостійно, зверніть увагу на розташування координатних осей.

Розглянемо побудову в ізометрії правильного шестикутника, розташованого паралельно площині *V* (рис. 141, *а, б*). Коли плоска фігура має дві взаємно перпендикулярні осі симетрії, то їх доцільно взяти за осі координат. Будуємо осі *O'x'* і *O'z'* ,відкладаємо по осі O'x' вліво і вправо від точки *O'* відрізки *O'A' = OA* і *O'D' = OD*. По осі *O'z'* угору і вниз від точки *O'* відкладаємо відрізки *O'1' = O - 1 і O'2' = O - 2*. Через знайдені точки *1'* і *2'* проводимо прямі, паралельні осі O'x', і на них в обидва боки від точок *1'* і *2'* відкладаємо половину довжини сторони шестикутника, наприклад, відрізок *1'B' = 1B = 25/2мм*. Сполучаючи побудовані вершини шестикутника, дістанемо його ізометричну проекцію *A'B'C'D'E'F'*. На рис. 141, *в* зображено в ізометрії шестикутник, розташований паралельно площині проекцій *H*, а на рис. 141, *г* - паралельно площині *W*. Зверніть увагу на те, що в ізометрії, як і на комплексному кресленні, протилежні сторони шестикутника повинні бути паралельні між собою, тобто *A'B'‖E'D', A'F'‖C'D'*. Коли цієї умови додержано, побудову виконано правильно.

З рис. 141, *б* бачимо, що сторони шестикутника, які не

паралельні координатним осям, мають різну величину спотворення. Наприклад, сторона AB зображується в ізометрії відрізком, величина якого більша за 25 мм, тобто за довжину сторони шестикутника, а сторона *CD* - відрізком прямої, не паралельної координатній осі, то будувати його в ізометрії або в іншій аксонометричній проекції треба за координатами кінцевих точок відрізка, оскільки величину спотворення довільного напряму визначити досить складно.

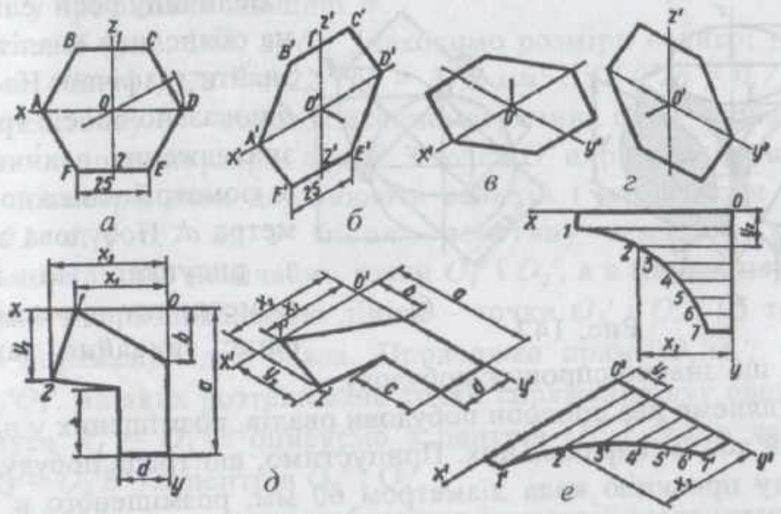


Рис. 141

На рис. 141, *д* побудовано ізометрію довільного плоского контуру, розташованого паралельно горизонтальній площині проекцій. Вершину 1 будуємо за координатою x_1, а вершину 2 - за координатами x_2 і y_2. Послідовність побудови інших точок може бути різною. Так, спочатку можемо відкласти відрізок довжиною *a* мм, а потім довжину сторін *b, c, d*. Послідовно сполучаючи побудовані вершини, дістанемо ізометричну проекцію заданого контуру.

На рис. 141, *е* в ізометрії побудовано плоску фігуру, обмежену кривою лінією (розглянути і пояснити побудову).

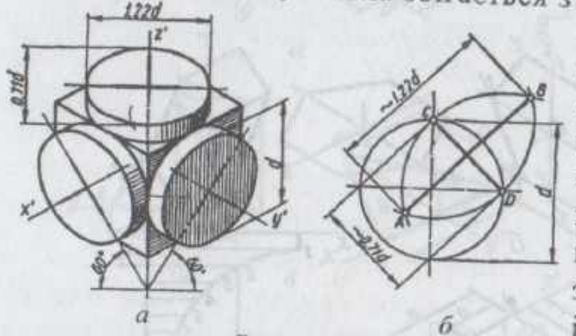
Побудова ізометричної проекції кола

Ізометричними проекціями кіл, розташованих у площинах проекцій або в площинах, паралельних їм, є еліпси з однаковим співвідношенням осей (рис. 142, *а*). Великі осі цих еліпсів

дорівнюють *1,22d*, а малі - *0,71d*, де *d* - діаметр зображуваного кола. Напрям осей еліпсів залежить від положення проеціювального кола.

У прямокутній аксонометрії велика вісь еліпса завжди перпендикулярна до тієї аксонометричної осі, якої немає в площині кола, а мала збігається з напрямом цієї осі, або паралельна їй.

Наприклад, коло, що лежить у горизонтальній площині проекцій, проеціюється в ізометрії в еліпс, велика вісь якого перпендикулярна до осі *O'z'*, а мала збігається з нею.

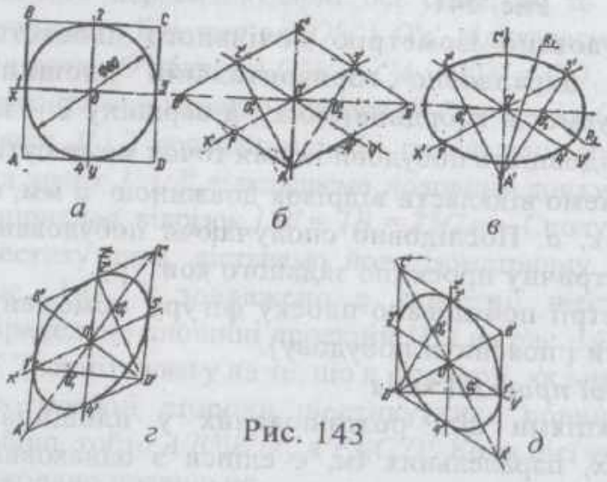


а *б*

Рис. 142

Величину осей еліпса можна обчислити аналітично або знайти графічно. На рис. 142, *б* показано спосіб графічного знаходження величини осей в ізометрії залежно від діаметра *d*. Побудова зрозуміла з рисунка. На практиці ізометричну проекцію кола - еліпс звичайно замінюють овалом, що значно спрощує побудову.

Розглянемо два способи побудови овалів, розміщених у площинах проекцій або їм паралельних. Припустимо, що треба побудувати ізометричну проекцію кола діаметром 60 мм, розміщеного в площині проекцій *H*.



а *б* *в* *г* *д*

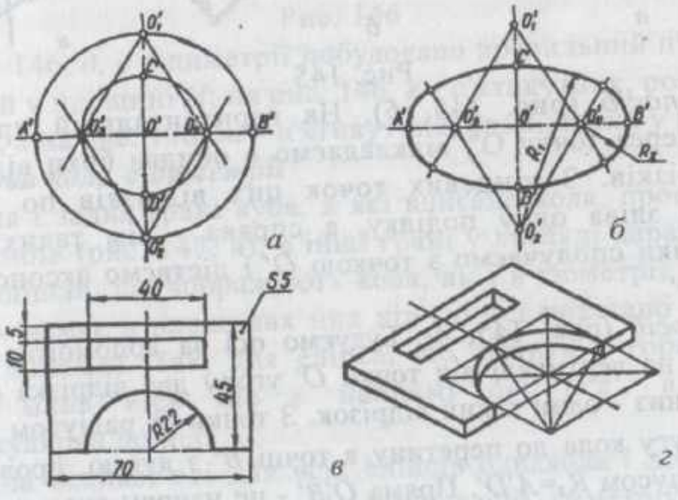
Рис. 143

1- й спосіб (рис. 143, *а-в*). Будуємо аксонометричні осі *O'x'*, *O'y'* і відкладаємо на них від точки *O'* відрізки, що дорівнюють радіусу заданого кола, тобто 30 мм. Через знайдені точки *1'*, *2'*, *3'*, *4'* проводимо лінії, паралельні осям *O'x'*, *O'y'*, і дістаємо ромб *A'B'C'D'*, який є ізометричною проекцією квадрата, описаного навколо цього кола. Вершини ромба, які лежать на короткій

діагоналі, є центрами для проведення великих дуг овала. Проводимо велику діагональ ромба *B'D'* і сполучаємо вершину *A'* із точками *2'* і *3'*. Третин цих ліній з великою діагоналлю ромба визначить два інших центри овала - O_1' і O_2'. Із центрів *A'* і *C'* креслимо великі дуги овала радіусом $R_1 = A'2'$, а з центрів O_1' і O_2' - малі дуги радіусом $R_2 = O_2'3'$. На рис. 143, *г* цим способом побудовано ізометричну проекцію кола, яке лежить у площині *V*, а на рис. 143, *д* - ізометричну проекцію кола, яке лежить у профільній площині *W*.

2 - й спосіб (рис. 144, *а, б*). Знаходимо розміри великої і малої осей еліпса $A'B' = 1,22d = 1,22 \cdot 60 = 73,2$ *мм*; $C'D'$ $0,7d = 0,7 \cdot 60 = 42$ *мм*. Через точку *O'* - початок аксонометричних осей - проводимо дві взаємно перпендикулярні прямі. З точки *O'* циркулем проводимо два кола, діаметри яких дорівнюють великій і малій осям овала, тобто *1,22 d* і *0,7 d*. У місцях перетину великого кола з вертикальною лінією намічаємо точки O_1' і O_2', а в місцях перетину малого кола з горизонтальною лінією - точки O_3' і O_4'. Ці точки є центрами спряження дуг овала. Проводимо прямі $O_1'O_3'$; $O_1'O_4'$; $O_2'O_3'$; $O_2'O_4'$, на яких розташовано точки спряження дуг овала. Дві дуги радіуса $R_1 = O_2'C'$ описуємо з центрів O_1' і O_2', а дві дуги радіуса $R_2 = O_4'B'$ - з центрів O_3' і O_4'.

На рис. 144, *в, г* показано побудову в ізометрії пластинки.



а *б* *в* *г*

Рис. 144

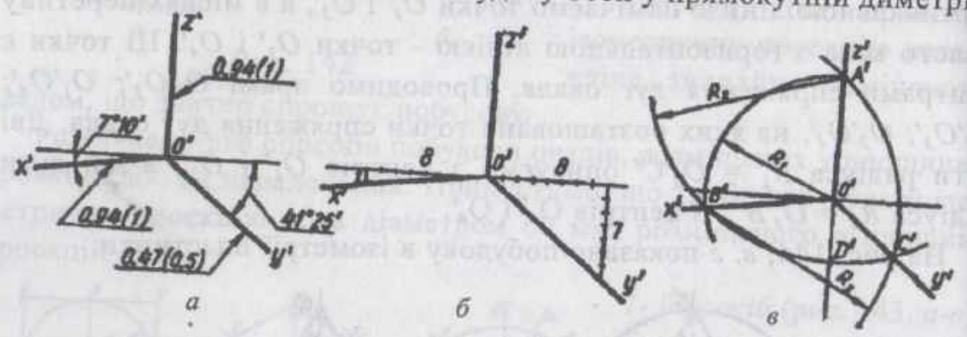
Прямокутна диметрія

Якщо потрібно показати одну грань предмета повніше, а другу подати скорочено, то застосовують другу прямокутну аксонометричну систему - прямокутну диметрію.

Прямокутною диметрією називається аксонометрична проекція з однаковими показниками спотворення по двох осях.

У кресленні застосовують прямокутну диметрію (рис. 145, *а*), в якої вісь $O'z'$ розміщена вертикально, вісь $O'x'$ нахилена під кутом 7° 10', а вісь $O'y'$ - під кутом 41°25' до горизонтального напряму. Коефіцієнт спотворення по осях x' і z' дорівнює 0,94, а по осі y' - 0,47. За стандартом застосовують так звану збільшену диметрію з коефіцієнтами $p=r=1$ і $q=0,5$, тобто по осях x' і z' або по напрямах, їм паралельних, відкладають справжні розміри, а по осі y' розміри скорочують удвоє. Величина збільшення при цьому дорівнює 1/0,94≈1,06.

На рис. 145, *б, в* показано побудову осей у прямокутній диметрії.



а *б* *в*

Рис. 145

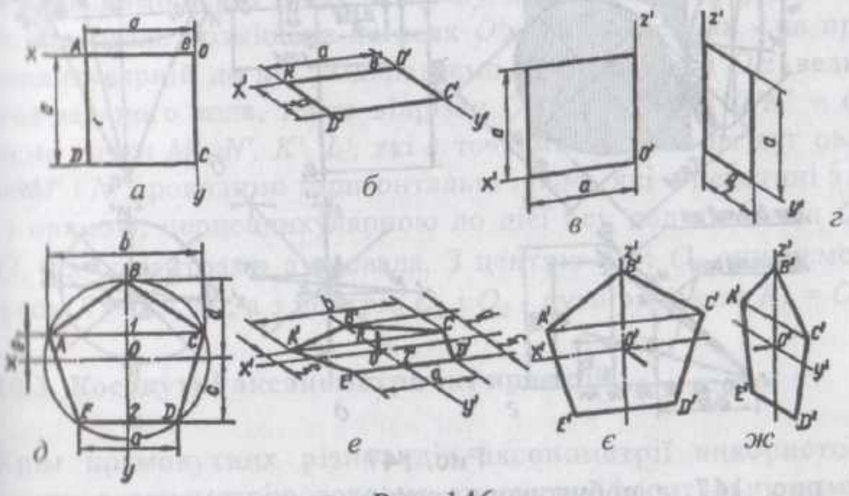
1 - й спосіб (рис. 145, *б*). На горизонтальній прямій, що проходить через точку O', відкладаємо в обидва боки від O' вісім рівних відрізків. З кінцевих точок цих відрізків по вертикалі відкладаємо зліва одну поділку, а справа - сім таких поділок. Знайдені точки сполучаємо з точкою O' і дістаємо аксонометричні осі $O'x'$ і $O'y'$.

2 - й спосіб (рис. 145, *в*). Будуємо осі за допомогою циркуля. Відкладаємо на вертикалі від точки O' угору два відрізка однакової довжини, а вниз - один такий відрізок. З точки O' радіусом $R_1 = O'A'$ проводимо дугу кола до перетину в точці B' з дугою, проведеною з центра A' радіусом $R_2=A'D'$. Пряма $O'B'$ - це напрям аксонометричної

осі x'. Третю дугу радіусом $R_3=B'A'$ проводимо з центра B' до перетину з дугою радіусом R_2. Пряма $O'C'$ - напрям осі y' диметрії.

Побудова диметричної проекції багатокутників

На рис. 146, *а, б* в диметрії побудовано квадрат, що лежить у горизонтальній площині. Послідовність побудови така ж, як і в ізометрії (рис. 140, *а, б*), з тією лише відмінністю, що по осі $O'y'$ відкладаємо половину справжнього розміру сторони квадрата. На рис. 146, *в* зображено диметричну проекцію квадрата, паралельного площині V, а на рис. 146, *г* - квадрата, паралельного площині W.



а *б* *в* *г* *д* *е* *є* *ж*

Рис. 146

На рис. 146, *д, е* в диметрії побудовано правильний п'ятикутник, розміщений у площині H; на рис. 146, *е* - п'ятикутник, розміщений у площині V, а на рис. 146, *ж* - п'ятикутник, розміщений у площині W.

Побудова кола в диметрії

Передня і задня грані куба, в які вписано кола, проеціюється у вигляді ромбів (рис. 147, а), а інші грані у вигляді паралелограмів. Малі осі еліпсів, що зображують кола, як і в ізометрії, паралельні осям, яких немає в площинах цих кіл (ці осі показано на рисунку товстими лініями). Так, для еліпса, що лежить у горизонтальній площині, мала вісь іде в напрямі осі $O'z'$, а велика - перпендикулярна до неї.

Довжина великої осі для всіх еліпсів однакова і дорівнює 1,06 діаметра зображуваного кола (у збільшеній симетрії). Величина

малої осі різна: для передньої і задньої граней куба, тобто для фронтальної площини проекцій, величина малої осі становить 0,9 довжини великої осі або 0,95 діаметра кола (0,95 *d*); для верхньої та лівої граней куба і граней, паралельних їм, величина малої осі становить 1/3 довжини великої осі, тобто 0,35 діаметра кола (0,35 *d*).

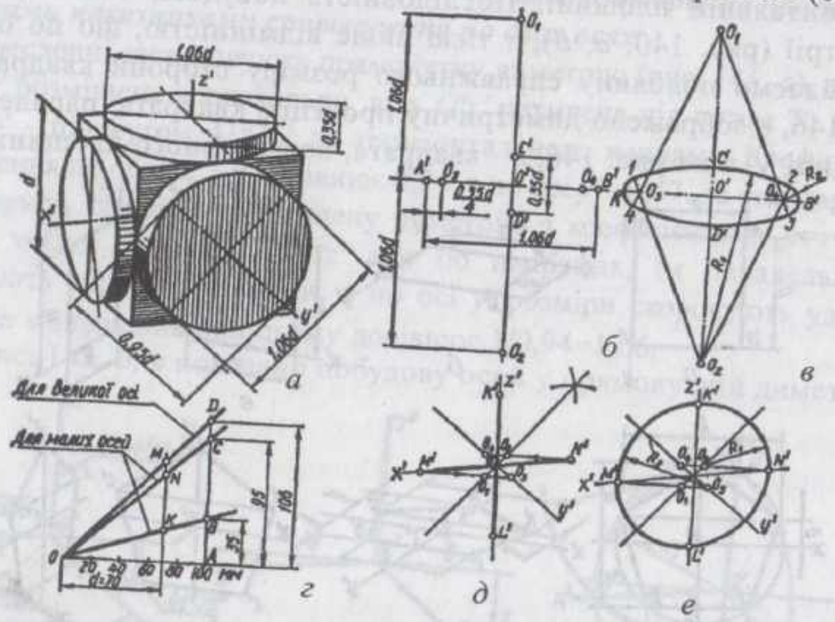


Рис. 147

На рис. 147, *г* побудовано графік, за допомогою якого можна визначити розміри великої і малої осей для довільного діаметра кола (побудову цього графіка розглянути самостійно).

На практиці еліпси замінюють чотирицентровими овалами. Розглянемо побудову овала, що замінює проекцію кола, розміщеного в площинах *H* і *W* (рис. 147, *б, в*). Через точку *O'* - початок аксонометричних - осей проводимо дві взаємно перпендикулярні прямі і відкладаємо на горизонтальній прямій величину великої осі *A'B' = 1,06 d*, а на вертикальній - величину малої осі *C'D' = 0,35 d*. По вертикалі вгору і вниз від точки *O'* відкладаємо відрізки $O'O_1$ і $O'O_2$, що дорівнюють за величиною великій осі овала, тобто $O'O_1 = O'O_2 = A'B'$. Точки O_1 і O_2 є центрами великих дуг овала. Щоб знайти центри O_3 і O_4, відкладаємо на горизонтальній прямій від точок *A'* і

B' відрізки $A'O_3$ і $B'O_4$, які становлять 1/4 величини малої осі, тобто *C'D'/4*. З точки O_2 як із центра радіусом R_1, що дорівнює відрізку O_2C', проводимо дугу овала до перетину в точках *1* і *2* з лініями центрів O_2O_3 і O_2O_4. Точки *1* і *2* є точками спряження дуг овала. Аналогічно проводимо дугу з центра O_1. З точок O_3 і O_4 проводимо замикаючі дути овала радіусом $R_2 = O_3A' = O_4B'$.

Побудову овала, що замінює зображення кола, розміщеного в площин *V*, дано на рис. 147, *д, е*. Будуємо диметричні осі *O'x'*, *O'z'*, *O'y'* і проводимо через точку *O'* пряму, перпендикулярну до осі *O'y'*. Мала вісь овала розміщена на осях *O'x'* і *O'z'*, велика - на прямій, перпендикулярній до неї. Відкладаємо на осях *O'x'* і *O'z'* величину радіуса заданого кола, тобто відрізки *O'M' = O'N' = O'K' = O'L'*, і дістаємо точки *M', N', K', L'*, які є точками спряження дуг овала. З точок *M'* і *N'* проводимо горизонтальні прямі, які в перетині з віссю *O'y'* і прямою, перпендикулярною до цієї осі, дадуть точки O_1, O_2, O_3, O_4, що є центрами дуг овала. З центрів O_3 і O_4 описуємо дуги радіусом $R_2 = O_3M'$, а з центрів O_1 і O_2 - дуги радіусом $R_1 = O_2N'$.

10.3. Косокутні аксонометричні проекції

Крім прямокутних різновидів аксонометрії використовують косокутну аксонометрію, зокрема, косокутну фронтальну диметрію. У цій системі осі *O'x'* та *O'z'* взаємно перпендикулярні, а вісь *O'y'* утворює з горизонтальним напрямом кут 45° (рис. 148, *а*).

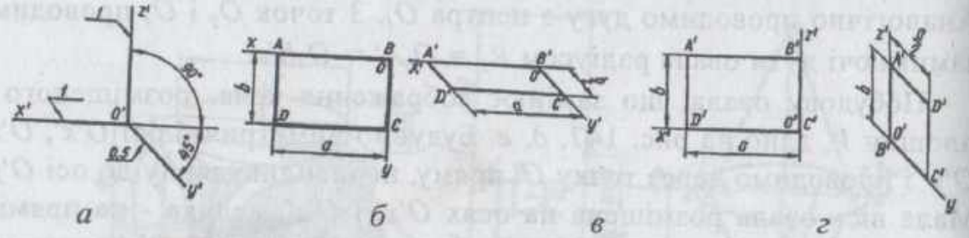
Таку аксонометричну систему застосовують тоді, коли необхідно зберегти велику кількість фронтальних кіл або інших фронтальних криволінійних контурів об'єкта. Її розміщують паралельно координатній площині *x'O'z'*.

Коефіцієнти спотворення по осях *O'x'* і *O'z'* дорівнюють одиниці (*p = r* = 1), а по осі *O'y'* коефіцієнт *q = 0,5*. Отже, всі фігури, розміщені паралельно фронтальній площині проекцій, зображаються у фронтальній диметрії без спотворення розмірів і кутів.

Побудова плоских фігур у фронтальній диметрії

На рис. 148, *б* у фронтальній диметрії побудовано прямокутник, розміщений у горизонтальній площині. Розмір *A'B'* сторони, що

збігається з віссю $O'x'$, залишається незмінним, а сторона $B'C'$, що йде в напрямі осі O'y', за величиною дорівнює $b/2$. На рис. 148, *в* у фронтальній диметрії зображено прямокутник, площина якого паралельна V, а на рис.148, *г* - площина якого паралельна W.

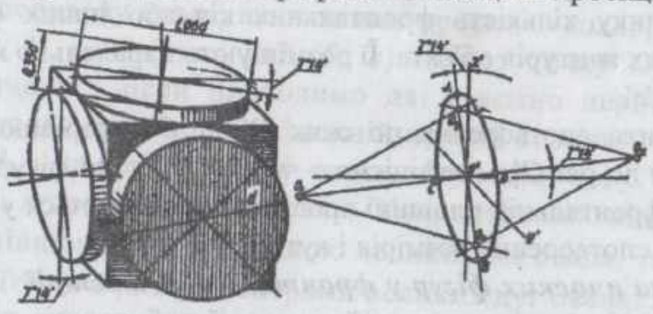


а *б* *в* *г*

Рис. 148

Побудова фронтальної диметрії кола

Передню грань куба, в яку вписано коло (рис. 149, *а*), зображено у вигляді квадрата, тому коло передньої грані не спотворюється. Це зручно при побудові в цій проекції круглих предметів, в яких багато кіл, паралельних площині V. Верхня і ліва грані куба проеціюються у формі паралелограмів. Еліпси, що зображуються, розміщені на цих гранях кола, мають таку саму форму і розміри, як і в прямокутній диметрії, тобто велика вісь дорівнює 1,06 d, мала - 0,35d. На відміну від прямокутної диметрії, велика вісь еліпса в площині H нахилена до горизонтального напряму під кутом 7° 14'. Велика вісь еліпса в площині W нахилена до вертикального напряму під кутом 7°14'. Спрощену побудову еліпсів як овалів виконують за тими самими правилами, що й у прямокутній диметрії. На рис. 149, *б* побудовано фронтальну диметрію кола, розміщеного в профільній площині проекцій.



а *б*

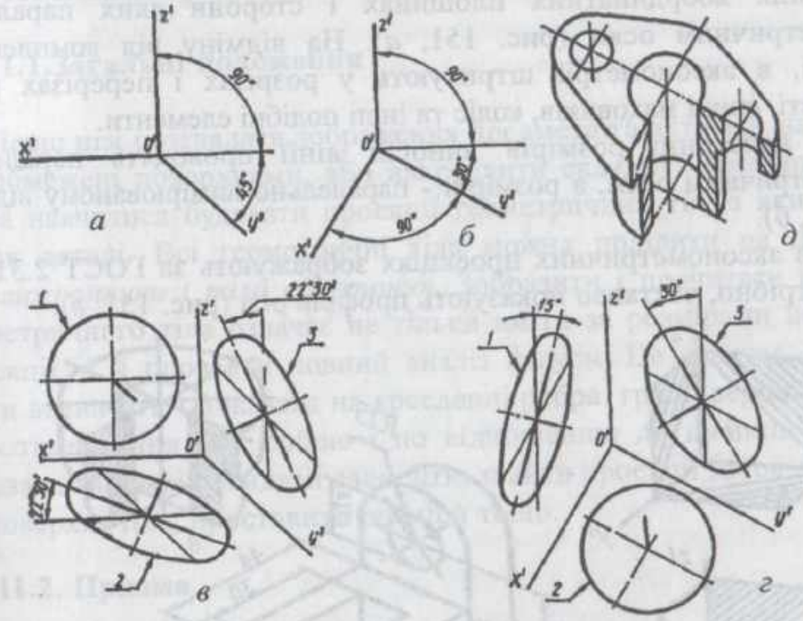
Рис. 149

За ГОСТ 2.317-69 крім косокутної фронтальної диметрії застосовують дві ізометричні проекції: фронтальна косокутна ізометрична проекція, горизонтально косокутна ізометрична проекція.

Фронтальна косокутна ізометрична проекція

Напрям аксонометричних осей показано на рис. 150, *а*. Кут нахилу осі $O'y'$ до горизонтального напряму 45°. Дозволяється застосовувати фронтальну ізометрію з кутом нахилу осі $O'y'$ - 30° і 60°. Усі три коефіцієнти спотворення по осях $O'x'$, $O'y'$ і $O'z'$ дорівнюють одиниці.

Кола, які лежать у площинах, паралельних фронтальній площині проекцій, проеціюються на аксонометричну площину проекцій у натуральну величину, а кола, що лежать у площинах, паралельних H і W, проеціюються в еліпси (рис. 150, *в*). Велика вісь еліпса 2 нахилена до горизонтального напряму, а еліпса 3 - до вертикального під кутом 22° 30'. Великі осі цих еліпсів дорівнюють 1,3 d, а малі - 0,54d, де d - діаметр зображуваного кола. Еліпси звичайно замінюють овалами, які будують за двома відомими осями.



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 150

Горизонтальна косокутна ізометрична проекція

Напрям аксонометричних осей показано на рис. 150, *б*. Дозволяється застосовувати горизонтальну ізометрію з кутом нахилу осі $O'y'$ 45°

і 60°, зберігаючи між осями $O'x'$ і $O'z'$ кут 90°. Коефіцієнти спотворення по осях $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ дорівнюють одиниці.

Кола, які лежать у площинах, паралельних горизонтальній площині проекцій, проеціюються без спотворення, тобто в натуральну величину, а кола, що лежать у площинах, паралельних площинам H і W, - в еліпси (рис. 150, *г*). Велика вісь еліпса *3* нахилена під кутом 30°. Величина великої осі еліпса дорівнює 1,37 *d*, а мала - 0,37 *d*; величина великої осі еліпса 3 дорівнює 1,22 d, а малої - 0,71 *d*. Спряжені діаметри еліпсів, тобто діаметри, паралельні аксонометричним осям, у всіх еліпсів дорівнюють *d*. Побудову еліпса 3 виконують за правилами побудови кіл у прямокутній ізометрії, а еліпс 1 будують як овал за двома відомими осями.

На рис. 150, *д* показано приклад виконання технічної деталі в косокутній горизонтальній ізометрії.

Лінії штриховки розрізів і перерізів в аксонометричних проекціях наносять паралельно одній з діагоналей проекцій квадратів, які лежать у відповідних координатних площинах і сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 151, *а*). На відміну від комплексних проекцій, в аксонометрії штрихують у розрізах і перерізах ребра жорсткості, спиці маховиків, коліс та інші подібні елементи.

При нанесенні розмірів виносні лінії проводять паралельно аксонометричним осям, а розмірні - паралельно вимірюваному відрізку (рис. 151, *б*).

Різь в аксонометричних проекціях зображують за ГОСТ 2.311-81. Якщо потрібно, частково показують профіль різі (рис. 151, *в*).

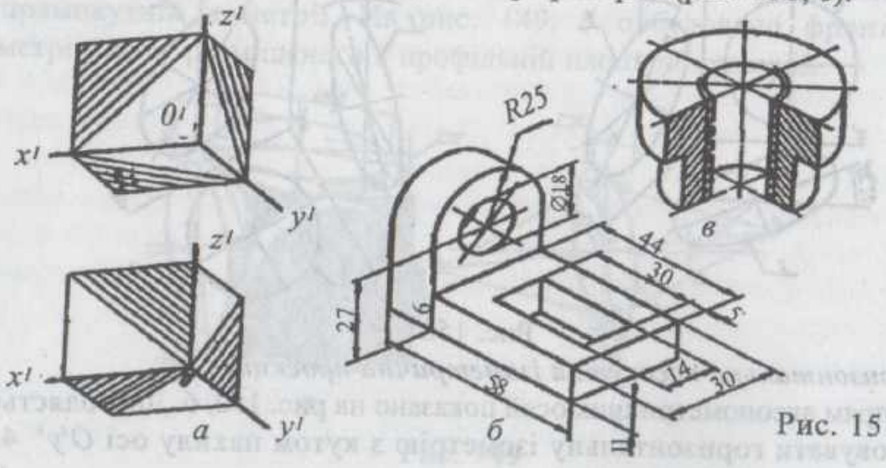


Рис. 151

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У чому перевага аксонометричних проекцій порівняно з комплексними?

2. Суть аксонометричного проеціювання.

3. Що називається коефіцієнтом спотворення?

4. Як класифікують аксонометричні проекції?

5. Як будувати осі в прямокутній ізометрії і чому дорівнюють показники спотворення за аксонометричними осями?

6. Як будувати осі в прямокутній диметрії і чому дорівнюють показники спотворення за аксонометричними осями?

7. Як побудувати коло в ізометрії, якщо площина кола паралельна площині проекцій H?

8. Як побудувати коло в прямокутній диметрії, якщо площина кола паралельна площині проекцій H, площині V?

9. Назвати косокутні аксонометричні проекції.

§11. ПОВЕРХНІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

11.1.Загальні положення

Перш ніж розглядати зображення предмета та деталей на рисунку, які обмежені поверхнями, або накреслити складну технічну деталь, треба навчитися будувати проекції геометричних тіл, з яких складаються деталі. Всі геометричні тіла можна поділити на дві групи: *багатогранники і тіла обертання*. Зобразити і прочитати креслення геометричного тіла означає не тільки вміти за розмірами побудувати проекції, а й провести повний аналіз фігури. Це означає, що треба вміти визначати і показати на кресленні ребра, грані, вершини, твірні, їх розташування між собою і по відношенню до площин проекцій, показати видимі і невидимі елементи, знайти проекції точок, що лежать на поверхні тіла, проставити розміри тощо.

11.2. Призма

Призматична поверхня утворюється внаслідок ковзання твірної по довільній напрямній замкненій ламаній лінії так, що окремі її положення залишаються між собою паралельними, то утворюється поверхня.

Призмою називається багатогранник, що утворюється перерізом призматичної поверхні двома паралельними площинами.

Дві грані призми ***(основи)*** є однаковими багатокутниками з відповідно паралельними сторонами, а ***бічні грані*** в загальному випадку паралелограми (рис.152,*б*).Лінії перетину граней бічні і називаються ***ребрами***. Ребра призми поділяються на ***бічні ребра*** і ***основи***. Точки перетину ребер, або точки, в яких сходяться грані, називаються ***вершинами багатогранника***.

Призма називається ***прямою*** (рис.152,*а,в,г*), якщо бічні ребра перпендикулярні до основи, і ***похилою*** (рис.152,*б*), коли вони не перпендикулярні. Бічні грані прямої призми - прямокутники, похилої - паралелограми. Призми поділяються на правильні і неправильні. ***Правильною*** називається призма, в основі якої лежить правильний багатокутник. За формою основи призми бувають трикутні, чотирикутні, шестикутні тощо. Якщо в основі призми лежить прямокутник або паралелограм, вона називається ***паралелепіпедом***. Прямий паралелепіпед, в основі якого лежить прямокутник, називається ***прямокутним*** (рис.152,*в*).

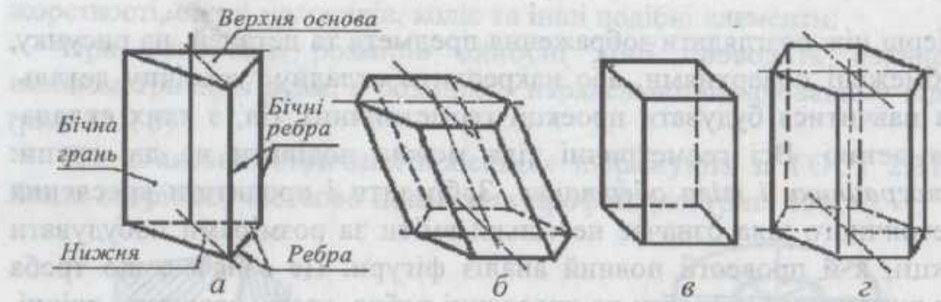


Рис.152

Побудова проекцій призми на комплексному кресленні (рис.153,*а*)

Треба побудувати проекції прямої правильної трикутної призми, що стоїть на площині H. Основа вписана в коло діаметром 50 мм, висота призми - 48 мм.На площину проекцій H призма проектується рівностороннім трикутником, який є проекцією нижньої і верхньої основ призми. Сторони трикутника є проекціями бічних граней призми, а його вершини - проекціями бічних ребер. На площині проекцій V призма зобразиться у вигляді прямокутника, величина якого дорівнює грані, паралельній площині V. Проекція переднього

ребра призми ділить прямокутник навпіл. На площину V призма проектується у вигляді прямокутника, величина якого буде меншою за натуральну величину бічної грані призми. На рис.153, а побудову профільної проекції виконано за допомогою постійної прямої креслення.

Аналіз креслення призми

Призма, зображена на рис.153, *а*, має 5 граней, 9 ребер і 6 вершин. Грань *ABC* - нижня основа призми - лежить у площині проекцій H, а верхня основа *EFD* паралельна площині проекцій H і віддалена від неї на 48 мм. На горизонтальну площину проекцій верхня і нижня основи призми проектуються в натуральну величину. Бічна грань ADC, паралельна площині проекцій V, зобразиться на ній в натуральну величину і праві грані AEFB і FDCB - горизонтально проектуючі площини - на фронтальній і профільній проекціях зображені скороченими. Величина скорочення залежить від кута нахилу грані до відповідної площини проекцій. Чим більший кут нахилу, тим більше скорочення цієї грані. Грані AEFB і FDCB розміщено до площини V під кутом 60° , а до площини W - під кутом 30°. Тому величина скорочення цих граней на фронтальній площині проекцій більша порівняно із скороченням на профільній проекції (тобто площа прямокутника *a'e'f'b'* менша за площу *a"e"f"b"*).

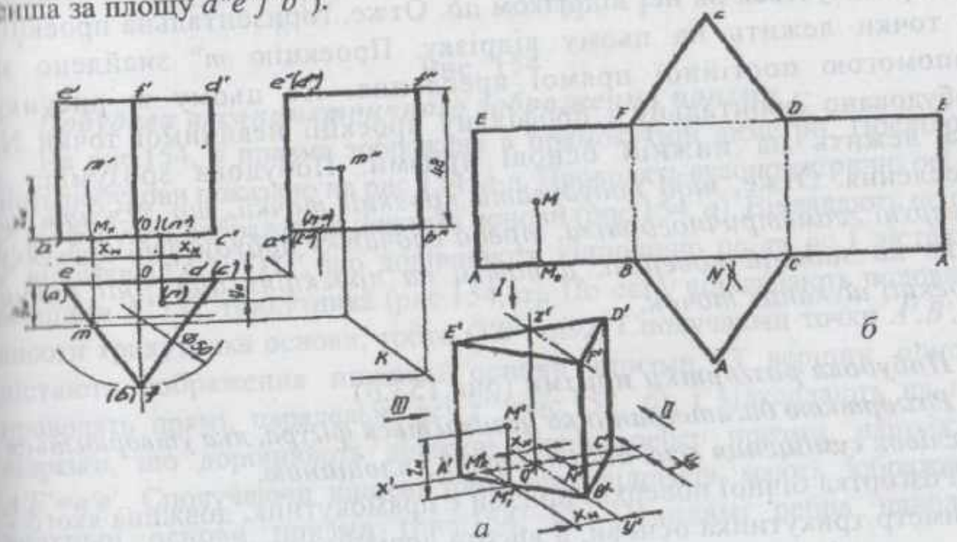


Рис.153

Шість ребер призми є ребрами верхньої і нижньої основ. Ребра *AB, BC, CA* лежать у горизонтальній площині H, а ребра *EF, FD, DE* паралельні цій площині і проектуються на H у натуральну величину. Ребра AC і ED - профільно проектуючі прямі, які на H і V зображені відрізками, паралельними осі *Ox*. Бічні ребра призми - горизонтально проектуючі прямі. На площину H вони проектуються у вигляді точок, а на V і W - у вигляді відрізків, перпендикулярних до осей проекцій *Ox* і Oy_1. Ці відрізки дорівнюють натуральній величині ребер призми.

Видимість елементів призми

Горизонтальна проекція - це зображення призми в напрямі стрілки I (рис.153, *в*). Тому на площині H видимою буде лише верхня основа призми. Стрілка II показує напрям променів зору при побудові фронтальної проекції; отже, на цій проекцій грані *AEFB* і FDCB видимі, а грань *AEDC* - невидима. На профільній площині видимою буде лише бічна грань *AEFD*, бо напрям зору відповідає стрілці *III*.

Визначення проекцій точок, що лежать на поверхні призми

На рис.153, *а* задано фронтальну проекцію точки *m'*, яка лежить на лівій бічній грані призми. Ця грань перпендикулярна до площини *H* і проектується на неї відрізком *ab*. Отже, горизонтальна проекція *m* точки лежить на цьому відрізку. Проекцію *m"* знайдено за допомогою постійної прямої креслення. На цьому ж рисунку побудовано фронтальну і профільну проекції невидимої точки N, яка лежить на нижній основі призми. Побудова зрозуміла з креслення. Отже, *щоб побудувати проекції точки, що лежить на поверхні геометричного тіла, треба спочатку побудувати будь-яку лінію на заданій поверхні, а потім на проекціях цієї лінії взяти проекції шуканих точок.*

Побудова розгортки призми (рис.153,*б*)

Розгорткою багатогранника називається фігура, яка утворюється внаслідок суміщення всієї його поверхні з площиною.

Розгортка бічної поверхні призми є прямокутник, довжина якого - периметр трикутника основи, а висота дорівнює висоті призми. Щоб

розгортка була повною, докреслюють верхню і нижню основи призми. На розгортку переносять точки *M* і *N*. Для цього на ребрі *AB* відкладають відрізок $AM_0 = am$ і через точку M_0 проводять пряму, паралельну напряму бічних ребер призми. Відкладають на цій прямій відрізок M_0M, що дорівнює відрізку M_1m'. Точку *N* побудовано способом засічок. Вимірюють циркулем на горизонтальній проекції відрізки *bn* і *cn* і з точок *B* та *C* як із центрів проводять дуги до взаємного їх перетину в точці N. На прямокутнику розгортки лінії перетину (ребра призми) креслять штрихпунктирною лінією з двома пунктирами.

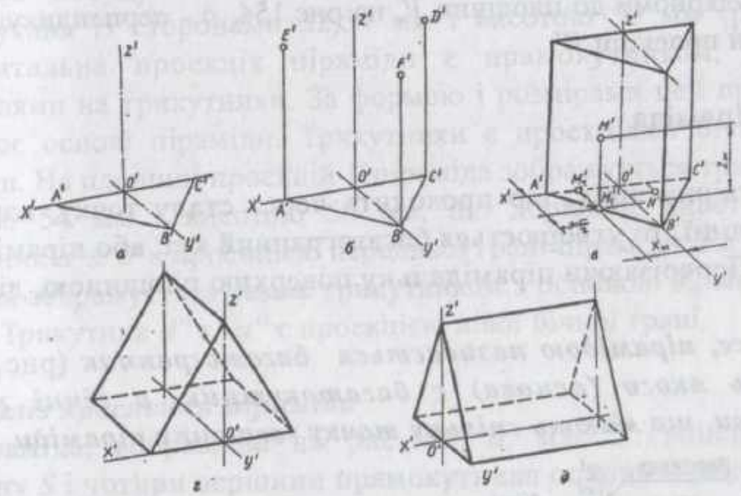


Рис. 154

Побудова аксонометричного зображення призми

На рис.154, *в* призма зображена в прямокутній диметрії. Послідовність побудови показано на рис.154, *а-в*. Проводять аксонометричні осі *x'*, *y'*, *z'* і будують зображення нижньої основи (рис.154, *а*). Вікладають по осі *x'* відрізки O'A' і O'C', що дорівнюють відповідно *oa* та *oc* і дістають вершини A' і C' трикутника (рис.154, *а*). По осі *y* відкладають половину висоти трикутника основи, тобто *O'B'=ob/2*. Сполучаючи точки *A',B',C'*, дістають зображення нижньої основи призми. З вершин основи проводять прямі, паралельні осі *z'* (рис.154, *б*), і відкладають на них відрізки, що дорівнюють довжині бічних ребер призми, наприклад *A'E'=a'e'*. Сполучаючи кінцеві точки цих відрізків, мають зображення верхньої основи призми (рис.154, *в*). Невидимі ребра наводять

штриховою лінією. Переносять на аксонометричне зображення точки M і N. Роблять це способом координат. Вліво від точки O' по осі x' відкладають відрізок $O'M'x = x_M$ і проводять пряму, паралельну осі y', до перетину з ребром основи в точці m'. З утвореної вторинної проекції m'_1 проводять пряму, паралельну осі z', і відкладають на цій прямій відрізок m'_1M', який дорівнює z. Лінія $O'M'_xm'_1M'$, що складається з трьох ланок,кожна з яких дорівнює відповідно одній з координат точки M, є *триланковою кординатною ламаною лінією.*

На рис.154, *г* трикутну призму показано в положенні, перпендикулярному до площини V, на рис.154, *д* - перпендикулярному до площини проекцій W.

11.3. Піраміда

Якщо твірна лінія, що проходить через сталу точку, ковзає по замкненій лінії, то утворюється багатогранний кут, або пірамідальна поверхня. Перерізаючи пірамідальну поверхню площиною, дістають піраміду.

Отже, пірамідою називається багатогранник (рис.155,*а*), ***одна грань якого (основа) є багатокутник, а бічні грані - трикутники, що мають спільну точку -вершину піраміди.***

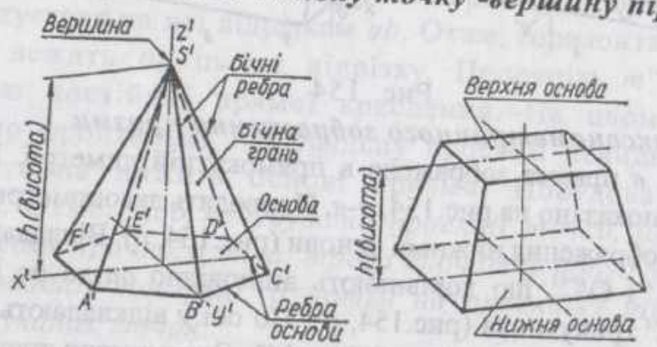


Рис.155

Піраміда називається ***правильною***, коли в її основі лежить правильний багатокутник і вісь проходить через центр основи. Бічні грані правильної піраміди - рівнобедренні трикутники.

Найкоротша відстань від вершини до основи називається ***висотою***

піраміди. Якщо піраміду розсікти площиною, паралельною її основі, то утвориться така частина піраміди, яка між основою і січною площиною називається ***зрізаною пірамідою*** (рис.155,*б*). Сторони верхньої і нижньої основ зрізаної піраміди паралельні між собою. Зрізана піраміда називається правильною, коли в її основах лежать правильні багатокутники.

Побудова проекцій піраміди на комплексному кресленні

Треба побудувати проекції піраміди, в основі якої лежить прямокутник із сторонами 32,54 мм і висотою 50 мм (рис.156, *а*). Горизонтальна проекція піраміди є прямокутником, поділеним діагоналями на трикутники. За формою і розмірами цей прямокутник дорівнює основі піраміди. Трикутники є проекціями бічних граней піраміди. На площині проекцій V піраміда зображується трикутником з основою 54 мм і висотою 50 мм, що дорівнює висоті піраміди. Трикутник $a'\,s'\,b'$ є проекцією передньої грані піраміди. На площині W піраміда зображується також трикутником з основою 32 мм і висотою 50 мм. Трикутник $d''\,s''\,a''$ є проекцією лівої бічної грані.

Аналіз креслення піраміди

Піраміда, зображена на рис.156, *а*, має 5 граней, 8 ребер, вершину S і чотири вершини прямокутника основи. Грані SAD і SBC - фронтально проектуючі площини, які на площині V зображуються відрізками прямих, а на площинах W і H - трикутниками зменшеної величини. Величина зменшення залежить від кута нахилу цих граней до площин H і W. Грані SAB і SDC - профільно проектуючі площини, які на W зображуються відрізками прямих, а на H і V - трикутниками зменшеної величини. Основа піраміди $ABCD$ лежить у площині H і проектується на неї в натуральну величину. Ребра AB і CD - профільно проектуючі, а ребра AD і BC - фронтально проектуючі прямі. Бічні ребра SA, SB, SC, SD - прямі загального положення, які на жодну з площин проекцій не проектуються в натуральну величину.

Видимість елементів піраміди визначаємо так, як і в призми.

Визначення проекцій точок, що лежать на поверхні піраміди

На рис.156, *а* задано горизонтальну проекцію точки n, яка

штриховою лінією. Переносять на аксонометричне зображення точки M і N. Роблять це способом координат. Вліво від точки O' по осі x' відкладають відрізок $O'M'x = x_M$ і проводять пряму, паралельну осі y', до перетину з ребром основи в точці m'. З утвореної вторинної проекції m'_1 проводять пряму, паралельну осі z', і відкладають на цій прямій відрізок m'_1M', який дорівнює z. Лінія $O'M'_xm'_xM'$, що складається з трьох ланок,кожна з яких дорівнює відповідно одній з координат точки M, є *триланковою кординатною ламаною лінією*.

На рис.154, *г* трикутну призму показано в положенні, перпендикулярному до площини V, на рис.154, *д* - перпендикулярному до площини проекцій W.

11.3. Піраміда

Якщо твірна лінія, що проходить через сталу точку, ковзає по замкненій лінії, то утворюється багатогранний кут, або пірамідальна поверхня. Перерізаючи пірамідальну поверхню площиною, дістають піраміду.

Отже, пірамідою називається багатогранник (рис.155,*а*), ***одна грань якого (основа) є багатокутник, а бічні грані - трикутники, що мають спільну точку -вершину піраміди.***

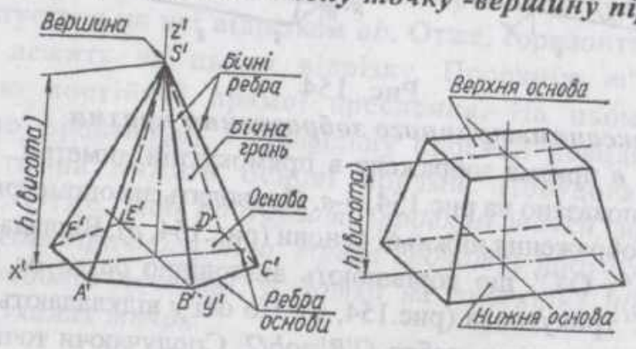


Рис.155

Піраміда називається ***правильною***, коли в її основі лежить правильний багатокутник і вісь проходить через центр основи. Бічні грані правильної піраміди - рівнобедренні трикутники.

Найкоротша відстань від вершини до основи називається ***висотою***

піраміди. Якщо піраміду розсікти площиною, паралельною її основі, то утвориться така частина піраміди, яка між основою і січною площиною називається ***зрізаною пірамідою*** (рис.155,*б*). Сторони верхньої і нижньої основ зрізаної піраміди паралельні між собою. Зрізана піраміда називається правильною, коли в її основах лежать правильні багатокутники.

Побудова проекцій піраміди на комплексному кресленні

Треба побудувати проекції піраміди, в основі якої лежить прямокутник із сторонами 32,54 мм і висотою 50 мм (рис.156, *а*). Горизонтальна проекція піраміди є прямокутником, поділеним діагоналями на трикутники. За формою і розмірами цей прямокутник дорівнює основі піраміди. Трикутники є проекціями бічних граней піраміди. На площині проекцій V піраміда зображується трикутником з основою 54 мм і висотою 50 мм, що дорівнює висоті піраміди. Трикутник $a's'b'$ є проекцією передньої грані піраміди. На площині W піраміда зображується також трикутником з основою 32 мм і висотою 50 мм. Трикутник $d''s''a''$ є проекцією лівої бічної грані.

Аналіз креслення піраміди

Піраміда, зображена на рис.156, *а*, має 5 граней, 8 ребер, вершину S і чотири вершини прямокутника основи. Грані SAD і SBC - фронтально проектуючі площини, які на площині V зображуються відрізками прямих, а на площинах W і H - трикутниками зменшеної величини. Величина зменшення залежить від кута нахилу цих граней до площин H і W. Грані SAB і SDC - профільно проектуючі площини, які на W зображуються відрізками прямих, а на H і V - трикутниками зменшеної величини. Основа піраміди $ABCD$ лежить у площині H і проектується на неї в натуральну величину. Ребра AB і CD - профільно проектуючі, а ребра AD і BC - фронтально проектуючі прямі. Бічні ребра SA, SB, SC, SD - прямі загального положення, які на жодну з площин проекцій не проектуються в натуральну величину.

Видимість елементів піраміди визначаємо так, як і в призми.

Визначення проекцій точок, що лежать на поверхні піраміди

На рис.156, *а* задано горизонтальну проекцію точки n, яка

лежить на ребрі *AS*. Виходячи з умов, що точка лежить на прямій, коли її проекції лежать на однойменних проекціях цієї прямої, проводять вертикальну і горизонтальну лінію зв'язку і знаходять фронтальну *n'* і профільну *n"* проекції точки.

Задано також фронтальну проекцію *f* точки, яка лежить на передній грані *ASB*. Горизонтальну проекцію *f* можна знайти двома способами. Перший полягає в тому, що використовують збиральні властивості профільно проектуючої грані ASB. На площині *W* ця грань зобразиться відрізком *a" s"*. Провівши з *f'* лінію зв'язку, знаходять профільну проекцію *f"*. При другому способі через задану точку в площині грані ASB проводять допоміжну пряму (рис.156, *а*). Фронтальна проекція *f' e'* цієї прямої проведена паралельно *a' b'*, тому й горизонтальна її проекція *fe* буде паралельна *ab*. Опустивши з *f'* вертикальну лінію зв'язку до перетину з *ef*, знаходять горизонтальну проекцію *f* і точки *F*.

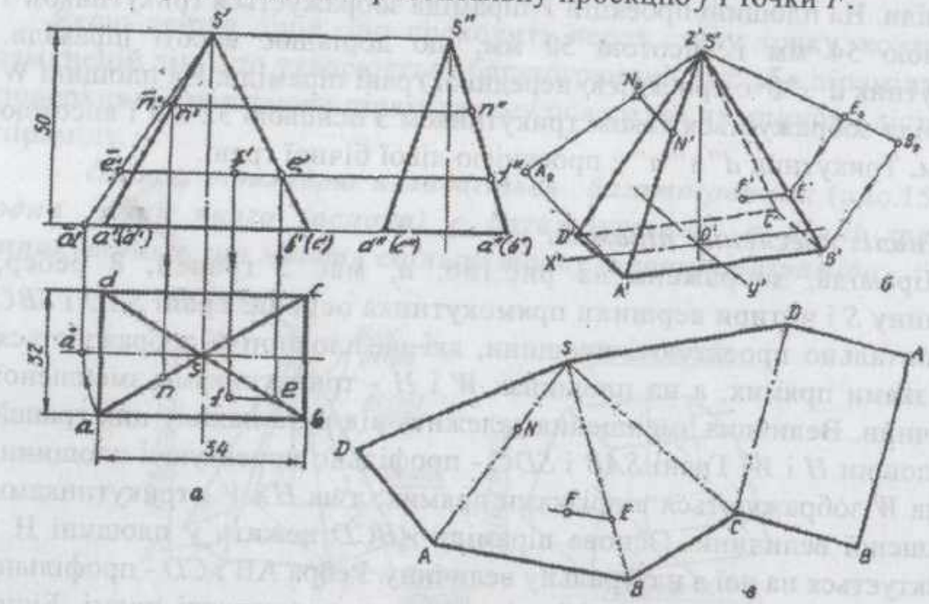


Рис.156

Побудова розгортки піраміди

Для побудови розгортки піраміди треба визначити натуральну величину всіх її ребер. Ребра основи проектуються в справжню величину на площину проекцій H. Натуральну величину одного з бічних ребер, наприклад *SA*, знаходять способом обертання

(рис.156, *а*) навколо осі, що проходить через вершину піраміди *S* перпендикулярно до її основи. Горизонтальна проекція ребра після обертання займе положення sa, паралельне осі *Ox*. На фронтальній площині проекцій точка *a'* переміщується в положення *a'*. Пряма *s'a'* - натуральна величина бічного ребра піраміди.

З довільної точки *S* (рис.156, *в*) радіусом, що дорівнює натуральній величині ребра, тобто *SD* =*s'a'*, проводять дугу кола, на якій засікають чотири хорди, що відповідно дорівнюють размірам сторін основи піраміди, наприклад, *AD=d, AB=ab* тощо. Сполучаючи точки *S, D, A, B, C, D, S*, дістають розгортку бічної поверхні. Добувають прямокутник основи піраміди. При обертанні ребра *SA* до положення, паралельного фронтальній площині проекцій точка *N*, що лежить на цьому ребрі, переміститься в положення *N*. Вимірюють величину відрізка *s' n'* і відкладають її на розгортці *(SN=s'n')*. Якщо обертати ребро *BS* до положення, паралельного площині проекцій *V*, точка *e'* переміститься паралельно осі *Ox* і займе положення *e'*. Відкладають на ребрі *BS* розгортки відрізок *SE=s'e'*. З точки *E* проводять пряму *EF*,паралельну ребру AB, і знаходять на цій прямій точку *F(EF=ef)*.

Побудова аксонометричного зображення

На рис.156, *б* піраміду побудовано в прямокутній диметрії. Проводять аксонометричні осі *x',y',z'*. Побудову починають з основи піраміди, відкладаючи по осі *x'* довжину прямокутника, тобто 54 мм, а по осі *y'* - половину ширини прямокутника, тобто 16 мм. Основа піраміди зобразиться у вигляді паралелограма. З точки *O'* по осі *z'* відкладають висоту піраміди (50 мм) і знайдену проекцію *s'* вершини сполучають з вершинами *A',B',C',D'* основи. Невидимі ребра наводять штриховою лінією. Для зображення в диметрії точок *N* і *F* використовують правило пропорційного ділення відрізка (зауважимо, що аксонометрія - це паралельна проекція і для неї зберігаються всі закони паралельного проектування, зокрема правило пропорційного ділення). З точки *S'* під довільним кутом проводять пряму, на якій відкладають відповідно відрізки *S'N₀=s'n' і N₀A₀=n'a'*. Точку A_0 сполучають з *a'*, а з точки N_0 проводять пряму N_0n', паралельну A_0a'. Точка *N'* - шукана проекція точки *N*. Аналогічно знаходять точку *e'*. З точки *e'* проводять пряму *e'f'||a'b'* і відкладають відрізок *e'f' =e'f'*.

Зрізана п'ятикутна піраміда зображена на комплексному кресленні і в аксонометрії на рис.157. Побудову аксонометрії показано послідовно.

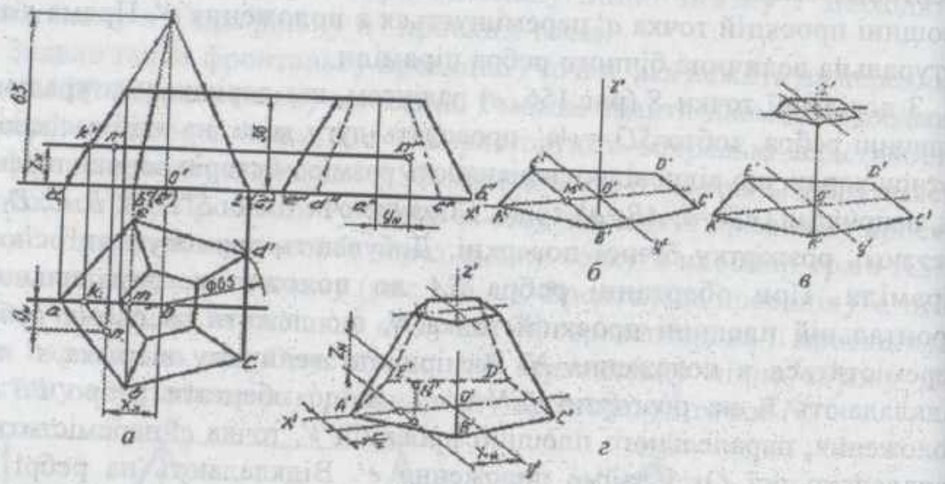


Рис. 157

11.4. Циліндр

Якщо прямокутник *ABCD* (рис.158, *а*) обертати навколо однієї з його сторін, наприклад *CD*, то протилежна сторона *AB* опише циліндричну поверхню, а малі сторони прямокутника *AD* і *BC* опишуть дві площини, які матимуть форму кругів.

Циліндром називається тіло, обмежене циліндричною поверхнею і двома паралельними площинами (основами).

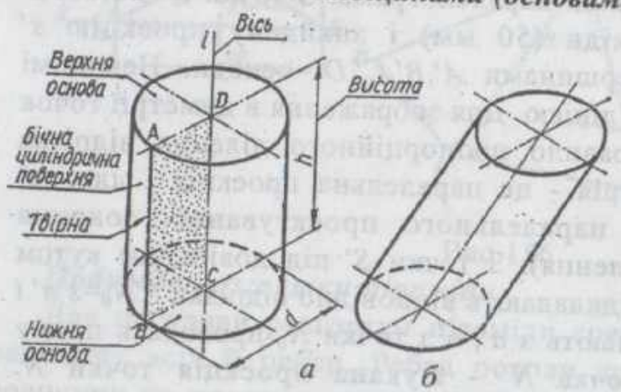


Рис. 158

Пряма *i* - вісь циліндра, а *AB* - його твірна. Відстань між площинами основ називається ***висотою.*** Циліндри поділяються на ***прямі*** (рис. 158, *а*) і ***похилі*** (рис. 158, *б*). Прямим називається циліндр, в якого твірні перпендикулярні до основи. Технічні деталі найчастіше мають форму прямих кругових циліндрів.

Побудова проекцій циліндра на комплексному кресленні

Треба побудувати проекції прямого кругового циліндра, діаметр основи якого дорівнює 40 мм, а висота 50 мм, вісь циліндра перпендикулярна до площини *H* (рис.159, *а*). На горизонтальну площину циліндр проектується у вигляді круга діаметром 40 мм, на площину *V* і *W* - у вигляді прямокутників, висота яких дорівнює висоті циліндра (50 мм), а ширина - діаметру основи (40 мм).

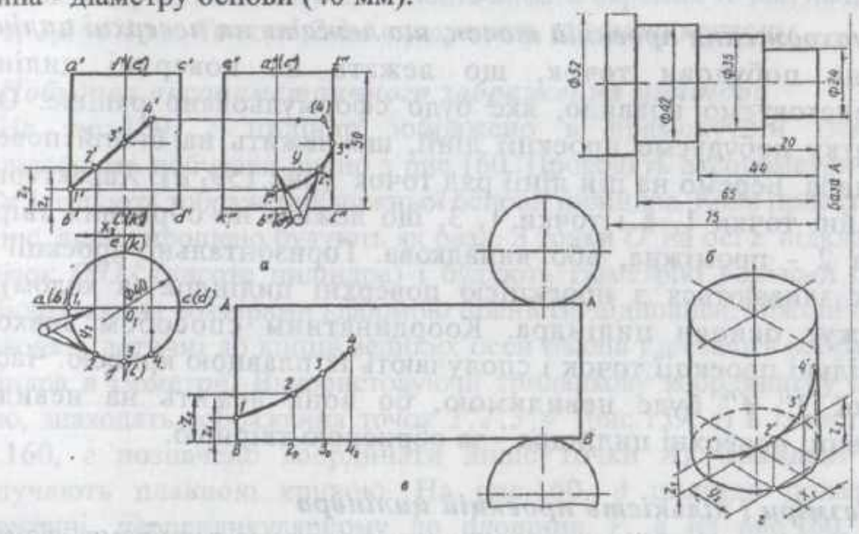


Рис. 159

Аналіз креслення циліндра

Нижня основа циліндра лежить у площині проекцій *H*, а верхня паралельна цій площині і розміщена від неї на відстані 50 мм . На горизонтальну площину проекцій обидві основи проектуються в натуральну величину, тобто у вигляді круга діаметром 40 мм. Коло, що обмежує основу, є проекцією бічної циліндричної поверхні. Твірні цієї поверхні займають горизонтально проектуюче положення і проектуються на *H* у вигляді точок. Коло основи на *H* є слідом-проекцією циліндричної поверхні і має збиральні властивості. Це означає, що на цьому колі розміщені горизонтальні проекції довільних точок, ліній, фігур, які лежать на конічній циліндричній поверхні. Твірні AB і CD, що обмежують прямокутник на фронтальній площині, називаються *обрисними.* На площині W проекції цих твірних зливаються з віссю симетрії. Твірні *EK* і *FL* є *обрисними відносно профільної площини проекцій.*

Видимість елементів циліндра

На площині *H* видимою буде лише верхня основа циліндра. На фронтальній площині проекцій видимою є передня частина циліндричної поверхні. Межами, що відокремлюють видиму частину поверхні від невидимої, є проекції обрисних твірних *a'b'* і *c'd'*. На профільній площині видимою є ліва частина циліндра.

Знаходження проекцій точок, що лежать на поверхні циліндра

Для побудови точок, що лежать на поверхні циліндра, використовуємо правило, яке було сформульовано раніше. Отже, спочатку побудуємо проекції лінії, що лежить на бічній поверхні циліндра. Беремо на цій лінії ряд точок (рис.159, *а*). Характерними є крайні точки 1, 4 і точки 1, 3, що лежать на обрисних твірних. Точка 2 - проміжна, або випадкова. Горизонтальні проекції всіх точок зливаються з проекцією поверхні циліндра (з колом), що обмежує основи циліндра. Координатним способом знаходять профільні проекції точок і сполучають їх плавною кривою. Частина кривої *3'' 4''* буде невидимою, бо вона лежить на невидимій половині поверхні циліндра - за обрисною твірною.

Розміри і кількість проекцій циліндра

Прямий круговий циліндр визначається двома розмірами: діаметром кола основи і висотою. Якщо технічна деталь має циліндричну форму, то для її зображення досить однієї проекції, бо значок "∅" свідчить про те, що деталь має форму тіла обертання.

На рис. 159, *б* в одній проекції зображено циліндричний ступінчастий валик. Зверніть увагу на те, що розміри, які показують довжину окремих його частин, проставлено від однієї розмірної бази *A*. Це враховує технологію виготовлення деталі. При виготовленні спочатку валик проточують по діаметру 52 мм на всю його довжину 75 мм. Потім обробляють перший ступінь діаметром 42 мм по довжині 65 мм. Після цього обробляють другий ступінь діаметром 35 мм на довжині 44 мм і т. д. Правильне нанесення розмірів показує послідовність технології виготовлення деталі на верстаті.

Розгортка циліндра

Розгорткою бічної поверхні циліндра (рис.159, *в*) є прямокутник, довжина якого дорівнює довжині кола основи циліндра, тобто в

нашому випадку $pd=3,14 \cdot 40=125,6$ *мм*, а висота дорівнює висоті циліндра (50 мм). Щоб мати повну розгортку, додають верхню і нижню основи циліндра, тобто два круги діаметром 40 мм. Для того, щоб побудувати на розгортці лінію *1-2-3-4*, відкладають на основі прямокутника довжину окремих дуг кола між точками $1_1,2_1,3_1,4_1$ (наближено можна відкласти довжину відповідних хорд). З точок $B,2_0,3_0,4_0$ проводять вертикальні прямі, на яких відкладають висоти окремих точок, наприклад $B1=z$; $2_02=z'$ і т.д. Точки *1,2,3,4* сполучають плавною кривою.

Побудова аксонометричного зображення циліндра

На рис.160, *г* циліндр зображено в прямокутній ізометрії. Послідовність побудови видно з рис.160. Проводять аксонометричні осі *x',y',z'* і будують зображення нижньої основи циліндра. Коло проектується в еліпс, який спрощено будують як овал. З точки *O'* на осі *z'* відкладають відрізок $O'O_1'$ (висота циліндра) і будують ізометрію верхньої основи циліндра, яка за розмірами і формою повністю відповідає нижній основі. Проводять дотичні до кінців великих осей овалів і дістають зображення циліндра в ізометрії. Використовуючи триланкову координатну ламану лінію, знаходять зображення точок *1',2',3',4'* (рис.159, *г*) в ізометрії (на рис.160, *г* позначено координати лише точки *A*). Знайдені точки сполучають плавною кривою. На рис.160, *д* циліндр показано в положенні, перпендикулярному до площини *V*, а на рис.160, *е* - в положенні, перпендикулярному до *W*.

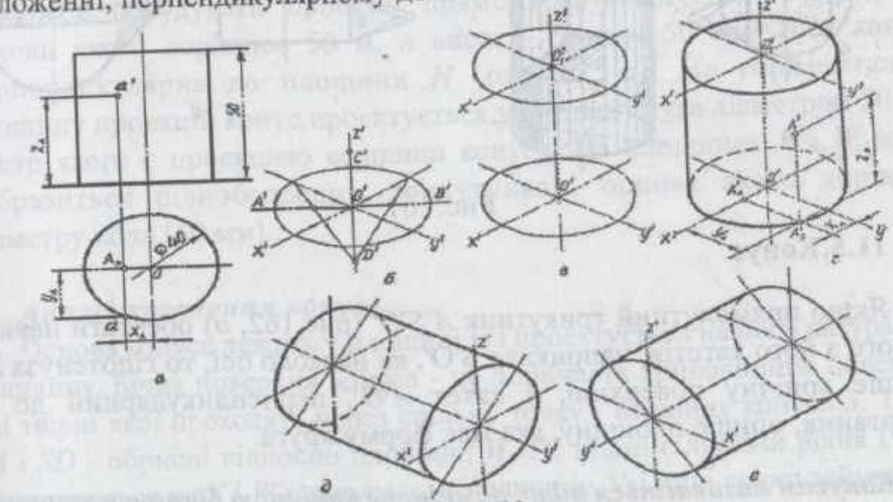


Рис. 160

Три проекції циліндра, в якому зроблено виріз горизонтальною площиною г і двома профільними площинами б і в, зображено на рис.161, *а*. Площина г перерізає циліндр по колу, діаметр якого дорівнює діаметру основи циліндра. На площині *H* проекція кола перерізу збігається з проекцією основи циліндра. Профільна площина б перерізає бічну поверхню по твірних *AC* і *BD*. Відкладаючи циркулем-вимірником розмір y_D, профільні проекції *a"c"*, *b"d"* цих твірних. Переріз горизонтальної площини г з площиною б дає пряму *CD*, перпендикулярну до фронтальної площини проекцій. На профільній проекції ця лінія буде невидимою і тому наведено її штриховою лінією. Аналогічну картину матимемо від перерізу циліндра площиною в.

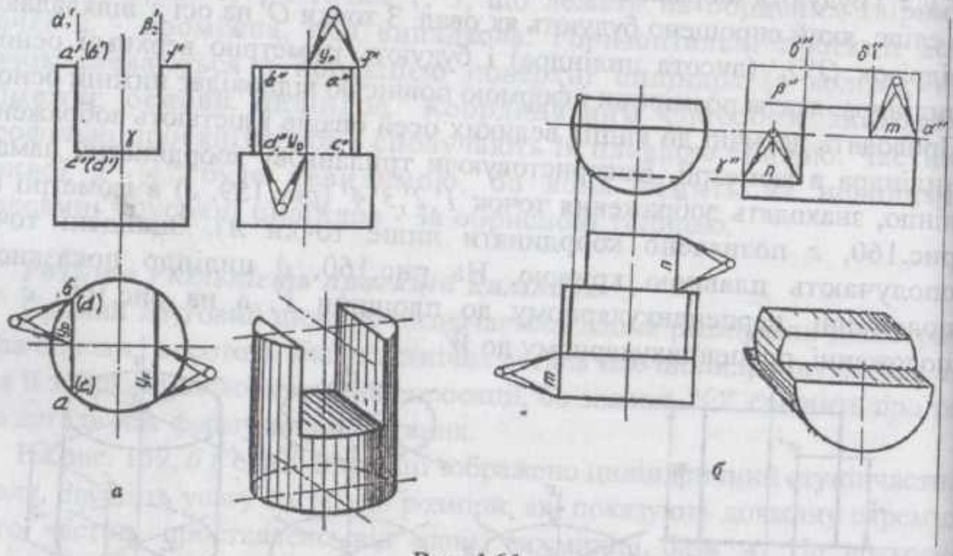


Рис.161

11.5.Конус

Якщо прямокутний трикутник *A'S'O'* (рис.162, *а*) обертати навколо одного з його катетів, наприклад S'O', як навколо осі, то гіпотенуза *S'A'* опише конічну поверхню, а катет *A'O'*, перпендикулярний до осі обертання, опише площину, яка має форму круга.

Конусом називається тіло, обмежене конічною бічною поверхнею і площиною, що перерізає всі його твірні.

Пряма *i* - ***вісь конуса***, а *A'S'* - його ***твірна***. Точка *S'* - ***вершина конуса***. Перпендикуляр, опущений з вершини на площину основи, називається ***висотою конуса***. Конуси поділяють на ***прямі*** (рис.162, *а*) і ***похилі*** (рис.162, *б*). ***Прямим круговим називається конус, в основі якого лежить круг, а висота проходить через центр основи.*** На рис.162, *в* зображено зрізаний конус, який можна розглядати як тіло, утворене обертанням прямокутної трапеції навколо бічної сторони *O'C'*, перпендикулярної до основи.

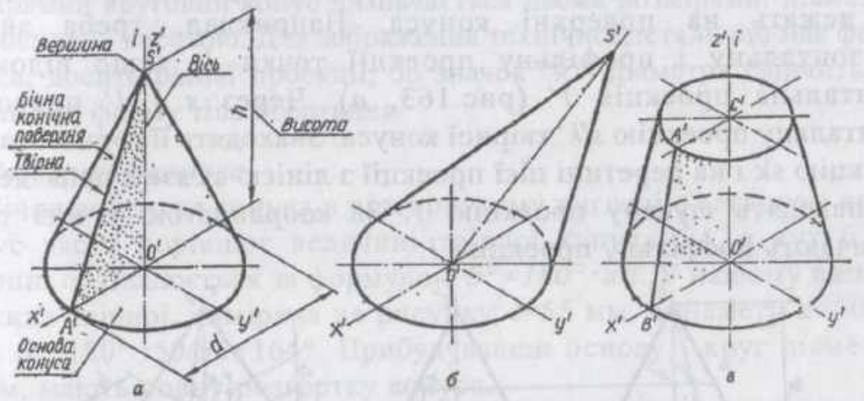


Рис.162

Побудова проекцій конуса на комплексному кресленні

Треба побудувати проекції прямого кругового конуса, діаметр основи якого дорівнює 50 м, а висота - також 50 мм. Вісь конуса перпендикулярна до площини *H* (рис.162, *а*). На горизонтальну площину проекцій конус проектується у вигляді круга діаметром 50 мм, центр якого є проекцією вершини конуса. На площинах *V* і *W* конус зобразиться рівнобедреним трикутником, основа якого дорівнює діаметру кола (50 мм).

Аналіз креслення конуса

Основа конуса лежить у площині H і проектується на неї в натуральну величину. Бічна поверхня конуса - це лінійчаста криволінійна поверхня, усі твірні якої проходять через спільну точку - вершину конуса *S*. Твірні *SA* і *SD* - обрисні відносно площини *W*. Ці твірні є лініями рівня і тому проектуються на *V* і *W* в натуральну величину. Усі інші твірні займають у просторі загальне положення.

Видимість елементів конуса

На площині *H* видимою буде вся бічна поверхня конуса. На фронтальній площині проекцій видимою є передня частина конічної поверхні. Межею, що відокремлює видиму частину поверхні від невидимої, є проекції *s'a'* і *s'b'* обрисних твірних. На профільній площині видимою є ліва частина конуса.

Знаходження проекцій конуса на комплексному кресленні

Для визначення проекцій точок використовують твірні або кола, що лежать на поверхні конуса. Наприклад, треба знайти горизонтальну і профільну проекції точки *1*, якщо відома її фронтальна проекція *1'* (рис.163, *а*). Через *s* і *1'* проводять фронтальну проекцію *s'k'* твірної конуса. Знаходять її горизонтальну проекцію sk і на перетині цієї проекції з лінією зв'язку, проведеної з *1'*, знаходять шукану проекцію *1*. За координатою у цієї точки визначають профільну проекцію *1*.

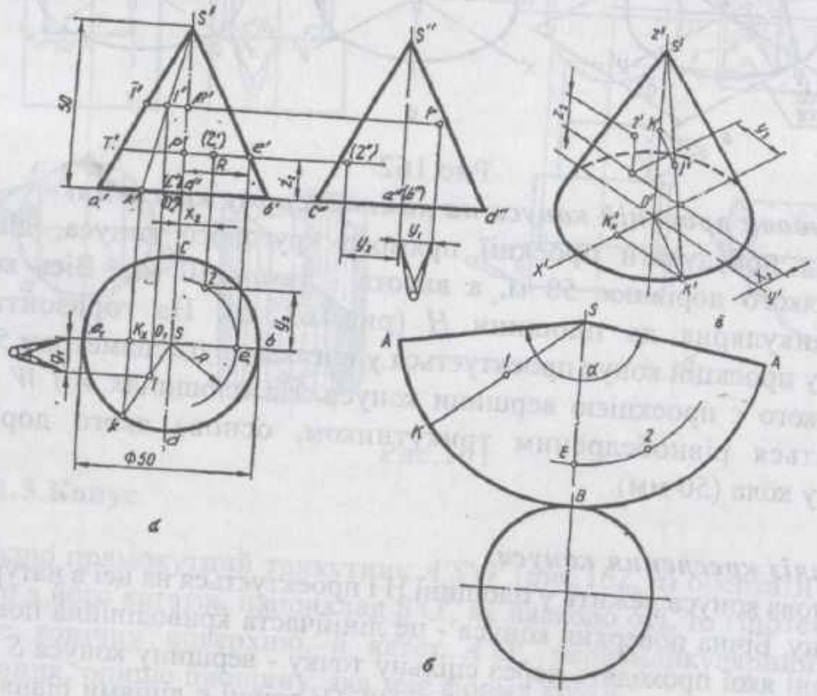


Рис.163

Горизонтальну проекцію точки *2* знайдено іншим способом. Через точку *2'* будують на конусі допоміжне коло. На фронтальній

проекції це коло має вигляд горизонтальної прямої. Діаметр його визначиться відрізком *e't'*, розміщеним між крайніми твірними конуса. Вимірявши радіус *R*, будують цим радіусом на площині *H* коло з центра *O*. Перетин лінії зв'язку, проведеної з точки *2'*, з допоміжним колом визначають горизонтальну проекцію *2*. Профільну проекцію *2''* знаходять координатним способом.

Розміри і кількість проекцій конуса

Прямий круговий конус визначається двома розмірами: діаметром кола основи і висотою. Для зображення технічної деталі, що має форму конуса, досить однієї проекції, бо значок "∅" діаметра свідчить, що деталь має форму тіла обертання.

Розгортка конуса

Бічна поверхня конуса в розгорнутому вигляді є сектором круга, радіус якого дорівнює величині твірної конуса *SA*, а кут б при вершині обчислюється за формулою $б°=180°\cdot d/l$. У нашому випадку довжина твірної, виміряна на рисунку, *l*=55 мм, а діаметр *d*=50 мм, отже б°=180° ·50/55≈164°. Прибудувавши основу - круг діаметром 50 мм, мають повну розгортку конуса.

На розгортці треба показати положення точок 1і 2. Для цього знаходять на розгортці твірну SK, відкладаючи величину дуги *AK (AK=ak)*. Роблять це , як правило, наближено, ділячи дугу *ak* на дві-три невеликі частини і замінюючи розмір дуги розміром відповідної хорди. Знайдену точку *K* сполучають з вершиною *S*. На твірній *KS* треба відкласти справжню величину відстані від вершини до точки *1*. Щоб знайти цю величину, повертають твірну на комплексному кресленні навколо осі, що проходить через вершину конуса перпендикулярно до площини *H*, до збігу з обрисною твірною AS. Тоді точка *1* переміститься в положення *1* і відстань *s'1'* буде шуканою натуральною відстанню. Відкладають відрізок *S1=s'1'*. Щоб знайти на розгортці точку *2*, з вершини *S* як із центра проводять дугу кола радіусом *SE=s'e'* і на проведеній дузі відкладають відрізок *E2=e2*.

Побудова ізометричного зображення конуса

Проводять аксонометричні осі *x'* , *y'* , *z'* і будують зображення основи конуса (рис.164, *а*). З точки *O'* (рис.164, *б*) відкладають по осі *z'* висоту конуса, із знайденої вершини *S'* проводять дотичні до основи.

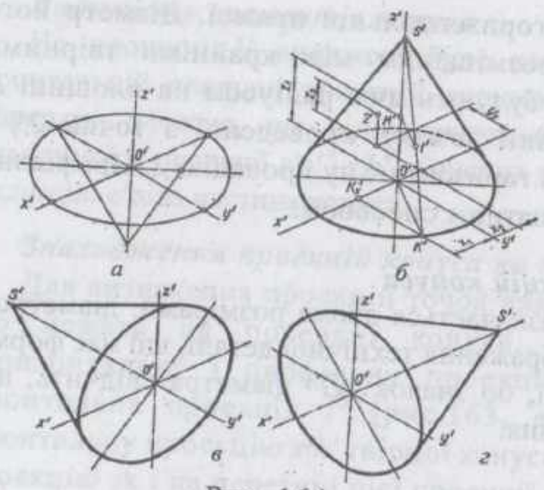


Рис. 164

Щоб знайти в ізометрії зображення точки *1*, відкладають по осі *x'* відрізок $O'K'_x$ і з точки K'_x проводять пряму, паралельну осі *y'*. Знайдену точку K' сполучають із *S'*. Пряма *S'K'* - твірна, на якій лежить точка *1*. Відкладають по осі *z'* координату z_1 цієї точки *M'*, проводять пряму *M'1*∥*O'K'* (*O'K'* - вторинна проекція твірної *SK*). Точку *2'* на рис.164, *б* знайдено координатним способом.

На рис. 164, *в* зображено конус у положенні, перпендикулярному до площини проекцій *V*, а на рис.164, *г* - у положенні, перпендикулярному до площини *W*.

11.6. Куля (сфера)

Якщо півколо A'K'B' обертати навколо діаметра A'B' (рис.165), то дуга A'K'B' опише сферичну поверхню. Пряма *i* - ***вісь обертання***, дуга A'B' - ***твірна*** цієї поверхні. Усі точки сферичної поверхні рівновіддалені від однієї точки - центра кулі O'. Довільна пряма, що проходить через центр кулі, є ***віссю симетрії*** поверхні.

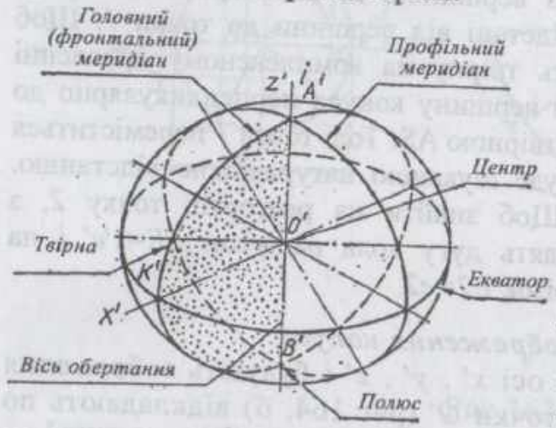


Рис. 165

На кулі виділяють такі характерні лінії:

паралелі - кола, утворені в перерізі кулі площинами, перпендикулярними до її вертикальної осі.

Паралель, яка проходить через центр, називається ***екватором;***

меридіани - кола, утворені в перерізі кулі площинами, що проходять через вісь обертання. *Головними меридіанами є фронтальний і профільний.*

Побудова проекцій кулі

На всі три площини проекцій *H*, *V* і *W* куля проектується у вигляді кіл, діаметри яких дорівнюють діаметру великого кола кулі (рис.166). На рисунку зображено проекції кулі діаметром 55 мм. Коло, в яке проектується куля на горизонтальну площину, є екватором, фронтальною і профільною проекцією якого будуть відрізки *c'd'* і *e"f"*. Фронтальний меридіан проектується в коло на площину *V*, а на площині *H* і *W* - у відрізки *cd* і *a"b"*, які паралельні осям проекцій і дорівнюють діаметру кола. Профільний меридіан проектується в коло на площину *W*, а на *H* і *V* - у відрізки *a'b'* і *ef*.

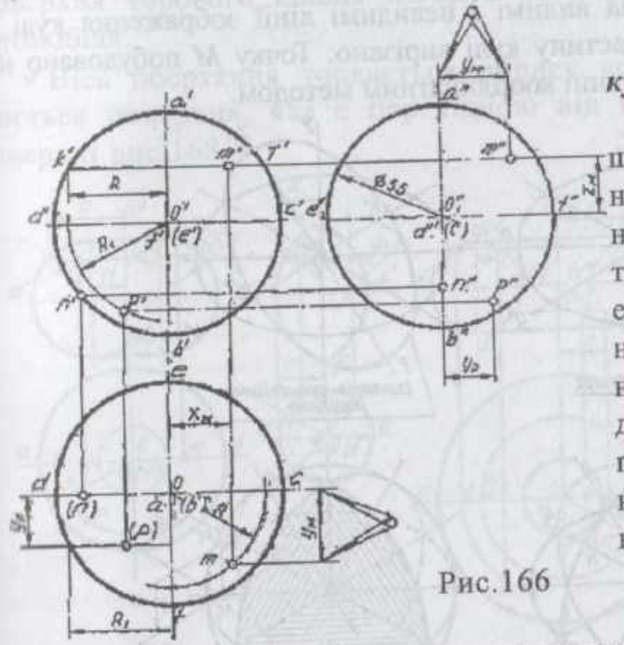


Рис.166

Видимість поверхні кулі

На горизонтальній площині екватор поділяє кулю на верхню видиму і нижню невидиму частини. Усі точки, що лежать вище від екватора, будуть видимі на горизонтальній площині проекцій. Межами видимості на фронтальній проекції є фронтальний, а на профільній - профільний меридіан.

Побудова проекцій точок на поверхні кулі

На рис. 166 задано фронтальну проекцію *m'* точки M. Щоб знайти дві інші її проекції, проводять через точку M допоміжне коло - паралель кулі. Діаметр цієї паралелі визначиться відрізком *k't'*. Вимірявши радіус *R*, будують коло на площині проекцій H і проводять з проекції *m'* лінію зв'язку до перетину з дугою цього кола в точці *m'*. Профільну проекцію знаходять координатним способом.

Розгляньте і поясніть самостійно побудову точок *N* і *P*, що лежать на поверхні кулі.

Побудова ізометричного зображення кулі

Куля в прямокутній ізометрії і в прямокутній диметрії зображується у вигляді кола. Діаметр цього кола в ізометрії дорівнює *1,22d*. Щоб зображення кулі мало достатню наочність, звичайно виконують побудову трьох великих кіл кулі, розміщених у координатних площинах *xOy, xOz, yOz*, тобто побудову екватора, фронтального і профільного меридіанів (рис.167, *а-г*). Будуючи овали, якими замінюють еліпси, слід пам'ятати, що мала вісь кожного овалу збігається з аксонометричною віссю, перпендикулярною до площини зображуваного кола. Характерні точки перетину меридіанів і екватора з аксонометричними осями позначені *1', 2', 3',…* Зверніть увагу на видимі і невидимі лінії зображення кулі в ізометрії. На рис.167, *г* частину кулі вирізано. Точку *M* побудовано на аксонометричному зображенні координатним методом.

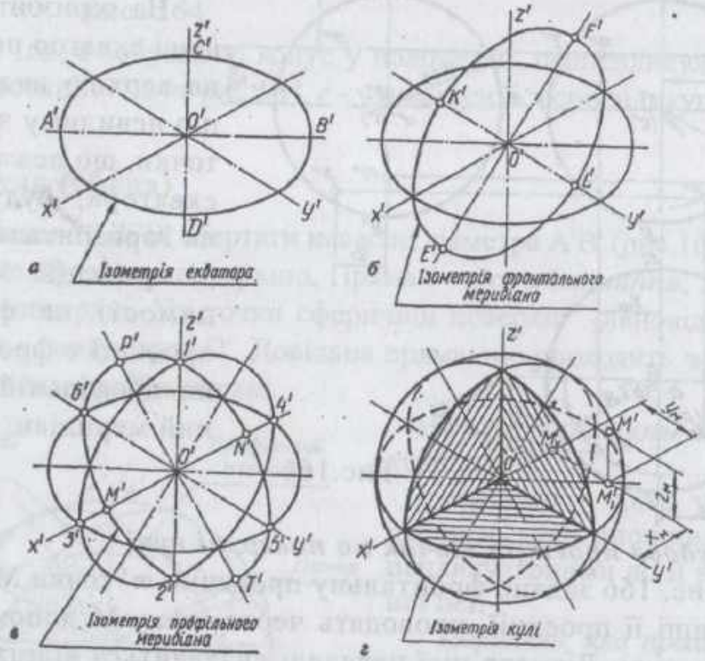


Рис.167

11.7.Тор

Тором називається поверхня, утворена обертанням кола навколо осі, що лежить у площині цього кола, але не проходить через його центр (рис.167).

Можливі такі випадки утворення торової поверхні:

✓Вісь *і* перетинає коло в точках E і F; обертається більша дуга EAF кола (рис. 168, *а*). Утворюється поверхня, яка за формою нагадує яблуко.

✓Вісь *і* перетинає коло в точках E і F; обертається менша дуга EAF кола (рис.168, *б*). У цьому випадку утворюється поверхня, яка за формою нагадує лимон.

✓Вісь *і* розміщена зовні кола, тобто не перетинає його (рис.168, *в*). При обертанні утворюється поверхня, яка називається кільцем. Поверхня торового кільця нагадує рятувальний круг або камеру автомобіля.

✓Вісь обертання торкається обрису кола (рис.168, *г*). Утворюється поверхня, яка є перехідною від поверхні рис.168, *а* до поверхні рис.168, *в*.

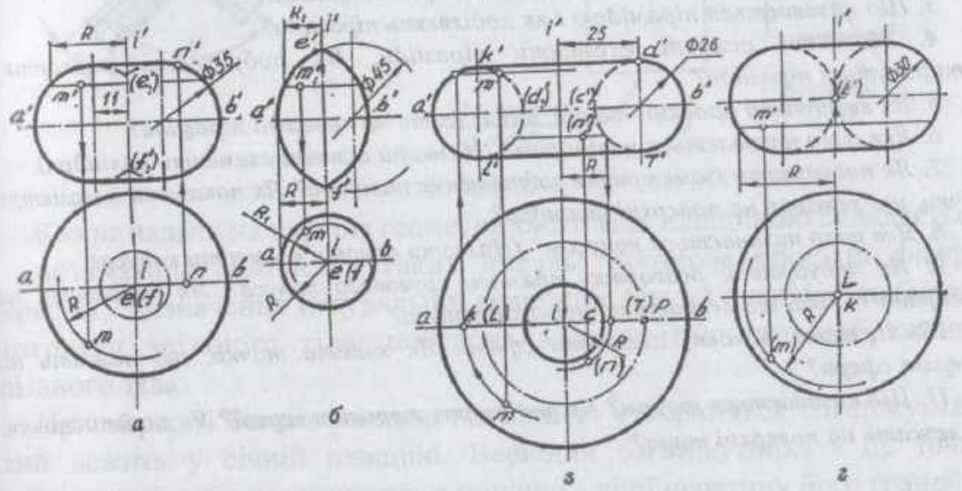


Рис.168

На торовій поверхні, як і на кулі, виділяють *паралелі* і *меридіани*. Найбільша паралель називається екватором, а меридіани, паралельні площинам *V* і *W*, називаються відповідно фронтальними і профільними.

Усі випадки побудови проекцій тора показано на рис.168, *а-г*.

Видимість поверхні тора

На горизонтальній площині H видимою буде та частина поверхні

тора, яка лежить вище від екватора. Дуга AKD кола (рис.168, *в*) при обертанні описує видиму на H частину поверхні тора, а дуга ALD - невидиму. На площині V видимою буде та частина поверхні, яку описує дуга KAL, а невидимою - частина поверхні, утворена дугою KDL.

Знаходження проекцій точок, що лежать на поверхні тора

Роблять це за допомогою паралелей, як у кулі (розглянути рис.168, *в*, на якому побудовано проекції точок *M, N*).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається призмою і як поділяють призми? Назвіть основні елементи призми.

2. Як побудувати розгортку трикутної прямої призми?

3. Що називається пірамідою і як поділяють піраміди?

4. Назвати основні елементи піраміди. Як побудувати розгортку чотирикутної піраміди?

5. Як визначити проекції точок, що лежать на поверхні піраміди?

6. Яке тіло називається циліндром? (Назвати основні елементи циліндра).

7. Як побудувати ізометричне зображення циліндра? Як показати в ізометрії точки, що лежать на поверхні циліндра?

8. Яке тіло називається конусом? (Назвати основні елементи конуса).

9. Як побудувати розгортку прямого кругового конуса? Як перенести на розгортку точки, що лежать на поверхні конуса?

10. Назвати основні елементи сфери. Як знайти точки, що лежать на поверхні сфери?

11. Що називається тором? Як поділяють торові поверхні? Як знайти точки, що лежать на поверхні тора?

§ 12. ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПЛОЩИНАМИ

12.1. Загальні положення

У практиці дуже часто доводиться мати справу з тілами, розсіченими площиною, та з побудовою розгорток поверхонь цих

тіл. Як відомо, при перетині тіл площинами утворюються фігури, форма яких залежить від форми тіла і направлення січних площин. Зображення таких фігур називаються ***перерізами***. Прикладом може бути коліно водостічної труби або димової труби. Щоб виготовити таке коліно (рис.169, *а*), з тонкої листової сталі (жерсті) вирізають заготовку розгортки (рис.169, *б*). Ці заготовки повинні бути обмежені кривими лініями - синусоїдами, форму і розміри яких визначають за допомогою креслення залежно від діаметра труби *d*. Розв'язуючи подібну практичну задачу, стикаємося з теоретичним питанням про переріз поверхні циліндра обертання проеціюючою площиною.

Рис.169

Кожна задача на переріз геометричного тіла площиною складається з розв'язання комплексу таких питань: побудова проекції фігури перерізу; визначення натуральної величини фігури перерізу; побудова розгортки зрізаного тіла; побудова аксонометричного зображення зрізаного тіла.

При перерізі багатогранника площиною утворюється багатокутник, який лежить у січній площині. Вершини багатокутника - це точки перетину ребер багатогранника, а сторони - лінії перетину його граней із січною площиною.

12.2. Переріз призми

Залежно від січної площини в перерізі призми можуть утворюватися такі фігури:

✓багатокутник, паралельний і рівний основі, якщо січна площина (I) паралельна основі призми (рис.170, *а, б*);

✓прямокутник при прямій призмі (рис.170, *а, в*) або паралелограм при похилій, якщо площина (II) паралельна ребрам призми;

✓багатокутник, не рівний і не подібний до основи, якщо січна площина (III) нахилена до ребер призми (рис.170, *а, г*).

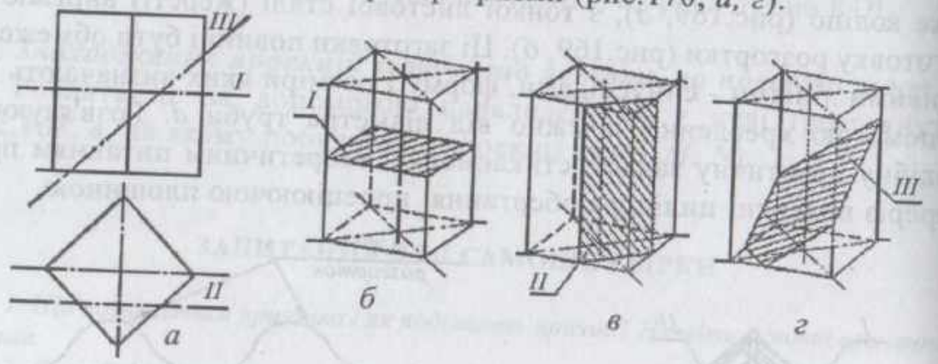


Рис.170

Побудова проекцій фігури перерізу

Як було зазначено, у перетині багатогранника площиною утворюється багатокутник. Його можна побудувати двома способами.

Перший спосіб. Знаходять вершини багатокутника як точки перетину ребер з січною площиною. Цей метод називається ***методом ребер***.

Другий спосіб. Знаходять сторони багатокутника як лінії перетину ребер граней багатогранника з січною площиною - ***метод граней***.

На комплексному кресленні (рис.171, *а*) правильна шестикутна призма перерізана фронтально проеціюючою площиною у. Фронтальна проекція фігури перерізу збігається з фронтальним слідом у', який має збиральну властивість. Проекції вершин фігури перерізу - точки 1', 2', 3' - визначаться на перетині бічних ребер призми із слідом у', а точки 4', 5' - на перетині фронтальних проекцій ребер верхньої основи призми з у'. Горизонтальні проекції 1, 2, 3 збігаються з горизонтальними проекціями відповідних ребер, а проекції 4 і 5 дістанемо, якщо проведемо вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною проекцією верхньої основи призми. Профільну проекцію фігури перерізу матимемо через точки 1', 2', 3'. Проведемо горизонтальні лінії зв'язку до перетину з профільними проекціями відповідних ребер, а проекції 4' і 5' одержимо координатним способом, використовуючи значення y_4 і y_5. Знайдені точки сполучають прямими лініями і переріз заштриховують.

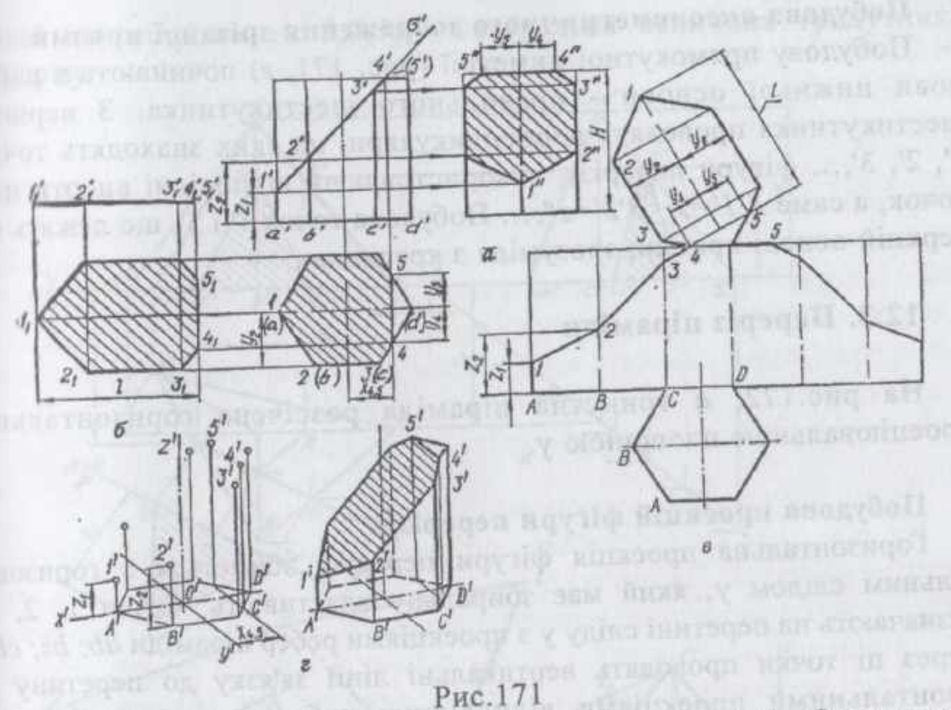


Рис.171

Натуральну величину фігури перерізу (рис.171, *б*) знаходять способом плоско-паралельного переміщення (§ 9.4.).

Розгортка призми

Розгортка бічної поверхні шестикутної призми (рис.171, *в*) - це шість прямокутників, висота яких дорівнює висоті призми, а ширина - стороні її основи. Будують розгортку так, щоб показати зовнішню (лицьову) сторону кожної грані. Додаючи до розгортки бічної поверхні дві основи призми, дістають її повну розгортку. На ребрах призми відкладають точки 1, 2, 3,... лінії перерізу, узявши їх висоти з фронтальної або профільної проекцій призми, тобто відрізок $A1=z'$; $B2=z''$;... і т.д. До лінії перерізу добудовують натуральну величину перерізу.

Відкинуту верхню частину призми на комплексному кресленні і на розгортці зображують тонкою суцільною лінією. Тонкою штрихпунктирною з двома пунктирами лінією показують проміжні ребра призми на розгортці (так звані лінії згину).

Побудова аксонометричного зображення зрізаної призми

Побудову прямокутної диметрії (рис. 171, *г*) починають з побудови нижньої основи - правильного шестикутника. З вершин шестикутника проводять перпендикуляри, на яких знаходять точки 1', 2', 3',... фігури перерізу, використовуючи відповідні висоти цих точок, а саме *A'1'=z; B'2'=z";*... Побудова точок 4' і 5', що лежать на верхній основі призми, зрозуміла з креслення.

12.3. Переріз піраміди

На рис.172, *а* трикутна піраміда розсічена горизонтально проеціювальною площиною у.

Побудова проекцій фігури перерізу

Горизонтальна проекція фігури перерізу збігається з горизонтальним слідом у, який має збиральну властивість. Точки 1, 2, 3 визначають на перетині сліду у з проекціями ребер піраміди *ab; bs; cb*. Через ці точки проводять вертикальні лінії зв'язку до перетину з фронтальними проекціями відповідних ребер у точках *1'* і *3'*. Фронтальну проекцію *2'* точки *2*, що лежить на профільному ребрі *SB*, знаходять проведенням допоміжної прямої K_2. Горизонтальна проекція *k2* її паралельна горизонтальній проекції *bc* сторони *BC* основи піраміди, а фронтальна проекція *k'2'* паралельна *b'c'*. Точку *2'* можна знайти також, якщо спочатку побудувати її профільну проекцію *2"*.

За двома відомими проекціями фігури перерізу знаходять профільну проекцію *1"2"3"*.

Натуральна величина фігури перерізу

Натуральну величину фігури перерізу знайдено способом заміни площин проекцій. Фронтальну площину проекцій *V* замінюють площиною *P*, паралельною площині трикутника *1-2-3* перерізу. Вісь x_1 нової системи площин проекцій *H/P* проводять паралельно горизонтальній проекції трикутника перерізу. З точок *1, 2, 3* проводять перпендикуляри до нової осі і відкладають на них від осі x_1 координати *z* точок *1, 2, 3*. Точки 1_p і 3_p лежать не на осі x_1, бо вони мають нульові координати *z*. Щоб знайти точку 2_p, відкладають від

нової осі відрізок *z'*. $1_p2_p3_p$ - натуральна величина трикутника перерізу.

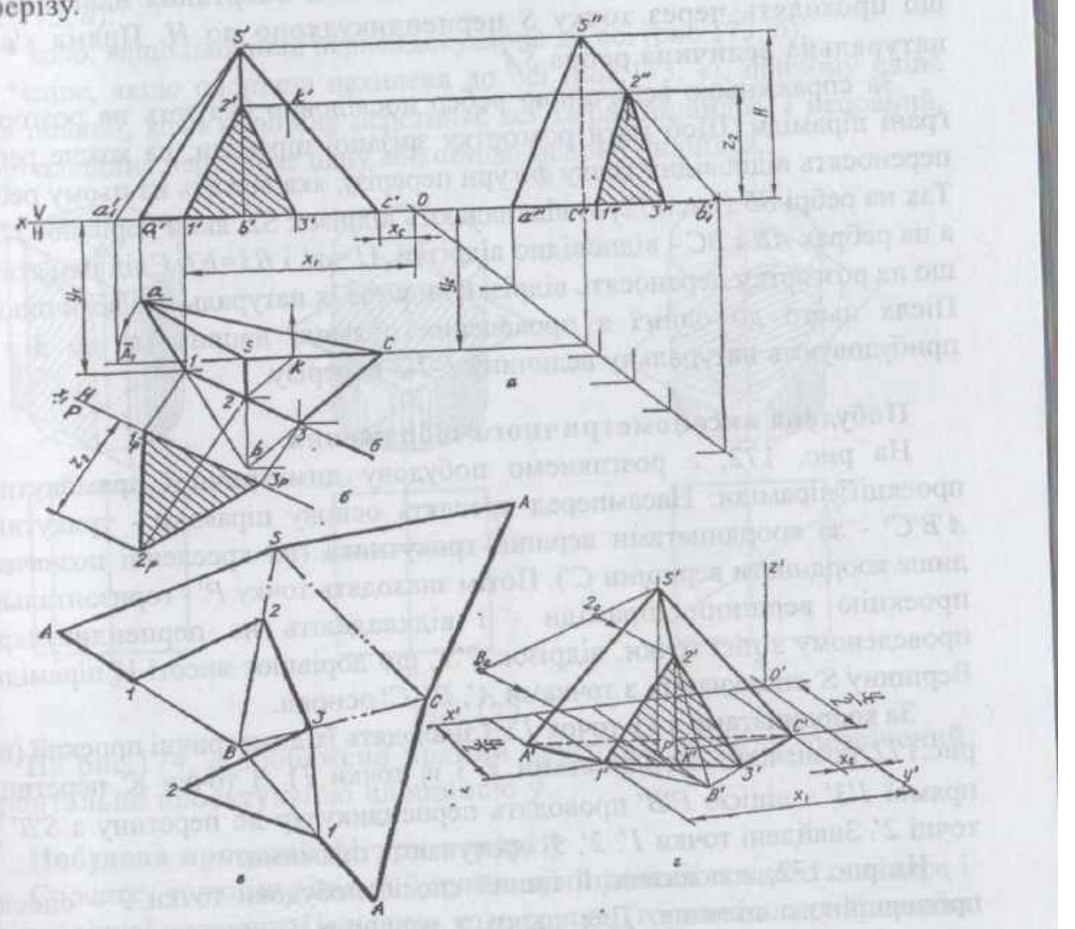


Рис.172

Розгортка піраміди

Щоб побудувати розгортку зрізаної піраміди, спочатку будують повну розгортку трикутної піраміди, яка складається з трьох трикутників бічних граней і трикутника основи. Трикутники будують за натуральними величинами ребер піраміди. Ребра *AB, BC, AC* основи піраміди проектуються в натуральну величину на площину *H*. Ребро *SC* проеціюється в натуральну величину на площину *V* (проекція *s'c'*), оскільки воно паралельне цій площині. З цих самих міркувань визначаємо, що натуральною величиною ребра *SB* буде його профільна

Великою віссю еліпса є відрізок *1'5'*, а малою - *3-7*, тобто діаметр циліндра. Точки *1, 5, 3, 7* називаються *опорними*, а ті, що розподіляються між ними, - *проміжними*. Звичайно побудову лінії перерізу починають з визначення опорних точок.

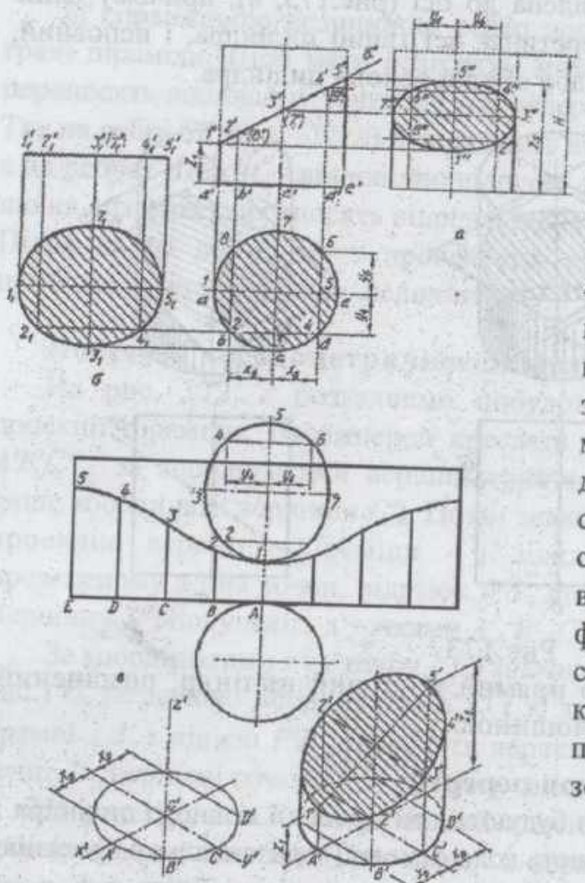


Рис. 174

На профільну площину проекцій мала вісь еліпса проектується без спотворення, а величина проекції великої осі залежить від кута нахилу сліду у до осі *Ox*. Якщо цей кут менший за 45°, як у нашому випадку, то велика вісь еліпса перерізу на профільній площині зменшиться і правитиме за малу, а мала вісь, що дорівнює діаметру, спроектується без скорочення і стане великою віссю профільної проекції фігури перерізу. Якщо ж січна площина нахилена під кутом 45°, то профільна проекція перерізу зобразиться у вигляді кола.

Натуральна величина фігури перерізу

Натуральну величину (рис.174, *б*) знайдено способом плоскопаралельного переміщення. Її можна також побудувати за великою *1-5* і малою 3-7 осями способом, відомим з геометричного креслення.

Розгортка циліндра

Розгорткою бічної поверхні циліндра (рис.174, *в*) є прямокутник,

висота якого дорівнює висоті циліндра, а довжина - довжині розгорнутого кола його основи (*pd*). Довгу сторону прямокутника ділять на 8 рівних частин і з точок поділу проводять твірні *A, B, C, D,…* циліндра. На цих твірних відкладають відстані відповідних точок фігури перерізу до основи циліндра, виміряні на фронтальній або на профільній площинах проекцій. Наприклад, відрізок *A1=z; E5=z₅;…* тощо.

Побудовані точки *1, 2, 3,…* сполучають за допомогою кривої, яка буде розгорткою лінії перерізу. До цієї лінії прибудовують натуральну величину еліпса перерізу.

Побудова аксонометричного зображення зрізаного циліндра

Побудову ізометричного аксонометричного зображення циліндра, розсіченого площиною у починають з побудови нижньої основи циліндра (рис.174, *г*). Коло нижньої основи зображується у вигляді еліпса, який наближено будують як чотирицентровий овал. Використовуючи координати x_B *і* x_D, переносять на овал точки *A', B', C',…* поділу кола на рівні частини і з цих точок проводять твірні паралельно до осі *O'z'*. На цих прямих відкладають відрізки, що дорівнюють відповідним зрізаним твірним, наприклад, *A'1'=a'1'; B'2'= b'2'* тощо. Знайдені точки перерізу сполучають за допомогою лекал.

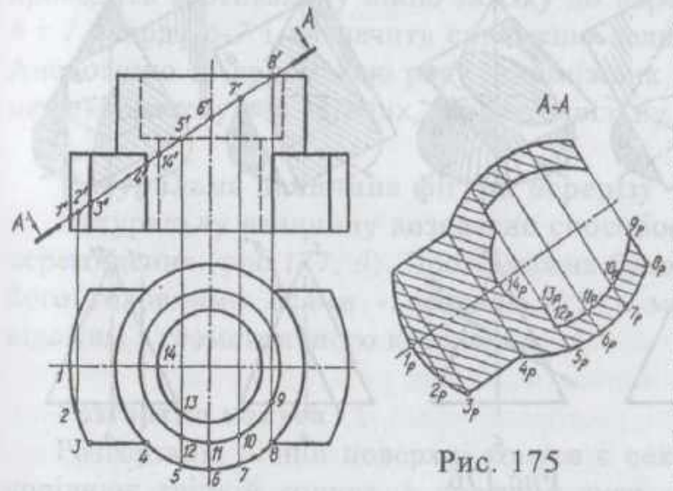


Рис. 175

На рис. 175 показано побудову фігури перерізу технічної деталі фронтально проектуючою площиною *A-A*.

12.5. Переріз конуса

Залежно від напряму січної площини в перерізі конуса можуть утворюватись:

* коло, якщо січна площина паралельна основі конуса (рис.176, *а*);
* трикутник, якщо січна площина проходить через вершину

конуса (рис.176, *б*);

* еліпс повний або неповний, якщо січна площина нахилена до осі під кутом, більшим за кут нахилу твірної до осі (рис.176, *в*). Неповний еліпс утвориться в тому випадку, коли січна площина перетне основу конуса;

* парабола, якщо січна площина паралельна твірній конуса, тобто нахилена до осі конуса під кутом, що дорівнює куту нахилу твірної до осі (рис.176, *г*), і не проходить через вершину;

* гіпербола, якщо січна площина паралельна двом твірним або осі конуса, тобто тоді, коли ця площина нахилена до осі конуса під кутом, меншим за кут нахилу твірної до осі, і не проходить через вершину (рис.176, *д*).

Розглянемо переріз прямого кругового конуса фронтально проеціюючою площиною у (рис.177, *а*).

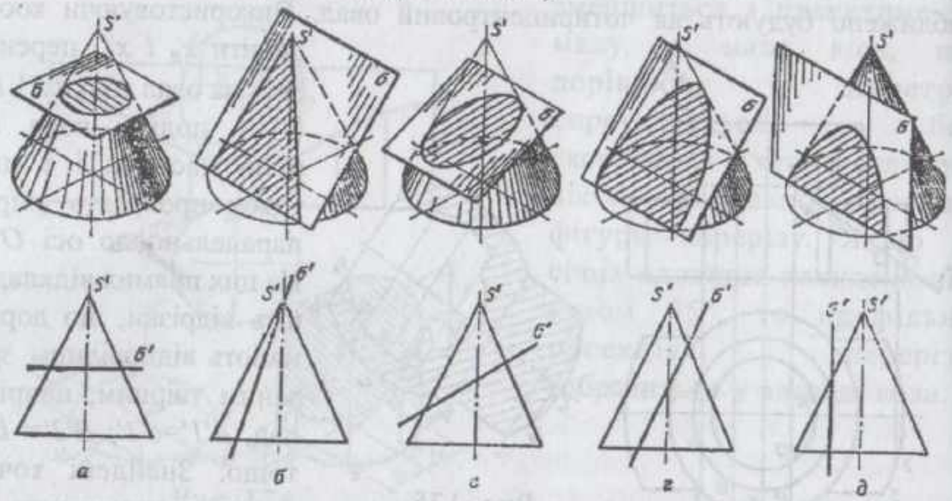


Рис.176

Побудова проекцій фігури перерізу

Спочатку креслимо три проекції повного конуса і слід у' січної площини. Коло основи поділимо на кілька рівних частин, наприклад, на вісім, і з точок поділу проводимо горизонтальні проекції твірних *as, bs* і т.д. конуса. За цими точками будуємо фронтальні і профільні проекції твірних.

Оскільки площина у нахилена до осі конуса під кутом, більшим за кут нахилу твірної, і перетинає всі його твірні, то фігурою перерізу

буде повний еліпс. Фронтальні проекції *1', 2', 3',...* точок еліптичного перерізу збігаються з фронтальним слідом у. Отже, відрізок *1'5'* є фронтальною проекцією фігури перерізу. Провівши з точок *1', 2', 3', ...* вертикальні і горизонтальні лінії зв'язку до перетину з відповідними проекціями твірних на площинах *H* і *V*, дістанемо горизонтальні *1, 2, 3, ...* і профільні *1", 2", 3", ...* проекції точок еліпса. За допомогою лекал сполучаємо ці точки в плавні криві.

Визначимо головні осі еліпса перерізу. Великою віссю еліпса буде відрізок *1'5'*, а мала вісь проектується на площину *V* в точку *6'(7')*, яка ділить на дві рівні частини відрізок *1'5'*. Щоб знайти горизонтальну проекцію малої осі (і одночасно її натуральну величину), проводять через точку *6'(7')* допоміжну горизонтальну площину *и*, що перетинає бічну поверхню конуса по колу радіуса R. Будують цим радіусом горизонтальну проекцію кола і з точки *6'(7')* проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з колом у точках *6* і *7*. Хорда *6-7* і визначить справжню величину малої осі еліпса. Аналогічно за допомогою ряду допоміжних площин можна було б, не використовуючи твірних, знайти довільну кількість точок еліпса.

Натуральна величина фігури перерізу

Натуральну величину визначено способом плоско-паралельного переміщення (рис.177, *б*). Проте можна було б побудувати еліпс за його головними осями - великою *1'5'* і малою *6-7* - способом, відомим з геометричного креслення.

Розгортка конуса

Розгорткою бічної поверхні конуса є сектор, радіус дуги якого дорівнює твірній конуса, а довжина дуги - довжині кола основи конуса (рис.177, *в*). Центральний кут сектора визначається за формулою $б = r/l \cdot 360°$, де *r* - радіус кола основи, *l* - довжина твірної конуса. Дугу розгортки поділяють на вісім рівних частин і проводять твірні конуса.

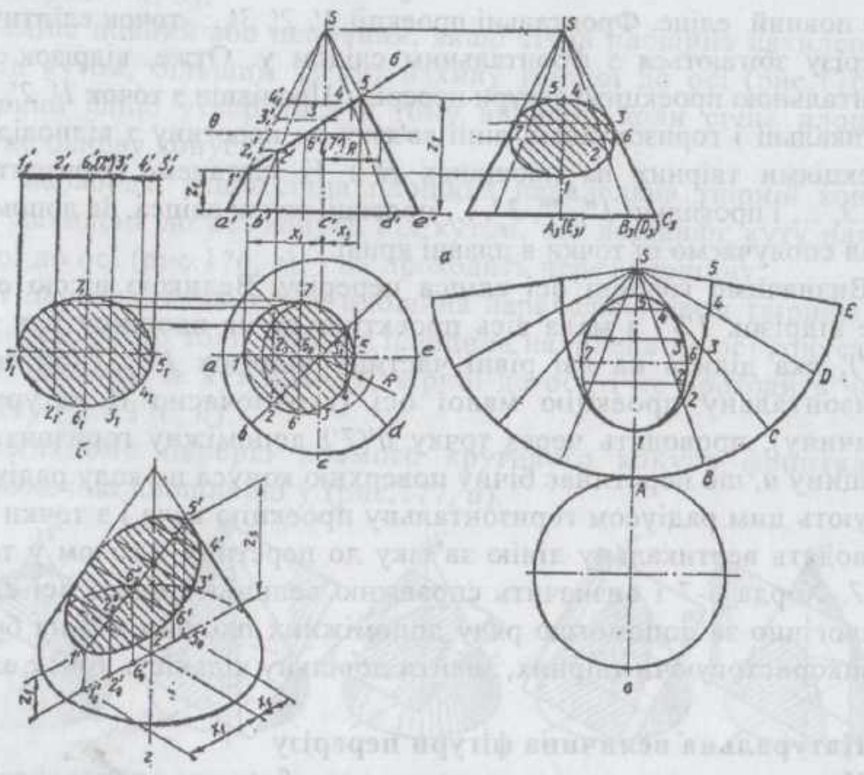


Рис.177

На кожній твірній відкладають точку її перетину з площиною у. Величину відрізків *S1* і *S5* вимірюють безпосередньо на фронтальній проекції конуса і відкладають на розгортці, тобто *S1=s'1'; S5=s'5'*. Щоб знайти на розгортці точки *2, 3, 4,* треба спочатку перемістити їх фронтальні проекції паралельні осі *Ox* до положення $2'_1$, $3'_1$, $4'_1$. Це відповідає обертанню твірних до положення, паралельного фронтальній площині проекцій, навколо осі, що проходить через вершину конуса перпендикулярно до площини Н. Утворені після обертання натуральні відрізки твірних відкладають на розгортці, тобто $S2=s'2'_1$; $S3=s'3'_1$,... Точки *1, 2, 3,...* сполучають плавною кривою лінією і прибудовують натуральну величину еліпса перерізу та основу конуса.

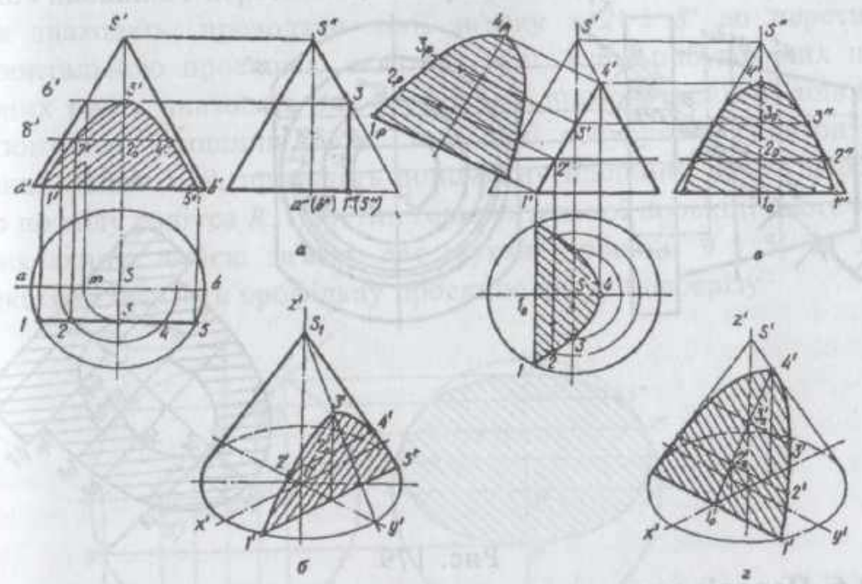


Рис.178

Побудова аксонометричного зображення зрізаного конуса

Побудову аксонометричного зображення зрізаного конуса починають з побудови в ізометрії повного конуса (рис.177, *в*). Використовуючи координати x_1 і x_5 та z_1 і z_5 точок *1* і *5* великої осі еліпса, будують ці точки в ізометрії. Сполучивши точки 1' і 5', дістають середню лінію фігури перерізу. З горизонтальної проекції переносять на аксонометричну вісь x' точки $2'_0$, $6'_0$,... і проводять з них перпендикуляри до перетину з середньою лінією *1'5'* перерізу. На прямих, проведених через знайдені точки $2''_0$, $6''_0$,...паралельно осі *O'y'* відкладають відрізки $2''_02'=2_02$; $6''_06'=6_06$;... Точки *1', 2', 6',...* фігури перерізу сполучають за допомогою лекал.

На рис.178, *а, б* показано побудову фігури перерізу конуса площиною по гіперболі, на рис. 178, *в, г* - по параболі. (Розглянути та пояснити побудову перерізу та переріз технічної деталі площиною *А-А* - рис.179).

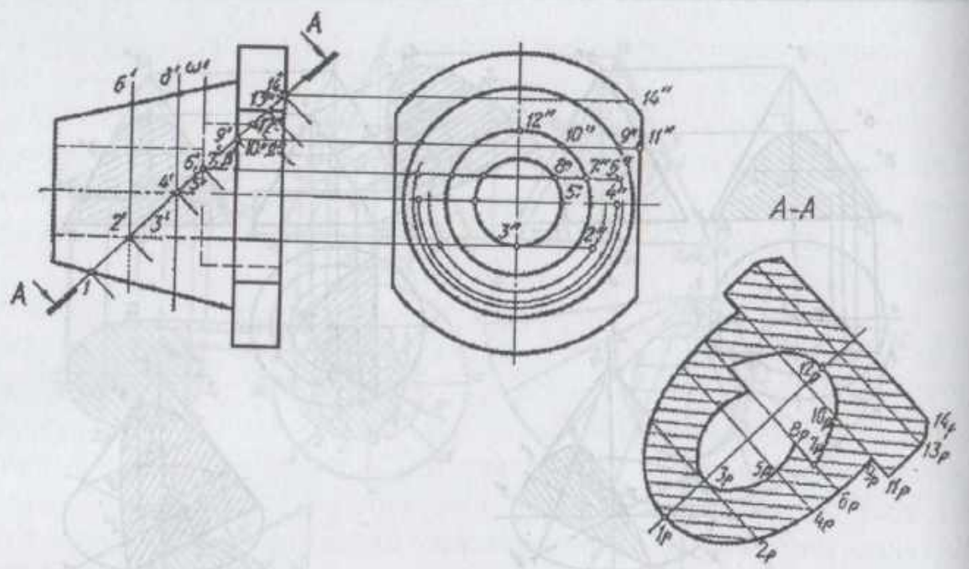


Рис. 179

12.6. Переріз кулі

У перерізі кулі будь-якою площиною завжди матимемо коло. Проектується воно або в натуральну величину, якщо площина перерізу паралельна площині проекцій, або в пряму лінію, якщо ця площина перпендикулярна до площини проекцій, або, нарешті, у вигляді еліпса, коли площина перерізу нахилена до площини проекцій.

Розглянемо переріз кулі фронтально проеціюючою площиною г (рис.180, *а*).

Побудова проекцій фігури перерізу

Фігурою перерізу є коло, фронтальна проекція *1'6'* якого збігається із слідом г' площини. На площину *H* це коло проектується в еліпс. Малу вісь *1-6* еліпса матимемо, провівши з точок *1'* і *6'* вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною віссю, що є проекцією фронтального меридіана кулі. Велика вісь *3-7* еліпса проходить через середину малої осі перпендикулярно до неї і дорівнює відрізку *1'6'*, тобто діаметру кола перерізу.

Характерними точками перерізу на площині *H* є також точки *2* і *8*,

по яких площина г перетинає екватор кулі. Горизонтальні проекції цих точок знаходять, проводячи лінії зв'язку з *2'* і *8'* до перетину з горизонтальною проекцією екватора кулі. Крім побудованих шести опорних точок, знаходять ряд проміжних, використовуючи допоміжні горизонтальні площини рівня. Так, щоб побудувати горизонтальні проекції точок *5*, *9*, проводять допоміжну площину у, яка перерізає кулю по колу радіуса *R*. Перетин горизонтальної проекції цього кола з вертикальною лінією зв'язку дає шукані проекції 9 і 5. За двома проекціями будують профільну проекцію фігури перерізу.

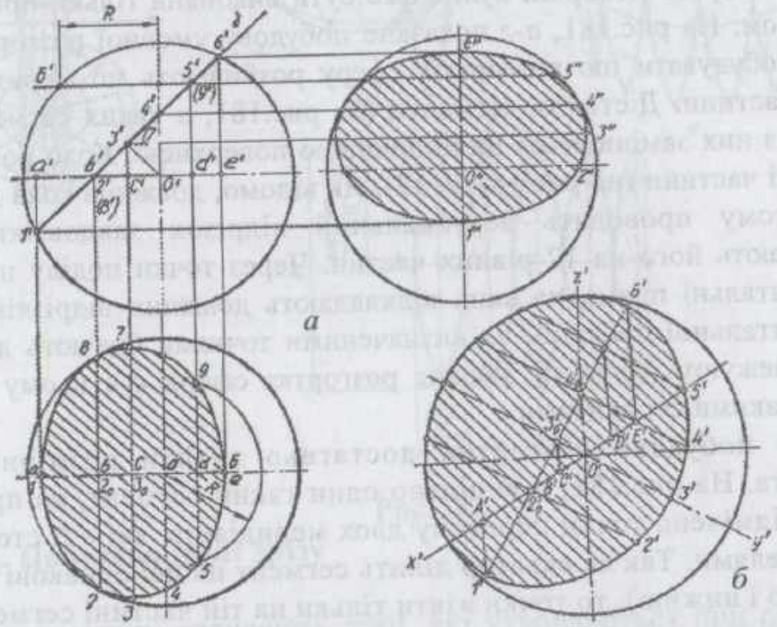


Рис.180

Аксонометрія кулі

У прямокутній ізометрії куля зображується у вигляді кола діаметром *1,22d*. Побудову фігури перерізу (рис.180, *б*) починають із знаходження середнього діаметра 1-6, паралельного площині проекцій *V*. Для цього на осі *x'* відкладають відрізок *O'A'=Oa*; *O'E'=oe* і з точок *A'*, *E'* проводять промені, паралельні осі *z'*, на яких відкладають величини $A'1'_0=a'1'$; $E'6'_0=e'6'$. Сполучивши точки *1'* і *6'*, дістають середню лінію перерізу. З горизонтальної проекції зрізаної кулі переносять на ізометричну вісь *x'* точки *B*, *C*, *D*

(A'B'=ab; B'C'=bc;...) і з цих точок проводять перпендикуляри до перетину з середньою лінією *1'6'*. Через знайдені точки $2'_0$, $3'_0$,... проводять лінії, паралельні осі *y'*, на яких відкладають відрізки $2'_02'=2_02$; $3'_03=3_03$;... Точки *1', 2', 3',...*, що належать фігурі перерізу, сполучають за допомогою лекал.

Розгортка поверхні кулі

Сферична поверхня належить до поверхонь, які не розгортаються, і тому розгортка поверхні кулі може бути виконана тільки приблизним способом. На рис.181, *а-г* показано побудову умовної розгортки кулі. Щоб побудувати цю розгортку, сферу розбивають по меридіанах на рівні частини. Дістають сегменти (на рис.181, *а* таких сегментів 12). Кожен з них замінюється циліндричною поверхнею. Коло розбивають на рівні частини (на рис.181 їх 12). Як відомо, довжина кола дорівнює *2pR*, тому проводять вертикальний відрізок завдовжки *2pR* і розбивають його на 12 рівних частин. Через точки поділу проводять горизонтальні прямі, на яких відкладають довжини відрізків, взяті з горизонтальної проекції. За визначеними точками будують дві криві, що обмежують сегмент. Умовна розгортка сфери є в цьому випадку 12-ма такими сегментами.

Для побудови розгортки достатньо знайти розміри одного сегмента. На рис.181, *а* виділено один такий сегмент, на проекціях якого відмічено точки перетину двох меридіанів, які є її сторонами, з паралелями. Так як екватор ділить сегмент на дві однакові частини (верхню і нижню), то точки взяти тільки на тій частині сегмента, яка розташована зверху над екватором. Найбільш широка ділянка розташована по екватору. Його ширина дорівнює *2pR/12*. Отже, довжина випрямленого сегмента дорівнює *pR*. На рис181,*г* показано тільки частину розгортки поверхні кулі, так як всі сегменти однакові.

Через середину побудованих відрізків проводять вісі симетрії перпендикулярно екватору. Потім вверх і вниз від екватора відкладають довжину розвернутих ділянок меридіанів, заключених між паралелями. Їх довжина дорівнює *2pR/12*. Через утворені точки паралельно екватору проводять прямі лінії, на яких відкладають відрізки паралелей 3_04_0, 5_06_0. Ці відрізки дорівнюють *1/12* довжини

кола, в яке проектується відповідна паралель на горизонтальній проекції. Побудовані точки плавно з'єднують кривою лінією за допомогою лекал.

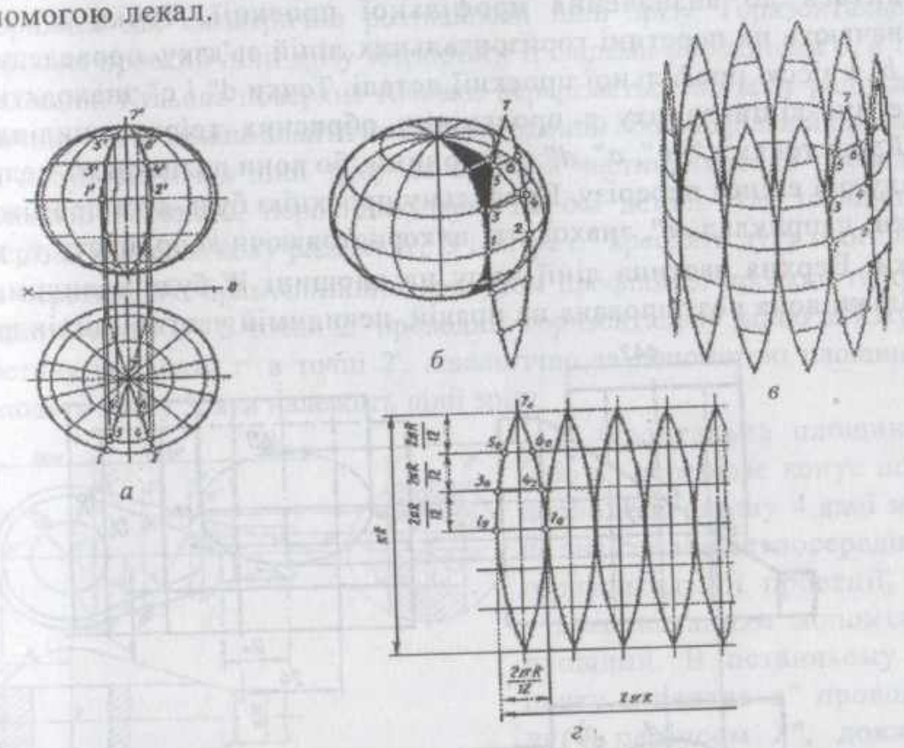


Рис.181

12.7. Побудова лінії зрізу

Так в практиці називають лінії, які утворюються при плоскому зрізі заготовки деталі видаленням шару матеріалу шляхом обробки на фрезерному або стругальному верстаті, поверхні, що обмежена поверхнями обертання.

Лініями зрізу називаються лінії перерізу поверхонь технічних деталей площинами.

Залежно від форми деталі для побудови лінії зрізу використовують допоміжні січні площини, або не використовують.

На рис.182 зображено деталь, в якій поєднуються призматичні і циліндричні форми. Верхня похила основа паралелепіпеда перерізає

вертикальний циліндричний виступ по еліпсу. Горизонтальна і фронтальна проекції лінії перерізу нам відомі, тому побудова зводиться до визначення профільної проекції. Точки *a"* і *b"* визначають на перетині горизонтальних ліній зв'язку, проведених з *a'* і *b'* з віссю профільної проекції деталі. Точки d" і c" знаходять на перетині ліній зв'язку з проекціями обрисних твірних циліндра. Знайдені точки *a", b", c", d"* є опорними, бо вони визначають велику і малу осі еліпса перерізу. Профільну проекцію будь-якої проміжної точки, наприклад *m"*, знаходять, використовуючи координату y_m цієї точки. Верхня частина лінії зрізу на площині *W* буде невидимою, оскільки вона розташована на правій, невидимій частині циліндра.

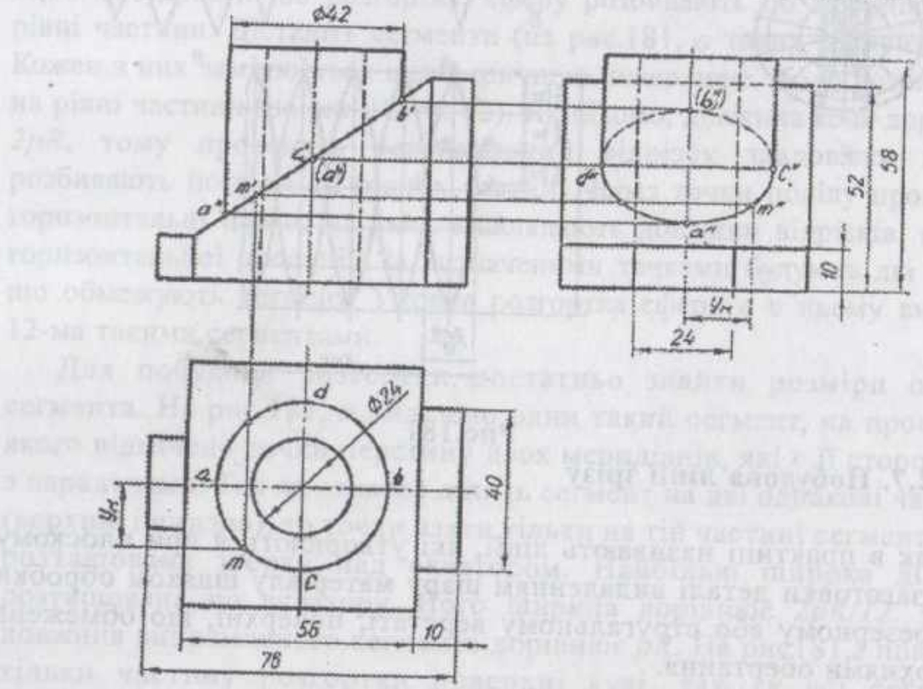


Рис.182

На рис.183, *а* наведено приклад, в якому для побудови ліній зрізу використано допоміжні січні площини. Зображена деталь є головкою штанги. Головка складається з трьох тіл обертання, що мають спільну вісь, а саме: з циліндра діаметром 20 мм, зрізаного конуса і частини кулі діаметром 50 мм. Побудову починають з проведення межових ліній, що розділяють деталь на окремі геометричні тіла.

Головку перерізано двома фронтальними площинами б і в, розміщеними на однаковій відстані від її осі. Внаслідок перерізу утворилися дві симетрично розташовані лінії зрізу. Горизонтальна і профільна проекції лінії зрізу збігаються із слідами-проекціями б, в і б", в" площин. Кульова поверхня головки перерізається по колу радіуса R, величину якого можна знайти на горизонтальній або профільній проекції. Для побудови точок лінії зрізу на конічній частині головки проводять допоміжні площини, перпендикулярні до осі деталі. Так площину г перерізає конус по колу радіуса R_1. З центра *o"* креслять дугу цього кола і на перетині її з прямолінійним контуром профільної проекції головки дістають точку 2". З точки 2" проводять горизонтальну лінію зв'язку до перетину із слідом г' в точці 2'. Аналогічно за допомогою площини у знаходять точку 3, яка належить лінії зрізу.

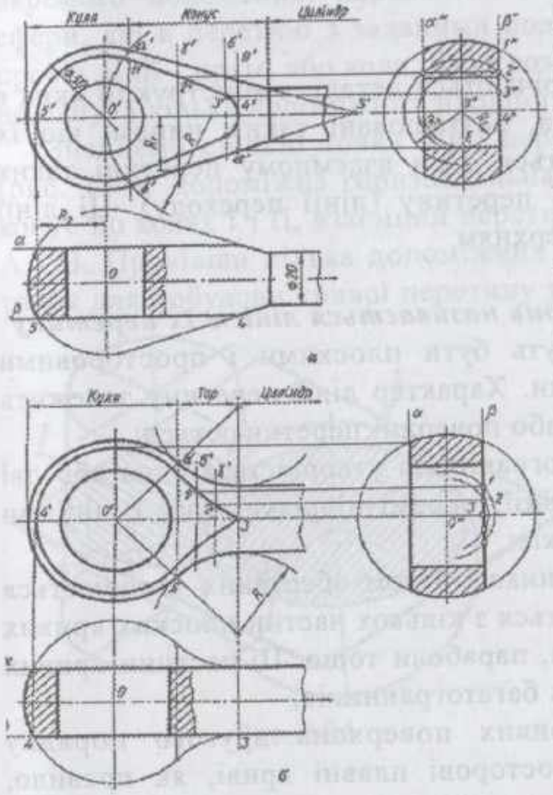


Рис. 183

Фронтальна площина б (або в) перерізає конус по гіперболі, вершину 4 якої можна знайти або безпосередньо з горизонтальної проекції, або з використанням допоміжної площини. В останньому випадку з центра *o"* проводять дугу радіусом *r"*, довжина якого дорівнює відстані точки *o"* до прямолінійного контура проекції. Позначивши точку *e"*, знаходять її фронтальну проекцію *e'*. Через *e'* проводять перпендикуляр до осі, який і буде слідом допоміжної площини и. На цій площині лежить вершина гіперболи - точка 4. (Розглянути на рис. 183, *б* побудову лінії зрізу).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які криві можуть утворитися в перерізі прямого конуса різними площинами?

2. Які плоскі фігури можуть утворитися в перерізі п'ятигранної призми різними площинами?

3. Як побудувати розгортку зрізаного конуса та циліндра?

4. Навести практичні приклади перерізу тіл площинами.

5. Якої форми бувають фігури переріза конуса обертання?

6. Як побудувати ізометричне зображення зрізаного циліндра та піраміди?

7. Що називається лінією зрізу?

§13. ВЗАЄМНИЙ ПЕРЕТИН ПОВЕРХОНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

13.1. Загальні положення

У техніці дуже часто зустрічаються деталі, в конструкції яких є різноманітні геометричні тіла, розташовані таким чином, що їх поверхні взаємно перетинаються. При взаємному перетині таких поверхонь утворюються лінії перетину (лінії переходу). Ці лінії належать одночасно двом поверхням.

Спільна лінія двох поверхонь називається лінією їх перетину

За формою ці лінії можуть бути плоскими і просторовими кривими або ламаними лініями. Характер лінії перетину залежить від того, які геометричні тіла або поверхні перетинаються:

- при перетині двох багатогранників утворюється одна або дві замкнені просторові ламані лінії, окремі відрізки яких є лініями перетину граней багатогранників;
- при перетині багатогранника з тілом обертання утворюється одна або дві лінії, що складаються з кількох частин плоских кривих другого порядку - кола, еліпси, параболи тощо. Ці частини кривих сходяться між собою на ребрах багатогранників;
- при перетині двох кривих поверхонь другого порядку утворюється одна або дві просторові плавні криві, як правило, четвертого порядку, які в окремих випадках розпадаються на плоскі криві другого порядку або навіть на прямі лінії.

Два тіла можуть перетинатися по одній або двох замкнених лініях. У першому випадку перетин буде неповним і на тілах утворяться заглибини у вигляді врубок. Цей випадок називається *врізанням*. При двох замкнених лініях перетину одне тіло цілком проникає в інше. Такий випадок називається *проникненням*.

Щоб знайти точки лінії взаємного перетину поверхонь, застосовують спосіб *допоміжних перерізів* (спосіб посередників), суть якого:

✓задані поверхні перерізають третьою, допоміжною, поверхнею або площиною;

✓будують лінії перерізу посередника з кожною заданою поверхнею;

✓визначають точки перетину знайдених ліній; ці точки і є шуканими точками лінії перетину поверхонь.

За допоміжні січні поверхні найчастіше беруть площини окремого положення, паралельні площинам проекцій H, V, або сфери, які в перетині з заданими поверхнями утворюють графічно прості лінії - прямі або кола. Щоб розв'язати задачу, треба провести не одну, а кілька допоміжних площин або сфер.

Знайдемо спільні точки лінії перетину зрізаного конуса і кулі (рис. 184). Допоміжна горизонтальна площина б перетинає кулю і конус по колах I і II, взаємний перетин яких визначає спільні точки A і B. Провівши кілька допоміжних площин, знаходять достатньо точок для побудови кривої перетину тіл.

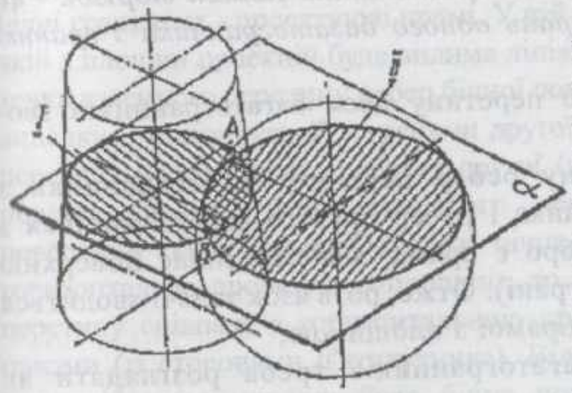


Рис. 184

На лінії перетину поверхонь розрізняють *точки опорні* і *випадкові*, або *проміжні*. Насамперед визначають опорні точки: найвищі і найнижчі, крайні праві і ліві, точки видимості тощо. Знаходження опорних точок дає можливість побачити, в яких межах розміщені проекції лінії перетину і де слід визначити випадкові точки, щоб точніше побудувати лінію.

Знайшовши точки лінії перетину, їх сполучають в певній

послідовності і визначають видимість окремих відрізків. При цьому виходять з таких положень:

*дві видимі грані дають у перетині видимий відрізок лінії перетину;

* у перетині двох невидимих граней або однієї видимої, а другої невидимої, утворюється невидимий відрізок лінії перетину;

*для кривих поверхонь видимими будуть лише ті точки, які знайдені в перетині двох видимих твірних;

*точки переходу видимої частини лінії перетину в невидиму лежать на обрисних твірних чи ребрах однієї або другої поверхні;

* видимість визначають окремо для кожної проекції поверхонь, що перетинаються.

13.2. Перетин гранних поверхонь

Як вже відмічалось, *при перетині поверхонь двох багатогранників утворюється замкнена ламана просторова лінія.* Вершини цих ліній визначають як точки зустрічі ребер одного багатогранника з гранями другого. Поверхня одного багатогранника може проходити наскрізь поверхні другого багатогранника повністю або частково.

При повному взаємному перетині утворюються дві замкнені ламані лінії (рис.185), при неповному - одна (рис.186). Ламана лінія перетину складається з відрізків прямих ліній. Кожен відрізок - це лінія, по якій перетнулась грань одного багатогранника з гранню другого.

Побудова лінії взаємного перетину двох багатогранників зводиться до таких побудов:

•будують точки перетину ребер першого багатогранника з гранями другого багатогранника і ребер другого багатогранника з гранями першого. Кожне ребро є пряма, яка перетинає поверхню другого геометричного тіла (грані). Отже, розв'язок задачі зводиться до побудови точки перетину прямої з площиною;

•перетин ребер двох багатогранників треба розглядати як перетин двох прямих;

•лінію перетину двох граней треба розглядати як лінію перетину двох площин.

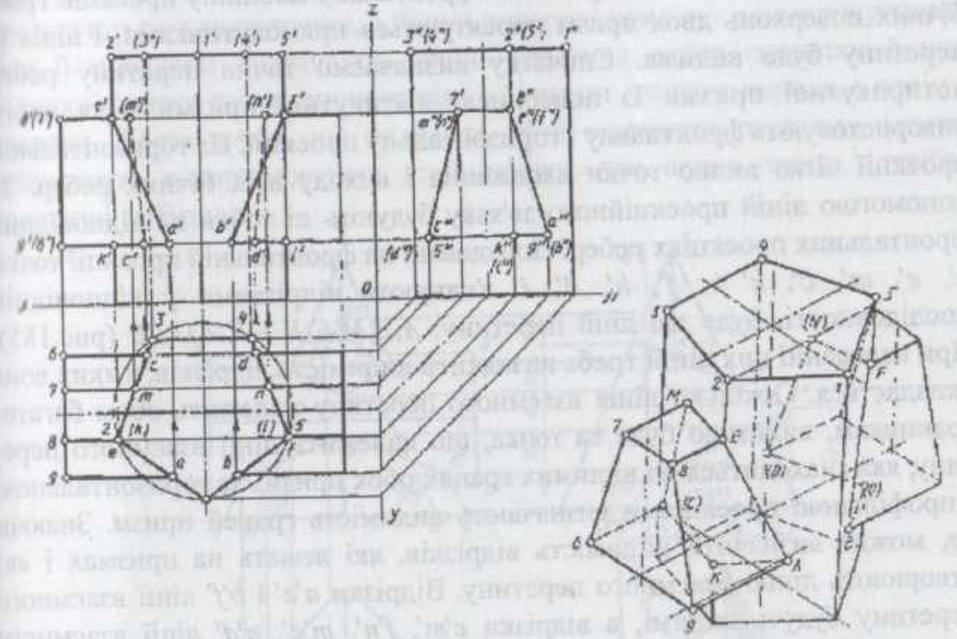


Рис.185

Побудова лінії взаємного перетину поверхонь двох призм

На рис.185 показано побудову лінії взаємного перетину двох призм, бічні грані яких - проектуючі прямі. У цій задачі спочатку визначають, на якій з площин проекцій буде видима лінія взаємного перетину, і будують точки взаємного перетину ребер бічної поверхні однієї з призм (у даному випадку - чотирикутної) з гранями другої призми. Потім будують точки перетину ребер бічної поверхні другої (п'ятикутної) призми з гранями першої призми. Лінія взаємного перетину одночасно належить поверхням обох призм. Оскільки бічна поверхня п'ятикутної призми горизонтально проектуюча площина, то на площині *H* лінія взаємного перетину співпаде з горизонтальною проекцією бічної поверхні даної призми (із сторонами п'ятикутника). Відносно до профільної площини проекцій проектуючою буде бічна поверхня чотирикутної призми. Проекція лінії взаємного перетину співпаде з профільною бічною поверхнею цієї призми із сторонами чотирикутника.

Отже, лінія взаємного перетину буде невидимою на горизонтальній і на профільній площині проекцій, так як її проекції співпадають з

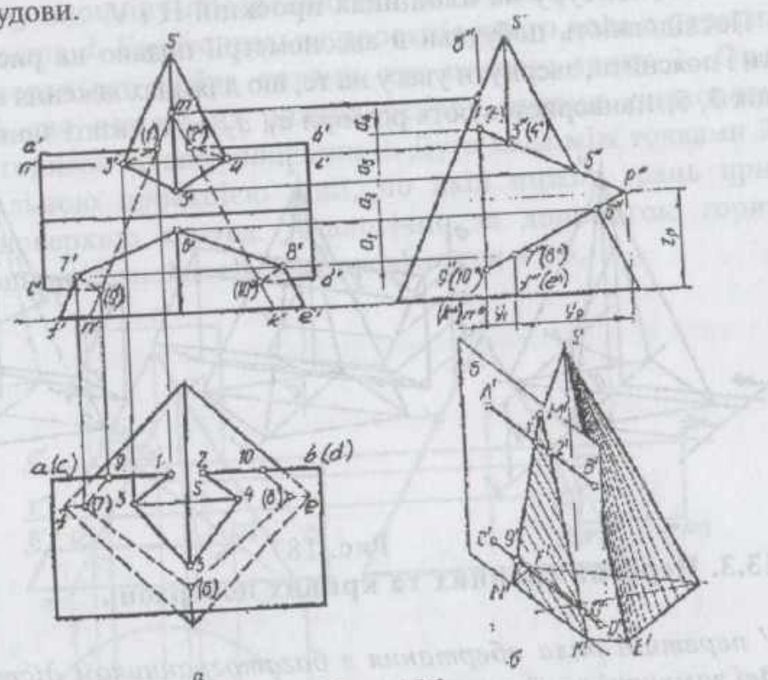
проекціями сторін основ призм. На фронтальну площину проекцій грані бічних поверхонь двох призм проектуються прямокутниками, і лінія їх перетину буде видима. Спочатку визначаємо точки перетину ребер чотирикутної призми із поверхнею п'ятикутної призми. Для цього використовують фронтальну і горизонтальну проекції. На горизонтальній проекції чітко видно точки входження і виходу всіх бічних ребер. За допомогою ліній проекційного зв'язку будують ці точки на відповідних фронтальних проекціях ребер. Побудовані на фронтальній проекції точки *a', e', m', c', k' і f', h', d', i'* з'єднують відрізками у відповідній послідовності. Буде дві лінії перетину: *A,E,M,C,K і F,N,D,I,B* (рис.185). При наведенні цих ліній треба визначити видимість відрізків, з яких вона складається. Оскільки лінія взаємного перетину належить обом багатогранникам, видимою буде та точка, що належить лінії взаємного перетину, яка знаходиться на видимих гранях обох призм. За горизонтальною і профільною проекціями визначають видимість граней призм. Знаючи це, можна визначити видимість відрізків, які лежать на призмах і які утворюють лінію взаємного перетину. Відрізки *a'e'* і *b'f'* лінії взаємного перетину будуть видимі, а відрізки *e'm', f'n', m'c', n'd'* лінії взаємного перетину будуть невидимі. Отже, відрізки *a'k', k'c', b'i', i'd'* співпадають з проекцією нижньої грані чотирикутної призми.

Для побудови лінії взаємного перетину двох призм в аксонометрії достатньо на горизонтальній проекції виміряти відстані від бічних основ чотирикутної призми до точок входу на п'ятикутній призмі і відповідно відкласти їх в аксонометрії. Точки E і F можна відмітити одразу ж. Побудовані точки з'єднують відрізками. Відрізки AE, EM і FB лінії взаємного перетину будуть видимі.

Побудова лінії взаємного перетину поверхонь піраміди і призми

Спочатку аналізуємо розташування багатогранників відносно площин проекцій і їх взаємне розташування. Визначаємо, на яких проекціях проекція лінії взаємного перетину буде видима і її треба побудувати, а на яких проекціях вона співпадає з відрізками, в які проектуються бічні грані одного з багатогранників. Оскільки на рис.186, *а* в призми бічна поверхня профільно проектуюча, то лінія взаємного перетину на профільній площині проекцій співпадає з проекцією бічної поверхні призми, тобто з сторонами трикутника. На

фронтальній і горизонтальній проекціях грані бічної поверхні піраміди проектуються в трикутники, а бічної поверхні призми - в чотирикутники. Для її побудови визначають точки перетину ребер спочатку бічної поверхні одного геометричного тіла з бічними гранями іншого, а потім - навпаки. Деякі точки, що належать лінії взаємного перетину, можна побудувати, використовуючи лінії зв'язку, для інших точок потрібні додаткові побудови.



а *б*

Рис. 186

Для визначення фронтальних проекцій *3', 4', 5',...*точок проводять горизонтальні лінії зв'язку з проекцій *3", 4", 5",* ... до перетину з фронтальними проекціями відповідних бічних ребер піраміди. За фронтальними визначають горизонтальні проекції цих точок. Для визначення точок перетину ребер призми *AB* і *CD* з пірамідою використовують допоміжну фронтальну площину у, яка проходить через ці ребра. Ця площина перерізає піраміду по трикутнику *MNK*, подібному до трикутника SFE (рис.186, *б*). Для побудови фронтальної проекції трикутника MNK з точки m" проводять горизонтальну лінію зв'язку, знаходять проекцію *m'* і з неї

проводять сторони $m'n'$ і $m'k'$ трикутника перетину паралельно бічним ребрам піраміди. У перетині утвореного трикутника з проекціями $a'b'$ і $c'd'$ ребер призми дістають фронтальні проекції 1', *9'*, *2'*, *10'* точок лінії перетину. Використовуючи вертикальні лінії зв'язку, знаходять горизонтальні проекції цих точок. Знайдені проекції точок сполучають суцільними або штриховими лініями, враховуючи видимість контуру на площинах проекцій H і V.

Послідовність побудови в аксонометрії подано на рис.187. (Розглянути і пояснити, звернути увагу на те, що для знаходження в аксонометрії точок 3, 5,…використовують розміри a_1, a_2, a_3, a_4, взяті з рис.186, *а*).

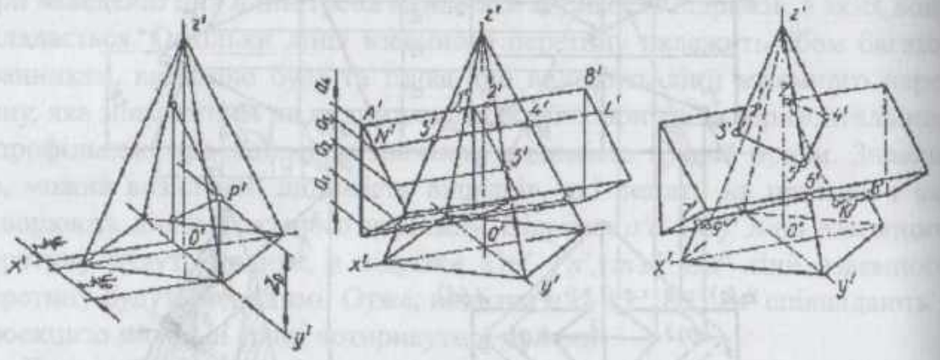


Рис. 187

13.3. Перетин гранних та кривих поверхонь

У перетині тіла обертання з багатогранником дістають одну або дві замкнені лінії, окремі відрізки яких є кривими лініями другого порядку (еліпс, парабола, гіпербола, коло) або прямими лініями. Контур лінії перетину не має плавного характеру на всій своїй довжині, а утворює в окремих місцях точки зламу, які лежать на ребрах багатогранника. У цих точках змінюється характер кривої перетину: коло переходить в еліпс, у пряму і т.д.

При побудові лінії взаємного перетину спочатку будують характерні точки: точки, в яких ребра багатогранника (як прямі) перетинаються з поверхнею тіла обертання, і точки, в яких граничні твірні тіла обертання перетинаються з поверхнею багатогранника. Потім (при необхідності) будують проміжні точки лінії взаємного перетину.

На рис. 188 зображено перетин прямого кругового конуса з трикутною призмою. Оскільки бічні грані призми перпендикулярні до площини V, фронтальна проекція лінії перетину зливається з фронтальною проекцією граней призми. Побудову горизонтальної і профільної проекції лінії перетину починають з визначення їх опорних точок. Через верхнє ребро призми проводять допоміжну горизонтальну площину-посередник у. Ця площина перерізає конус по колу діаметра *d*. Горизонтальна проекція цього кола в перетині з проекцією верхнього ребра призми дає шукану точку 1. Опорні точки 2 і 3, що лежать на нижніх ребрах призми, знаходять за допомогою горизонтальної площини и. Дуга кола між точками 2 і 3 є горизонтальною проекцією лінії, по якій нижня грань призми перетинає поверхню конуса. Аналогічно за допомогою горизонтальної площини г знаходять випадкові точки 4 і 5.

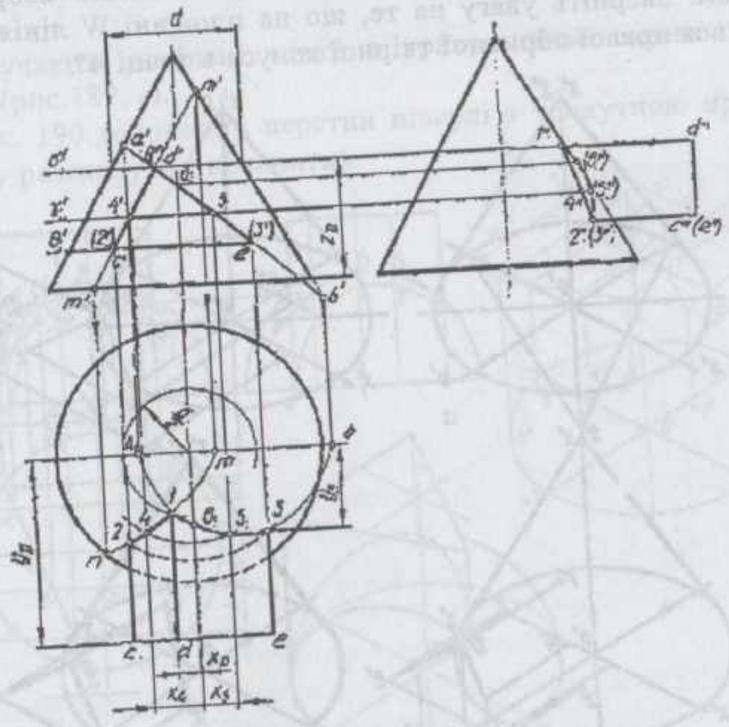


Рис.188

Щоб точніше побудувати криву перетину, використовують спосіб *"повних перерізів"*. Суть його в тому, що грані призми продовжують до повного перетину з конусом і креслять повний контур знайденої кривої другого порядку. Так, продовжуючи ліву грань призми до повного перетину з конусом, дістають параболу, вершиною якої буде уявна точка M; найбільший розхил крива має в точці N, що лежить на основі конуса. Знаходять проекції цих точок і креслять горизонтальну проекцію параболи. Дійсну частину параболи, що лежить у межах лівої грані призми, наводять суцільною основною, а уявну - тонкою лінією. Права грань призми перерізає конус по еліпсу, великою віссю якого буде відрізок a'b'. На горизонтальній проекції креслять контур усього еліпса, а остаточно наводять тільки дійсну його частину.

Профільну проекцію лінії перетину знайдено координатним способом. Зверніть увагу на те, що на площині W лінія перетину торкається правої обрисної твірної конуса в точці *6"*.

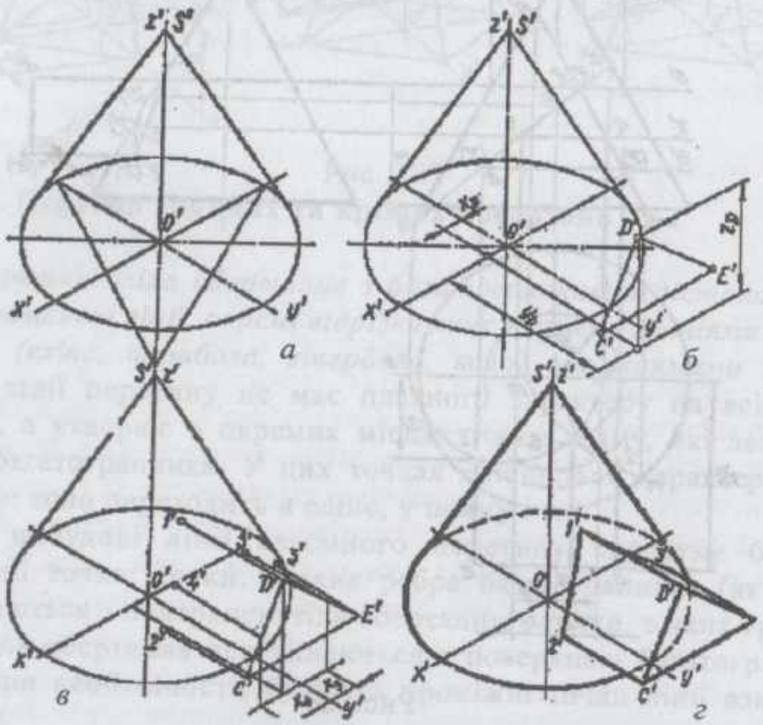


Рис.189

Ізометричну побудову пересічних призми і конуса (рис.189) виконують у такій послідовності:

✓будують ізометричну проекцію конуса (рис.189,а);

✓використовують координати x_D, y_D, z_D, знаходять ізометричну проекцію однієї з вершин основи - точки D;

✓будують ізометричну проекцію $C'D'E'$ трикутника, що є основою призми (рис.189,б);

✓з вершин C', D', E' проводять прямі, паралельні осі y', і відкладають на них відрізки, що дорівнюють відстаням від вершин основи призми до точок перетину її ребер з поверхнею конуса, наприклад, $C'2'=c2$; $D'1'=d1$;...(рис.189, *в*).

✓використовуючи розміри x_4, x_5 і відповідні відрізки, виміряні на горизонтальній проекції, знаходять проміжні точки 4' і 5' лінії перетину;

✓сполучають знайдені точки з урахуванням видимості лінії перетину (рис.189, *г*).

На рис. 190 зображено перетин півкулі з трикутною призмою. (Побудову розглянути і пояснити).

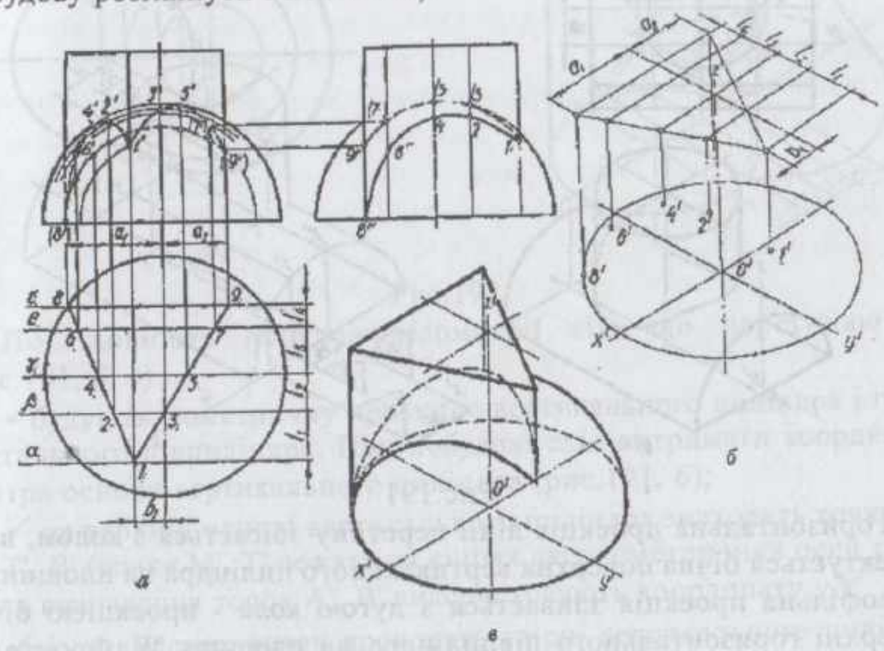


Рис.190

13.4. Перетин кривих поверхонь

У перетині двох тіл обертання дістають одну або дві просторові замкнені криві, які в окремих випадках розпадаються на плоскі криві другого порядку або навіть на прямі лінії. Для побудови точок, що належать лінії перетину, використовують метод допоміжних площин, найчастіше площин рівня. Починати розв'язок треба з визначення опорних точок.

Розглянемо побудову лінії перетину вертикального циліндра і горизонтального півциліндра, осі яких перетинаються (рис.191, *а*).

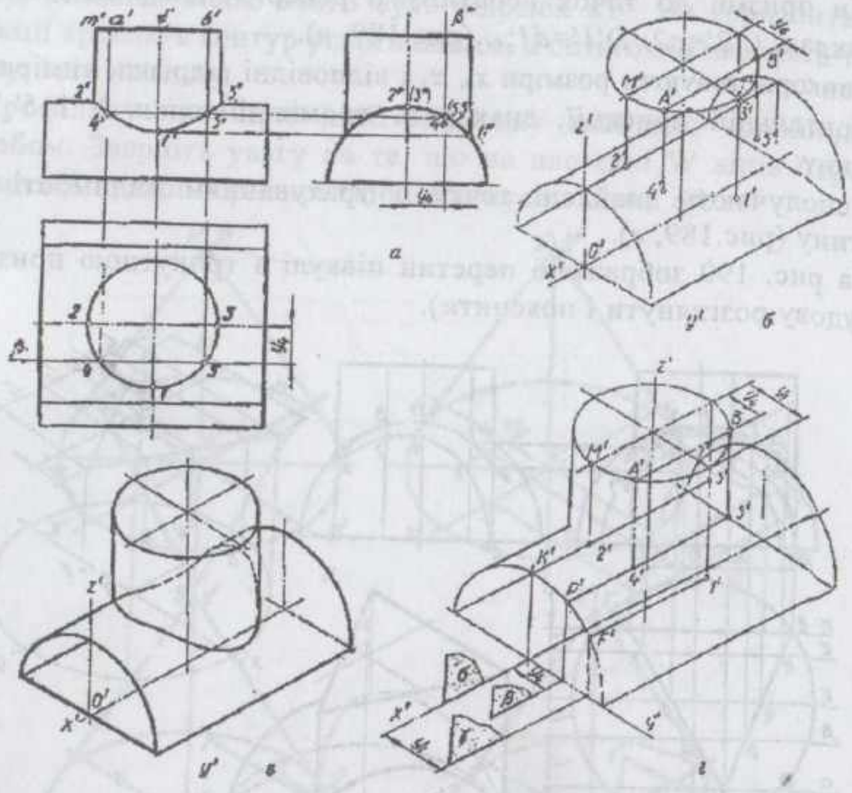


Рис.191

Горизонтальна проекція лінії перетину збігається з колом, в яке проектується бічна поверхня вертикального циліндра на площину H, а профільна проекція зливається з дугою кола - проекцією бічної поверхні горизонтального півциліндра на площину W. Фронтальні

проекції 2' і 3' найвищих опорних точок кривої лежать на перетині фронтальних проекцій обрисних твірних обох циліндрів. Найнижчу точку *1'* визначають за допомогою горизонтальної лінії зв'язку, проведеної з точки *1"* до перетину з фронтальною проекцією відповідної твірної. Проміжні точки 4,5 визначають за допомогою фронтальної січної площини в, яка перерізає вертикальний циліндр по твірних А і В, а горизонтальний - по твірній 4-5. Взаємний перетин твірних дає точки 4 і 5. Знайдені точки сполучають плавною кривою.

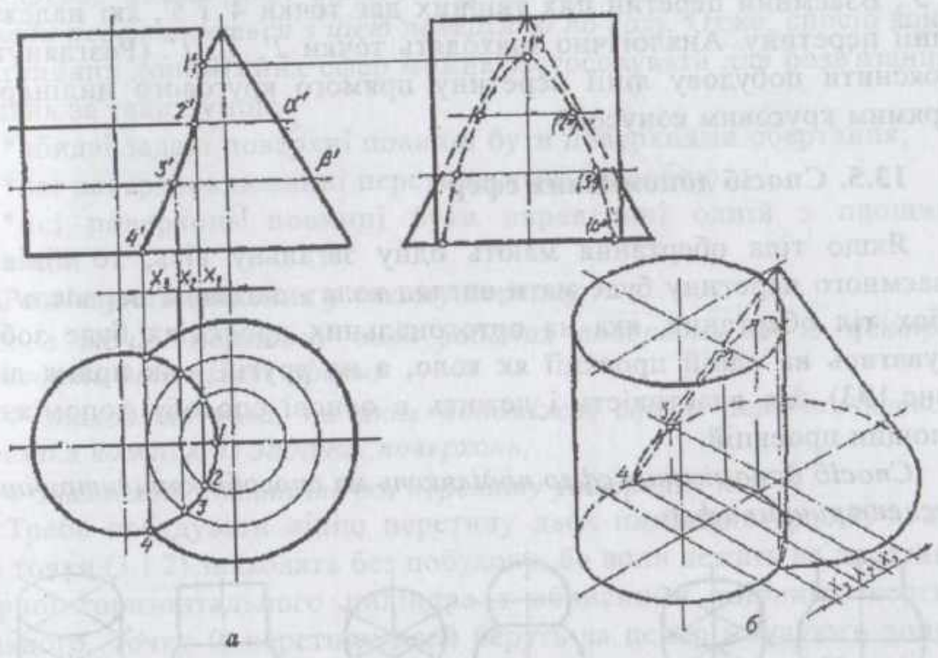


Рис.192

Послідовність побудови ізометрії тіл, що перетинаються (рис.191, *б, в*):

✓ будують ізометричну проекцію вертикального циліндра і горизонтального півциліндра. При побудові слід витримати координати центра основи вертикального циліндра (рис.191, *б*);

✓ на верхній основі вертикального циліндра знаходять точки M', T', A', B' (точки M', T' лежать на кінцях аксонометричних осей x' і y', а для визначення точок A', B' використовують координату y_4);

✓ із знайдених точок проводять твірні вертикального циліндра

паралельно осі z' і відкладають на них відповідні відрізки, виміряні на фронтальній проекції, наприклад, $M'2'=m'2'_1$; $A'4'=a'4'_1$;...

Остаточне креслення зображено на рис.191, *в*.

На рис.191, *г* побудову ізометричного зображення виконано без використання комплексного креслення - за допомогою січних фронтальних площин. Так, площина в, віддалена від осей вертикального і горизонтального циліндрів на величину y_4, перетинає вертикальний циліндр по твірних *A'4'* і *B'5'*, а горизонтальний - по твірній *P'5'*. Взаємний перетин цих твірних дає точки 4' і 5', які належать лінії перетину. Аналогічно знаходять точки *2', 3', 1'*. (Розглянути і пояснити побудову лінії перетину прямого кругового циліндра з прямим круговим конусом).

13.5. Спосіб допоміжних сфер

Якщо тіла обертання мають одну загальну вісь, то лінія їх взаємного перетину буде мати вигляд кола - загальна паралель для обох тіл обертання, яка на ортогональних проекціях буде зображуватись на одній проекції як коло, а на другій - як пряма лінія (рис.193). Ця властивість і лежить в основі способу допоміжних площин проекцій.

Спосіб допоміжних сфер поділяють на способи концентричних і ексцентричних сфер.

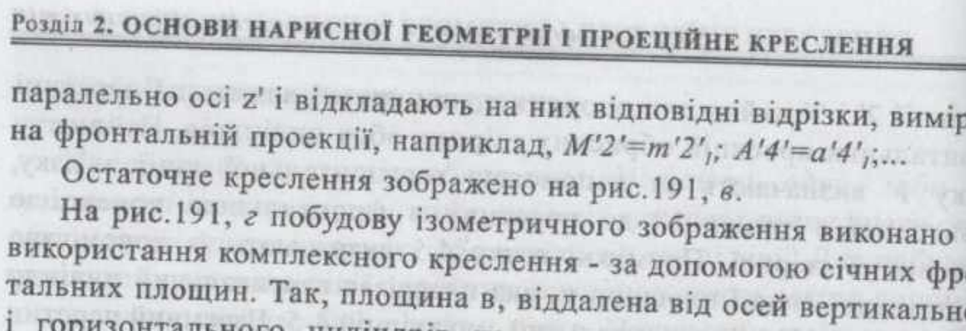


Рис.193

Спосіб концентричних сфер

Цей спосіб застосовують у тому випадку, коли одна з соосних поверхонь - сфера, центр якої знаходиться на осі іншої поверхні обертання.

Соосними називаються поверхні, які мають спільну вісь обертання.

Лінії перетину соосних поверхонь кола.

Якщо вісь обертання соосних поверхонь перпендикулярна до будь-якої площини проекцій, то лінія їх перетину проектується на цю площину без спотворення в коло, а на інші площини проекцій - в пряму лінію.

Сфера, центр якої знаходиться на осі поверхні обертання, завжди перетинається з цією поверхнею по колу. Отже, спосіб концентричних допоміжних сфер можна застосовувати для розв'язання завдань за таких умов:

*обидві задані поверхні повинні бути поверхнями обертання;

*осі поверхонь повинні перетинатися між собою;

*осі поверхонь повинні бути паралельні одній з площин проекцій.

Розв'язують завдання у такому порядку:

◊ *з точки перетину осей заданих поверхонь як із центра проводять допоміжні сфери;*

◊ *знаходять кола, по яких допоміжні сфери перетинаються окремо з кожною із заданих поверхонь;*

◊ *знаходять спільні точки перетину утворених кіл.*

Треба побудувати лінію перетину двох циліндрів (рис.194, *а*). Дві точки (1 і 2) знаходять без побудови, бо вони лежать на перетині твірної горизонтального циліндра з обрисними твірними вертикального. Точку *0'* перетину осей беруть за центр і будують допоміжну сферу, дотичну до циліндра більшого діаметра. Ця сфера торкається більшого циліндра по колу, фронтальною проекцією якого є відрізок *a'b'*, а поверхню меншого циліндра перерізає також по колу, що проектується у відрізок *c'd'*. Взаємний їх перетин дає точку *3'* - фронтальну проекцію найнижчої точки перетину. Щоб знайти проміжні точки, будують сферу з того самого центра трохи більшим радіусом. Ця сфера перетне вертикальний циліндр по колу, яке проеціюється у відрізок *m'n'*, а горизонтальний - по двох колах, що проеціюються у відрізки *e'f'* і *k'l'*. Перетин цих ліній дає точки *4'* і *5'*, що належать лінії перетину. Точки сполучають плавною кривою.

На рис.194, *б* задано циліндр і конус, осі яких перетинаються. Опорні точки *1'* і *6'* перетину обрисних твірних знаходять безпосередньо з креслення. З точки *o'* перетину осей циліндра і конуса ставлять перпендикуляр до обрисної твірної конуса. Довжина цього перпендикуляра є радіусом мінімальної допоміжної сфери, вписаної в конус. Ця сфера торкається конуса і перетинає циліндр по колах, які проеціюються на площину V у прямі лінії. Перетин цих ліній дає проекцію *5'* шуканої точки. Збільшуючи радіуси допоміжних сфер, аналогічною побудовою знаходять точки *2', 3', 4', ...*

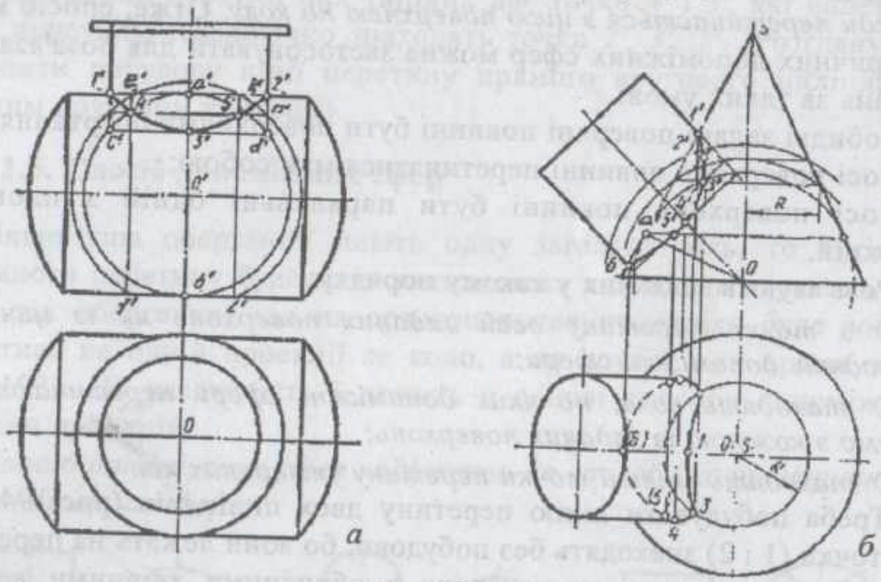


Рис.194

Горизонтальну проекцію лінії перетину знаходять, будуючи допоміжні кола, що лежать на поверхні конуса або на поверхнях сфер-посередників. Так, для знаходження горизонтальної проекції точки 3 (рис.194, *б*) будують коло радіуса *R*, що лежить на поверхні конуса, і проводять з фронтальної проекції лінію зв'язку до перетину з цим колом. Точка *4*, що лежить на обрисній твірній циліндра, поділяє горизонтальну проекцію лінії перетину на видиму і невидиму частини.

Два положення, які слід пам'ятати при розв'язуванні подібних завдань:

✓Радіус найбільшої допоміжної сфери дорівнює відстані від

центра *0'* до найвіддаленішої точки лінії перетину, а радіус найменшої сфери - відстані від центра *0'* до найвіддаленішої твірної.

✓Лінія перетину двох поверхонь обертання другого порядку, що мають спільну площину симетрії, проеціюється на площину, паралельну площині симетрії у вигляді кривої другого порядку. Так, лінія перетину двох циліндрів або конуса і циліндра проеціюється у гіперболу, а циліндра і кулі - у параболу.

Суть способу ексцентричних сфер у тому, що допоміжні сфери проводять з різних центрів.

Це дає змогу застосовувати такий спосіб не лише для тіл обертання, а й для поверхонь, що мають колові перерізи, - тора, похилого циліндра, еліптичного параболоїда тощо.

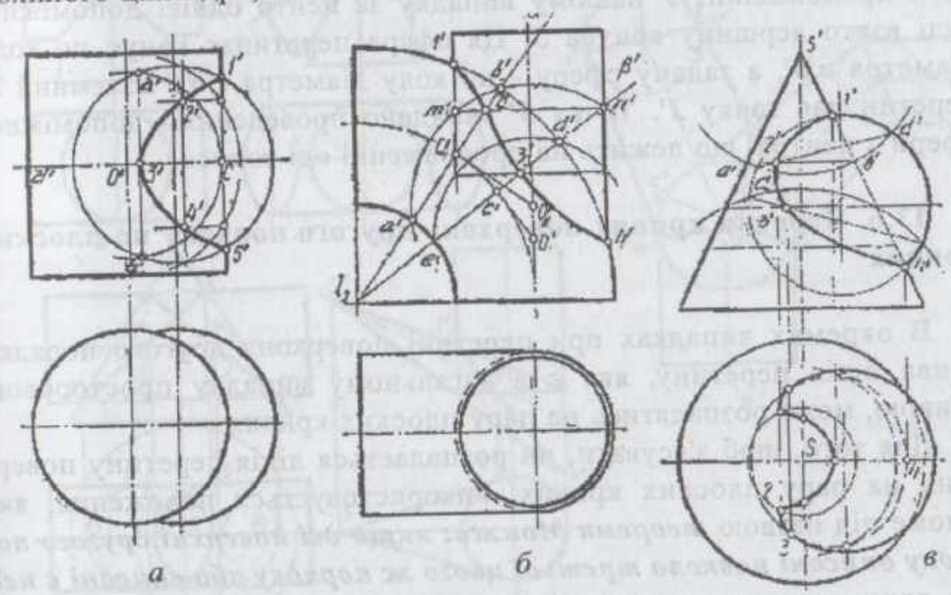


Рис.195

На рис.195, *б* циліндр перетинається з коловим кільцем (тором). Дві точки - найвищу 1' і найнижчу 4' - визначають безпосередньо на перетині обрисної твірної тора з обрисними твірними циліндра, бо крива обрису тора і крайні твірні циліндра лежать у спільній фронтальній площині. Для знаходження проміжних точок застосовують ковзні сфери.

Через вісь обертання тора проводять фронтально проеціюючу площину б. Ця площина перетне кільце по колу діаметром *a'b'* з центром у точці c'. З точки *c'* проводять пряму, перпендикулярну сліду б, до перетину з віссю циліндра в точці *0'*. З цієї точки креслять сферичну поверхню радіусом *o'a'*, яка перетинає циліндр по колу діаметром *m'n'*. Перетин ліній *mn'* і *a'b'* дає першу пару проміжних точок 2'. Проводять другу фронтально проеціюючу площину в, за допомогою якої знаходять другу пару точок *3'* тощо.

На рис.195, *в* способом ексцентричних сфер розв'язано завдання на перетин кулі з конусом. Як відомо, за центр допоміжних сфер беруть точку перетину осей заданих тіл. Але куля має безліч осей, бо кожний діаметр кулі є віссю її симетрії. Тому за центр допоміжних сфер можна взяти будь-яку точку, що лежить на осі конуса або на її продовженні. У нашому випадку за центр однієї допоміжної кулі взято вершину конуса *S*. Ця сфера перетинає конус по колу діаметра *a'b'*, а задану сферу - по колу діаметра *c'd'*. Взаємний їх перетин дає точку *2'*. Точку *3'* знайдено проведенням допоміжної сфери з центра, що лежить на продовженні осі конуса.

13.6. Перетин кривих поверхонь другого порядку по плоских кривих

В окремих випадках при перетині поверхонь другого порядку крива лінія перетину, яка є в загальному випадку просторовою кривою, може розпадатись на пару плоских кривих.

Для того, щоб з'ясувати, чи розпадається лінія перетину поверхонь на пару плоских кривих, використовується положення, яке відоме під назвою ***теорема Монжа: якщо дві поверхні другого порядку описані навколо третьої цього ж порядку або вписані в неї, то вони перетинаються між собою по кривих другого порядку, лінія їх перетину розпадається на дві плоскі криві.***

Отже, лініями перетину двох циліндрів з однаковими діаметрами, осі яких перетинаються між собою (рис.196, *а, б*), будуть еліпси, які на фронтальну площину проеціюються відрізками прямих, розміщених на бісектрисах кутів між проекціями осей циліндрів. На рис.196, *в* циліндр і конус описано навколо тієї самої сферичної

поверхні. За *теоремою Монжа* лінія перетину розпадається на дві плоскі криві - два еліпса, що пройдуть через точки перетину обрисних твірних цих тіл. На площину *V* еліпси проеціюються у вигляді прямих, а на H - у вигляді еліпсів.

Встановлено також, що *коли дві криві поверхні перетинаються по одній кривій, то вони перетинаються і по другій плоскій кривій.* На рис.196, *г* зображено саме такий перетин. (На рис.196, *д* розглянути і пояснити як побудовано лінії перетину на повітропроводі).

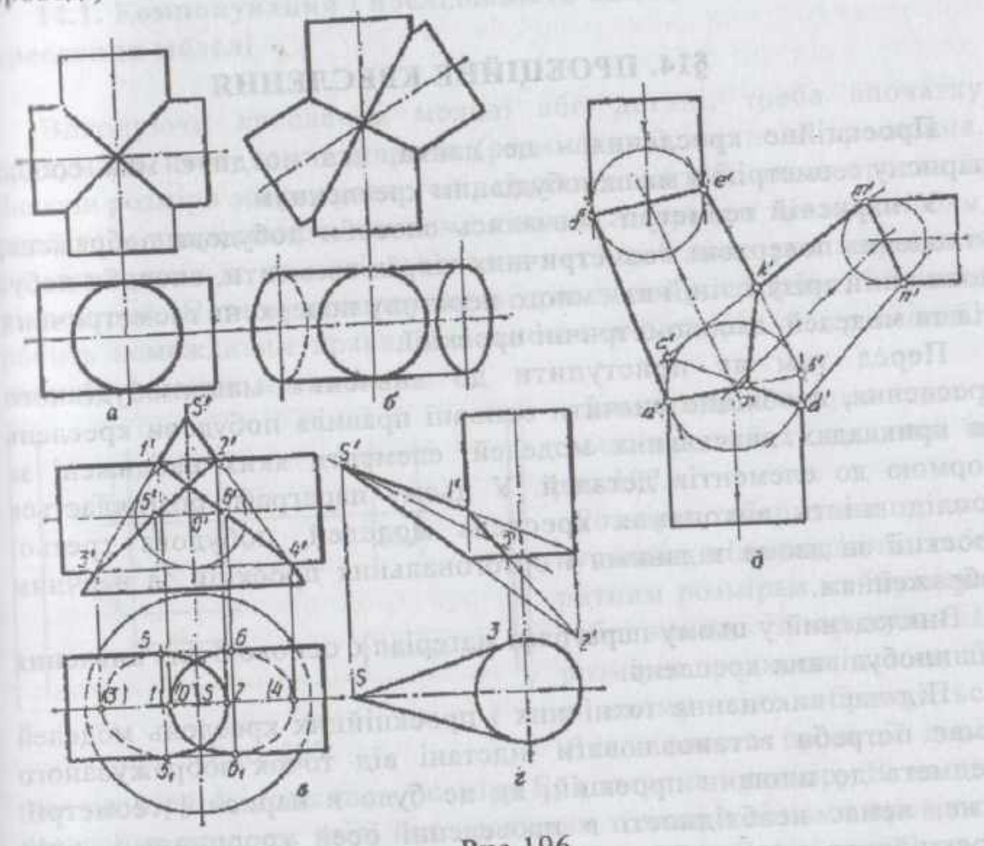


Рис.196

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка лінія перетину утворюється при перетині багатогранників, двох поверхонь другого порядку, багатогранника з тілом обертання?
2. Який загальний план розв'язання задач на перетин поверхонь?
3. Як визначається видимість точок лінії перетину?
4. Як перетинаються між собою поверхні обертання із спільною віссю?
5. План розв'язання задач за допомогою січних сферичних поверхонь.
6. Сформулювати теорему Монжа.
7. Які умови потрібні для застосування допоміжних сферичних поверхонь?

§14. ПРОЕЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

Проекційне креслення - це ланка, яка поєднує між собою нарисну геометрію з машинобудівним кресленням.

У нарисній геометрії вивчались способи побудови зображень, утворення поверхонь геометричних тіл, їх елементи, способи побудови ліній зрізу і ліній взаємного перетину поверхонь геометричних тіл та моделей, аксонометричні проекції.

Перед тим як приступити до вивчення машинобудівного креслення, необхідно вивчити основні правила побудови креслень на прикладах навчальних моделей, елементи яких наближені за формою до елементів деталей. У цьому параграфі розглядається послідовність виконання креслень моделей, побудова третьої проекції за двома заданими і ортогональних проекцій за наочним зображенням.

Викладений у цьому параграфі матеріал є основою для вивчення машинобудівних креслень.

Під час виконання технічних і проекційних креслень моделей немає потреби встановлювати відстані від точок зображуваного предмета до площин проекцій, як це було в нарисній геометрії. Отже, немає необхідності в проведенні осей координат і ліній проекційного зв'язку. Це дає змогу звільнити поле креслення для нанесення розмірів і полегшує читання креслень. При цьому побудова креслення ведеться методом прямокутного проектування, а лінії проекційного зв'язку проводять уявно.

Під моделлю слід розуміти предмет, який є сукупністю геометричних тіл, виконаний з дерева, оргскла, пластмаси або інших матеріалів.

Порядок роботи з виконання і читання креслень моделей: виконання комплексного креслення і аксонометрії моделі з натури; виконання комплексного креслення за заданою аксонометрією; виконання аксонометрією моделі за заданим комплексним кресленням; побудова третьої проекції за двома заданими.

14.1. Компонування і послідовність виконання комплексного креслення моделі

Виконуючи креслення моделі або деталі, треба спочатку продумати його компонування (розміщення) на полі креслення. Знаючи розміри зображуваного предмета, масштаб і число проекцій, передусім викреслюють тонкими лініями *габаритні прямокутники*, розташовуючи їх на полі креслення так, щоб вони розташувались рівномірно. Погане компонування креслення ускладнює, а інколи робить неможливим правильне нанесення розмірів на кресленні і заважає читанню креслення.

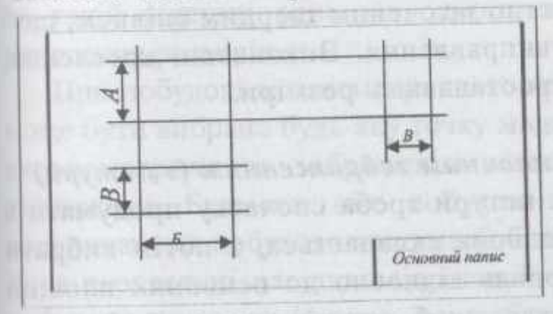


Рис. 197

Компонування креслення в трьох проекціях показано на рис.197.

Розміри габаритних прямокутників відповідають габаритним розмірам майбутнього зображення із врахуванням розмірів предмета і масштабу, в якому він зображується. Якщо висота проекції дорівнює розміру А, довжина - розміру Б, а ширина - розміру В, на полі креслення поздовж всієї його довжини тонкими лініями проводять дві горизонтальні паралельні лінії на відстані А. Потім проводять по всій висоті формату дві вертикальні паралельні лінії на відстані Б. Між вертикальними лініями розташовується фронтальна і горизонтальна проекції, між горизонтальними лініями - фронтальна

і профільна проекції. Слід пам'ятати, що розміри проставляють зовні зображення предмета. Між цими лініями розташовують габаритні прямокутники. Для цього габаритні прямокутники уявно розташовують між проведеними лініями і, переміщуючи, встановлюють їх, не порушуючи при цьому зв'язку між ними.

Вибране зручне розташування фіксується тонкими лініями, як показано на рис.197. В їх межах будують зображення.

Фронтальна проекція моделі повинна вибиратись так, щоб її зображення показувало найбільш повну форму предмета.

Якщо модель несиметрична, то спочатку будують основу моделі на площині *H*, при цьому одна з його сторін береться за базу (основну лінію), і від неї будують контурні лінії всієї основи. Такі ж бази вибирають і на інших проекціях і від них відкладають розміри для побудови обрис зображення. За базу в даному випадку можна вибрати будь-яку зручну для відліку розмірів лінію або декілька ліній.

Якщо модель симетрична, то побудову починають з проведення осей симетрії на всіх площинах проекцій, які використовуємо. Ці осі симетрії в даному випадку будуть базами для побудови проекцій моделі. Побудову починають, як правило, з основи моделі. Попередньо проаналізувавши її форму, будують послідовно. Побудову виконують тонкими лініями гостро заточеним твердим олівцем, щоб можна було б легко вносити виправлення. Виконавши креслення, його перевіряють, обводять і проставляють розміри.

Проеціювання моделі за її наочним зображенням (з натури)

При проеціюванні моделі з натури треба спочатку продумати з яких простих геометричних тіл вона складається, а потім вибрати направлення проектування. Модель відносно до основних площин проекцій треба розташувати так, щоб окремі проекції були по можливості більш простими. Для цього треба площини, обмежуючи модель, розташовувати або паралельно, або перпендикулярно до площин проекцій. Відносно до фронтальної площини проекцій модель треба розташувати так, щоб на цю площину вона спроектувалась найбільш наочно. Це зображення є головним виглядом. При викреслюванні окремих елементів моделі слід дотримуватись проекційного зв'язку між окремими проекціями.

Приклад комплексного креслення моделі і її аксонометричне зображення наведено на рис.198.

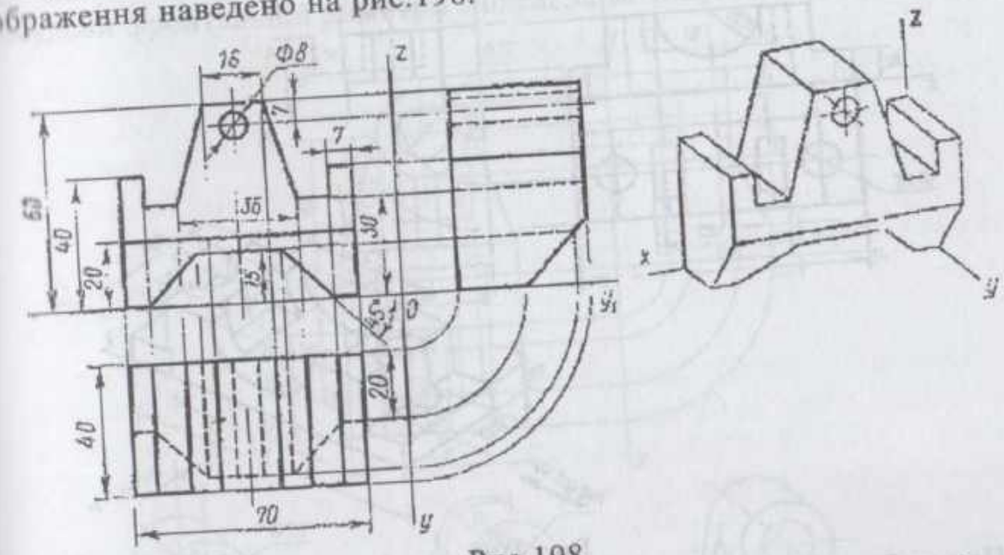


Рис.198

Невидимий контур зображують штриховою лінією. Для побудови ліній перетину поверхонь елементів моделі застосовують метод січних площин або метод сфер. Окремі зображення моделі слід розташовувати на такій відстані одне від одного, щоб було достатньо місця для нанесення розмірів.

При побудові аксонометричного зображення за початок координат може бути вибрано будь-яку точку моделі, причому в процесі побудови аксонометричного зображення моделі початок координат можна змінювати. Будь-яка вже побудована точка може бути початком координат для побудови наступної, близько від неї розташованої точки. Кола паралельні площинам проекцій зображуються у вигляді еліпсів, побудову яких замінюємо на побудову овалів. Невидимі лінії на аксонометричних проекціях зазвичай не проводять, оскільки подібні креслення існують для полегшення читання комплексного креслення і для виготовлення за ними виробів звичайно не застосовуються.

Бажано, щоб на аксонометричному зображенні модель була розташована відносно координатних осей так само, як вона розташована на комплексному кресленні. У деяких випадках з метою досягнення більшої наочності або простоти побудови розташування моделі відносно координатних осей можна змінювати.

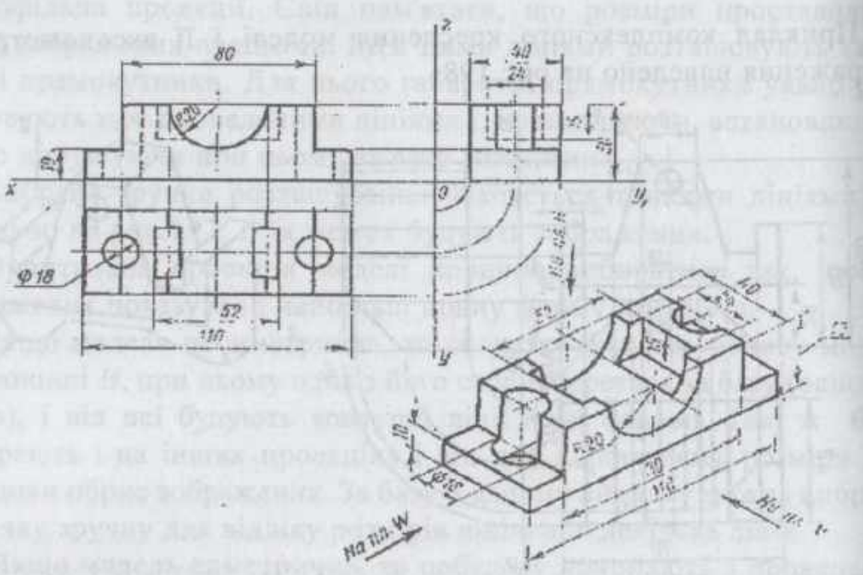


Рис.199

При побудові комплексного креслення моделі за її аксонометричним зображенням передусім треба вибрати головний вигляд, який дає найбільш повне уявлення про форму моделі.

Виконуючи комплексне креслення моделі, потрібно спочатку провести в тонких лініях габаритні обриси трьох проекцій, щоб переконатись, що вони розміщуються на аркуші. Побудову починають з нанесення осей симетрії та центрових ліній. Від цих ліній в обидва боки відкладають розміри для побудови симетричних точок. При побудові розмірів на аксонометричному кресленні керуються ГОСТ 2.307-68. На рис.199 виконано креслення моделі за її аксонометричним зображенням.

Для того щоб виконати аксонометрію за комплексним кресленням, потрібно уявити, з яких геометричних тіл складається ця модель, і розбити її на прості окремі складові частини. Потім потрібно вибрати найбільш наочний і більш простий для побудови вид аксонометрії. Якщо циліндричні форми моделі розташовані перпендикулярно площині V, то краще будувати фронтальну диметрію. Ізометричну проекцію зазвичай вибирають у тому випадку, коли основна форма моделі - тіло обертання (циліндр або конус), вісь якого розташована перпендикулярно площині *H*. Побудову аксонометричної проекції

починають з нанесення осей. На рис.200 показано послідовність побудови фронтальної диметрії моделі за комплесним кресленням.

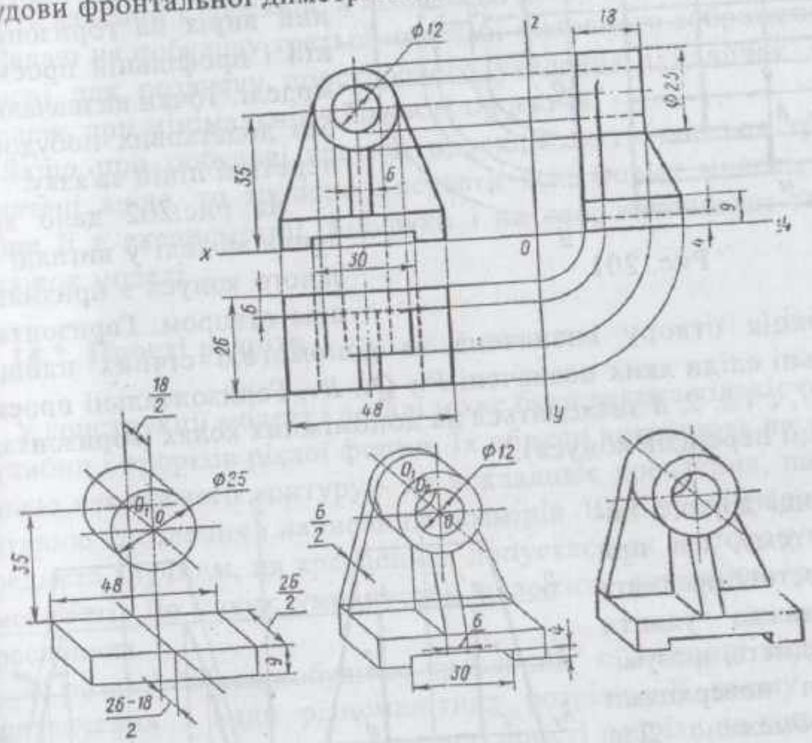


Рис.200

14.2. Побудова третьої проекції моделі за двома заданими проекціями

Велике значення для засвоєння навичок виконання комплексних креслень предметів має вправа на побудову третьої проекції предмета за двома заданими проекціями. При виконанні цієї задачі виникають труднощі двох видів. В одному випадку ми розуміємо, якими поверхнями обмежений предмет. Труднощі виникають тільки при побудові третьої проекції окремих точок і ліній внаслідок складності форми предмета. Особливо часто виникають такі труднощі в прикладах на взаємний перетин поверхонь тіл. Для подолання цих труднощів такого роду рекомендується вводити позначення окремих точок на відомих проекціях предмета. Після знаходження третьої проекції ці позначення потрібно зняти.

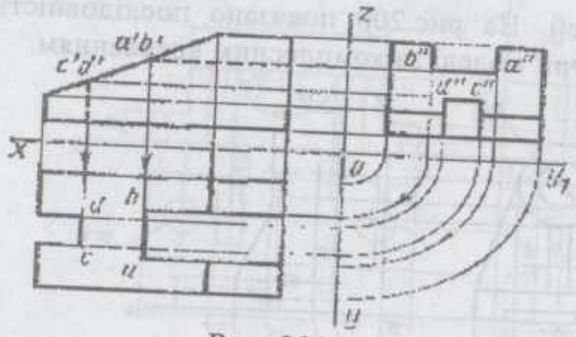


Рис. 201

На рис.201 за допомогою точок A, B, C і D побудований виріз на горизонтальній і профільній проекціях моделі. Точки визначаються без додаткових побудов на перетині ліній зв'язку.

На рис.202 дано креслення моделі у вигляді зрізаного конуса з призматичним отвором. Горизонтальна проекція отвору визначена за допомогою січних площин, фронтальні сліди яких позначені *Pv, Qv, Rv*. Горизонтальні проекції точок *a, 1, c* і *b, 2, d* знаходяться на допоміжних колах (горизонтальні проекції перерізів конуса).

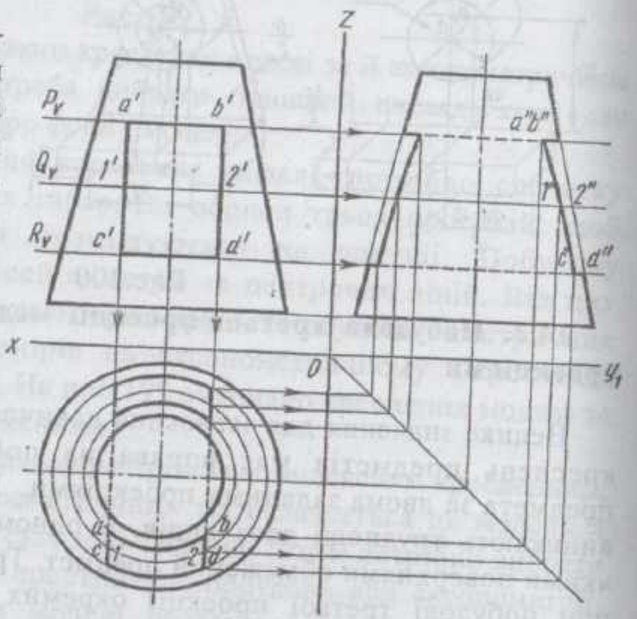


Рис. 202

Труднощі другого порядку в тому, що при уявній простоті предмета відразу важко уявити форму предмета, зрозуміти, якими поверхнями предмет обмежено. Для визначення форми предмета дві його задані проекції потрібно розглядати одночасно. Порушення цього правила часто є причиною затруднення. На проекціях предмета потрібно умовно виділити окремі елементи, які мають просту геометричну форму (призму, піраміду, циліндр, конус тощо.). Після цього потрібно відразу ж перевірити правильність його по другій проекції. У випадку неправильних

міркувань потрібно відмовитись від нього. Міркування можуть виявитися помилковими, тому що різноманітні геометричні елементи можуть на одній з проекцій, а інколи і на двох мати однаковий вид.

Задачі на побудову третьої проекції і наочного зображення дуже корисні для розвитку просторового уявлення і навичок читання креслень при мінімальній кількості проекцій.

Якщо при побудові третьої проекції зустрічаються труднощі, зазначені вище, то корисно з'ясувати всю форму моделі, побудувавши її в аксонометрії, від руки і на око, виконавши технічний малюнок моделі.

14.3. Прості розрізи

У конструкції моделі і деталі може бути велика кількість отворів, заглибин і прорізів різної форми. Їх обриси виконують на кресленні лінією невидимого контуру - це ускладнює креслення, що заважає читанню креслення і написанню розмірів. Щоб зробити зображення предмета зручним, на кресленнях допускається застосовувати деякі умовності. До таких умовностей належить виконання розрізів на кресленнях.

У розділі "Машинобудівне креслення" є докладні відомості про призначення і види різноманітних розрізів. У цьому параграфі подано тільки основні поняття про прості розрізи на комплексних і аксонометричних кресленнях геометричних тіл і моделей

Розріз - це зображення предмета, уявно розсіченого площиною перпендикулярною до однієї з площин проекцій, яке будується на площині, паралельній площині розрізу.

Частину предмета, яка знаходиться між площиною, що розрізала його, і людиною, умовно відкидаємо, як показано на рис. 203, *а*. Направлення зору показано стрілкою. Внаслідок цього видно внутрішню будову моделі. Лінії невидимого контуру (рис.203, *б*) обводять контурною лінією (рис.203, *в*).

Розріз, виконаний однією січною площиною, називається простим розрізом.

Зображення предмета в розрізі виконується на тій площині, паралельно якій розрізана модель або деталь. І замість зовнішнього

вигляду предмета на даній площині проекцій будують його зображення в розрізі.

У розрізі зображують те, що розташовано в січній площині, і те, що розташовано за нею. Стінки моделі або деталі, які умовно розрізала проведена площина, заштриховують тонкими суцільними лініями під кутом 45° до горизонтальних ліній основного напису. Якщо направлення штриховки співпадає з направленням будь-якої обрисної лінії, то штриховку виконують під кутом 60° до лінії основного напису. Відстань між лініями штриховки дорівнює 1,5…2 мм. Ті частини предмета, що розташовані за січною площиною розрізу, не штрихують (рис.203, *в*). Якщо на кресленні моделі або деталі виконано декілька розрізів, то всі вони повинні мати однакове направлення нахилу штриховки і однаковий інтервал між лініями штриховки (рис.204).

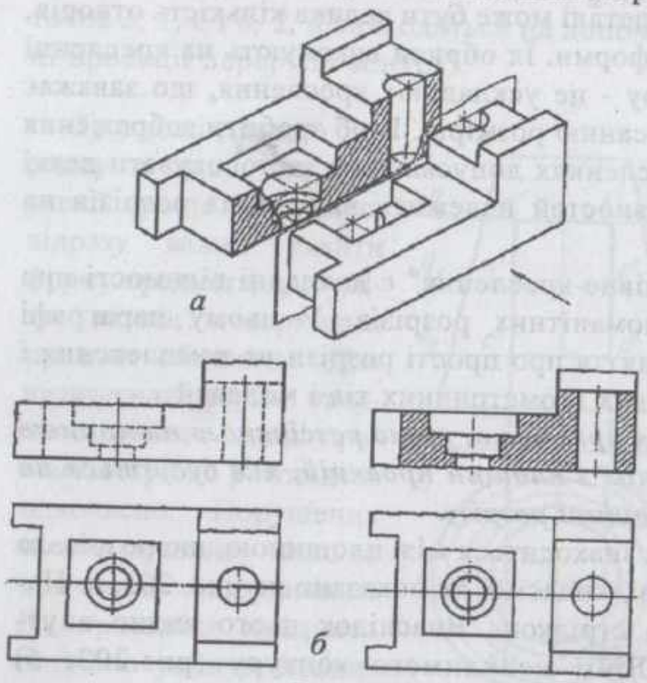


Рис. 203

Розріз, виконаний на одній площині проекцій, не впливає на зображення предмета на інших проекціях. Так, наприклад, на рис.203, *в* зображено розріз на фронтальній проекції, а на горизонтальній проекції модель зображена повністю, інакше те, що умовно вилучено на одній проекції, зберігається на інших проекціях.

Внутрішня будова предмета, виявлена розрізом, на інших проекціях невидимим контуром не зображується. Для виявлення внутрішньої будови предмета на одному кресленні може бути виконано декілька розрізів (рис.204).

Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проекцій розрізи поділяються на вертикальні і горизонтальні.

При вертикальному розрізі січна площина перпендикулярна горизонтальній площині проекцій Н (рис. 203, *в*). Такий розріз може бути виконаний на фронтальній або профільній площинах проекцій.

При горизонтальному розрізі січна площина паралельна площині *Н* (рис. 204).

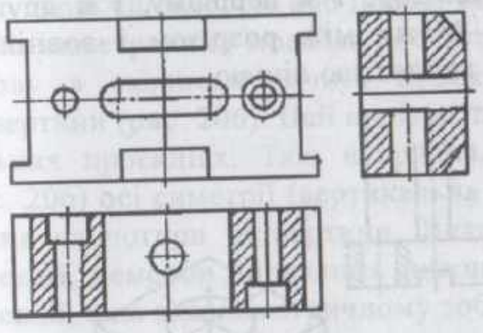


Рис.204

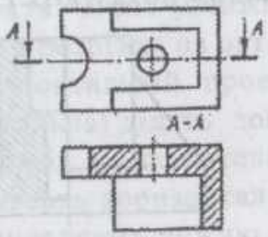


Рис.205

Розріз, виконаний площиною поздовж довжини деталі, називають *поздовжнім* (рис.203, *в*), а перпендикулярно до його довжини або висоти - *поперечним* (рис. 204).

Якщо площина розрізу співпадає з площиною симетрії фронтальних, горизонтальних і профільних розрізів, то положення площини, що розрізає предмет, на кресленні не позначають. Але якщо січна площина не збігається з площиною симетрії, то положення січної площини показують лінією перетину - слідом цієї площини на площині креслення і надписують (рис. 205).

При виконанні розрізу виявляється внутрішня будова предмета, але частково губиться його зовнішній вигляд (рис.203, *а, в*). Такий розріз називається *повним*. Його рекомендується застосовувати, якщо в січній площині форма деталі або моделі несиметрична (рис. 203, 204).

Щоб зберегти зовнішній вигляд предмета, на симетричних зображеннях розріз показують до осі симетрії, інакше половину його, а з другого боку від осі симетрії зображується предмет нерозрізаний, при цьому не показують лініями невидимого контуру його внутрішню будову (рис. 206).

Границею між зовнішнім виглядом і розрізом є штрихпунктирна вісь симетрії.

Зображення розрізу моделі або деталі розташовується від вертикальної осі симетрії справа (рис. 206), а від горизонтальної осі

симетрії - знизу (рис. 207), незалежно від того, на якій площині проекцій він виконується. Якщо на вісь симетрії попадає проекція ребра, яка належить зовнішнім обрисам предмета, то розріз виконують, як показано на рис. 208, а якщо на вісь симетрії попадає ребро, яке належить внутрішнім обрисам предмета, то розріз виконують, як показано на рис. 209. І в першому, і в другому випадках ребро зберігається. Межу між розрізом і зовнішнім виглядом показують суцільною хвилястою лінією.

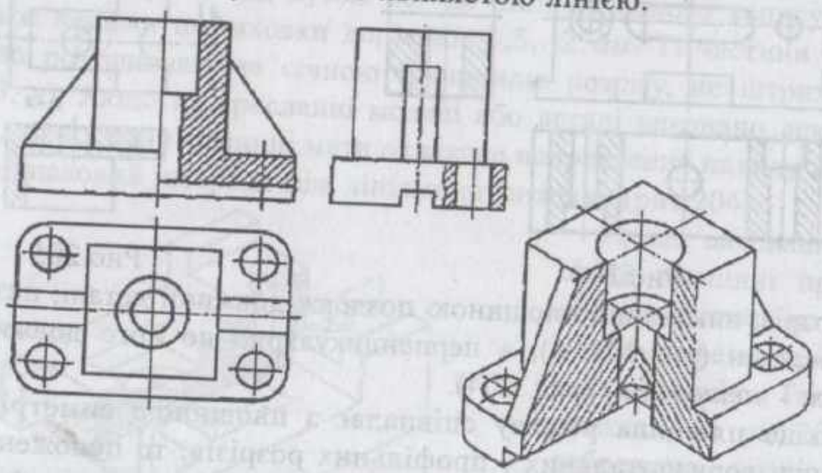


Рис.206

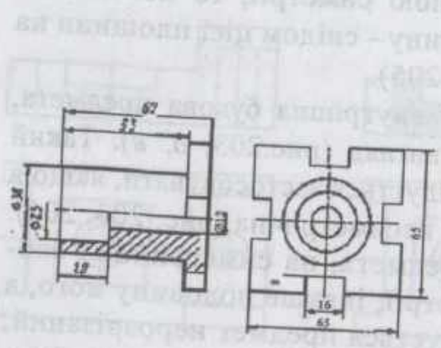


Рис.207

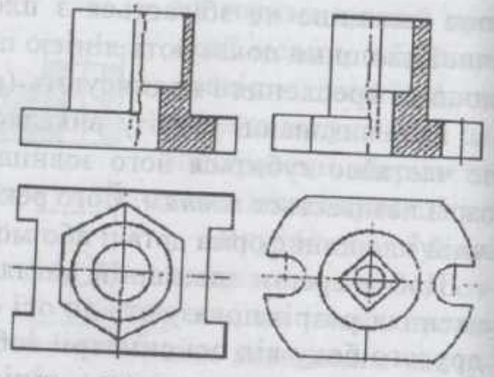


Рис.208

Рис.209

Слід пам'ятати, *якщо січна площина проходить поздовж тонкої стінки, ребра жорсткості або спиць, то в розрізах їх показуємо не розрізаними, як на вигляді* (рис. 206), *а якщо поперек, то розрізаємо.*

Місцевим розрізом називається зображення, що виявляє внутрішню будову предмета або деталі лише в окремому, обмеженому місці.

Місцеві розрізи відокремлюють від нерозрізаної частини деталі суцільною хвилястою лінією Хвиляста лінія не повинна зливатися з контурною чи осьовою або іншою лінією зображення (рис.206).

На симетричних моделях або деталях, щоб показати внутрішню будову в аксонометричній проекції, роблять виріз ближньої четвертини (рис. 206). Цей виріз не пов'язують з розрізом на ортогональних проекціях. Так, наприклад, на горизонтальній проекції (рис. 206) осі симетрії (вертикальна і горизонтальна) ділять зображення на чотири четвертини. Виконуючи розріз на фронтальній проекції, немовби видаляють нижню праву чверть горизонтальної проекції, а на аксонометричному зображенні видаляють нижню ліву четвертину моделі. Ребра жорсткості, що потрапили в поздовжній розріз на ортогональних проекціях, не заштриховують, а в аксонометрії заштриховують.

При написанні розмірів на кресленні моделі або деталі, яка має простий розріз, слід проставляти розміри, що належать до внутрішньої будови, з боку розрізу, а ті, які належать до зовнішнього вигляду - там, де розріз не виконується (рис. 207). При цьому слід пам'ятати, що розміри, які належать до одного елемента, слід згруповувати на одному зображенні. Наприклад, на рис. 207 розміри прямокутної прорізі проставлені на профільній проекції, а розміри, які належать до циліндричної заглибини, проставлені на фронтальній проекції.

Побудова моделі в аксонометрії з вирізом однієї четвертини показано на рис. 210. Побудована в тонких лінях модель умовно розрізається фронтальною і профільною площинами, які проходять через вісі *Ox* і *Oy*. Розміщену між ними чверть моделі видаляють, стає видимою внутрішня конструкція моделі.

Розрізаючи модель площини, залишають на її поверхні слід. Один такий слід лежить у фронтальній, другий - у профільній площині розрізу. Кожен з цих слідів - замкнена ламана лінія, що складається з відрізків, за якими площина розрізу перетинається з гранями моделі і поверхнею циліндричного отвору.

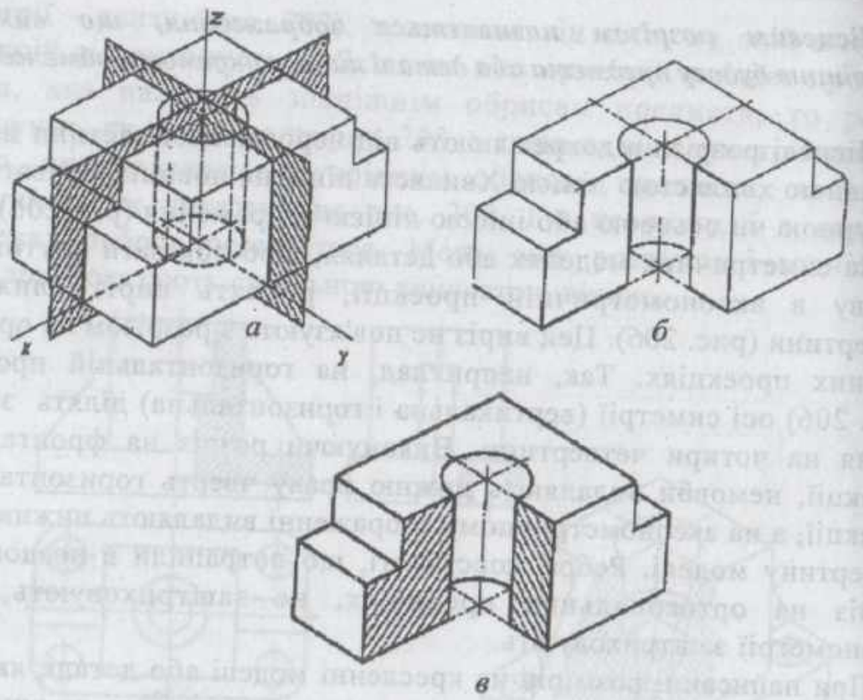


Рис. 210

Фігури, що лежать у площині розрізу, в аксонометричних проекціях заштриховують. На рис. 211, *а* показано направлення ліній штриховки в ізометричній проекції, а на рис. 211, *б* - в диметричній проекції.

Лінії штриховки наносять паралельно діагоналям квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні до аксонометричних осей. Діагоналі цих квадратів відсікаємо на аксонометричних осях *Ox, Oy* і *Oz* від точки О в ізометричній проекції однакові відрізки, а в диметричній проекції на осях *Oz* і Ox - однакові відрізки, а на осі *Oy* - відрізок, який дорівнює *1/2* відрізка на осі *Ox* або *Oz*. Отже, квадрати можна не будувати, а від точки О по осях *Ox, Oy* і *Oz* відкладаємо відповідні відрізки. Лінії, що з`єднують кінці відрізків будуть показувати направлення ліній штриховки у відповідних площинах.

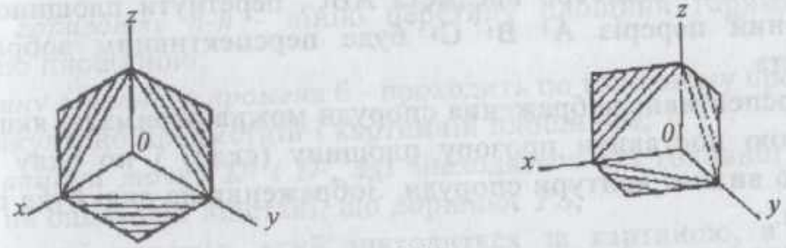


Рис. 211

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка послідовність виконання комплексного креслення моделі з натури?

2. Що таке компонування креслення і як вона здійснюється?

3. Послідовність виконання комплексного креслення моделі за його аксонометричним зображенням.

4. Побудова комплексного креслення моделі за двома заданими проекціями; які труднощі виникають при цьому?

5. Що таке розріз і з якою метою він виконується?

6. Які розрізи називаються поздовжніми і поперечними?

7. У яких випадках прості розрізи позначають?

8. У яких випадках поєднують частину вигляду з частиною розрізу? Як оформляють таке комбіноване зображення?

9. Як виконують місцевий розріз?

§15. ПЕРСПЕКТИВА, ТІНЬ У ПЕРСПЕКТИВІ

15.1. Основні поняття і визначення

Перспективою називається зображення, побудова якого основана на методі центрального проеціювання.

Залежно від того, на якій поверхні будують перспективу, розрізняють такі основні види перспектив:

- ***лінійну*** - зображення на площині;
- ***панорамну*** - зображення на внутрішній поверхні циліндра;
- ***купольну*** - зображення на внутрішній поверхні кулі.

Отримане перспективне зображення можна уявити так, як показано на рис. 212. Якщо пучок променів, які виходять з ока спостерігача за

направленням відносно предмета АВС, перетнути площиною К, то утворений переріз A^1 B^1 C^1 буде перспективним зображенням предмета.

Перспективне зображення споруди можна отримати, якщо перед спорудою поставити прозору площину (скло) і по склу обвести фарбою видимі контури споруди. Зображення на склі буде перспективним.

Слово *перспектива* походить від латинського perspicere і означає "побачений наскрізь, зрозуміло побачений".

Перспектива підкоряється законам і правилам, за якими можна зображувати предмети так, як вони представляються нашому оку в просторі.

Система проеціювання для побудови перспективного зображення включає такі елементи (рис. 213):

предметну площину П, на якій розташовується предмет, глядач і вертикальна площина *К*, яка називається картинною площиною або картиною;

картинну площину або картину К, перпендикулярну до предметної площини *П*, яка існує для побудови на ній перспективного зображення;

основу картини - пряму *КК* лінії перетину картинної площини з предметною;

центр проекцій S або точку зору (полюс), відповідне положення ока спостерігача;

точку стояння S_1 - проекцію точки зору на предметну площину, яка називається основою точки зору;

головний промінь SP, перпендикулярний картині; довжина його називається головною відстанню;

головну точку картини P - точку перетину головного променя з картиною;

основу головної точки P_1 - проекцію головної точки *P* на предметній площині;

центральну лінію картини PP_1;

площину горизонту в, яка проходить по головному промені *SP* і паралельна до предметної площини *П*. Ця площина проходить на рівні очей глядача;

лінію горизонту h-h - лінію перетину площини горизонту з картинною площиною;

площину головного променя б - проходить по головному променю перпендикулярно предметній і картинній площинам;

дистанційні точки D^1 *і* D^2, які знаходяться від головної точки картини на однаковій відстані, що дорівнює *PS*;

проміжний простір, який знаходиться за картиною, в якому розташовуються проеціюючі предмети;

уявний простір, розташований за точкою зору в напрямі, протилежному головному променю *SP*.

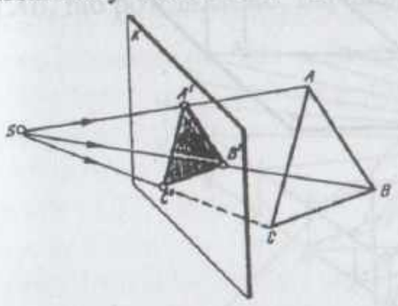


Рис. 212

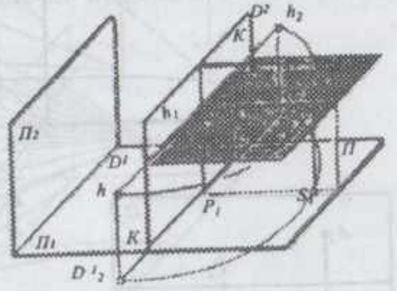


Рис. 213

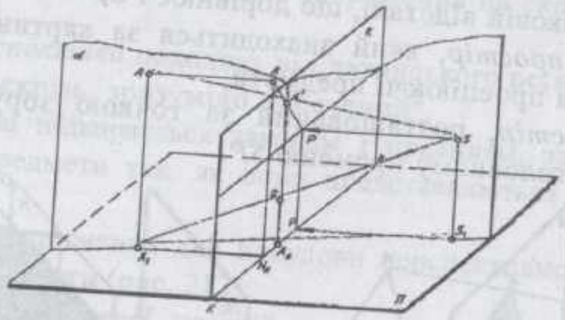
15.2. Перспективне зображення точки і прямої лінії

Уявимо задану точку А в предметному просторі (рис. 214) та її проекцію А1 на площині. Щоб побудувати перспективне зображення точки А, треба провести промінь від спостерігача в точку А. Точка перетину A^1 з картинною площиною дає перспективне зображення точки *А*. Отже, для того, щоб визначити положення A^1 точки *А*, треба промінь *AS* заключити в горизонтально проеціювальну площину *а* і знайти лінію перетину двох площин *а* і *К*, на якій буде знаходиться перспективне зображення *А* в перетині з променем *AS*.

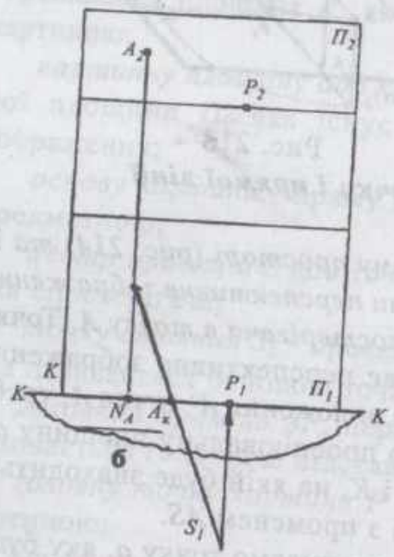
З'єднуючи проекцію A_1 з точкою *S*, отримаємо точку *а*, яку будемо називати вторинною перспективною проекцією.

На рис. 214 *б*, в показано послідовність побудови: з'єднуємо точку S_1 з проекцією A_1, отримаємо на сліду картинної площини точку $A_к$. Знаходимо початкову точку N_A і кінцеву, яка співпадає з точкою *P*. Потім справа будуємо перспективне зображення точки. Для цього на

основу картини *КК* переносимо всі точки $A_K N_A$ і P_1 - знаходимо точку *А* на заданій висоті і сполучаємо точки *А* і N_A з точкою $P \equiv S$, а з точки A_K проводимо перпендикуляр, який в перетині з променем AS дає перспективне зображення A^1 точки *А* і вторинну проекцію *а*, яка буде лежати на одному перпендикулярі до сліду картини.



а



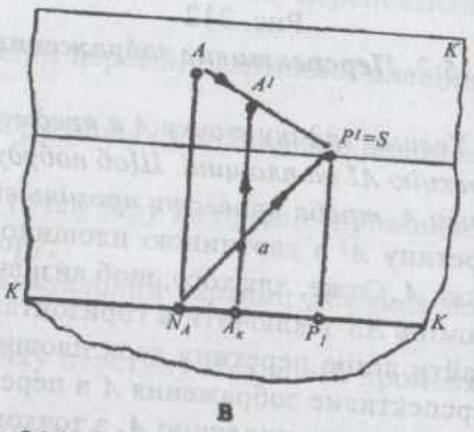


Рис. 214

Повна перспектива горизонтальної прямої

Уявимо безмежну пряму, паралельну до предметної площини, задану відрізком АВ, розташованим у предметному просторі (рис. 215). У перспективному зображенні пряма має дві характерні точки - початкову і кінцеву. Початкова точка N є слідом прямої на

картинній площині *К*. Для того, щоб визначити кінцеву точку F, побудуємо зображення в перспективі проміжних точок прямої.

Візьмемо на заданій прямій декілька точок: *А, В, С* і т. д. Проведемо промені від точки *S* до кожної точки прямої. Чим віддаленіша точка прямої *АВ* від картини, тим гостріший кут, утворений променем з цією лінією. Поступово промені будуть наближатись до положення, паралельного даній площині.

Промінь, проведений в точку, віддалену на безмежно велику відстань від картини, пройде паралельно до самої прямої і перетне картину в точці F, розташованій на лінії горизонту. Пряма NF буде повною перспективою прямої *АВ*, що розглядаємо, паралельною до предметної площині П.

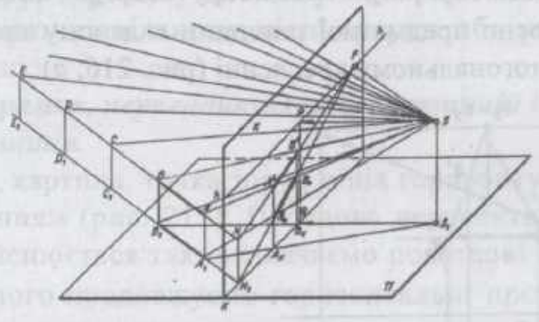


Рис. 215

Точка F на лінії горизонту називається точкою сходження

Промені *AS* і *BS* обмежують на повній перспективі прямої перспективне зображення $A^1 B^1$ відрізка *АВ*.

Можна для утворення перспективного зображення відрізка скористуватися горизонтальними проекціями променів SA і SB, які в перетині з основою картини дадуть точки A_K, B_K. Побудувавши перпендикуляри до основи картини через ці точки, знайдемо на перетині з повною перспективою прямої точки A^1, B^1.

Для того, щоб перспективне зображення прямої було зворотнім, необхідно перспективу прямої доповнити перспективою її горизонтальної проекції. Остання називається *вторинною проекцією*.

На рис. 215 повною вторинною проекцією буде пряма N_1F, вторинною проекцією відрізка *АВ* буде відрізок A_0B_0 на картині.

Для побудови перспективного зображення описаним способом необхідно, щоб об'єкт був заданий двома ортогональними проекціями, горизонтальна площина якого береться за предметну площину *П*.

Побудувати повну перспективу прямої, паралельної до площини H, заданої відрізком AB (A_1B_1 і A_2B_2) на ортогональному кресленні (рис. 216).

Приймаємо горизонтальну площину проекцій за предметну площину *П (H = П)*, розташовуємо на цій площині картину. Горизонтальний слід *КК* картини намічаємо між горизонтальною проекцією відрізка A_1B_1 і точкою стояння S_1 та проводимо його паралельно осі проекцій *Ox*. При цих умовах картина буде паралельна фронтальній площині проекцій V.

Проведемо лінію горизонту *h-h*, перенесемо на неї точку зору проекції точки зору S_2 і головну точку картини P_2 (на лінії горизонту ці точки співпадають: $S_2 = P_2$). Точка зору $S(S_1S_2)$ і висота розташування горизонту відносно предметної площини в даному прикладі рахуються заданими на ортогональному кресленні (рис. 216, *а*).

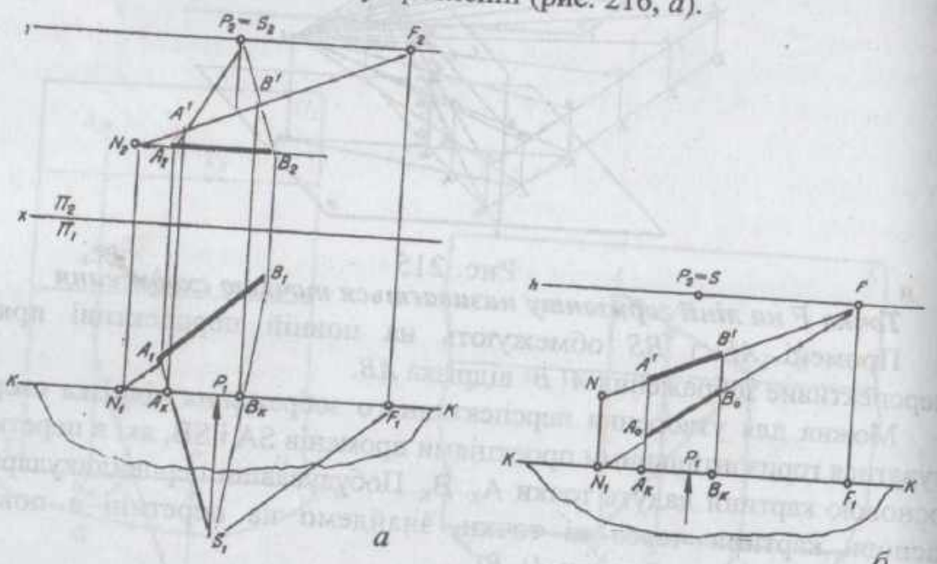


Рис. 216

Створивши таким чином систему проеціювання, будуємо перспективу прямої. Початкову точку $N(N_1N_2)$ знаходимо, продовживши пряму в бік картинної площини до перетину. Кінцеву точку, або точку сходження $F(F_1F_2)$ отримаємо, побудувавши промінь $SF(S_1F_1$ і $S_2F_2)$ паралельно прямій *AB* до перетину з картинною площиною в точці $F(F_1F_2)$. Якщо поєднати точки N і F, отримаємо перспективу прямої NF.

Щоб отримати перспективу A^1B^1 відрізка *AB* прямої, необхідно провести проеціювальні промені $SA(S_1A_1$ і $S_2A_2)$ і $SB(S_1B_1$ і $S_2B_2)$ та знайти точки їх перетину з картиною. Для того, щоб перспектива A_1B_1 відрізка AB була однозначно зворотньою, потрібно побудувати вторинну проекцію, або перспективу горизонтальної проекції A_1B_1. Вторинною проекцією в даному випадку буде відрізок A_0B_0, побудову якого зрозуміло з креслення (рис. 216, *б*). Пряма NF буде вторинною проекцією повної перспективи прямої. Для того, щоб перспективне зображення не накладалось на фронтальну площину проекцій і зображення, яке лежить на фронтальній площині V, і не просвічувалось через картинну площину з зображеннями, які належать їй, викреслюють на вільному місці аркуша або розташовують на окремому аркуші.

Перспектива прямих, перпендикулярних картинній і паралельних до предметної площини.

Прямі *AB* і *CD*, картина, точка зору і лінія горизонту задані ортогональним кресленням (рис. 217). Побудова перспективного зображення прямих здійснюється так: визначаємо початкові точки $N(N^1_1$ і N^1_2 і $N^2_1N^2_2)$, для чого продовжуємо горизонтальні проекції прямих до перетину з картиною; знаходимо кінцеву точку або точку сходження прямих, для чого проводимо з точки зору промінь, паралельний заданим прямим (у нашому прикладі промінь SP буде перпендикулярним до картини, співпадає з головним променем). Точка сходження F прямих AB і CD зливається в одну точку з головною точкою картини P≡F.

Проводимо проекції променів SA, SB, SC і SD, отримаємо на сліду картинної площини *КК* точки A_K, B_K, C_K і D_K. Розташовуючи картину окремо від комплексного креслення, переносимо всі точки, які лежать на цій площині, починаючи з точок N^1_1, A_K, B_K, P, D_K, C_K і N^2_1, відмічених на основі картини. На перпендикулярах, проведених з точок N^1_1 і N^2_1, відкладаємо висоти і отримаємо точки N і N. Це будуть початкові точки на картинній площині.

Сполучивши початкові точки N^1 і N^2 з точкою сходження $F≡P$, отримаємо повне перспективне зображення прямих, перпендикулярних до картинної площини (рис. 217, *б*).

Маючи повні перспективи, знаходимо перспективи відрізків *AB* і CD. Для цього переносимо точки A_K, B_K, C_K і D_K на повні перспективи прямих, отримаємо перспективне зображення відрізків A_1, B_1, C_1 і D_1.

Будуємо вторинні проекції повних перспектив і на них знаходимо вторинні проекції відрізків AB і CD. На рис. 217, *б* $N^1{}_1P$ і $N^2{}_2P$ - вторинні проекції повних перспектив прямих, A_0B_0 і C_0D_0 вторинні проекції відрізків AB і CD.

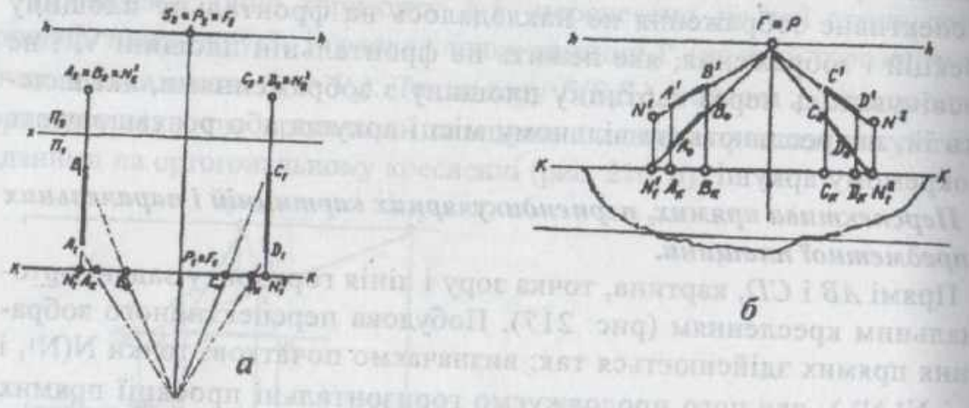


Рис. 217

Перспективне зображення прямих, перпендикулярних предметній і паралельних до картинної площини

Дано ортогональне креслення прямих AB і CD, де обидві прямі перпендикулярні горизонтальній площині проекцій H і паралельні картині K (рис. 218). Побудуємо їх перспективне зображення.

На перспективному зображенні в таких прямих не буде початкових точок N|AB| і N|CD|. Не буде в таких прямих і кінцевих точок, або точок сходження F, так як центрально проеціювальний промінь, проведений з точки зору, буде паралельним до картини і не перетне її.

Перспективні зображення вертикальних ліній будують за допомогою "посередників" - прямих, перспективи яких мають початкові і кінцеві точки. Проведемо через кінці A^1 B^1 і C^1D^1 прямі, перпендикулярні картині, і побудуємо перспективу цих додаткових ліній (посередників), а на них знайдемо перспективні зображення A^1 B^1 і C^1 D^1 вертикальних відрізків AB і CD.

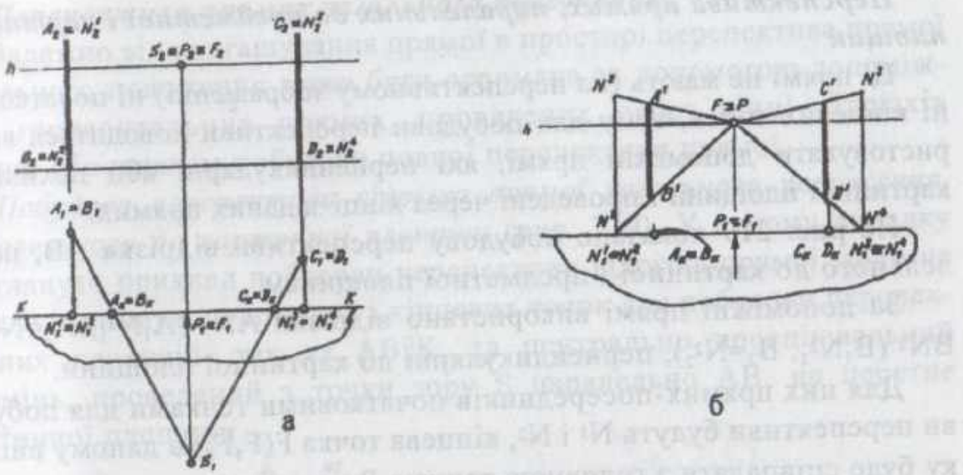


Рис. 218

Побудова на ортогональному кресленні:

- проводимо на горизонтальній площині проекцій $A_1N^1{}_1 = B_1N^2{}_1$ та $C_1N^3{}_1 = D_1N^4{}_1$ і прямі перпендикулярно горизонтальному сліду картинної площини КК. Це буде відповідати проведенню в просторі прямих AN^1, BN^2, CN^3 і DN^4, перпендикулярних картині;
- фіксуємо на фронтальній площині проекцій точки $N^1{}_2 = A_2$, $N^2{}_2 = B_2$, $N^3{}_2 = C_2$ і $N^1{}_2 = D_2$ - проекції початкових точок додаткових прямих (посередників);
- проводимо горизонтальну проекцію головного променя SP;
- відмічаємо на лінії горизонту картини проекцію головної точки *P*. Кінцева точка, інакше кажучи, точка сходження, співпаде з головною точкою *P* картини (F≡P), оскільки посередники перпендикулярні до картинної площини;
- на картині (рис. 218, *б*) прокреслюємо повні перспективи посередників N^1F, N^2F, N^3F, N^4F і переносимо на картину точки A_K=B_K і C_K=D_K, встановимо перпендикуляри до перетину з повною перспективою прямих - отримаємо перспективне зображення прямих A^1 B^1 і C^1 D^1.

Перспективні зображення A^1 B^1 і C^1 D^1 прямих перпендикулярні до основи картини, а довжини їх коротші за ортогональні проекції. Це характерно для вертикальних прямих, розташованих у предметному просторі паралельно до картинної площини.

Перспектива прямих, паралельних до предметної і картинної площин

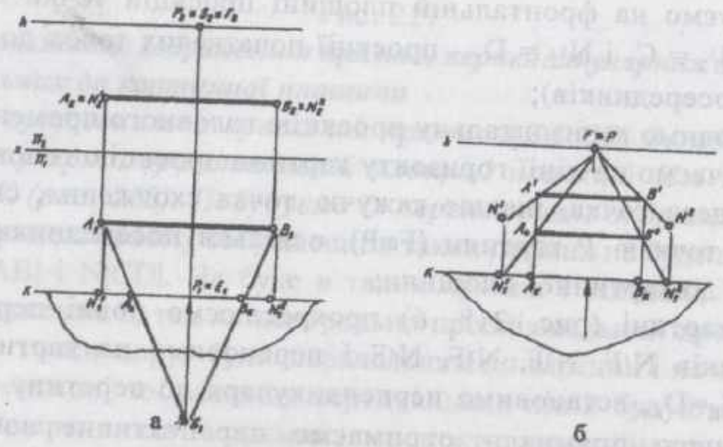
Ці прямі не мають (на перспективному зображенні) ні початкових, ні кінцевих точок, тому для побудови перспективи доводиться використовувати допоміжні прямі, які перпендикулярні або похилі до картинної площини і проведені через кінці заданих прямих.

На рис. 219 показано побудову перспективи відрізка AB, паралельного до картинної і предметної площинам.

За допоміжні прямі використано відрізки AN^1 ($A_1N^1_1$, $A_2=N^2_1$) і BN^2 ($B_1N^2_1$, $B_2=N^2_2$), перпендикулярні до картинної площини.

Для цих прямих-посередників початковими точками для побудови перспективи будуть N^1 і N^2, кінцева точка $F(F_1F_2)$ в даному випадку буде співпадати з головною точкою P картини.

Для побудови перспективи прямої A^1B^1, яка винесена на окреме креслення (рис.129, *б*), необхідно всі точки, утворені на картині, ортогональному кресленні, перенести на картину в перспективі. Потім з точок A_k і B_k провести перпендикуляри до перетину їх з повною перспективою прямої в точках A^1 B^1 і з повною перспективою вторинної проекції в точках A_0B_0.



а *б*

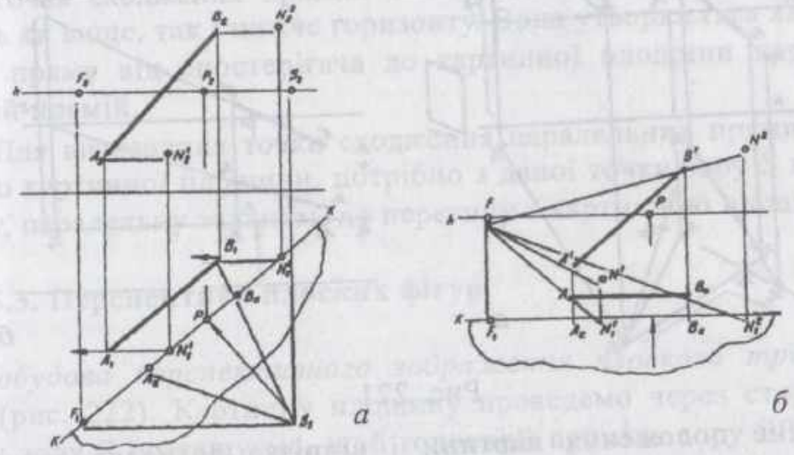
Рис. 219

З побудови видно, що пряма, паралельна до картинної і предметної площин, зображується в перспективі відрізком, паралельним до основи картини. Вторинна проекція також паралельна основі картини, при цьому довжина її $A_0B_0=A^1B^1$.

Перспектива прямих загального положення

Залежно від розташування прямої в просторі перспектива прямої загального положення може бути отримана за допомогою допоміжних горизонтальних прямих, проведених через кінці відрізків прямої або шляхом побудови повної перспективи прямої.

Побудова перспективи відрізка прямої загального положення, паралельного до картинної площини (рис. 220). У даному випадку розглянуто приклад побудови перспективи відрізка прямої, коли не можна отримати початкових і кінцевих точок для побудови перспективних проекцій, так як AB||K, та центрально проеціювальний промінь, проведений з точки зору S паралельно AB, не перетне картинної площини.



а *б*

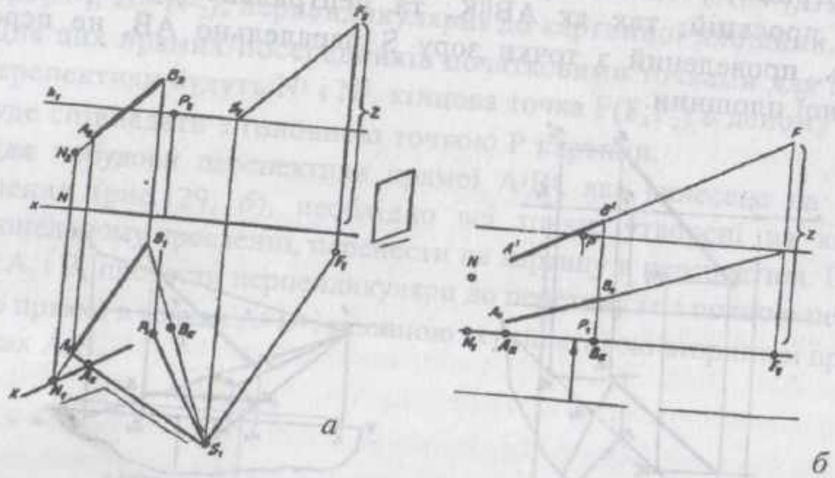
Рис. 220

На кресленні показано використання допоміжних прямих AN_1 (AN^1_1, $A_2N^1_2$) і BN^2($B_1N^2_1$, $B_2N^1_2$), проведених, наприклад, паралельно фронтальній і предметній площинам. Точки N^1 і N^2 будуть початковими точками перспектив допоміжних прямих. Точка сходження F утворюється внаслідок перетину центрального проеціювального променя SF, проведеного з S паралельно N^1A і N^2B з картинною площиною.

Переносимо з горизонтальної проекції слід картинної площини з усіма точками, будуємо повну перспективу допоміжних прямих, на які переносимо, як і раніше, точки A_k і B_k. Таким чином отримаємо

перспективне зображення прямої A^1B^1 і вторинну проекцію A_0B_0. Не забудьте, що висоту для початкових точок потрібно брати з фронтальної площини проекцій.

Побудова перспективи відрізка прямої загального положення, не паралельного до картинної площини (рис. 221). *Відрізок AB* задано ортогональними проекціями A_1B_1 і C_2B_2. Площина картини розташована поміж точкою зору і відрізком, утворивши з фронтальною площиною V кут б. Вимагається побудувати перспективне зображення відрізка AB.



а

б

Рис. 221

Взаємне положення картини і відрізка дозволяє визначити початкову і кінцеву точки повної перспективи прямої. Побудову виконуємо на ортогональному кресленні, аналогічно попереднім, побудова зрозуміла з креслення, відмітимо тільки неспівпадання на картині точок S_2P_2.

Перенесення картини з перспективним зображенням на підготовлене місце необхідно починати з горизонтальної проекції креслення, наносячи точки N_1, A_k, P_1, B_k і F_1 на смужку паперу, яку потім переносимо на основу картини (рис. 221, *б*) і відмічаємо на ній ці точки.

Визначивши на картині висоту розташування початкової точки N і кінцевої точки F, будуємо повну перспективу прямої, на якій потім визначаємо перспективне зображення відрізка за допомогою точок A_k і B_k. Подальша побудова зрозуміла з креслення.

Висновки

✓Лінії, паралельні між собою в просторі, мають в перспективі загальну точку сходження.

✓Лінії, що співпадають з картинною площиною, зберігають у перспективі натуральну величину.

✓Горизонтальні прямі, не паралельні до картинної площини, мають точки сходження на лінії горизонту.

✓Прямі, паралельні до картинної площини, не мають початкових і кінцевих точок.

✓Точкою сходження для прямих, перпендикулярних до картинної площини, є головна точка $B \equiv F$.

✓Точка сходження прямих загального положення може знаходитись як вище, так і нижче горизонту. Вона утворюється якщо провести пряму від спостерігача до картинної площини паралельно заданій прямій.

✓Для визначення точки сходження паралельних прямих, похилих до картинної площини, потрібно з даної точки зору S провести пряму, паралельну заданим, до перетину з картинною площиною.

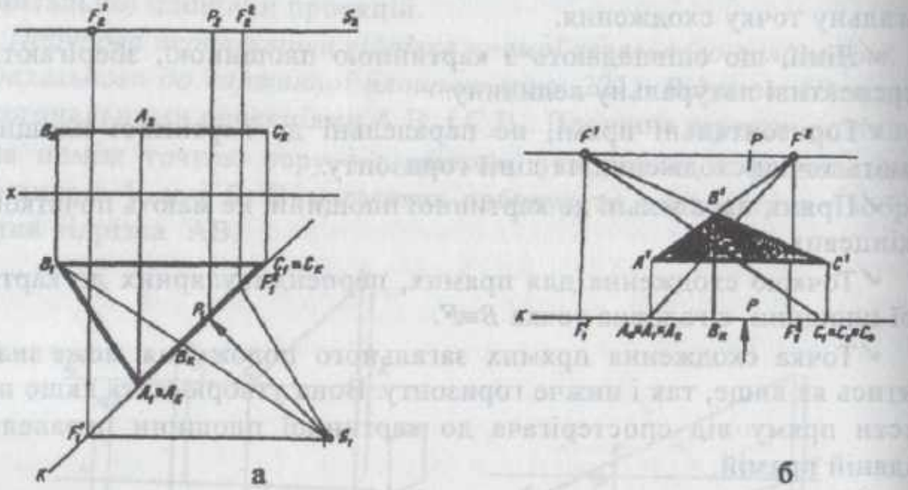
15.3. Перспектива плоских фігур

Побудова перспективного зображення плоского трикутника ABC (рис. 222). Картинну площину проведемо через сторону AC. Точку зору S розташуємо, щоб головний промінь зору SP був перпендикулярним до картинної площини і ділив картину приблизно навпіл.

Сторона AC як пряма, що лежить у картинній площині, проеціюється в натуральну величину. Її положення в перспективі визначається звичайним порядком, пряму AC переносимо на картину в натуральний розмір і на відповідну висоту.

Щоб визначити точку сходження прямої BC, проведемо з точки стояння паралельно горизонтальній проекції C_1B_1 пряму до перетину з основою картинної площини в точці P^1_1. Знайдена точка сходження переноситься з основи картинної площини на задану лінію горизонту в точці F^1. Точку C_K з'єднуємо з точкою сходження F^1. Точку B_0 знаходимо на перетині перпендикуляра, опущеного з

точки B_K до прямої C_KF^1, при побудові з одною точкою сходження точку A^1 з'єднуємо з точкою B^1.



а б

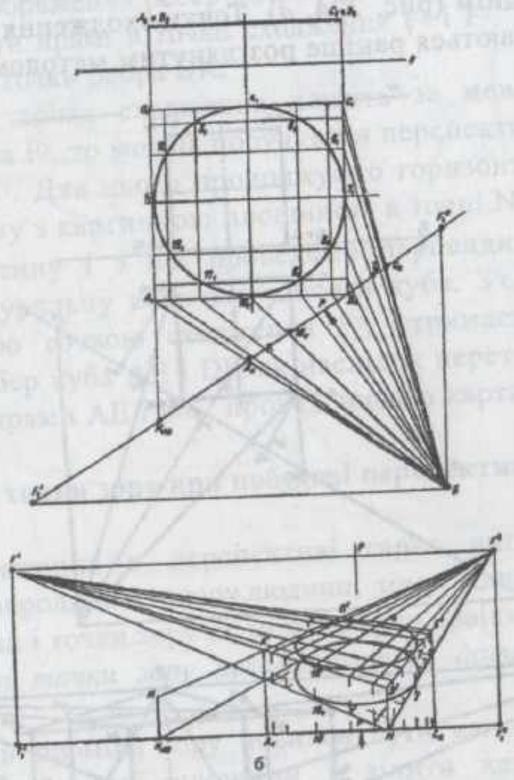
Рис. 222

Побудова перспективного зображення кола (рис. 223). Щоб побудувати перспективне зображення кола спочатку будуємо квадрат, вписаний у коло. Коло ділимо на *n* частин, наприклад, дванадцять. Через точки ділення проводимо прямі лінії, отримаємо сітку. Картинну площину проведемо через точку D квадрата.

Точки сходження будуть знайдені, якщо з точки стояння S провести прямі, паралельні сторонам квадрату, до перетину з основою картинної площини в точках F і F .

Всі вершини квадрата з'єднуємо з точкою стояння S, внаслідок чого отримаємо точки перетину променів із слідом картинної площини A_K, B_K, C_K, D_K. Так поступаємо з прямими, які проходять через точки ділення кола.

Всі точки, отримані на сліду картинної площини, переносимо на те місце, де будемо будувати перспективне зображення. Знаходимо положення точки D', розташованій на деякій висоті від осі проекцій і яка лежить на картинній площині. Точку D^1 з'єднуємо з точками сходження F^1 і F^2, а з точок A_K і C_K проведемо перпендикуляри до прямих D^1F^1 і D^1F^2, отримаємо перспективу точок A^1 і C^1. З'єднуючи A^1 з F^1 і C^1 з F^2, отримаємо на перетині цих ліній зображення точки B^1.



б

Рис. 223

Після побудови перспективи кожної точки, що проходить через точки ділення кола, отримаємо перспективне зображення сітки, де в перетині відповідних прямих знайдемо точки, що належать колу в перспективному зображенні. Отримані точки обводимо за допомогою лекал.

Аналогічно будують вторинну проекцію кола.

Перспективне зображення кола, що лежить в інших координатах площин, будується за тим же самим принципом.

15.4. Перспектива геометричних тіл

Побудова перспективного зображення куба (рис. 224). Картинну площину проводимо через ребро куба BM. У цьому випадку воно буде проеціюватись на картинній площині в натуральну величину.

Задамось положенням лінії горизонту і здійснимо всі побудови аналогічно попереднім (рис. 224, *а*). Точки сходження прямих AB, CD, AD і CB визначаються раніше розглянутим методом.

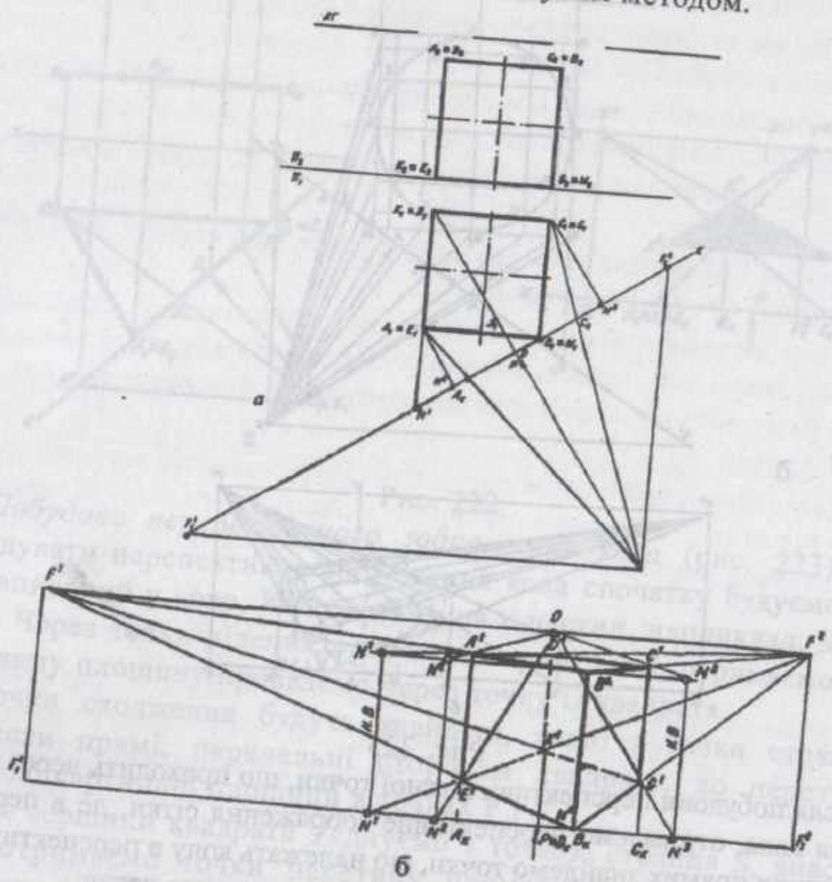


Рис. 224

Перенесення точок з основи картинної площини на картину здійснюється так, як і в попередніх прикладах.

На картині з точки *B-M* проведемо перпендикуляр, на якому відкладаємо натуральну довжину ребра куба *BM*. Крайні точки ребра з'єднуємо з точками сходження F_1 і F_2, а з точок $A_K=E_K$ і $C_K=G_K$ проведемо перпендикуляр до перетину з лініями, які становлять повні перспективи прямих, що виходять від ребра BM до точок сходження. Таким чином, отримаємо перспективне зображення ребер *AE* і *CG*.

Щоб отримати зображення ребер DK, потрібно з кінцевих точок ребер AE і CG провести прямі в точки сходження F^1 і F^2. На перетині цих ліній отримаємо точки ребра DK.

Якщо друга точка сходження лежить за межами креслення, наприклад, точка F^2, то можна побудувати перспективу і з одної точки сходження F^1. Для цього продовжуємо горизонтальну проекцію D_1A_1 до перетину з картинною площиною в точці N^1. Точку N^1 перенесемо на картину і з неї проведемо перпендикуляр, на якому відкладемо натуральну величину висоти куба. З'єднуємо отримані точки з правою точкою сходження F^2, отримаємо перспективне зображення ребер куба AE і DK як наслідок перетину прямих N^1F^2 з перпендикулярами AE і DK, проведеними з картинної площини.

15.5. Вибір точки зору при побудові перспективного зображення

Щоб зображення в перспективі гарно виглядало, потрібно враховувати природний кут зору людини, тому відносне розташування об'єкта, картини і точки зору не можуть бути довільними.

При виборі точки зору рекомендується дотримуватись таких положень:

- Головний промінь зору повинен бути направлений перпендикулярно до картинної площини і ділити картину навпіл або знаходитися в середній третині картини. *Картиною* називається те, що буде заключено між крайніми променями, які виходять від спостерігача до предмета.
- Бажано дотримуватись співвідношення $AB/BC=A_KB_K/B_KC_K$ (рис. 225).
- Кут між основою картини і спорудою повинен складати 20°...40°.
- Спостерігач повинен знаходитись на такій відстані від предмета, щоб предмет був включений у конус яскравого зору або був би в полі яскравого зору. Для цього кут між крайніми променями зору повинен бути в межах 28° ...37° (рис. 226).
- У тому випадку, коли в споруди вертикальні розміри більші за горизонтальні, спостерігачу потрібно відійти на півтори-дві висоти від споруди для того, щоб кут зору у вертикальній площині опинився в допустимих межах (рис. 227).

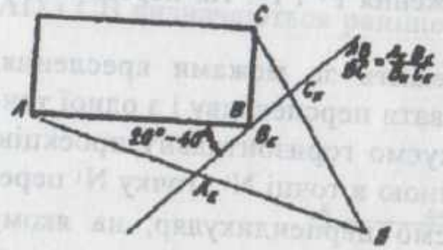


Рис. 225

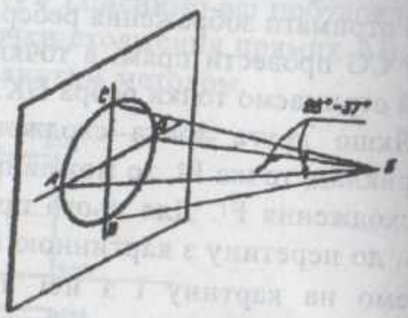


Рис. 226

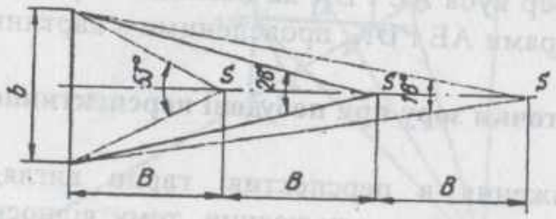


Рис. 227

За розташуванням картинної площини відносно об'єкта перспективи можуть бути двох видів: *центральна фронтальна перспектива* - застосовується для побудови інтер'єрів, перспективи внутрішнього виду приміщення (рис. 228); кутова перспектива (рис. 229) - при зображенні окремих об'єктів. У цьому випадку картинна площина розташовується під кутом до об'єкта.

За розташуванням лінії горизонту перспективні зображення можуть бути (рис. 229, *а*): *з нормальною висотою горизонту*, на висоті людського росту 1,5...1,7 м, застосовується при побудові перспективи на рівному місці (рис.229, *б*); *при вигляді знизу* застосовується для окремих деталей, які спостерігають знизу, і для будівель споруд, які стоять на підвищенні (рис. 229, *в*); *з високим горизонтом* - при цьому висоту горизонту беруть до 100 м і вище (рис. 229, *г*).

За віддалю точки зору від предмета, перспективи можуть бути поділені на перспективи з гострим, різким ракурсом і перспективи з тупим, пологим ракурсом. *Ракурсом називається положення зображуваного предмета відносно картинної площини, при якому утворюється різке скорочення віддалених від переднього краю плану частин.*

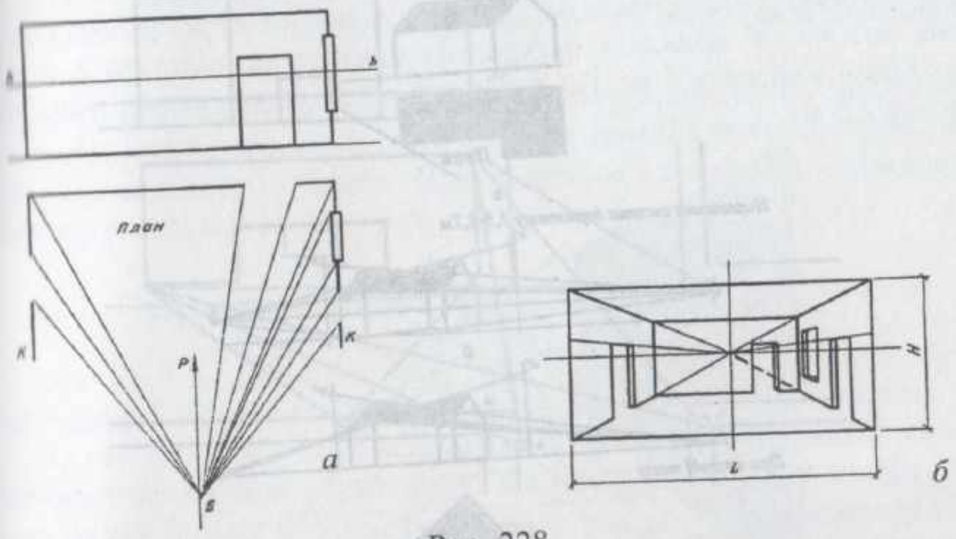


Рис. 228

Ракурсом називається положення зображуваного предмета відносно картинної площини, при якому утворюється різке скорочення віддалених від переднього краю плану частин. Мерилом ракурсу є відношення перспективного зображення ребер BB_0 на передньому плані (рис. 230, *а, б*) до ребра A^1A_0, найбільш віддаленого ребра тієї ж грані $B'B_0/A'A_0$.

При виборі точки зору необхідною умовою є реальне розташування точки зору. Вибираючи точку зору, можна використати таку схему (рис. 231). Намічаємо точки стояння, подумки уявляємо, як буде виглядати будівля. Наприклад, точка 7 (рис. 231) показує вигляд будівлі збоку. Основна частина фасаду схована, точка 2 добре розкриває основний фасад, але не видно бічні сторони; точка 3 дає вигляд на обидва фасади, хоча перспективний ракурс для обох фасадів однаковий, перспектива будівлі виявилась невиразною; точку 4 можна рахувати найбільше вдалою, так як з цієї точки зору композиція будівлі розкривається найкраще.

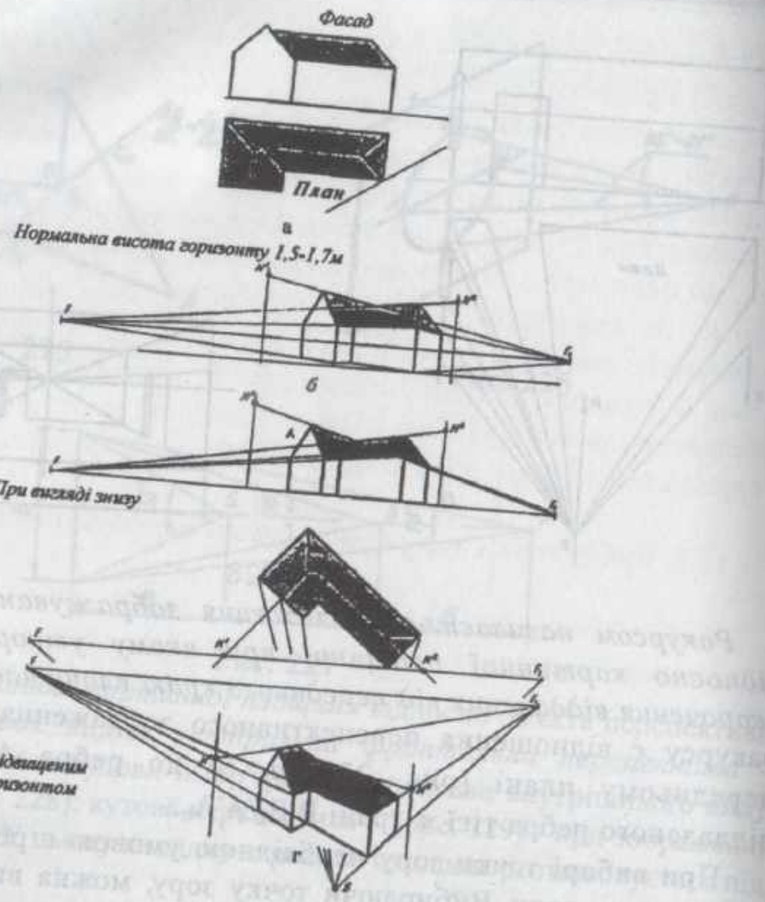
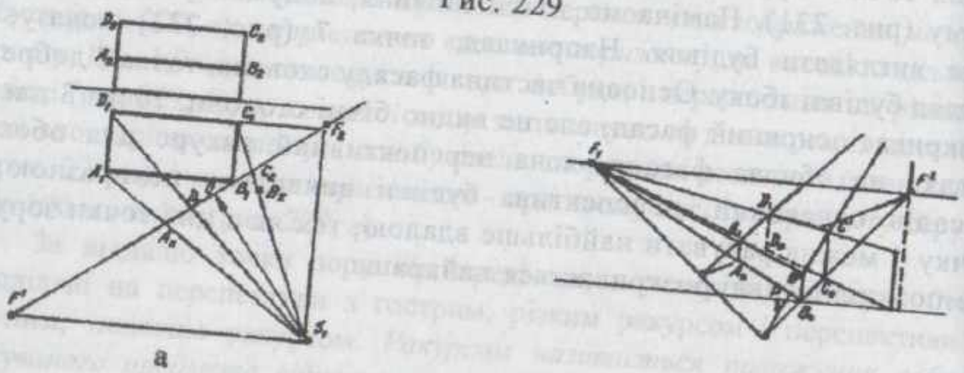


Рис. 229



а б

Рис. 230

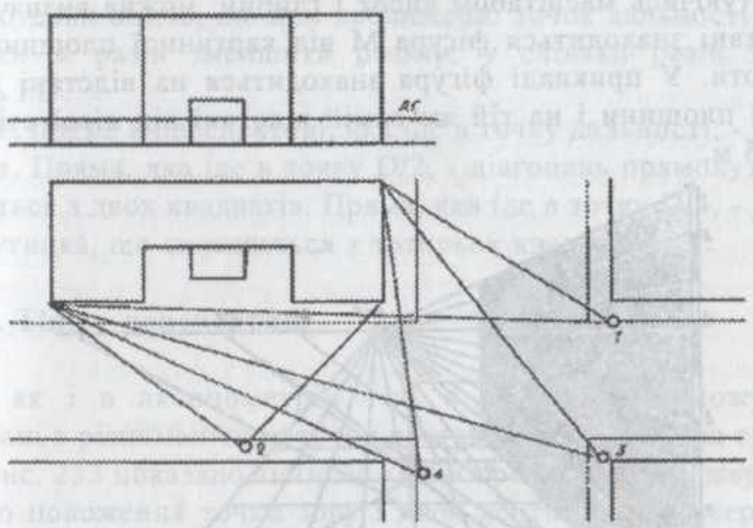


Рис. 231

15.6. Перспективний масштаб

Масштабом широт може бути відрізок прямої на основі картини, який дорівнює одиниці виміру, взятої в масштабі (рис. 232). Якщо кінці цього відрізка з'єднати з точкою сходження $P=F$, то отримаємо перспективне зображення двох горизонтальних прямих, у натурі перпендикулярних до картини і взаємно паралельних, відстань між якими буде на всій довжині цих ліній дорівнювати 1 м.

Масштаб висот будують зазвичай на одній з вертикальних сторін картини, відклавши від її основи відрізок, який дорівнює одиниці виміру, взятої в масштабі. Поєднавши обидва кінці цього відрізка з точкою сходження F, отримаємо можливість встановити тут же величину при будь-якому віддалені в глибину картини.

Масштаб глибини можна побудувати, відклавши від одного з кутів картини величини, які дорівнюють одиниці виміру, взятої в масштабі, і поєднавши ці ділення з точкою віддалення D^2. Тоді на прямій, що з'єднує кут картини з точкою F, отримаємо в перспективі зображення відрізків у натурі, які однакові між собою.

На основі перспективного масштабу можна побудувати перспективу сітки з квадратів визначених розмірів. Така сітка дасть точне уявлення про розміри простору, зображеного на картині.

Користуючись масштабом висот і глибин, можна визначити, на якій відстані знаходиться фігура М від картинної площини і якої вона висоти. У прикладі фігура знаходиться на відстані 3 м від картинної площини і на тій же самій відстані від лівої стіни, має висоту 2,5 м.

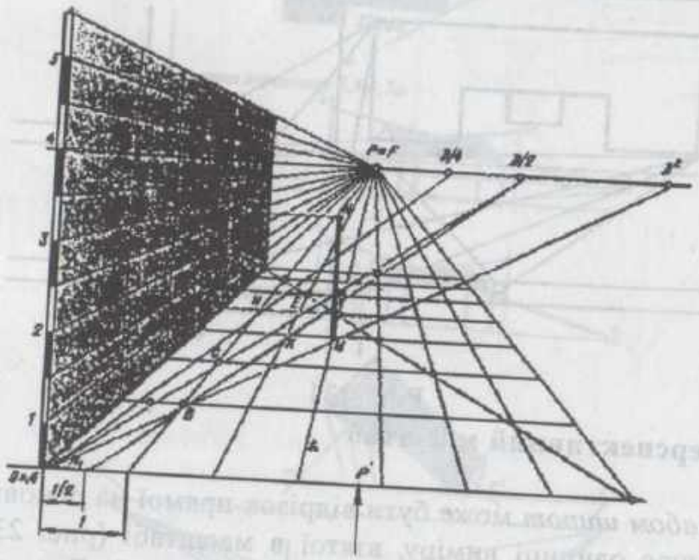


Рис. 232

Приближення точки діяльності

Інколи точки діяльності (дистанційні) D^1 і D^2 розташовуються досить далеко за межами креслення, що викликає великі труднощі при побудові перспективи. Цей недолік може бути вилучено так: (рис. 232) ділимо відстань між точками P=F і D навпіл, на дві частини, потім на чотири. Поєднавши точку А з точкою D/2, отримаємо пряму, яка проходить через друге ділення лінії 0-7, через точку S, віддалену на 2 м від основи картини.

Якщо поділити навпіл одиниці ширини, з утвореної точки A_1 провести пряму в точку D/2, то отримаємо точку В, яка віддалена від картинної площини на одну масштабну одиницю і точку К - на три одиниці.

Якщо ж з точки А провести пряму в точку D/4, то вона пройде через четверте ділення прямої 0-7,через точку Н, віддалену на 4 м від основи картини.

З побудови видно, що при наближенні точок дальності потрібно в стільки ж разів зменшити розмір, у скільки разів зменшено відстань FD.

Отже, пряма в перспективі, яка іде в точку дальності, - діагональ квадрата. Пряма, яка іде в точку D/2, - діагональ прямокутника, що складається з двох квадратів. Пряма, яка іде в точку D/4, - діагональ прямокутника, що складається з чотирьох квадратів.

15.7. Тінь у перспективі

Так як і в аксонометрії, тіні в перспективі можуть бути побудовані з різноманітних точок розташування джерела світла.

На рис. 233 показано вісім можливих розташувань джерел світла відносно положення точки зору і двох вертикальних стержнів, від яких падає тінь на горизонтальну площину. У даному випадку тінь від вершин стержнів, тобто від точок А і В, знайдені як горизонтальні сліди променів світла, які проходять через дані точки. З розглянутих прикладів видно, що тінь від вертикальних прямих падає за направленням точки сходження на горизонті. Довжина тіні визначається перетином променю світла, яке проходить через верхній кінець прямої в точку сходження променів, з поверхнею, на яку падає тінь.

Направлення променів світла може бути вибрано залежно від характеру зображуваного об'єкта і від бажання показати його освітлення з того або іншого боку. При цьому потрібно керуватись естетичними міркуваннями, так як побудова тіней на проекті не є самометою, а тільки засіб для виявлення форми і пропорцій.

У тих випадках, коли споруда складається з арок і колонад, краще застосовувати так звані *прихідні тіні*. У цьому випадку промені світла, які проникають наскрізь, створюють ефектну гру світлотіні.

Для побудови тіні від будівлі, яка має виступ, можна рекомендувати такий прийом вибору направлення променів світла. Розглянемо побудову (рис. 234): до кутка 4 виступу будинку прикладемо лінійку KN так, щоб тінь, яка падає від виступу на фасад 5-6, була трохи менша або трохи більша за перспективний розмір виступу 4-5, і, провівши по ребру лінійки проекцію променя світла в плані,

відшукаємо точку F^3 на осі Ox як проекцію точки сходження променів світла ($S_1F^3 \| N$).

Потім визначимо відстань d, на яку буде віддалена на картині точка сходження в просторі F^4 від точки сходження горизонтальних проекцій променів F^3. Для цього уявимо, що сонце розташоване ззаду і зліва від спостерігача, а промені направлені вниз вправо, утворюють кут $б = 35° 54'$ ($tgб = \sqrt{2}/2 = 0{,}707$). У точці S будуємо кут б і знаходимо катет d прямокутного трикутника SF^3F^4, який і є шуканою величиною. Його треба відкласти на картині по вертикалі вниз від точки F^3 горизонту. Всі інші побудови із знаходження тіней зрозумілі з креслення.

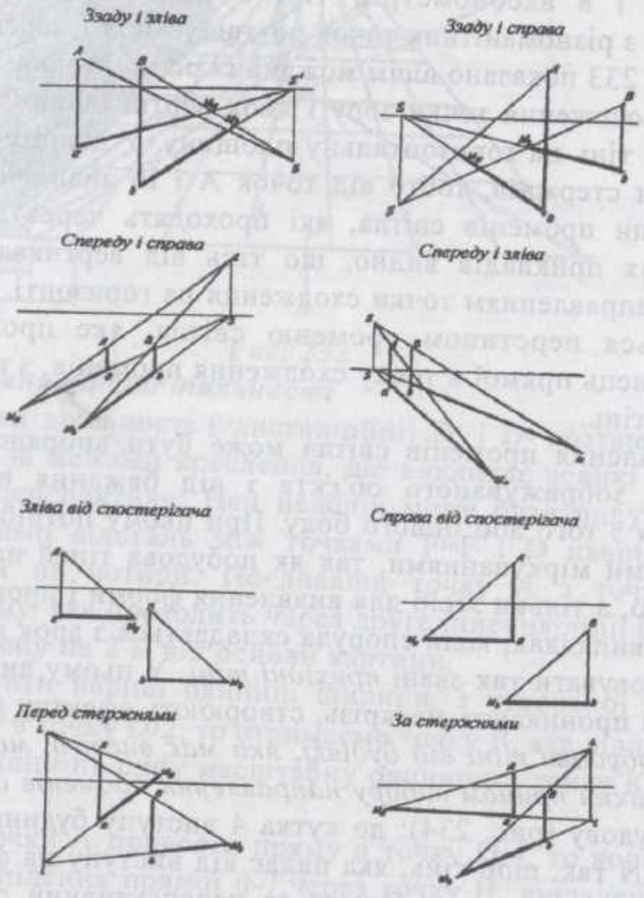


Рис. 233

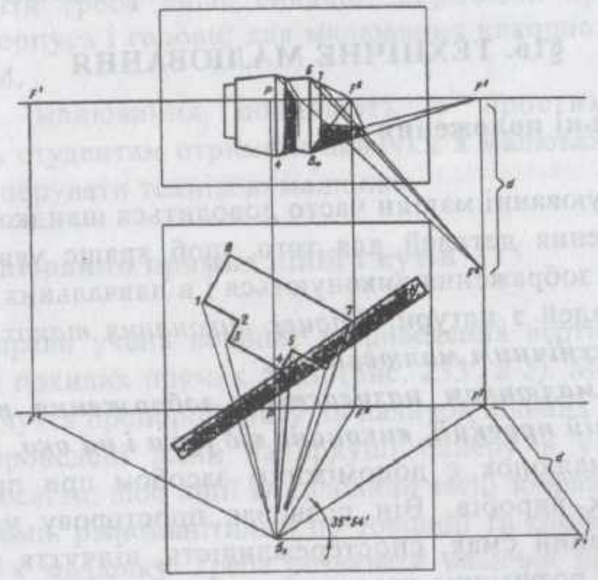


Рис. 234

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке початкова і кінцева точки в перспективі?

2. Що треба зробити, щоб побудувати перспективу точки?

3. Як визначити повну перспективу прямої лінії?

4. В якому випадку пряма в перспективі має більшу довжину, ніж її натуральна величина?

5. В якому випадку довжина прямої в перспективі буде дорівнювати її натуральній довжині?

6. Яке положення займе пряма в перспективі, якщо вона в просторі паралельна до предметної і картинної площин?

7. Що таке поле ясного зору?

8. Чим слід керуватись при виборі положення точки зору?

9. У яких випадках і як розташовується площина горизонту?

10. Яка різниця між фронтальною і кутовою перспективою?

Розділ 3. ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНІЧНОГО МАЛЮВАННЯ

§16. ТЕХНІЧНЕ МАЛЮВАННЯ

16.1. Загальні положення

При конструюванні машин часто доводиться швидко виконувати наочне зображення деталей для того, щоб краще уявити собі їх форму. Подібні зображення виконуються і в навчальних умовах при малюванні деталей з натури. *Процес виконання таких зображень називається* ***технічним малюванням.***

Технічним малюнком називається зображення предмета в аксонометричній проекції, виконане від руки і на око.

Технічний малюнок є допоміжним засобом при проектуванні машин і різних виробів. Він розвиває просторову уяву, зорову пам'ять, естетичний смак, спостережливість, відчуття пропорції і сприяє кращому розумінню креслення.

Мета вивчення технічного малювання - набуття навичок у змальовуванні олівцем за правилами аксонометричних проекцій порівняно нескладних за формою предметів і геометричних тіл.

При виконанні технічного малюнка з усіх видів аксонометричного проектування найчастіше всього використовують прямокутну ізометрію, прямокутну і косокутну диметричну проекції.

При виконанні технічних малюнків необхідно дотримуватись таких вказівок:

✓Аркуш паперу для малювання закріплюють кнопками на невеликій креслярській дошці; дошку під час малювання тримають нахиленою під кутом 60°.

✓Аркуш паперу має бути добре освітлений; на нього не повинна падати тінь від людини; відстань від очей людини до предмета повинна бути щонайменше утричі більшою за найбільший розмір предмета.

✓ У процесі роботи олівець треба тримати трьома пальцями: великим, вказівним і середнім; малювати слід вільно, без напруження, рухи мають бути твердими, упевненими.

✓Малювати треба лише сидячи, зберігаючи пряме, спокійне положення корпуса і голови; для малювання використовують олівці марок М і 2М.

Технічне малювання починають з простих вправ, які допомагають студентам отримати навички в малюванні різноманітних ліній і оперувати технікою малюнка.

16.2. Малювання прямих ліній і кутів

Перші вправи учень починає з проведення вертикальних, горизонтальних і похилих прямих ліній (рис. 233', *а-г*). Мета цих вправ - розвиток відчуття пропорції, набуття навичок вільних і плавних рухів руки при проведені ліній на аркуші паперу в усіх напрямках. Необхідно досягти, щоб лінії як головний засіб зображення предмета, були виразними, різноманітними по товщині та раціонально використовувались у малюнку. Треба розвивати навички проведення ліній одразу одним загальним рухом. Це дозволяє виконувати малюнки не тільки швидко, але й точно, виразно.

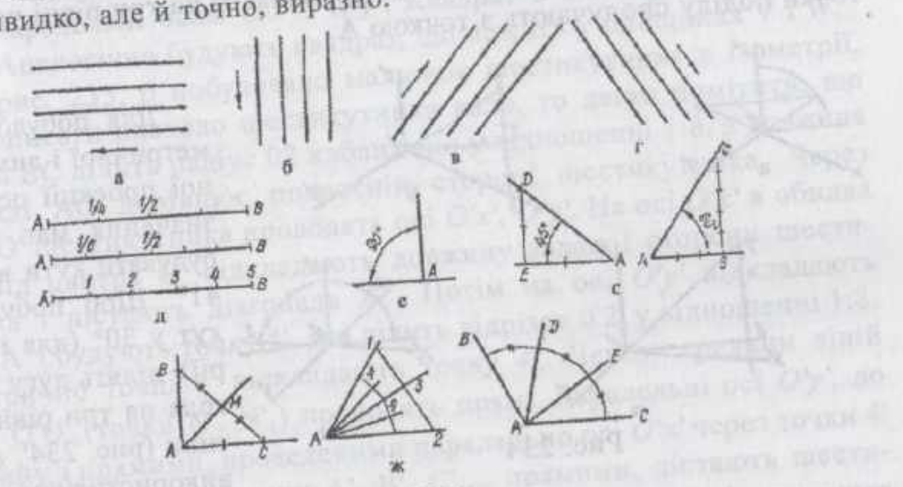


Рис. 233'

Відрізки прямих слід проводити м'яким, тонко загостреним олівцем; довжина відрізків - 80-100 мм. Відстань між паралельними прямими має бути однаковою. Щоб провести лінію, намічають кілька точок і, тримаючи олівець у просторі, роблять рух, що

відповідає наміченому напрямку прямої. Потім проводять тонку лінію олівцем на папері і, перевіривши її прямолінійність, остаточно обводять лінією певної товщини. Напрям, у якому треба робити рукою рухи, щоб провести лінії різного виду, показано на рис. 233', *а-г* стрілками.

Треба також навчитися "на око" ділити відрізок прямої на 2, 4, 6, 5 і т.д. рівних частин (рис. 233', *д*). Щоб побудувати прямий кут, проводять дві взаємно перпендикулярні тонкі прямі лінії (рис. 233', *е*), порівнюють на око утворені суміжні кути, якщо потрібно, вносять виправлення і наводять лінією певної товщини. На рис. 233', *є* показано, як будувати кути в 45 і 60°, використовуючи значення тангенсів кутів (1:1; 5:3).

Щоб поділити довільний кут навпіл, у тому числі й прямий (рис. 233', *ж*), на сторонах кута відкладають рівні відрізки АВ і АС. Відрізок ВР ділять навпіл. Бісектриса кута пройде через точку М, що лежить на середині відрізка ВР. На цьому самому відрізку показано, як поділити кут на чотири і три рівні частини. В останньому випадку проводять дугу, ділять її на три рівні частини і точки поділу сполучають з точкою А.

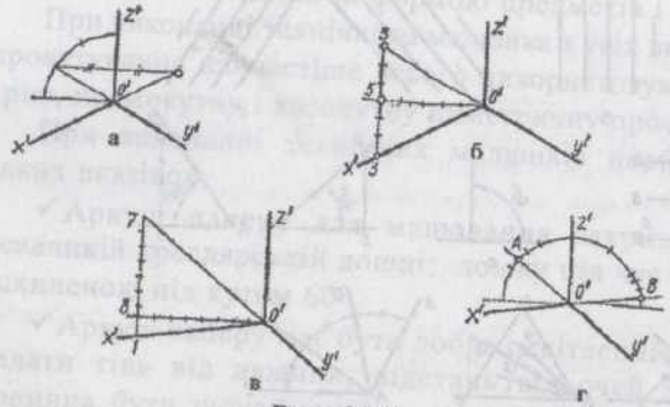


Рис. 234'

Для побудови ізометричної і диметричної проекції особливе значення має вміння будувати кути в 30,7 і 41°. Щоб побудувати кут у 30° (для ізометрії), ділять дугу чверті кола на три рівні частини (рис. 234', *а*) або використовують значення тангенса цього кута - 3 : 5 (рис. 234', *б*). У прямокутній диметрії осі будують, використовуючи для кута 7° співвідношення 1 : 8, а для кута 41° - співвідношення 7:8 (рис. 234', *в*). Інший спосіб побудови осей прямокутної диметрії (рис. 234', *м*): чверть дуги кола ділять на три

рівні частини, третину ділять ще на чотири рівні частини. Знайдену точку В сполучають з точкою О'. Утворюється кут 7°. Щоб утворити кут 41°, середню третину чверті кола ділять на три рівні частини і точку А сполучають з точкою О'.

16.3. Технічні малюнки плоских фігур

Отримані навички при виконанні попередніх вправ потрібно використовувати для малювання деяких плоских фігур: прямокутника, правильного трикутника та шестикутника, кола і еліпса. Прямокутник починають малювати з побудови прямого кута, на сторонах якого на око відкладають однакові відрізки, потім проводять лінії, паралельні до намічених сторін кута (рис. 235, *а*).

Щоб в ізометрії побудувати квадрат у площині Н (рис. 235, а), проводять ізометричні осі *O'x'* та *O'y'* і відкладають на цих осях від точки О' відрізки О'А', О'В', О'С', О", що дорівнюють половині сторони квадрата. Через знайдені точки А', В', С', О' проводять прямі, паралельні осям *O'x'* і *O'y'*. Квадрат в ізометрії має вигляд ромба. Аналогічно будують квадрат, що лежить у площинах V і W.

На рис. 235, *б* побудовано малюнок шестикутника в ізометрії. Якщо описати навколо шестикутника коло, то легко помітити, що сторона ВС ділить радіус 02 наближено у відношенні 1:8, а довжина діагоналі АО дорівнює подвоєній стороні шестикутника. Через центр О' шестикутника проводять осі *O'x'*, *O'y'*. На осі *O'x'* в обидва боки від центра О' відкладають довжину заданої сторони шестикутника і дістають діагональ А". Потім на осі *O'y'* відкладають 0'2'=0'А' і будують точку 4', яка ділить відрізок 0'2' у відношенні 1:8. Симетрично точці 4' відкладають точку $4'_1$. Через середини ліній О'А' і О'О' (точки N', N'_1) проводять прямі, паралельні осі *O'y'*, до перетину з прямими, проведеними паралельно осі *O'x'* через точки 4' і $4'_1$. Сполучаючи вершини А', В', С',... прямими, дістають шестикутник. (Розглянути і пояснити побудову трикутника і п'ятикутника в диметрії (рис. 236, *а, б*).

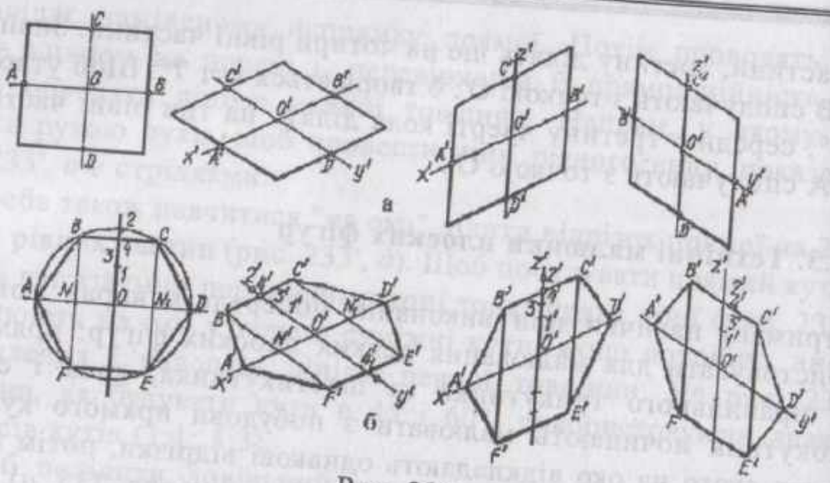


Рис. 235

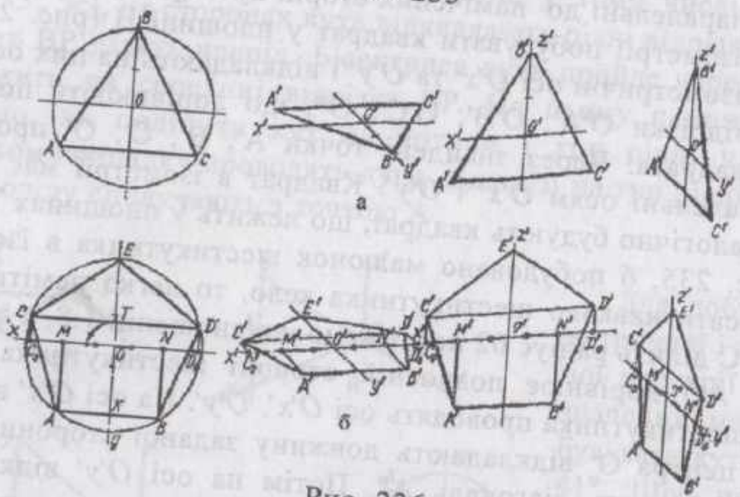


Рис. 236

Побудову кола заданого розміру потрібно починати з перпендикулярних осей, на яких точками відмічаємо його діаметр. Через ці точки проводять легкі короткі зарубки у вигляді дуг кола (рис. 237, *а*). Потім, прагнучи уявити лінію кола, що проходить між зарубками, намічаємо легкі короткі штрихи. Отримаємо підготовку малюнка кола, де можна помітити неточність, виправлення яких дає остаточну лінію.

Існує другий метод малювання кола, який називається методом блокування (рис. 231, *б*). Відмічаємо розмір кола на взаємно

перпендикулярних діаметрах, проведемо блокуючі дуги значно більшого розміру, а потім, зрізавши кути приблизно під кутом 45°, проведемо другі блокуючі дуги. Отриману підготовку уточнюють і малюють коло остаточно.

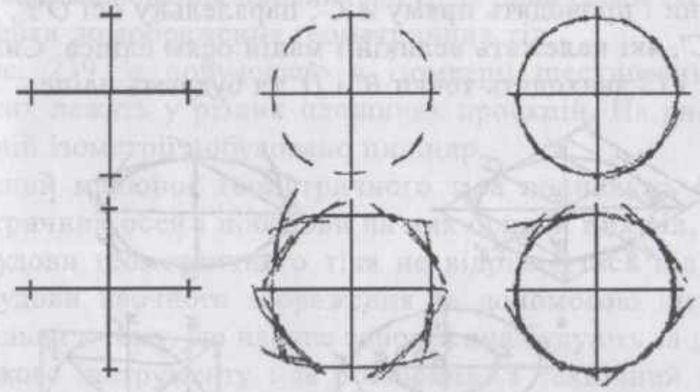


Рис. 237

Кола в аксонометрії зображується у вигляді еліпса. Різні способи побудови малюнка кола в ізометрії і диметрії показано на рис.238. На осях $O'x'$ і $O'y'$ (рис. 238, *а*) відкладають відрізки, які дорівнюють радіусу кола, і будують ромб, що є ізометричною проекцією квадрата, описаного навколо цього кола. Відрізок O'L' поділяють на три рівні частини і з точки K' проводять пряму, паралельну осі $O'x'$ до перетину з головними осями еліпса в точках B' і O'. Точки A' і C' знаходять симетрично до точок B' і O'. За знайденими точками будують еліпс.

Еліпс можна побудувати і тоді, коли задано одну велику вісь (рис. 238, *б*). Для цього велику вісь ділять на п'ять рівних частин і на лінії малої осі відкладають відрізок, що дорівнює трьом таким частинам. Еліпс креслять *методом блокування*, тобто через кінці осей еліпса проводять довільні дуги, які перетинають осі еліпса за його межами, а утворені кути перетину дуг поступово зрізають штрихами.

Зображуючи два концентричних кола в ізометрії, слід звернути увагу на те, що відстань між еліпсами на малій осі менша за відстань на великій осі у відношенні 3:5 (рис. 238, *в*).

На рис. 238, *г* за спряженими діаметрами побудовано еліпс,

розміщений у площині V у прямокутній диметрії. На аксонометричних осях відкладають відрізок $M'N'$ і $E'L'$, що дорівнюють діаметру зображуваного кола, і будують ромб. Діагоналі ромба дають напрям головних осей еліпса. Відрізок O'M' ділять на три рівні частини і проводять пряму $A'C'$, паралельну осі $O'z'$. Дістають точки A' і C', які належать великій і малій осям еліпса. Симетрично до точок A' і C' знаходять точки B' і D' та будують еліпс.

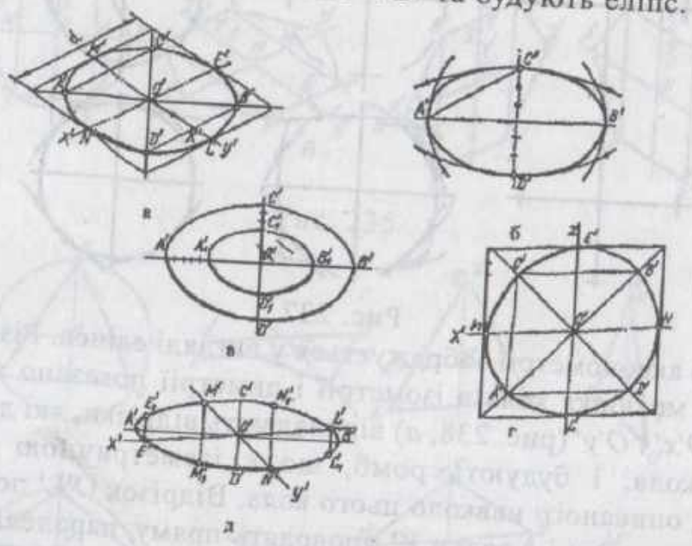


Рис. 238

Для зображення диметрії еліпса в площині H або W проводять спочатку напрям головних осей (рис. 238, *д*). На осі $O'x'$ відкладають відрізок E'L', що дорівнює діаметру кола, а на осі $O'y'$ - відрізок M'N', що дорівнює половині діаметра. З точок E', M', N', L' проводять прямі, перпендикулярні до лінії A'B', і знаходять симетричні точки E'1, M'1, L'1. Знайдені 8 точок дають можливість побудувати еліпс.

16.4. Технічні малюнки геометричних тіл

Малювання геометричних тіл за правилами аксонометрії можна порівняти з перспективним малюванням. Якщо уявити, начебто точка зору (око), що малює, знаходиться настільки далеко від

предмета, що всі промені зору можна вважати паралельними, то при цих умовах, що допускаються, паралельні лінії предмета будуть зображуватися і на малюнку паралельними.

Засвоївши малювання плоских фігур за правилами аксонометрії, легко перейти до зображення геометричних тіл.

На рис. 239, *а* побудовано в ізометрії шестигранні призми, основи яких лежать у різних площинах проекцій. На рис. 239, *б* у прямокутній ізометрії побудовано циліндр.

Технічний малюнок геометричного тіла починають будувати з аксонометричних осей і побудови на них основи цих тіл. Послідовність побудови геометричного тіла не відрізняється від послідовності побудови наочного зображення за допомогою інструментів. Різниця тільки в тому, що наочне зображення будують за допомогою креслярського інструменту і за розмірами, а технічний малюнок - від руки, на око, з дотриманням пропорції предмета.

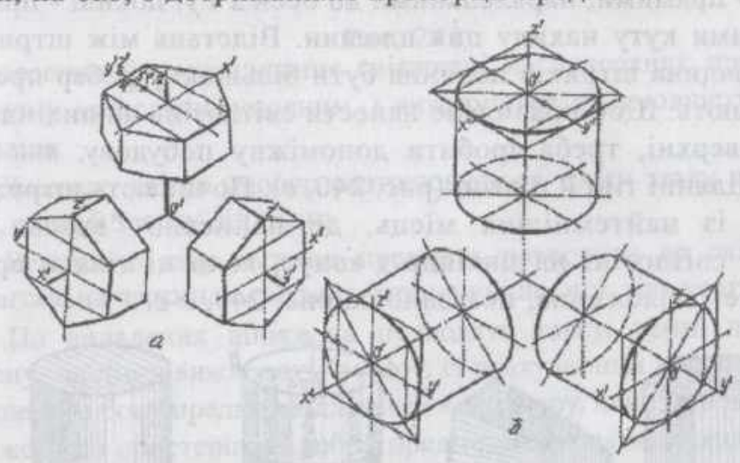


Рис. 239

Щоб виразно показати об'єм геометричних тіл, на їх поверхнях наносять умовну світлотінь за допомогою паралельних штрихів.

Світлотінню називається розподіл світла на поверхні предмета.

У технічному малюванні умовно вважають, що джерело світла міститься зверху і зліва, тобто освітлення лівобічне. Кут нахилу світлових променів до горизонту дорівнює 45°. Світлотінь складається з таких елементів: падаюча тінь, рефлекс, власна тінь, півтінь, світло, блік.

Падаючу тінь, тобто тінь предмета, відбиту на поверхні поза предметом, на технічному малюнку не показують. *Рефлексом* називається відбите світло на поверхні предмета в тіньовій його частині. *Власна тінь* - це неосвітлена частина самого предмета. *Півтінь* - ділянка плавного переходу від світла до тіні. Найбільш освітлена частина предмета називається *світлом*, а *відблиск* - найосвітленіша пляма на предметі.

Світлотінь наносять на рисунок *штрихуванням, шрафуванням, відтіненням, точками* та іншими способами.

Найпростішим способом є передача світлотінні *штрихуванням*. Застосовуючи різну густоту штрихів, добиваються різних тонів - від світло-сірих до найтемніших. Посилювати чи послаблювати тон поверхні можна і розширенням штрихів, більшим натисканням олівця тощо. Поверхню багатогранників (рис. 240, *а, б*) заштриховують паралельними прямими, які відповідають формі предмета. Вертикальні площини штрихують вертикальними прямими, горизонтальні - прямими, паралельними до осей *x* і *y*, похилі - прямими, паралельними куту нахилу цих площин. Відстань між штрихами - 1-3 мм. Товщина штрихів повинна бути більшою у ребер предмета, що виступають. Щоб правильно нанести світлотінь на циліндричні і конічні поверхні, треба зробити допоміжну побудову, яка розподілить на ділянці тіні й півтіні (рис. 240, *в*). Починають штрихувати, звичайно, із найтемніших місць, де написано "власна тінь". Нанесення світлотіні на циліндр і конус, коли ці тіла в просторі мають різне положення, показано на рис. 240, *в-е*.

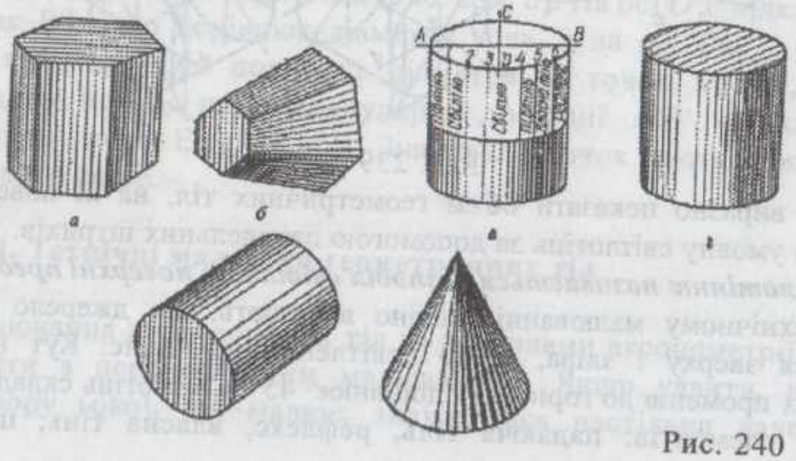


Рис. 240

Шрафування (рис. 241, *а, б*) - це штрихування сіткою, тобто подвійне штрихування. На рис. 241, *в, г* об'ємність предмета підкреслено за допомогою *відтінення точками*. Цей спосіб потребує багато часу, тому в навчальній практиці застосовується рідко.

Рис. 241

Нанесення й розташування світлотіні на поверхнях предметів є в технічному малюванні умовним, і виконується ця умовність за такими правилами:

✓ Джерело світла умовно розташовується трохи ззаду від того, хто малює, зліва й зверху від нього.

✓ Верхню й ліву частини предмета повернути до світла, верхня горизонтальна частина освітлена інтенсивніше, ніж ліва вертикальна.

✓ По видалених лініях не проводять товсті темні лінії, так як видалену частину виконують "м'яко", із врахуванням перспективи. Щоб з освітленого боку предмет відділився від паперу, наносять легку півтінь. Наближені до спостерігача ребра предмета обводять більш товстими й темними лініями.

✓Ребра двох сусідніх граней призми або піраміди обводять різко, а світлотінь наносять контрастно, тобто, одну грань виконують темніше за іншу (особливо на стикові), віддалюючись від стику, штрихують світліше.

✓На тілах обертання (циліндрі, конусі, кулі) світлотінь розташовується зліва направо по бічній поверхні в такий послідовності (рис. 240, *в*) - легка півтінь, світло, блік, світло, півтінь, поступово переходячи в тінь, рефлекс.

16.5. Технічні малюнки моделей і деталей

Виконуючи технічний рисунок моделі, необхідно передусім вибрати аксонометричну проекцію, в якій модель розташується так, що зображення буде наочнішим, а виконання його буде легким.

Якщо в моделі якась частина має вигляд призми, в основі якої лежить квадрат, то таку модель слід зображувати в прямокутній диметричній проекції. Не слід розташовувати модель в ізометричній проекції, якщо у неї є плоскі поверхні, розташовані під кутом 45° до площини основи моделі, так як такі поверхні зображуються відрізками.

Внутрішню конструкцію моделі показують вирізом чверті моделі, де стінки, які попали в розріз, штрихують як і при виконанні наочного зображення креслярським інструментом.

Малювати деталі можна з натури або за їх кресленнями. Як в першому, так і в другому випадку слід додержуватись такої послідовності дії:

* вивчити деталь і з'ясувати її робоче положення;

*установити на око приблизне співвідношення її розмірів (довжина, ширина і висота), а також розміри її окремих частин, тобто встановити пропорційну залежність між частинами деталі;

*з'ясувати конструктивну суть деталі, уміти розчленити її на прості геометричні форми;

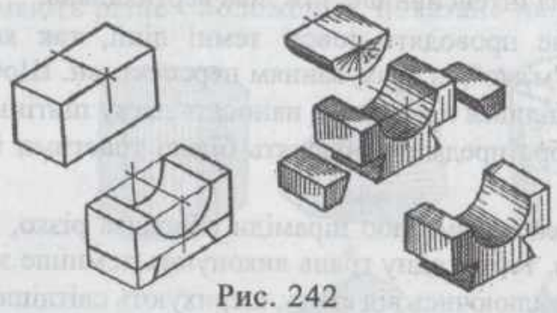


Рис. 242

*установити потребу розрізу, якщо деталь має внутрішні порожнини;

* залежно від конструкції деталі вибрати вид аксонометрії;

* продумати конструкцію малюнка.

Залежно від форми деталі можуть бути різні способи раціональної побудови обрисів малюнка. Послідовність побудови деталі за її заготовкою подано на рис. 242, *а-г*.

Можна виконувати малюнок деталі й методом добудови (нарощування) дрібних елементів до більших (рис. 243, *а-д*).

На рис. 244 зображено виконання рисунка деталі за її кресленням.

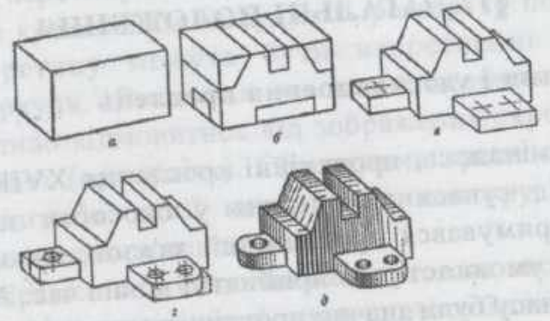


Рис. 243

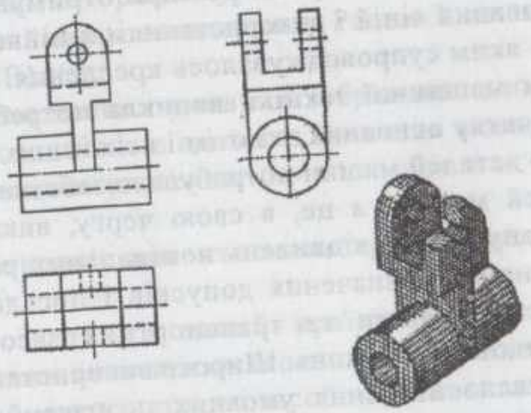


Рис. 244

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке призначення технічного малюнка?

2. Чим відмінний технічний малюнок від аксонометричного зображення моделі?

3. У якій послідовності виконують технічний малюнок деталі?

4. Як поділити кут на дві, три, чотири рівні частини?

5. Як побудувати від руки "на око" кути 30, 45, 60, 75°?

6. Яка послідовність виконання технічного малюнка геометричних тіл?

7. Де (умовно) розташовується джерело світла при виконанні технічного малюнка?

8. Чим відмінна штриховка від шрафування?

9. В якій послідовності наносять штрихи, щоб показати об'єм моделі?

Розділ 4. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО КРЕСЛЕННЯ

§17. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

17.1. Розвиток і удосконалення креслень

Як вже відмічалось, проекційні креслення XVIII ст. мало чим відрізнялись від сучасних креслень у способах зображення: на кресленнях дотримувався проекційний зв'язок, використовувались розрізи та деякі умовності, що прийняті і в наш час. Але за складом креслення того часу були значно простіші за сучасні. На них не було розмірних ліній і чисел. Потрібні розміри отримували з креслення шляхом вимірювання ліній і використанням лінійного або поперечного масштабу, яким супроводжувалось креслення.

З розвитком машинної техніки виникла потреба нанесення на кресленнях спочатку основних, а потім і всіх інших розмірів. Масове виробництво деталей машин потребувало забезпечення взаємозамінності деталей машин, а це, в свою чергу, викликало потребу встановлення допустимих відхилень номінальних розмірів. Так, на кресленнях з'явились позначення допусків і посадок. Різке збільшення швидкостей машин та транспортних засобів підвищило вимоги до шорсткості поверхонь. Широке використання зварювання металів потребувало введення умовних позначень видів зварних швів. Все це сприяло насиченню сучасного креслення містким змістом.

З іншого боку, виготовлення десятків і сотень тисяч креслень примусило подумати про раціоналізацію та спрощення їх виробництва. Неможливо було допустити, щоб тисячі людей витрачали час на точне викреслювання дрібних гвинтових поверхонь, що обмежують різі болтів і гайок, або складних обрисів профіля зубів зубчастих коліс. Відмова від точного зображення диктувалась і тим, що різі і зуби коліс стали отримувати незалежно від креслення внаслідок машинної обробки за допомогою ріжучого інструменту, виготовленого за спеціальними кресленнями. Так з'явились умовні сильно спрощенні зображення для різевих виробів, зубчастих коліс і пружин.

Практика показала, що не в усіх випадках необхідні точні побудови лінії перетину поверхонь, що обмежують ту чи іншу деталь. Якщо за кресленням не будують розгортку поверхні деталі, криві лінії перетину можуть бути накреслені спрощено за допомогою циркуля. Введення умовних позначень діаметра і квадрату дозволило відмовитись від зображення окремих деталей у декількох виглядах (проекціях). Спрощуючи креслення, на них перестали проводити ті лінії невидимого контуру, які не дають кресленню додаткового пояснення.

Умовне зображення і позначення не можна вводити стихійно, інакше виконувачі не зрозуміють один одного. Значне число нових спрощень введено в практику останнім випуском державних стандартів на креслення і стандартами Радою Економічної Взаємодопомоги (СТ РЕВ).

Вивчення встановлених умовних зображень, допустимих спрощень і умовних позначень є однією з головних задач вивчення розділу машинобудівного креслення.

17.2. Автоматизація проектно-конструкторських робіт

Широкий розвиток в нашій країні, як і в усьому світі, здобувають системи автоматизованого проектування (САПР). У них суттєве місце займають методи і засоби автоматизації креслярсько-графічних робіт, що визначаються поняттям *машинна графіка.*

На початку свого розвитку комп'ютерну графіку розглядали як частину системного програмування для ЕОМ або один з розділів систем автоматизованого проектування. Сучасна комп'ютерна графіка становить ряд напрямів і різноманітних застосувань. Для одних із них основою є автоматизація креслення технічної документації, для інших - проблеми оперативної взаємодії людини й комп'ютера, а також задачі обробки, розшифрування та передачі зображень.

Комп'ютерною, або *машинною графікою* називають наукову дисципліну, яка розроблює сукупність засобів та прийомів автоматизації кодування, обробки й декодування графічної інформації. Іншими словами, комп'ютерна графіка розроблює сукупність технічних, програмних, інформаційних засобів і методів зв'язку

користувача з ЕОМ на рівні зорових образів для розв'язання різноманітних задач при виконанні конструкторської та технічної підготовки виробництва.

Вивчення комп'ютерної графіки зумовлено:

• широким впровадженням системи комп'ютерної графіки для забезпечення систем автоматизованого проектування, автоматизованих систем конструювання (АСК) та автоматизованих систем технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) в усіх сферах інженерної діяльності;

• значним обсягом перероблюваної геометричної інформації, що становить 60…80% від загального обсягу інформації, необхідної для проектування, конструювання та виробництва механізмів, машин і різноманітних знарядь;

• необхідністю автоматизації виконання креслярських робіт;

• необхідністю підвищення продуктивності та якості інженерної праці.

Використання комп'ютерної графіки дає можливості звільнити людину від виконання трудомістких графічних операцій, підвищити продуктивність інженерної праці та якість її виконання.

Таким чином, при роботі з моделлю (деталь, вузол) в структурі САПР чітко виділені складові: каталоги, розрахунки, ведення архіву, підготовка документів, візуалізація, створення або модифікація моделі. При цьому мається на увазі те, що геометрична модель виробу - це машинне подання його форми та розмірів. Як правило, це подання є двомірним (плоским). У сучасних системах уже забезпечується тримірне представлення моделі (аксонометрія).

17.3. ЕОМ у проектуванні і наукових дослідженнях, навчальному процесі

Сучасні ЕОМ використовуються в різних галузях людської діяльності. Це свідчить про те, що комп'ютерна графіка - явище різноманітне та багатопланове. В межах комп'ютерної графіки розв'язуються проблеми математичного забезпечення, розробки програмних систем графічних мов, створення нових ефективних засобів для проектувальників, конструкторів та дослідників,

розвиток наукових і навчальних дисциплін.

ЕОМ становлять цілий ряд напрямів і мають різноманітне застосування:

✓При розв'язуванні проблем підвищення продуктивності та якості виготовлення виробів основного виробництва, застосування ЕОМ на верстатах з числовим програмним керуванням, верстатах із міні-ЕОМ. Усі види інженерної діяльності, об'єднані під назвою автоматизованої системи інженерного забезпечення (АСІЗ). Комп'ютерне виробництво ще тільки починає розвиватись на основі комп'ютерної графіки.

Автоматизована система інженерного забезпечення включає:

• планування процесу проектування з використанням програмного забезпечення;

• системи автоматизованого проектування різального інструменту та процесу обробки;

• маніпуляції автоматизованої системи виробничого планування;

• системи автоматизації проектування розміщення обладнання на виробництві.

✓У навчальному процесі в обсязі програми кібернетики, інженерної графіки, для графічних побудов і читання креслень, рішення задач (геометричних і аналітичних). У комп'ютері синтезуються прості та складні об'єкти: поверхні, тіла, структури. Без швидкого й точного розв'язання графічних і геометричних задач не можна освоювати космос, конструювати складні механізми й машини, будувати інженерні споруди тощо.

✓При розв'язанні актуальної проблеми підвищення продуктивності й точності інженерної праці. Цього досягають автоматизацією розрахунково-графічних робіт, розв'язуючи різноманітні задачі у галузі машино-, літакобудування тощо.

Сучасне розширення можливостей ЕОМ, створених для виконання обчислень, дає змогу комп'ютеру сприймати й наочно зображати результати розрахунків і будувати необхідні комплексні креслення, схеми тощо.

17.4. Вироби та їх складові частини

Предмет або група предметів, виготовлених на виробництві, називається виробом

Вироби залежно від їх призначення поділяються на *вироби основного виробництва* і *вироби допоміжного виробництва*. До виробів основного виробництва належать ті, що підлягають виготовленню на виробництві і призначені для реалізації на іншому виробництві або в торговельній мережі. Наприклад, токарний верстат, що випускає верстатобудівельний завод, або різець, що випускає інструментальний завод, будуть належати до основного виробництва. Вироби, що випускаються для власних потреб самого виробництва, називаються виробами допоміжного виробництва. До них належать штампи, пристосування та інші пристрої, необхідні для виготовлення виробів основного виробництва.

Стандартом ГОСТ 2.101-68 (СТ РЕВ 364-76) встановлені такі види виробів: деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти (рис. 245).

Деталь - виріб, виготовлений з однорідного за назвою і маркою матеріалу, без використання складальних операцій, наприклад: станина, ходовий гвинт, зубчасте колесо тощо.

Складальна одиниця - виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою складальними операціями на виробництві, що їх виготовляє (за допомогою різі, зварювання, запресування тощо), наприклад, редуктор, що складається з декількох деталей або зварний корпус тощо.

Комплекс - два або більше специфікованих виробів, не з'єднаних на підприємстві, що їх виготовляє, будь якими складальними операціями, але призначених для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій, наприклад, автоматична лінія верстатів, автоматична телефонна станція, корабель тощо.

Комплект - два або більше виробів, не з'єднаних між собою на підприємстві, що їх виготовляє, і уявляють собою набір виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, наприклад, комплект запасних частин до верстата, комплект інструмента тощо.

Специфікований виріб - це виріб, що складається з декількох частин (складальні одиниці, комплекси і комплекти).

Види виробів та їх структура

Рис. 245

17.5. Види і комплектність конструкторських документів

До конструкторських документів належать графічні й текстові документи, які окремо або разом визначають склад і будову виробу, утримують необхідні дані для його розробки, виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту. Залежно від змісту ГОСТ 2.102-68 встановлює 23 види конструкторських документів, у тому числі:

креслення деталі - документ, що містить зображення деталі та інші дані, потрібні для її складання (виготовлення) і контролю;

складальне креслення - документ, що містить зображення виробу (складальної одиниці) та інші дані, необхідні для виготовлення і контролю;

креслення загального вигляду - документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принцип роботи;

габаритне креслення - документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу з габаритними, встановлювальними і приєднувальними розмірами;

монтажне креслення - документ, що містить контурне (спрощене) зображення виробу, а також дані, потрібні для монтажу виробу на місці застосування;

схема - документ, на якому умовними зображеннями або позначеннями показано складові частини виробу і зв'язки між ними;

специфікація - документ, що визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту.

Види конструкторської документації: *проектні* і *робочі*. До *проектних документів* належать:

технічне завдання - документ, який установлює основне призначення, технічні і тактико-технічні характеристики виробу, показники якості, техніко-економічні та спеціальні вимоги до нього, склад конструкторської документації;

ескізний проект -сукупність конструкторських документів, що дають загальне уявлення про будову і принцип дії виробу. Ескізний проект є основою для розробки технічного проекту;

технічний проект - сукупність конструкторських документів, що містять остаточне технічне рішення, дають повне уявлення про будову виробу і мають вихідні дані для розробки технічної документації.

Робоча документація призначена безпосередньо для виготовлення, контролю і ремонту виробів та їх складових частин.

Залежно від стадії розробки креслення та інші документи позначаються літерами (П, Е, Т та ін.).

Навчальним кресленням умовно надається літера Н. Літера надана кресленню вноситься до спеціальної графи основного напису.

Залежно від способу виконання й характеру використання документи мають такі найменування:

оригінал - документ, виконаний на будь-якому матеріалі і призначений для виготовлення за ним вихідного документа;

вихідний документ - документ, оформлений справжніми підписами і виконаний на будь-якому матеріалі, який дає змогу знімати з нього копію;

дублікат - копія вихідних креслень, яка повністю ідентична з ними і виконана на матеріалі, що дає змогу знімати з нього копію;

копія - документ, виконаний способом, який забезпечує повну їх ідентичність з вихідними кресленнями або дублікатами. Копії призначені для безпосереднього використання на виробництві. Дозволяється виконувати їх в ескізному виді.

Робоча документація *складається на всі види виробів, передбачених стандартом, і призначена для їх безпосереднього виготовлення, контролю і ремонту.*

Основний конструкторський документ для деталі - це креслення деталі, а для складальної одиниці, комплексів - специфікація.

Починаючи з проектування і закінчуючи експлуатацією, кожному виробу, а також конструкторським документам, що супроводжують його, присвоюють певні позначення, які не можуть бути використанні для інших виробів. Ці позначення присвоюються централізовано організацією. В основу позначення виробів та їх конструкторських документів покладено класифікаційну систему за структурою, зображеною на рис. 246.

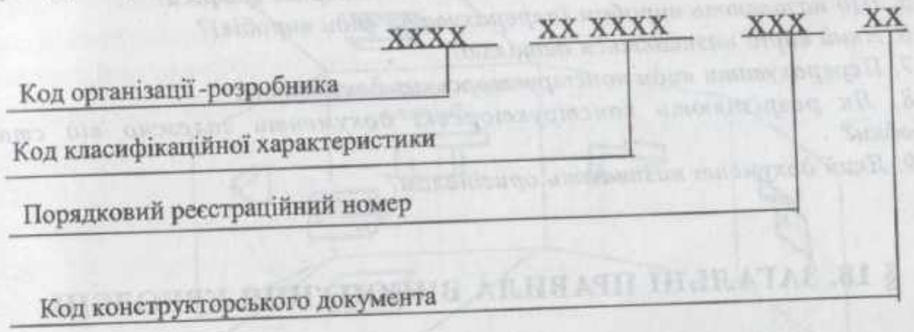


Рис. 246

Код організації-розробника призначається відповідно до її кодифікатора.

Код класифікаційної характеристики визначає конкретний виріб і призначається за класифікатором виробів та конструкторських документів машинобудування (класифікатором ЄСКД), відповідно до якого всі вироби за виробничою ознакою поділяють на класи, які в свою чергу, залежно від характеру виробництва, природних властивостей продукції та призначення її поділяють на підкласи, групи, підгрупи й види. Для позначення класу передбачено два перші розряди шифру, що відділяються інтервалом від останніх

чотирьох розрядів, призначених по одному для підкласів, груп, підгруп та видів.

Порядковий реєстраційний номер є, як правило, тризначним і присвоюється організацією-розробником в інтервалі 001...999. Окремим виробам може надаватись чотиризначний номер.

Окремі коди та порядковий реєстраційний номер відокремлюється один від одного крапками. Наприклад АВСД. 28 4654.050. Допоміжні конструкторські документи мають, крім того, допоміжні позначення відповідно до стандартів ЄСКД. Наприклад, АВСД. 28 4654.050 СБ.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Сформулювати визначення комп'ютерної графіки.
2. Чим зумовлена необхідність вивчення комп'ютерної графіки?
3. Які основні задачі комп'ютерної графіки?
4. Які основні галузі запровадження комп'ютерної графіки?
5. Що називають виробом (перерахувати види виробів)?
6. Який виріб називається деталлю?
7. Перерахувати види конструкторських документів.
8. Як розрізняють конструкторські документи залежно від стадії розробки?
9. Який документ називають оригіналом?

§ 18. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ

18.1. Призначення й розташування виглядів

Відповідно до ГОСТ 2.305-68 зображення на кресленнях поділяються на вигляди, розрізи і перерізи.

Виглядом називають зображення повернутої до спостерігача видимої поверхні предмета.

Зображення предметів повинні виконуватись за методом прямокутного проеціювання. При цьому предмет уявляється розташованим між спостерігачем і відповідною площиною проекцій.

За основні площини проекцій приймають шість граней куба (рис. 247), у середині якого уявно розміщують предмет і проеціюють

його на внутрішні грані куба. Грані куба суміщають із площиною (рис. 248), грань 6 допускається розташовувати рядом із граню 4. Зображення, що утворюється при проеціюванні на фронтальну площину проекцій 1, *головне*. Предмет розташовують перед фронтальною площиною проекцій так, щоб головне зображення давало б найбільш повне уявлення про форму й розміри предмета при найкращому використанні поля креслення. Правильний вибір головного зображення зумовлює і мінімальну кількість потрібних зображень. На вибір головного зображення впливає ряд конструктивних і технологічних факторів.

Вигляди поділяються на *основні, додаткові і місцеві.*

Основними називаються вигляди, утворені проеціюванням на шість основних площин проекцій.

Кожний з них має назву (рис. 248) залежно від того, на яку з площин проекцій спроектовано предмет.

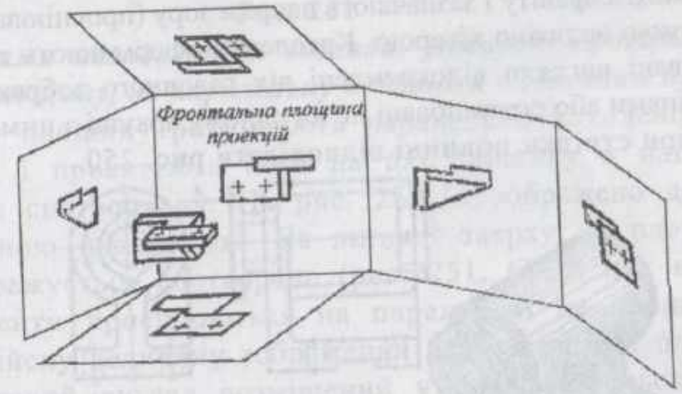


Рис. 247

Стандарт ГОСТ 2.305-68 встановлює шість назв основних виглядів, що утворюються при проеціюванні на шість основних площин проекцій:

1 - вигляд спереду (головний вигляд);
2 - вигляд зверху;
3 - вигляд зліва;
4 - вигляд справа;
5 - вигляд знизу;
6 - вигляд ззаду.

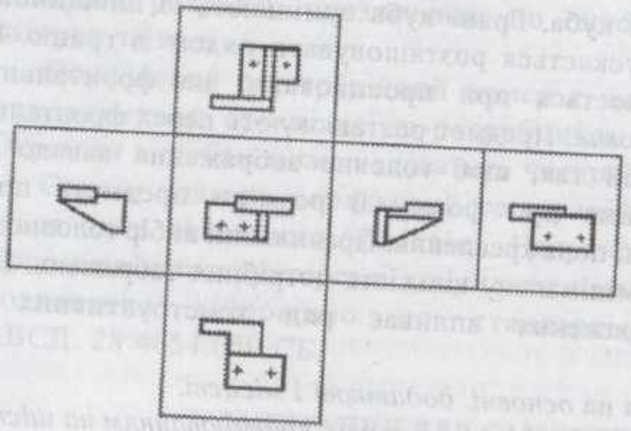


Рис. 248

Вигляди предмета (деталі) потрібно розташовувати так, щоб головний вигляд давав найповніше уявлення про форму предмета. Усі вигляди на кресленні повинні розташовуватись у проекційному зв'язку (рис. 248).

Якщо будь-який вигляд розташовують не в проекційному зв'язку, зміщеним відносно головного вигляду, то цей вигляд необхідно позначати на кресленні (рис. 249). У цьому випадку вигляд позначають великою літерою українського алфавіту і зазначають напрям зору (проеціювання) стрілкою з тією самою великою літерою. Креслення оформлюють так само, якщо перераховані вигляди відокремлені від головного зображення іншими зображеннями або розташовані не на одному аркуші з ним.

Розміри стрілки повинні відповідати рис. 250.

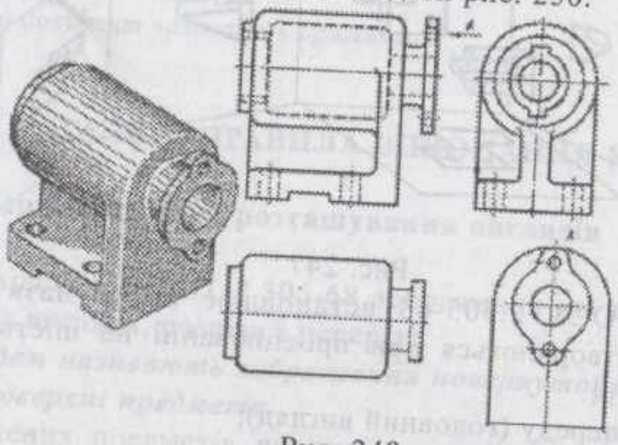


Рис. 249

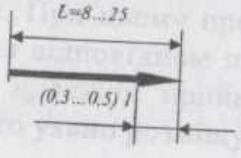
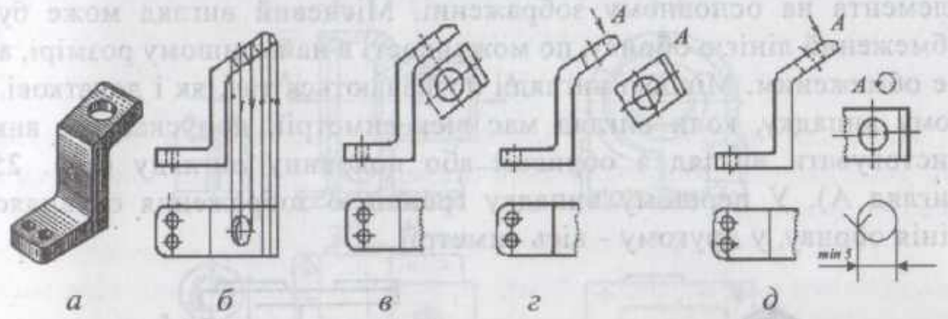


Рис. 250

Зображення деталей на шести основних площинах проекцій використовують порівняно рідко; зазвичай буває достатньо меншого числа виглядів.

Якщо окремі деталі не можуть бути показані на основних виглядах без спотворення його форми й розмірів, то використовують *додаткові вигляди* (рис. 251, *в-д*).



а *б* *в* *г* *д*

Рис. 251

Додатковими називаються вигляди, утворені проеціюванням на довільну площину, не паралельну основним площинам проекцій.

Додаткову площину розміщують паралельно нахиленому елементу деталі і проектують його на цю площину в натуральну величину без спотворення. На рис. 251, *а* зображено деталь із похилою бічною площадкою. На вигляді зверху ця площадка з отвором зображується спотворено (рис. 251, *б*). У цих випадках похилі елементи проеціюються на паралельні їм площини, де отримаємо дійсну величину зображення й розміри цієї площадки. Якщо додатковий вигляд розміщений у безпосередньому проекційному зв'язку з відповідним зображенням, то напрям зору не зазначають і вигляд не надписують (рис. 251, *в*). Як правило, розміщення додаткового вигляду має відповідати показаному стрілкою напряму (рис. 251, *г*); розміщують його поблизу зображуваної частини предмета. Додатковий вигляд можна повертати, але при цьому слід зберігати положення, яке предмет має на головному зображенні. До позначення в цьому випадку додають знак повернуто ↻ (рис. 251, *д*).

Місцевим виглядом називається зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета.

Місцеві вигляди виконуються для того, щоб виявити форму і розміри якогось невеликого елемента деталі, наприклад, отвору, фланця, приливу тощо. Місцевий вигляд утворюють проеціюванням цього елемента на одну з основних площин проекцій (рис. 252).

Розміщують місцеві вигляди довільно на полі креслення, без проекційного зв'язку з основним зображенням, але так, щоб вони були ближче до місця розташування і відповідали положенню елемента на основному зображенні. Місцевий вигляд може бути обмежений лінією обриву, по можливості в найменшому розмірі, або не обмеженим. Місцеві вигляди позначаються так, як і додаткові. У тому випадку, коли вигляд має вісь симетрії, допускається використовувати вигляд з обривом або половину вигляду (рис. 252, вигляд А). У першому випадку границею зображення є хвиляста лінія обриву, у другому - вісь симетрії.

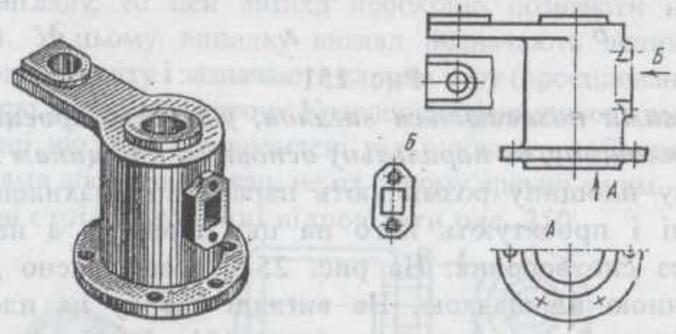


Рис. 252

18.2. Розрізи

У § 14.3 було розглянуто прості розрізи, для утворення яких використовувалась одна січна площина. Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проекцій розрізи поділяються на горизонтальні, вертикальні і похилі. Враховуючи складність форм деталей, у машинобудівному кресленні крім розглянутих простих розрізів використовуються й інші прості розрізи.

Якщо простий розріз виконано площиною, перпендикулярною до будь-якої площини проекцій, але ця площина проекцій розрізає деталь на дві неоднакові частини, то положення січної площини зазначають на головному зображенні лінією перерізу. Ця лінія являє

являє собою два розімкнутих штрихи товщиною від s до 1,5s, де s - товщина основної лінії. Довжина кожного штриха 8...20 мм (на навчальних кресленнях рекомендується брати 8...12 мм).

У направленні зору на розрізах до розімкнутих штрихів перпендикулярно ставлять стрілки на відстані 2...3 мм від зовнішніх кінців (рис. 253).

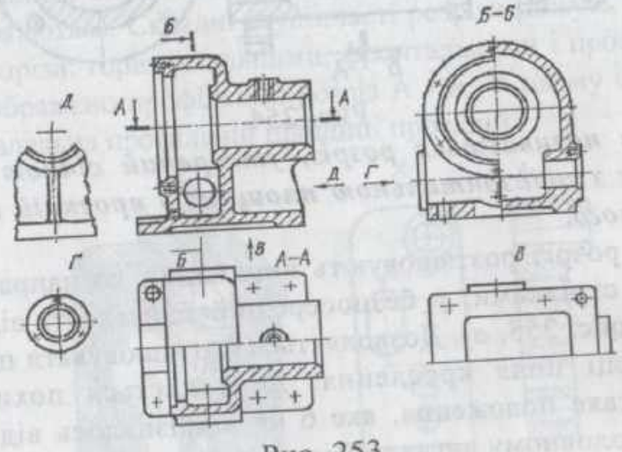


Рис. 253

Стрілки позначають великими літерами українського алфавіту шрифтом на номер або два більшим, ніж номер шрифту, яким написані цифри розмірних чисел. Літери наносять паралельно до горизонтальних ліній основного напису незалежно від нахилу стрілок і розташовують зовні стрілок, як показано на рис. 253.

Розімкнуті штрихи лінії перерізу наносять так, щоб вони не перетинали контур деталі і розмірні лінії. Над розрізом роблять напис типу "А-А". У написі використовують ті самі літери, якими позначені стрілки. Між літерами ставиться тире. Напис завжди розташовують горизонтально.

На несиметричних деталях в одній січній площині може бути виконано два розрізи. У цьому випадку слід січної площини і відповідний розріз оформляють так, як показано на рис. 254.

Якщо січна площина розрізає деталь на дві несиметричні частини, але при цьому зображення розрізу буде симетричним, то дозволяється зображувати половину розрізу до осі симетрії, розташовуючи його справа від осі (рис. 253, розріз Б- Б) або знизу (рис. 253, розріз А - А).

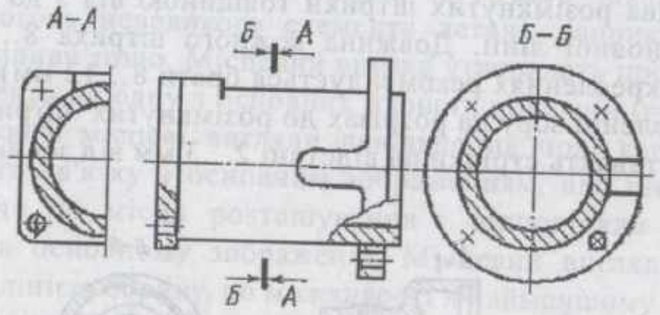


Рис. 254

Похилим називається розріз, утворений січною площиною, яка утворює з горизонтальною площиною проекцій кут, відмінний від прямого.

Похилий розріз розташовують відповідно до направлення зору зазначеними стрілками, у безпосередній близькості від головного зображення (рис. 255, *а*). Дозволяється розташовувати цей розріз на вільному місці поля креслення. Допускається похилий розріз повертати в таке положення, яке б не відрізнялось від положення предмета на головному вигляді. Рядом із позначенням такого розрізу ставлять знак повернуто ↻ (рис. 255, *б*).

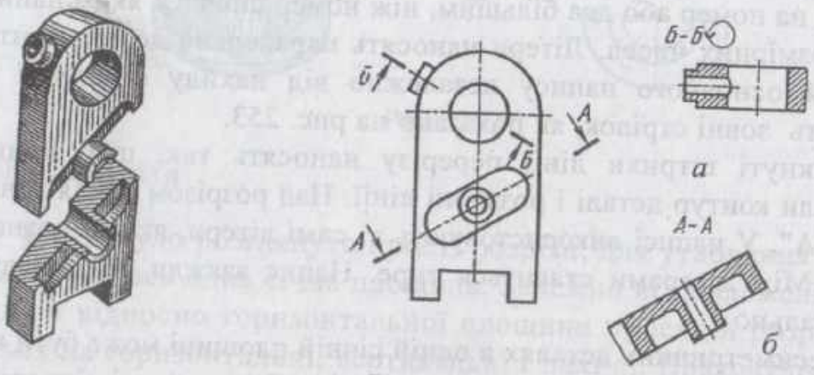


Рис. 255

Складний розріз - це розріз, утворений двома або більше січними площинами.

Складні розрізи використовуються при виконанні креслень деталей, на яких неможливо показати внутрішню конструкцію за допомогою простих розрізів.

Залежно від взаємного розташування січних площин складні розрізи поділяються на *ступінчасті, ламані* і *комбіновані*.

Ступінчастим називається складний розріз, виконаний двома або більше паралельними січними площинами.

У даному прикладі (рис. 256, *а*) всі три січні площини суміщені з однією профільною площиною. Контурні лінії поділу трьох січних площин не зображаються. Складні ступінчасті розрізи можуть бути такими, як і прості розрізи: горизонтальними, фронтальними і профільними. На рис. 256, *б* зображено профільний розріз А - А. У цьому випадку січна площина паралельна профільній площині проекцій.

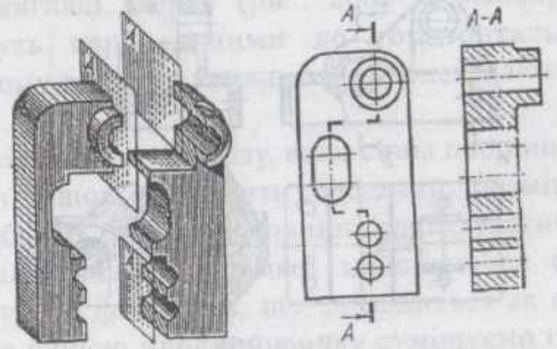


Рис. 256

Січні площини в складному розрізі зазначають розімкнутою лінією, причому в перегинах лінії перерізу також проводять штрихи. Початковий і кінцевий штрихи лінії перерізу мають стрілки і літерне позначення. Незважаючи на те, що січних площин декілька, літерне позначення їх однакове. Як і раніше, стрілки зазначають напрямок зору.

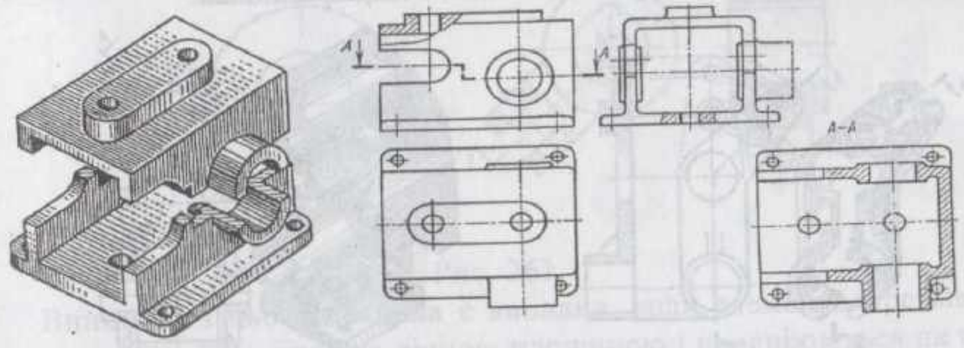


Рис. 257

На рис. 257 показано складний горизонтальний ступінчастий розріз, виконаний двома січними площинами. Складний розріз може бути поміщений на кресленні в будь-якому місці, без проекційного зв'язку з іншими зображеннями.

Допускається на одному зображенні виконувати по половині різних розрізів - комбінований розріз. Так, наприклад, на рис. 258 суміщено половина складного ступінчастого розрізу А - А і половина простого профільного розрізу Б - Б.

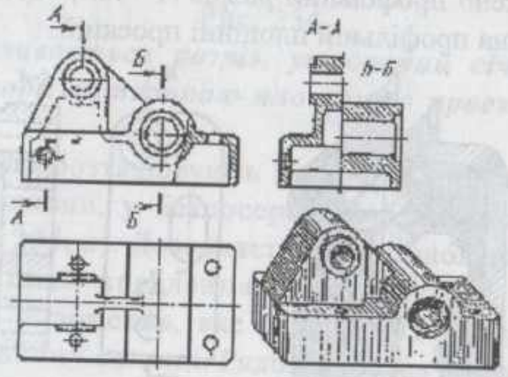


Рис. 258

Ламаним називається складний розріз, утворений не паралельними, а перетинаючими січними площинами, які перетинаються.

Січні площини умовно повертають до суміщення навколо лінії взаємного перетину до суміщення з площиною, паралельною до будь-якої з основних площин проекцій Тому ламані розрізи можуть бути фронтальними, горизонтальними і профільними.

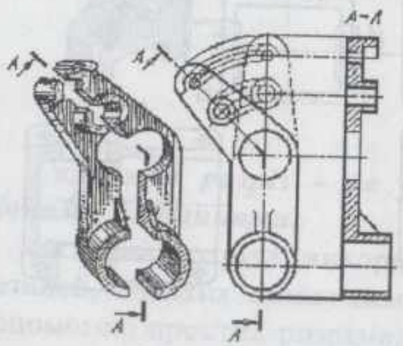


Рис. 259

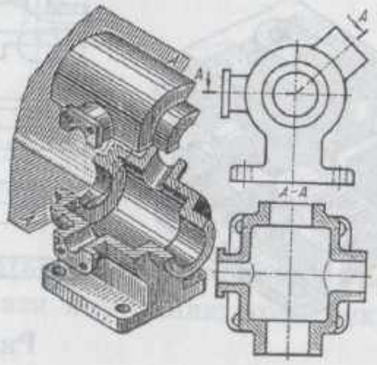


Рис. 260

Приклад виконання ламаного розрізу показано на рис. 259. Двоплічний важіль умовно розсічено двома площинами, що взаємно перетинаються - профільною і фронтально-проеціювальною. При зображенні профільного розрізу верхню частину важеля разом з фронтально-проеціювальною січною площиною умовно повертають навколо лінії перетину січних площин до суміщення з профільною площиною (рис. 259, *б*). На головному вигляді верхню частину важеля в "повернутому" положенні для наочності показано штрих-пунктирними лініями. На кресленні ці лінії не показують.

Ламані розрізи можуть бути розміщені і на місці інших виглядів, наприклад, на вигляді зверху (рис. 260) за умови, що суміщені площини стануть паралельними до горизонтальної площини проекцій. У даному випадку ламаний розріз називають горизонтальним (рис. 260).

При побудові ламаного розрізу, коли січна площина повертається до суміщення з іншою, елементи предмета, розміщенні за нею, обертати не треба. Ці елементи повинні проектуватись так, як вони проектуються на площину, до якої здійснюється суміщення. На рис. 261, *а* виступ Б фіксатора, що знаходиться за горизонтально-проеціювальною січною площиною, яку суміщуємо із фронтальною площиною, в оберті не бере участі. Обидві проекції виступу розташовуються на кресленні в проекційному зв'язку.

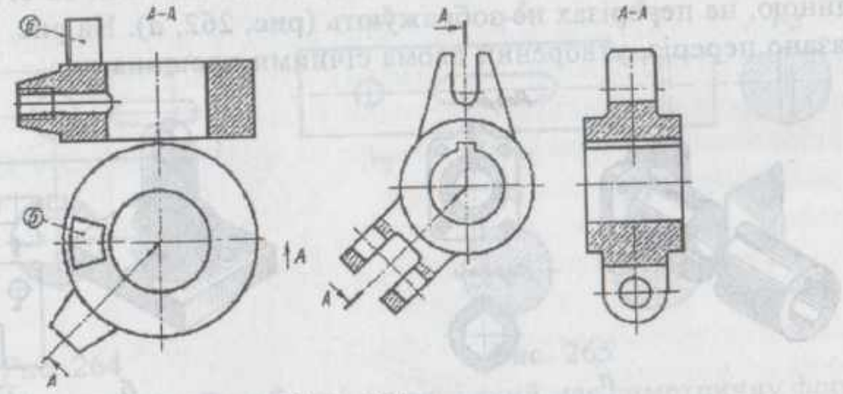


Рис. 261

Винятком з цього правила є випадки, коли елементи предмета розташовані за суміщеною січною площиною і проеціюються на неї без спотворення. У таких випадках виконується оберт елементів

предмета на той же кут, на який повернута січна площина. Так, наприклад, важіль (рис. 261, *б*) знизу має два вушка, які розташовані за січною площиною і проеціюються на неї без спотворення. Вушка в цьому випадку повинні повертатися разом із січною площиною, коли остання суміщається з профільною площиною.

Складні і прості розрізи називаються поздовжніми, коли січна площина, направлена поздовж довжини або висоти предмета, і поперечними, коли направлення січної площини перпендикулярно до довжини або висоти предмета.

18.3. Перерізи

Крім виглядів і розрізів на робочих кресленнях використовують перерізи, за їх допомогою виявляють поперечну форму деталі в тому чи іншому місці.

З перерізами студенти зустрічались при побудові дійсної форми фігури перерізу. Такий "косий" переріз будується за допомогою методу заміни площин проекцій.

Перерізом називається зображення фігури, яке утворюється при умовному перетині деталі однією або кількома січними площинами.

На відміну від розрізів у перерізах показується тільки те, що розташовано в січній площині. Те, що знаходиться за січною площиною, на перерізах не зображують (рис. 262, *а*). На рис. 262, *б* показано переріз, утворений двома січними площинами.

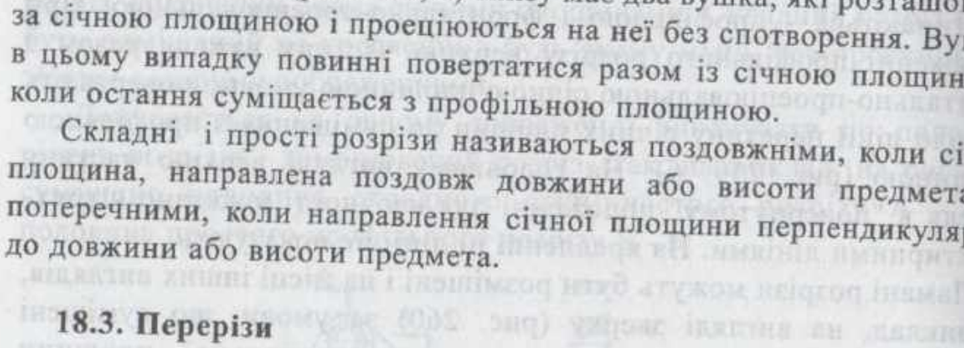


Рис. 262

Перерізи використовуються в тому випадку, коли вигляди і розрізи не дають повного уявлення про окремі частини предмета.

Так, наприклад, на кресленні важеля (рис. 263) два вигляди і місцеві розрізи тільки частково виявляють форму деталі. Переріз А - А дає уявлення про форму середньої частини важеля.

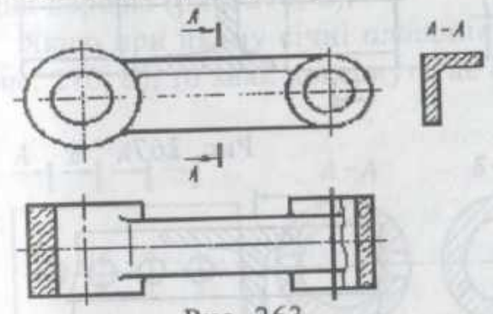


Рис. 263

Перерізи, що не входять до складу розрізу, поділяють на винесені й накладені.

Перерізи називаються винесеними, якщо вони виконані окремо від основного зображення. Контур винесеного перерізу зображають суцільною основною лінією і штрихують під кутом 45° до основного напису. Правила виконання й позначення лінії перетину, тобто сліду січної площини, такі самі, що й для розрізів.

Випадки виконання винесених перерізів:

✓Переріз - це симетрична фігура, яка розташована на продовжені сліду січної площини. У цьому випадку лінію перетину, що збігається з віссю симетрії самого перерізу, показують тонкою штрихпунктирною лінією без позначень літерами й стрілками (рис. 264).

✓Переріз - це симетрична фігура, розташована на довільному місці креслення. У цьому випадку сам переріз позначають і супроводжують написом (рис. 265).

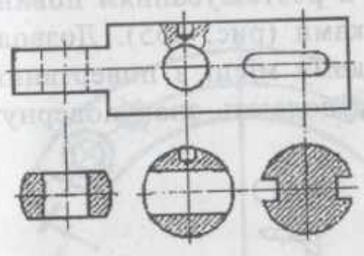


Рис. 264

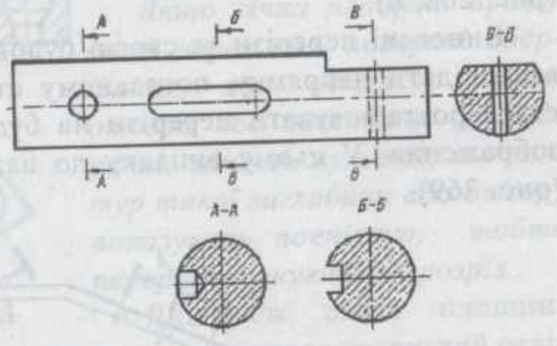


Рис. 265

✓Переріз, виконаний в обриві деталі і який має симетричну форму, не позначають (рис. 266). Для несиметричних перерізів, розташованих в обриві (рис. 267), лінію перерізу показують із стрілками, але літерами не позначають.

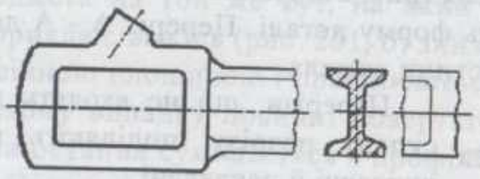


Рис. 266

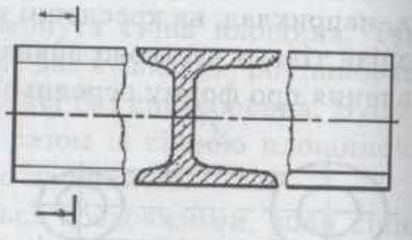


Рис. 267

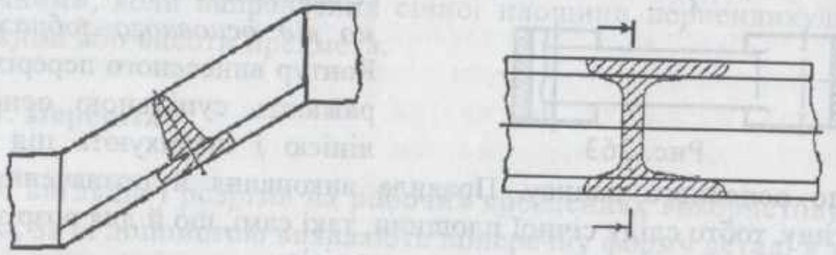


Рис. 268

Перерізи називаються накладеними, якщо вони виконані на самому зображені предмета. Контур накладеного перерізу зображують суцільними тонкими лініями. При цьому контур основного зображення в цьому місці не обривають (рис. 268).

Накладені перерізи літерами не позначають, а лінію перетину проводять лише тоді, коли форма цих перерізів несиметрична (рис. 268, *б*).

Винесені перерізи за своєю будовою й розташуванням повинні відповідати напрямку, показаному стрілками (рис. 265). Дозволяється розташовувати перерізи на будь-якому місці з повертанням зображення. У цьому випадку до напису додають знак повернуто (рис. 269).

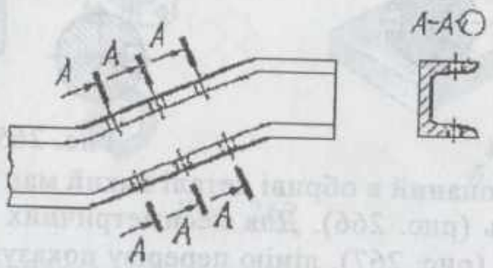


Рис. 269

Для кількох однакових перерізів, що належать до одного предмета, лінію перерізу позначають одною літерою і викреслюють один переріз (рис. 270, *а*).

Якщо при цьому січні площини, направлені під різними кутами (рис. 270, *б*), то знак повернуто не ставиться.

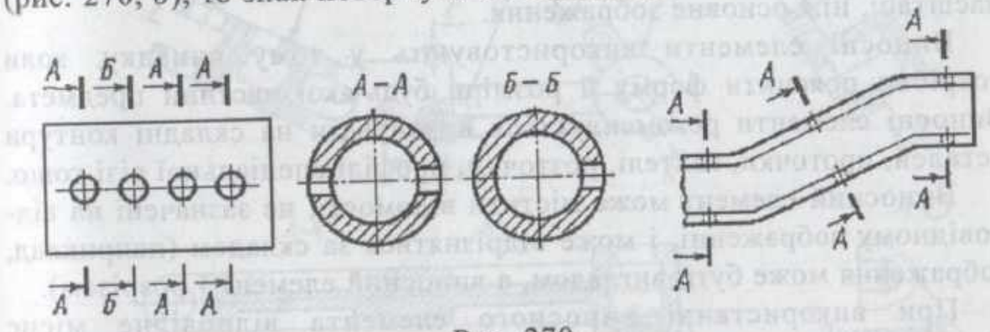


Рис. 270

На рис. 271 деталь має декілька отворів різноманітної форми й паз. Для того, щоб показати на розрізі форму й розміри цих елементів, використовується переріз деталі циліндричною поверхнею, яку потім розвертаємо в площину. Біля позначення перерізу ставиться знак розвернуто ○.

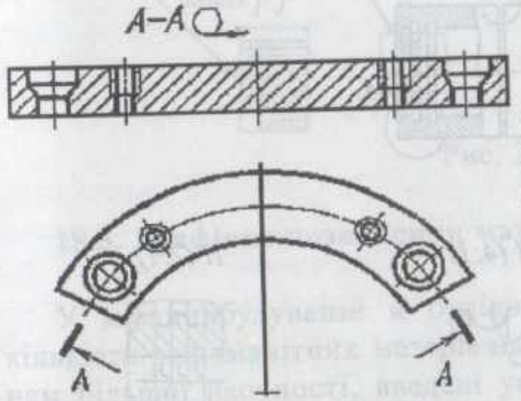


Рис. 271

Правило

Якщо січна площина проходить через вісь поверхні обертання, яка обмежує круглі отвори або заглибини (циліндричні, конічні, кульові), то контур такої заглибини або отвору показують повністю, тобто переріз виконують як розріз.

Якщо ж січна площина проходить через некруглий отвір і переріз утворюється складеними з окремих, не зв'язаних між собою, частин, то рекомендується виконувати не переріз, а розрізи.

18.4. Виносні елементи

Виносним елементом називається додаткове окреме, як правило, збільшене зображення частини предмета для з'ясування його форми, розмірів, шорсткості поверхні та інших даних, виконане в більшому масштабі, ніж основне зображення.

Виносні елементи використовують у тому випадку, коли потрібно пояснити форму й розміри будь-якої частини предмета. Виносні елементи рекомендується виконувати на складні контури деталей, проточки, галтелі, розточки, профілі спеціальної різі тощо.

Виносний елемент може містити відомості, не зазначені на відповідному зображенні, і може відрізнятись за складом (наприклад, зображення може бути виглядом, а виносний елемент - розрізом).

При використанні виносного елемента відповідне місце відмічають на вигляді, розрізі або перерізі замкненою суцільною тонкою лінією - колом (рис. 272). Від цієї лінії проводять лінію-виноску, на полиці якої проставляють літери або римські цифри. На виносному елементі цю частину предмета зображують з усіма подробицями і надписують за типом А(4:1).

Рис. 272

Виносний елемент потрібно розташовувати по можливості ближче до відповідного місця на зображені деталі.

На кресленні важеля токарного автомата (рис. 273) показано

перераховані різновиди зображень за ГОСТ 2.305-68. Вивчення цього креслення дасть можливості краще зрозуміти викладений вище матеріал.

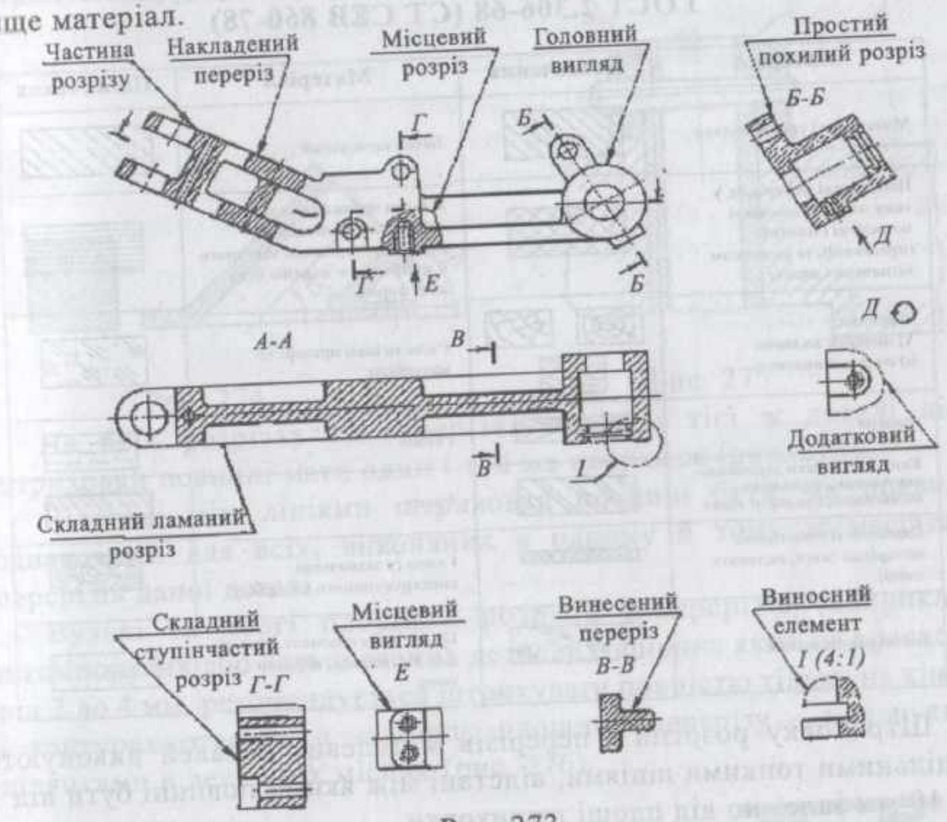


Рис. 273

18.5. Графічне позначення матеріалів на кресленні

У машинобудуванні й будівництві використовується велика кількість різноманітних матеріалів. Для того, щоб надати кресленням більшої наочності, введені умовні графічні позначення матеріалів у розрізах і перерізах.

ГОСТ 2.306-68 встановлює графічне позначення матеріалів у перерізах, а також правила нанесення їх на кресленнях, які повинні відповідати зазначеним у табл. 11.

Таблиця 11

Графічне позначення матеріалів у перерізах ГОСТ 2.306-68 (СТ СЕВ 860-78)

Матеріал	Позначення	Матеріал	Позначення
Матеріали і тверді сплави		Бетон армований	
Неметалеві матеріали, у тому числі волокнисті монолітні і плитні (пресовані), за винятком зазначених нижче		Кладка цегли будівельної та спеціальної, клінкера, кераміки, теракоти, штучного й природного каменю будь якої форми	
Деревина: А) поперек волокон Б) поздовж волокон		Скло та інші прозорі матеріали	
Фанера		Рідина	
Ксилоліт, плити деревинно-стружкові, деревинно-волокнисті, столярні тощо		Грунт	
Волокнисті неметалеві матеріали (вата, скловата тощо)		Глина (у зазначенні конструктивного матеріалу)	
Бетон неармований		Пісок, азбестоцемент, гіпсові вироби, розчин, абразив тощо	

Штриховку розрізів і перерізів металевих деталей виконують суцільними тонкими лініями, відстані між якими повинні бути від 1 до 10 мм залежно від площі штриховки.

Лінії штриховки наносять під кутом 45° до ліній рамки креслення (рис. 274, *а*). Якщо лінії штриховки співпадають з направленням контурних або осьових ліній, то штриховку виконують під кутом 3° або 60° (рис. 274, *б*). Лінії штриховки можна наносити з нахилом праворуч або ліворуч, але обов'язково в один бік для всіх розрізів і перерізів однієї деталі.

Штриховка суміжних перерізів двох деталей наноситься в різних напрямках. Наприклад, для деталі 1 штриховка виконана з нахилом вправо, для суміжної деталі 2 - з нахилом уліво (рис. 275) або навпаки.

При штриховці суміжних перерізів трьох і більше деталей необхідно змінювати відстані між паралельними лініями штриховки

або зміщувати лінії штриховки в одному перерізі відносно до ліній штриховки другого перерізу (деталі 2 і 3 на рис. 275).

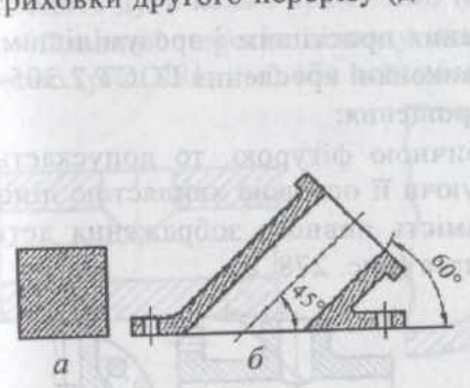


Рис. 274

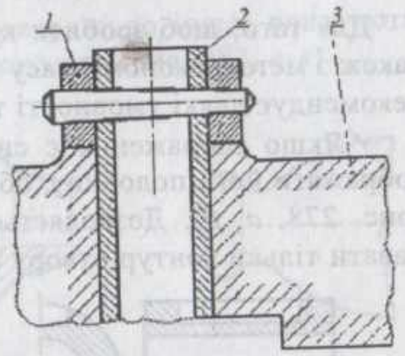


Рис. 275

На всіх розрізах та перерізах однієї і тієї ж деталі лінії штриховки повинні мати один і той же напрямок (рис. 273).

Відстані між лініями штриховки повинні бути, як правило, однаковими для всіх, виконаних в одному й тому ж масштабі, перерізів даної деталі.

Вузькі та довгі площини розрізів і перерізів (наприклад, штампованих або вальцьованих деталей), ширина яких на кресленні від 2 до 4 мм, рекомендується штрихувати повністю тільки на кінцях і контурах отворів, а залишок площини перерізу - маленькими ділянками в декількох місцях (рис. 276).

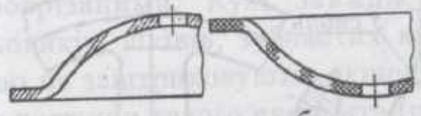


Рис. 276

Рис. 277

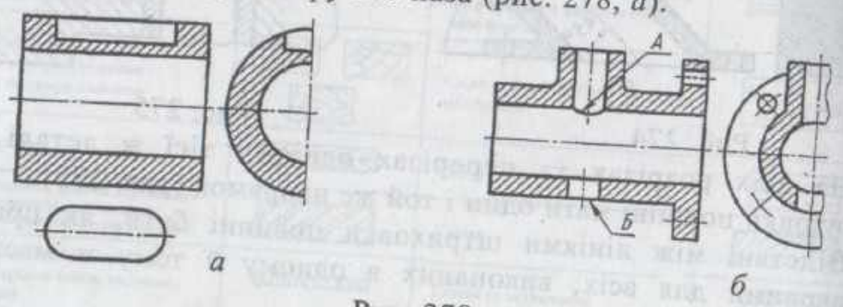
Вузькі площини перерізів, ширина яких менша за 2 мм, допускається показувати зачорненими. Між суміжними перерізами повинен залишатися просвіт не менше 0,8 мм (рис. 277).

Деталі, виготовлені з композиційних матеріалів, що мають метали і неметалеві матеріали, у розрізах і перерізах штрихують так, як металеві.

18.6. Умовності й спрощення при виконанні зображень

Для того, щоб зробити креслення простішим і зрозумілішим, а також з метою економії часу при виконані креслення ГОСТ 2.305-68 рекомендує деякі умовності та спрощення:

✓Якщо зображення є симетричною фігурою, то допускається зображати його половину, обмежуючи її осьовою хвилястою лінією (рис. 278, *а, б*). Дозволяється замість повного зображення деталі давати тільки контур отвору або паза (рис. 278, *а*).



а *б*

Рис. 278

✓Якщо предмет має кілька однакових, рівномірно розміщених елементів, то на зображенні цього предмета повністю показують один або два таких елементи, а решту спрощено або умовно (рис. 279).

Допускається зображати частину предмета, зазначаючи кількість елементів, їх розміщення тощо (рис. 280).

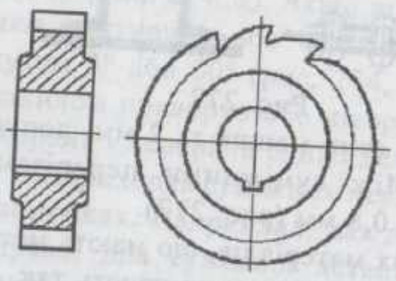


Рис. 279

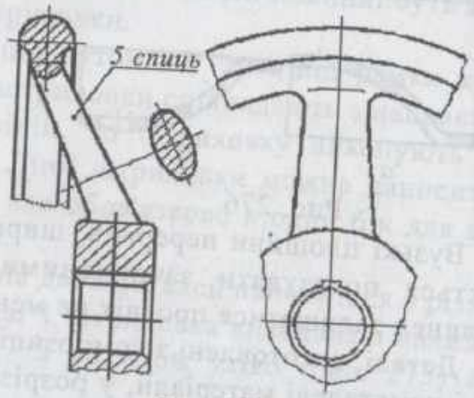
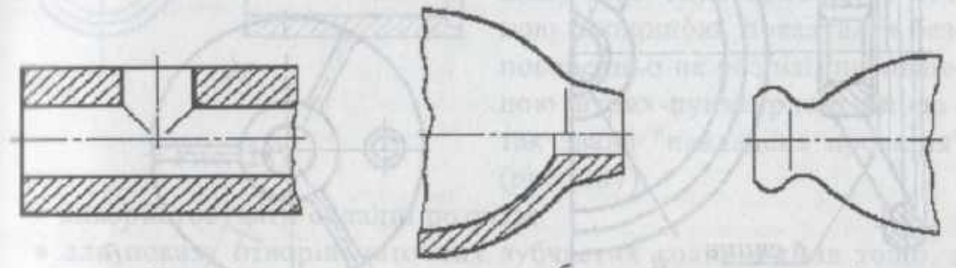


Рис. 280

✓На виглядах та розрізах допускається спрощено показувати проекції лінії перетину поверхонь, якщо точна побудова їх не

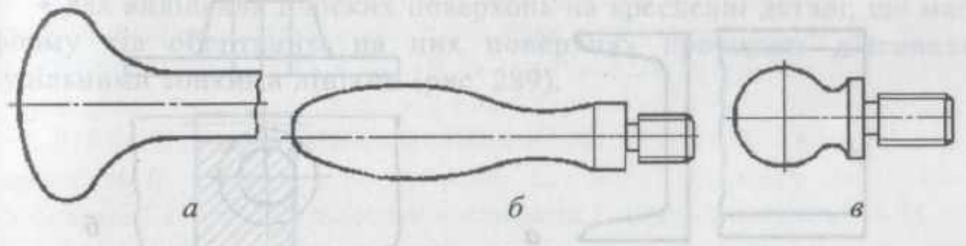
обов'язкова (рис. 278, *б*). Наприклад, замість лекальних кривих проводять дуги кола і прямі лінії (лінії А і Б).

✓Плавний перехід відводу одної поверхні до іншої показують умовно (рис. 281, *а-в*) або зовсім не показують (рис. 282, *а-в*).



а *б* *в*

Рис. 281



а *б* *в*

Рис. 282

✓Гвинти, заклепки, шпонки, непустотілі вали та шпинделі, шатуни, рукоятки тощо при поздовжньому розрізі зображуються нерозрізаними. Кулі завжди показують нерозрізаними. Спиці маховиків, шківів, зубчастих коліс, ребра жорсткості, тонкі стінки тощо не заштриховують, якщо січна площина проходить вздовж осі або довжини такого елемента (рис. 283, *а-б*).

✓Незначну конусність або нахил допускається зображати зі збільшенням. При цьому на площині, перпендикулярній до основи нахилу або осі конуса, показують лінії, що відповідають меншому розміру нахилу або меншій основі конуса (рис. 284).

✓Деталі, що мають велику довжину, сталий поперечний переріз або такий, що змінюється закономірно, можна показувати з розривом (рис. 285).

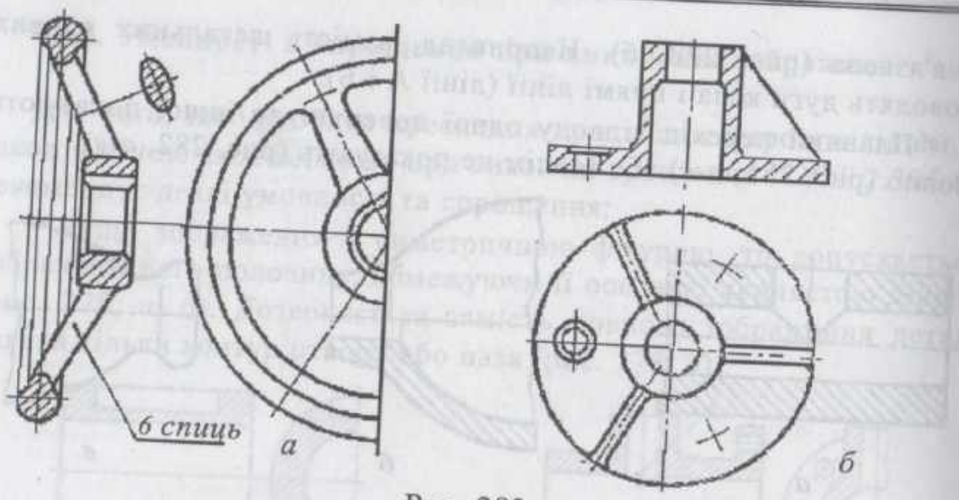


Рис. 283

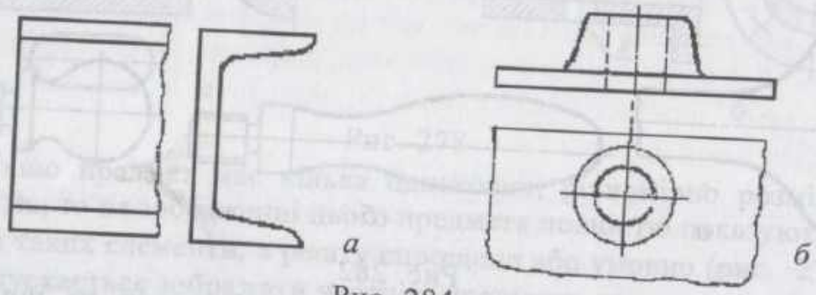


Рис. 284

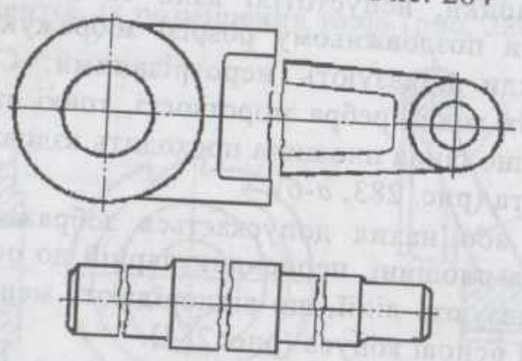


Рис. 285

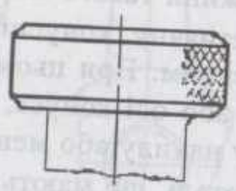


Рис. 286

✓На кресленнях предметів із суцільною сіткою, плетінкою, орнаментом, рельєфом, накаткою тощо допускається зображувати ці елементи частково, із можливим спрощенням (рис. 286).

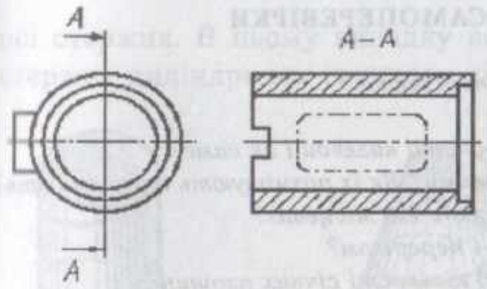


Рис. 287

✓Для спрощення креслення або зменшення кількості зображень допускається:

• частину предмета, розміщену між спостерігачем і січною площиною, показувати безпосередньо на розрізі, потовщеною штрих-пунктирною лінією - так звана "накладена проекція" (рис. 287);

• використовувати складні розрізи;

• для показу отворів маточних зубчастих коліс, шківів тощо, а також для шпонкових пазів замість повного зображення деталі давати лише контур отвору (рис. 288);

• для виділення плоских поверхонь на кресленні деталі, що має форму тіл обертання, на цих поверхнях проводять діагоналі суцільними тонкими лініями (рис. 289).

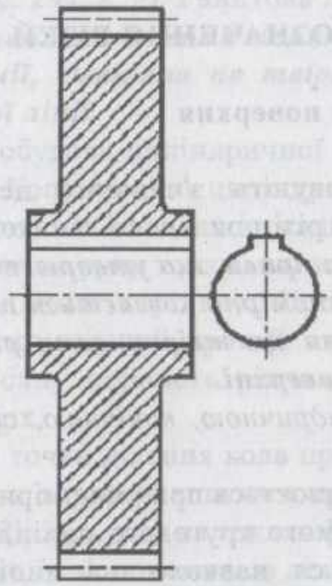


Рис. 288

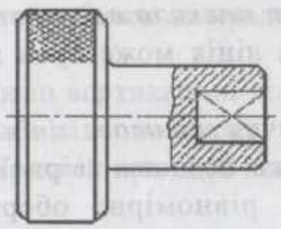


Рис. 289

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається виглядом і як їх поділяють?
2. Які є основні вигляди?
3. В яких випадках слід позначати основні вигляди і як саме?
4. Які вигляди називаються додатковими? Як їх розміщують і позначають?
5. Чим відрізняються додаткові вигляди від місцевих?
6. У чому відмінність між розрізом і перерізом?
7. Як поділяють розрізи залежно від кількості січних площин?
8. Як виконують місцевий розріз? У яких випадках позначають прості розрізи?
9. Як оформити поєднання половини вигляду з половиною розрізу?
10. Чим відрізняється накладений переріз від винесеного? В яких випадках перерізи не позначаються?
11. Що називають виносним елементом і як його виконують?
12. Як показують у розрізі болти, гвинти, шпильки, вали тощо?
13. Як зображують на розрізі тонкі стінки та ребра жорсткості?
14. Як штрихують у розрізі метал, пластмасу, цеглу, скло, залізобетон?

§19. ЗОБРАЖЕННЯ І ПОЗНАЧЕННЯ РІЗЕЙ

19.1. Гвинтова лінія. Гвинтова поверхня

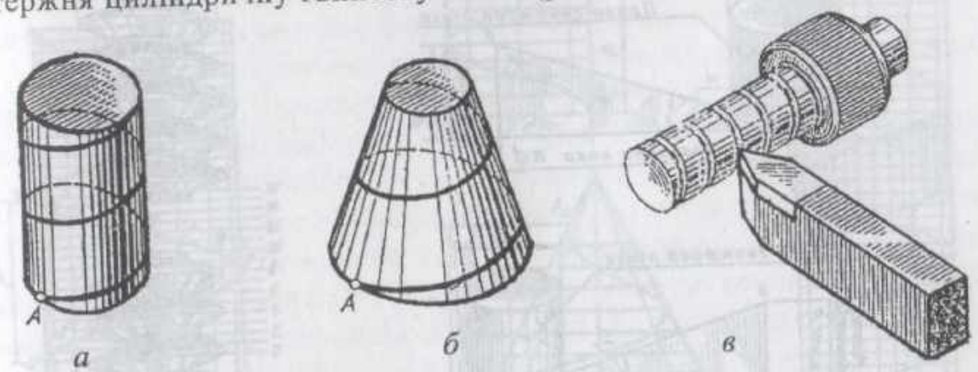
У техніці широко використовують з'єднання деталей за допомогою гвинтової різі. В основу різі покладено гвинтову лінію.

Гвинтова лінія - це просторова крива, що утворюється внаслідок складного руху точки, що рівномірно ковзається по твірній будь-якої поверхні обертання, коли ця твірна сама рівномірно обертається навколо осі заданої поверхні.

Гвинтова лінія може бути *циліндричною, конічною, сферичною* тощо.

Циліндрична гвинтова лінія утворюється при рівномірному переміщенні точки поздовж твірної прямого кругового циліндра, яка, у свою чергу, рівномірно обертається навколо осі циліндра. На практиці циліндрична гвинтова лінія утворюється так: у патроні токарного верстата закріплюють циліндричний стержень і надають йому обертальний рух; до поверхні цього стержня підводять вершину головки різця і надають йому поступальний рух паралельно

осі стержня. В цьому випадку вершина різця проріже на поверхні стержня циліндричну гвинтову лінію (рис. 290, *в*).



а *б* *в*

Рис. 290

Розрізняють праві і ліві гвинтові лінії. Права гвинтова лінія має підйом вверх і вправо, якщо циліндр із гвинтовою лінією стоїть вертикально (рис. 291, *а, б*). Ліва гвинтова лінія має підйом уверх і вліво (рис. 291, *в, г*). Гвинтова лінія характеризується кроком Р.

Відстань між двома найближчими сусідніми витками гвинтової лінії, виміряна по твірній циліндра, називається кроком гвинтової лінії.

Для побудови циліндричної гвинтової лінії треба задати діаметр і крок Р. Коло основи циліндра ділять на будь-яку рівну кількість частин (рис. 292 - на шістнадцять) і точки поділу позначаємо за направленням руху точки, що утворює гвинтову лінію (на рис. 292 - проти годинної стрілки). Потім на контурній твірній циліндра відкладаємо заданий крок Р, який ділять горизонтальними лініями на ту ж саму кількість рівних частин; точки ділення позначаємо знизу вверх.

Через точки ділення кола проводимо вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальними прямими ділення кроку й отримуємо точки 1', 2', 3',..., що належать фронтальній проекції гвинтової лінії, і з'єднуємо їх за допомогою лекала.

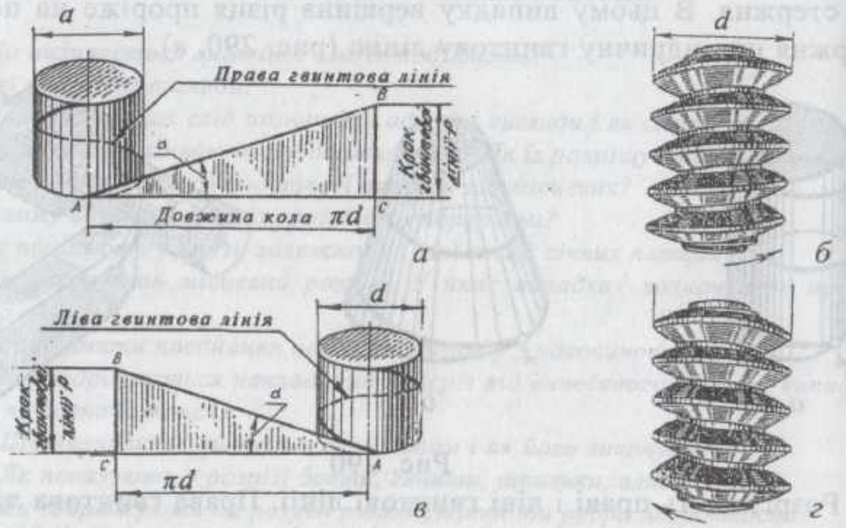


Рис. 291

Фронтальна проекція циліндричної гвинтової лінії уявляє собою синусоїду з довжиною хвилі, що дорівнює кроку Р, і амплітудою, яка дорівнює радіусу кола основи циліндра.

Послідовність побудови однакова як для правої (рис. 291, *а*), так і для лівої (рис. 291, *в*) гвинтових ліній.

Розгортка частини циліндричної поверхні, обмеженої гвинтовою лінією на довжині одного кроку, уявляє собою прямокутний трикутник АВС (рис. 291, *а*), гіпотенуза якого АВ - розгортка гвинтової лінії, більший катет АС - розгортка кола основи циліндра і менший катет ВС - крок Р.

З прямокутного трикутника АВС (рис. 291, *а*) можна визначати залежність кроку Р від кута підйому б гвинтової лінії (він дорівнює куту нахилу гіпотенузи АВ до катета АС: $tgб=P/pd$. Довжину одного витка можна визначити за формулою: $\sqrt{l=(pd)^2+P^2}$.

Гвинтова лінія на конічній поверхні на вигляді спереду проектується в затухаючу синусоїду, а на вигляді зверху - в спіраль Архімеда (рис. 293).

Відрізок прямої лінії АВ, що розташований на твірній прямого кругового циліндра і який переміщується по цій поверхні паралельно осі циліндра з такою ж закономірністю, як і точка, що утворює гвинтову лінію, залишить на циліндричній поверхні слід, який називається гвинтовою стрічкою (рис. 294).

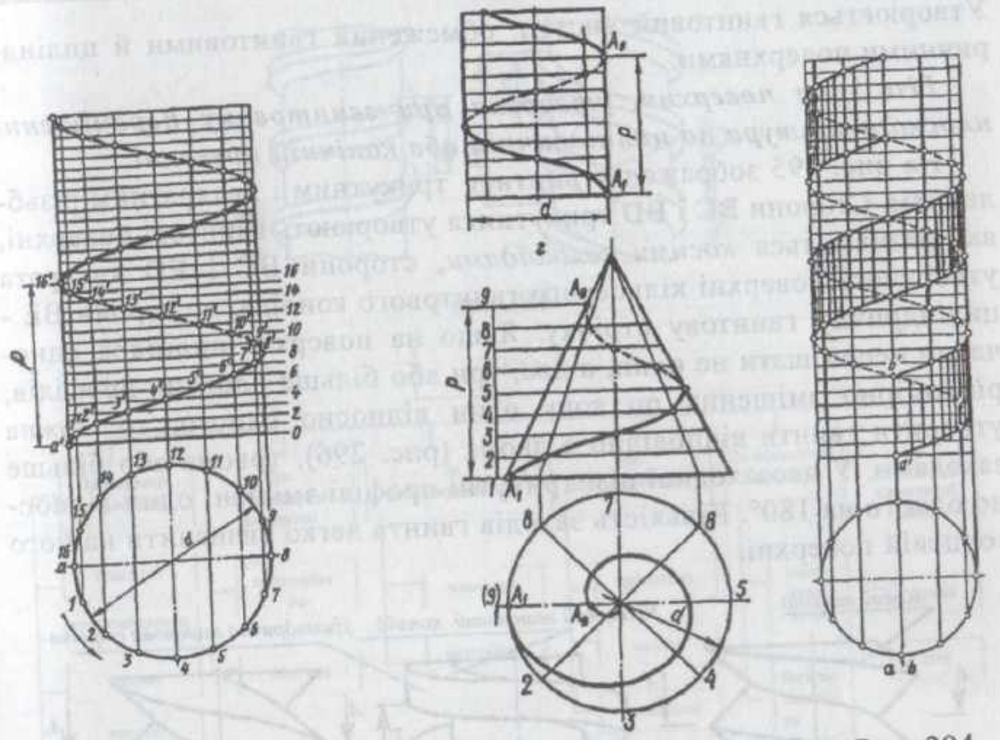


Рис. 292 Рис. 293 Рис. 294

З креслення видно, що один кінець відрізка, що утворює гвинтову лінію - точка А, описує праву гвинтову лінію. Другий кінець відрізка - точка В - описує другу праву гвинтову лінію, всі точки якої знаходяться на однаковій відстані, обміряної поздовж осі циліндра, від точок першої гвинтової лінії. Ця відстань дорівнює довжині відрізка АВ.

19.2. Різь. Класифікація різі

Якщо по гвинтовій лінії прорізати канавку, то різальні кромки різця утворять гвинтову поверхню. Форма її залежить від форми головки різця. Теоретично утворенні різі можна уявити так: плоску фігуру (трикутник, трапецію, квадрат тощо) переміщають по поверхні циліндра так, щоб вершини фігури переміщалися за гвинтовими лініями, а її площини проходили через вісь циліндра.

Утворюється гвинтовий виступ, обмежений гвинтовими й циліндричними поверхнями.

Різь - це поверхня, утворена при гвинтовому переміщенні плоского контура по циліндричній або конічній поверхні.

На рис. 295 зображено гвинти з трикутним і квадратним різьбленням. Сторони BC і BD трикутника утворюють гвинтові поверхні, які називаються *косими гелікоїдами*, сторони BC і ED квадрата утворюють поверхні кільцевого гвинтового коноїда, а сторони BE - циліндричну гвинтову стрічку. Якщо на поверхні циліндра одночасно переміщати не один, а два, три або більше плоских профілів, рівномірно зміщених по колу один відносно одного, то можна утворити гвинти відповідно з двома (рис. 296), трьома або більше заходами. У двозаходної різі трикутні профілі зміщені один відносно одного на 180°. Кількість заходів гвинта легко визначити на його торцевій поверхні.

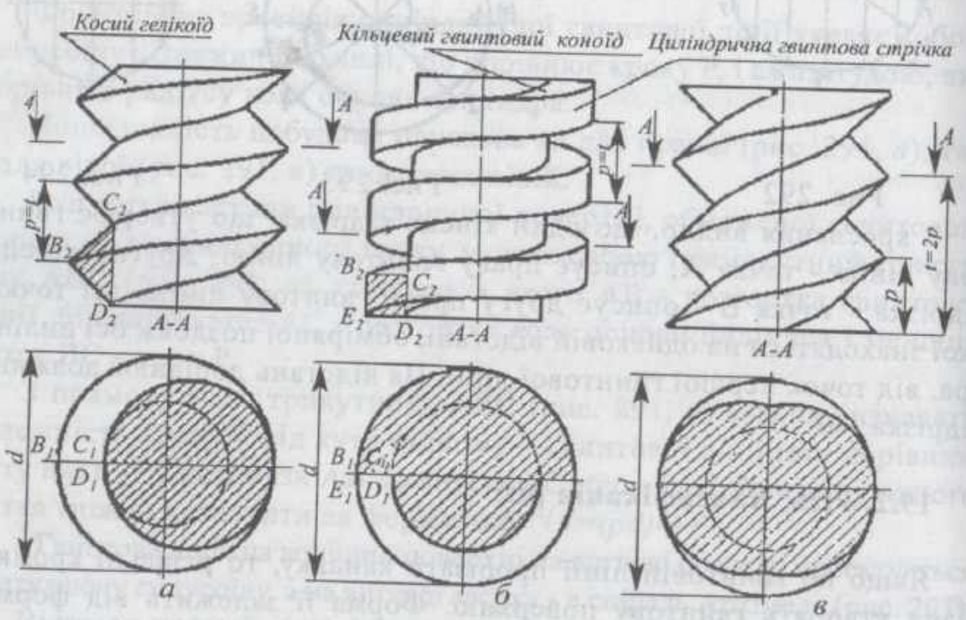


Рис. 295

У техніці широко поширені різі і різеві з'єднання. Класифікацію різі наведено на рис. 297.

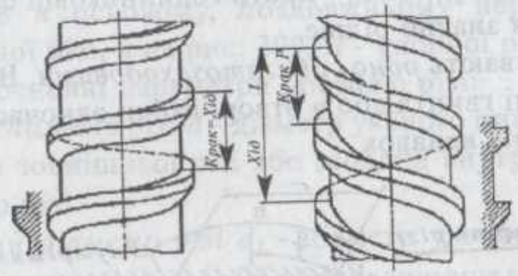


Рис. 296

Рис. 297

Профіль різі - це контур перерізу різі, який проходить через її вісь. У таблиці показано різноманітні профілі різі: трикутна, трапецеїдальна, упорна, прямокутна й кругла.

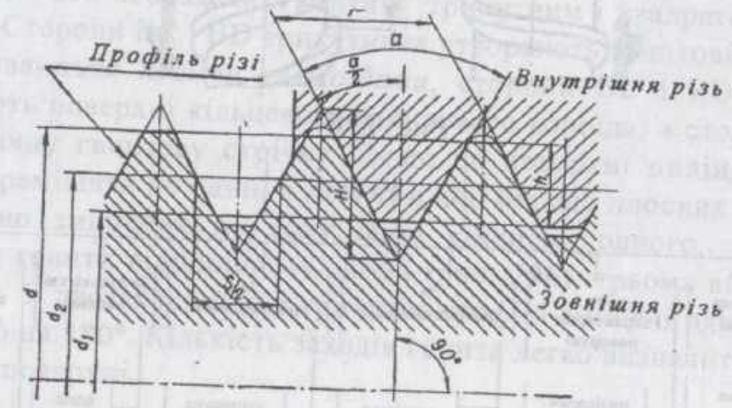
У різевому з'єднанні одна деталь має зовнішню різь, друга - внутрішню. *Зовнішня різь* утворена на зовнішній поверхні деталі (на стержні). *Внутрішня* - на внутрішній поверхні деталі (в отворі). На рис. 298 зображено в збільшеному вигляді профіль трикутної зовнішньої й внутрішньої різі.

За призначенням різі поділяються на *кріпильні, ходові* і *спеціальні*. Кріпильні різі забезпечують відносну нерухомість деталі. Ходова різь - для переміщення одної деталі відносно іншої. До стандартних різей належать різі, що не передбачені стандартом.

Залежно від направлення гвинтової лінії розрізняють різі *праві* і *ліві*. Якщо різь права, то загвинчування здійснюється за годин-

никовою стрілкою, при лівій - проти годинникової стрілки. Ліва різь використовується значно рідше.

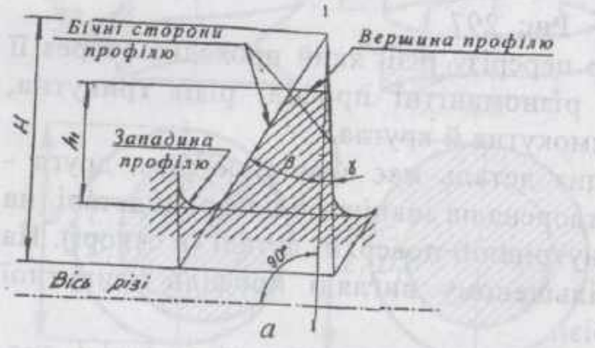
Ходові різі бувають *одно-* і *багатозаходовими*. В останньому випадку на поверхні гвинта або в отворі гайки одночасно прорізається декілька гвинтових канавок.

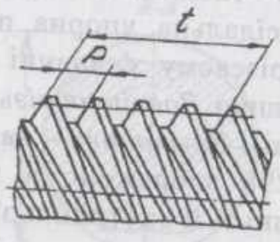


$H = 0{,}86603P$
$h = 0{,}54125P$
$r = H/6\ 0{,}144P$

Рис. 298

19.3. Основні параметри різі





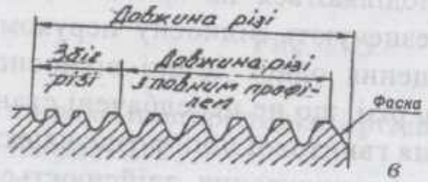


Рис. 299

На рис. 298 в осьовому, поздовжньому перерізі зображено профіль трикутної різі, а на рис. 299, *а* - упорної різі.

Розглянемо основні параметри профілю різі:

* *Зовнішній діаметр різі d* - діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різі або западин внутрішньої; d - номінальний діаметр різі.

* *Внутрішній діаметр різі* d_1 - діаметр уявного циліндра, вписаного в западини зовнішньої різі або у вершини внутрішньої різі.

* *Середній діаметр різі* d_2 - умовна величина ділить профіль різі пополам.

* *Крок різі P* - відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю, виміряна паралельно осі циліндра.

* *Хід різі t* - відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю однієї і тієї ж гвинтової поверхні, виміряна паралельно осі циліндра. Хід різі - це величина відносного осьового переміщення гвинта чи гайки за один повний оберт. Для однозахідної різі t=P, а для багатозахідної $t=nP$, де n - кількість заходів.

* *Кут профілю різі б* - кут між бічними сторонами профілю.

* *Висота вихідного (теоретичного) профілю H* - висота гострокутного профілю, утворена продовженням бічних сторін до взаємного їх перетину.

* *Висота профілю* H_2 - відстань між вершиною й западиною з'єднання в напрямку, перпендикулярному до осі різі.

* *Робоча висота профілю* H_1 - висота дотикання сторін профілю зовнішньої та внутрішньої різі у напрямку, перпендикулярному до осі різі.

* *Збіг різі* l_1 *(рис. 299, в)* - ділянка неповного профілю в зоні переходу від різі до гладенької частини деталі.

* *Кут підйому різі* - $tg\Psi = t/pd = nP/pd_2$.

19.4. Характеристика стандартної різі загального призначення (табл. 12)

Кріпильні різі. *Метрична різь* (рис. 298) є основним типом кріпильної різі. Діаметри й кроки встановлює ГОСТ 24705-81 (дод. 2). В основі профілю лежить рівнобічний трикутник (кут профілю - 60°) із зрізаними вершинами на величину *H/8*, а западини притуплені або

заокруглені на відстані *H/6* від теоретичного профілю трикутника. Метричну різь виконують із великим і дрібним кроком для діаметрів 1 - 68 мм і тільки з дрібним для діаметрів 70 - 600 мм. Різь з дрібним кроком застосовують у тонкостінних деталях з метою збільшення герметичності з'єднань, для здійснення регулювання в приладах і апаратах, при динамічному навантаженні деталей тощо. Метрична різь із великим діаметром може бути багатозаходною.

Дюймова різь (ОСТ НКТП 1260). В основі профілю лежить рівнобічний трикутник із кутом при вершині 55°, який має плоскі зрізи по виступах і западинах різі. Дюймова різь має обмежене використання. При проектуванні нових машин цю різь використовувати не рекомендується, а при виготовлені запасних частин до імпортних машин доводиться її використовувати. Номінальний діаметр цієї різі виражається в дюймах. Дюйм (1") - англійська міра довжини, що дорівнює 25,4 мм. Якщо номінальний діаметр такої різі має не ціле число дюймів, то для її виразу використовують прості дроби, наприклад, 3/4", 1 1/4", 1 1/2" тощо.

Едісона кругла різь (ГОСТ 6042-83). Профіль різі складається з дуг, що спряжені короткими прямими лініями. Кут профілю 30°. Круглі різі використовуються в електротехніці, зокрема, для цоколів електроламп.

Кріпильно-ущільнювальні різі. *Трубна циліндрична* (ГОСТ 6357-81). В основі профілю лежить рівнобічний трикутник із кутом при вершині 55°, який має заокруглення по виступах і западинах гвинта й гайки. Крок цієї різі дрібніший, ніж у дюймової (при тому ж номінальному діаметрі). Різь ця виконується без зазора, що робить її достатньо щільною. Слід відмітити, що одному дюйму (25,4 мм) дорівнює не зовнішній діаметр різі, а діаметр отвору труби, і тому позначення різі виноситься на поличку, щоб його не відносили до зовнішнього діаметра. Розмір зовнішнього діаметра різі дорівнює сумі діаметра отвору і товщині стінок труби. Так трубна різь із номінальним розміром 1" має зовнішній діаметр різі 33,249 мм, а величина умовного проходу труби - 25 мм. Стандарт охоплює трубні різі з діаметром 1/8 - 6". Застосовується на водо- і газопровідних трубах, деталях для їх з'єднання (муфти, хрестовини тощо).

Трубна конічна різь (ГОСТ 6211-81). Різь має такий же профіль, що й трубна циліндрична, але наноситься на конічній поверхні на стержні або в отворі (конусність 1:16). Застосовується у з'єднаннях труб при великих значеннях тиску й температури, коли потрібна підвищена герметичність з'єднання.

Конічна дюймова різь (ГОСТ 6111-52). Має в основі рівнобічний трикутник із кутом профілю 60°. Наноситься на конічній поверхні гвинта або отвору (конусність 1:16). Використовується в різевих з'єднаннях паливних, масляних, водяних і повітряних трубопроводах машин і верстатів для отримання міцних з'єднань, що працюють при невисокому тиску.

Ходові різі. Трапецеїдальна (ГОСТ 24738-81 - однозаходова; ГОСТ 24739-81 - багатозаходова). В основі профілю лежить рівнобічна трапеція з кутом при вершині 30°. Різь виконується за розмірами, що передбачено стандартом із діаметром 10 - 640 мм. Має два ряди діаметрів, із яких перевага віддається першому ряду. Для діаметрів від 10 до 20 мм передбачено по два кроки, а для більших діаметрів - 3 кроки (великий, середній і дрібний). Так, різь діаметром 60 мм має кроки 12, 8 і 3 мм. Застосовується для перетворення руху в ходових гвинтах верстатів, супортів, штурвальних гвинтах тощо.

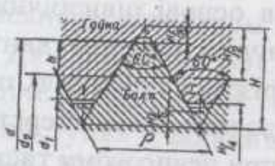
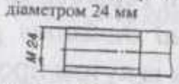
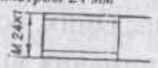
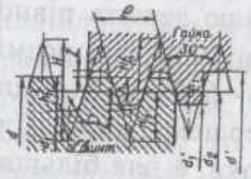
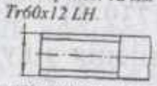
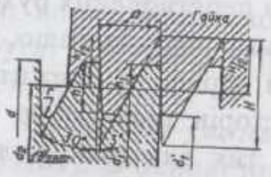
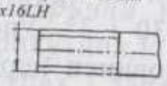
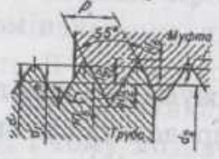
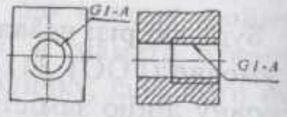
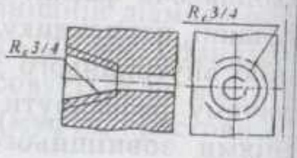
Упорна різь (ГОСТ 10177-82). В основі профілю лежить нерівнобічна трапеція з кутами нахилу бічних сторін трапеції до її висоти 30 і 3°. Упорна різь використовується в тих випадках, коли гвинт повинен передавати зусилля в одному напрямі, наприклад, у домкратах, лещатах тощо. Западини зовнішньої різі заокруглені.

19.5. Умовне зображення різі

Будь-які різі незалежно від їхнього типу зображують на кресленні умовно (ГОСТ 311-68). Умовність у тому, що проводять суцільну основну лінію замість виступів різі і тонку суцільну лінію замість западин (рис. 300, *а*), що проводять на всю довжину різі без збігу, захоплюючи фаски. Ця лінія повинна перетинати межу фаски. На площині, перпендикулярній до осі різевого стержня, суцільну тонку лінію внутрішнього діаметра різі проводять на 3/4 довжини кола, причому розімкнути її можна в будь-якому місці. Відстані між лініями зовнішнього та внутрішнього діаметрів різі на всіх проекціях виконують не менше ніж 0,8 мм і не більше від кроку різі.

Таблиця 12

Стандартні різі загального призначення

Профіль різі	Основні залежності	Стандарти на основні розміри	Приклади позначення на кресленні
Метрична 	$H=0{,}86603\ P$ $h=0{,}54125\ P$ $r=\frac{H}{6}=0.144P$ $d_2=d-\frac{3}{4}H$ $d_1=d-2h$	ГОСТ 8724-81	Різь із великим кроком діаметром 24 мм  Різь із дрібним кроком 1 мм діаметром 24 мм 
Трапецеїдальна 	$H=1{,}866\ P$ $H_1=0.5\ H+Z$ $H=0.5\ H$ $d_2=d-0.5P$ $d_1=d-2h_1$ $d'=d+2Z$ $d_1'=d-5$	ГОСТ 24738-81 (однозаходова) ГОСТ 24739-81 (багатозаходова)	Різь однозаходова ліва діаметром 60 мм з кроком 12 мм *Tr60x12 LH*  Різь тризаходова права діаметром 60 мм з кроком 12 мм *Tr60x36(P12)*
Упорна 	$H=1{,}5878\ P$ $h_1=0.86777\ P$ $r=0.12427\ P$ $h=0.75\ P$ $d_2=d-2h$ $d_1=d-2h_1$	ГОСТ 10177-82	Різь двозаходова права діаметром 80 мм із кроком 16 мм *S80x32(P16)* Різь однозаходова ліва діаметром 80 мм з кроком 16 мм *S80x16LH* 
Трубна циліндрична 	$H=0{,}960491\ P$ $H=0{,}640327\ P$ $R=0.137329\ P$ $d_2=d-\frac{2}{3}H$ $d_1=d-2h$	ГОСТ6357-81	Різь трубна, клас точності А для труби з внутрішнім діаметром ≈ 1", тобто умовний прохід труби D_y=25 мм 
Трубна конічна	$H=0{,}96024\ P$ $H=0{,}64033\ P$ $r=0.13728\ P$ $\varphi=1^0\ 47'\ 24''$ *Конусність* $2\ tg\varphi=1:16$ $d_2=d-\frac{2}{3}H$ $d_1=d-2h$	ГОСТ6211-81	Трубна конічна різь 3/4" (внутрішня) 

В отворі різь на розрізах і перерізах уздовж осі зображують суцільними основними лініями по внутрішньому діаметру і суцільними тонкими - по зовнішньому, причому тонку лінію проводять на всю довжину різі без збігу (рис. 300, *б*). При зображенні на площині, перпендикулярній до осі отвору, суцільною тонкою проводять 3/4 довжини дуги кола, розриваючи її у будь-якому місці.

Невидиму різь в отворі зображують штриховими лініями як по зовнішньому, так і по внутрішньому діаметру (рис. 300, *д*).

Межу різі зображують суцільною основною лінією. Проводячи її до лінії зовнішнього діаметра різі (рис. 300, *а, б*), або штрихової лінії, якщо різь зображена як невидима (рис. 300, *д*). Збіг різі зображують у разі потреби тонкою суцільною похилою лінією (рис. 301, *б-г, е*).

Штриховку в розрізах і перерізах на стержні і на отворах слід доводити до суцільної основної лінії (рис. 300, *б, г, е, є*).

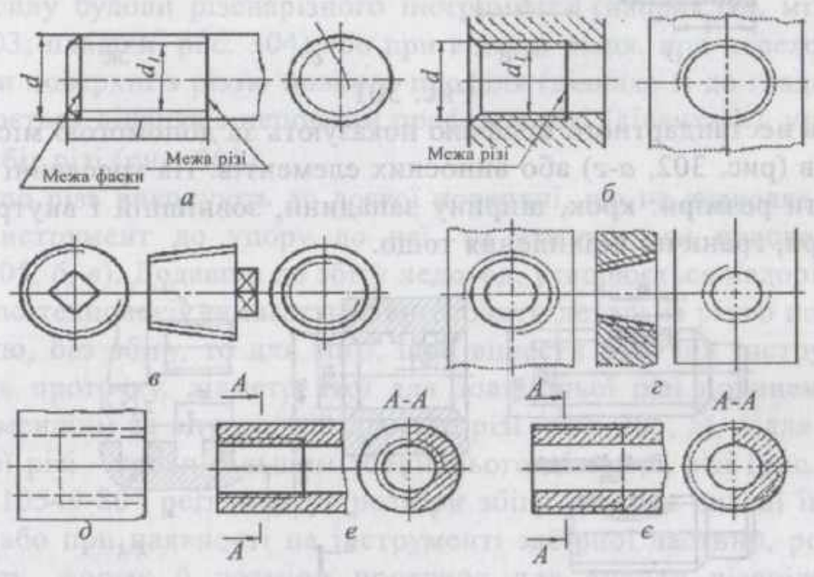


Рис.300

Фаску, що не має спеціального конструктивного призначення, на стержні або в отворі не слід показувати на тому вигляді, де зовнішній і внутрішній діаметри зображені колами (рис. 300, *а, б*).

Довжину *l* різі на стержні або в отворі, як правило, показують без збігу (рис. 301, *а, г, д*). У разі потреби довжину L різі показують

разом із збігом (рис. 301, *д, е*) або окремо величину збігу l_1 (рис. 301, *ж*). На кресленнях, за якими нарізають різь у глухому отворі, треба показувати різницю між глибиною свердління і довжиною різі (рис. 301, *д*). На інших кресленнях нарізаний глухий отвір допускається зображати так, як показано на рис. 301, *є, ж,* і при наявності різниці між глибиною свердління та довжиною різі.

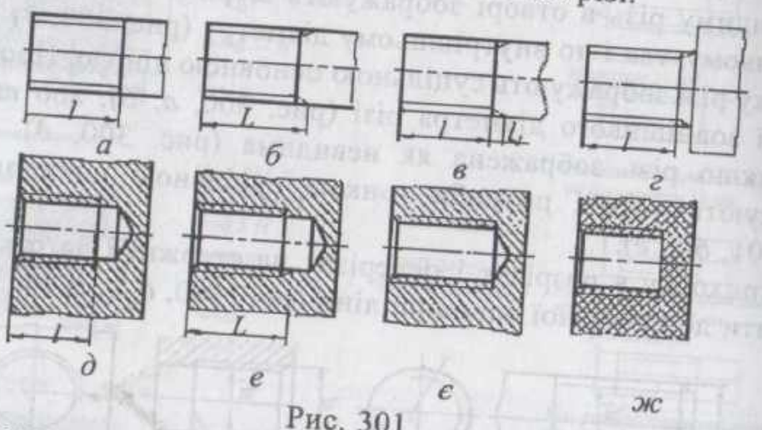


Рис. 301

Різь нестандартного профілю показують за допомогою місцевих розрізів (рис. 302, *а-г*) або виносних елементів. На кресленні треба показати розміри: крок, ширину западини, зовнішній і внутрішній діаметри, граничні відхилення тощо.

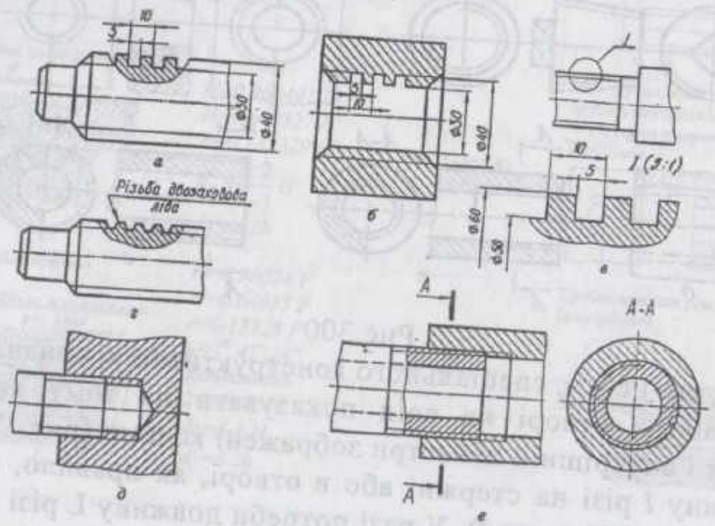


Рис. 302

Конічну різь в отворі (рис. 300, *в, г*) зображають двома концентричними колами, які обводять суцільними основними лініями, і дугою, яку проводять суцільною тонкою лінією на 3/4 кола. Концентричні кола відповідають найбільшому й найменшому діаметрам різі, а дуга - найбільшому зовнішньому діаметру різі.

При зображенні різевого з'єднання на площині, паралельній до його осі, в отворі показують тільки ту частину різі, яка не закрита різзю стержня (рис. 302, *д, е*).

19.6. Технологічні елементи різі

Різь виготовляють ріжучим інструментом з видаленням шару матеріалу, накаткою - видаленням гвинтових виступів, литтям, пресуванням, штампуванням залежно від матеріалу (метал, пластмаса, скло тощо) та інших умов.

У силу будови різенарізного інструмента (наприклад, мітчика, рис. 303; плашки, рис. 304) або при відводі різця, при переході від ділянки поверхні з різзю повного профіля (ділянка l) до гладенької утворюється ділянка з неповним профілем різі (ділянка l_1), утворюється збіг різі (рис. 305).

Якщо різь виконують до деякої поверхні, що не дозволяє доводити інструмент до упору до неї, то утворюється недовод різі (рис. 305, *б, в*). Додавши до збігу недовод, утворюється недоріз різі. Якщо по технології вимагається виготовити деталь із різзю повного профілю, без збігу, то для того, щоб вивести ріжучий інструмент, роблять проточку, діаметр якої для зовнішньої різі повинен бути трохи меншим за внутрішній діаметр різі (рис. 305, *г*), а для внутрішньої різі - трохи більшим зовнішнього діаметра різі (рис. 306). ГОСТ 10549-80* регламентує розміри збігу різі при виході інструмента або при наявності на інструменті забірної частини, розміри недорізу, форму й розміри проточок для виходу різеріжучого інструмента, розміри фасок для різі: метричної, трубної циліндричної, трубної конічної, конічної дюймової з кутом профілю 60° і трапецеїдальної.

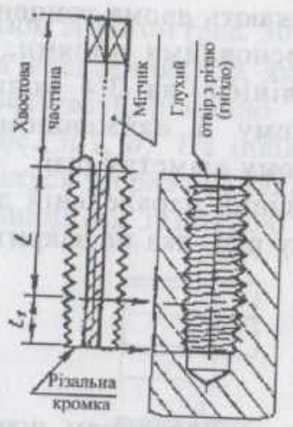


Рис. 303

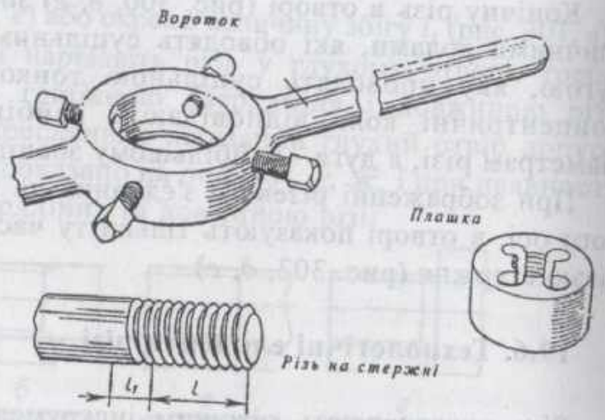
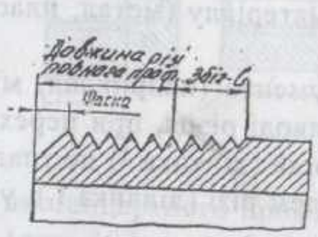
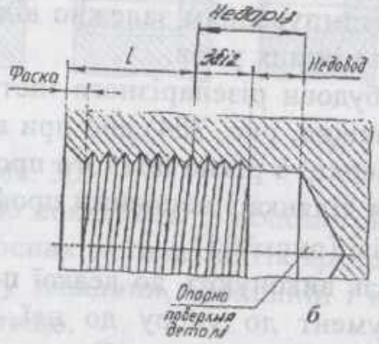


Рис. 304





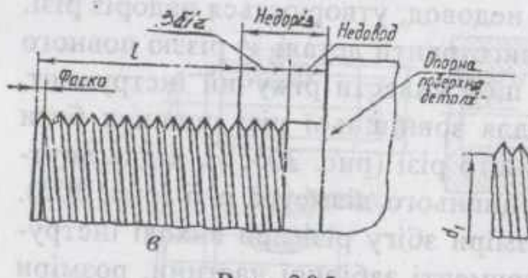


Рис. 305

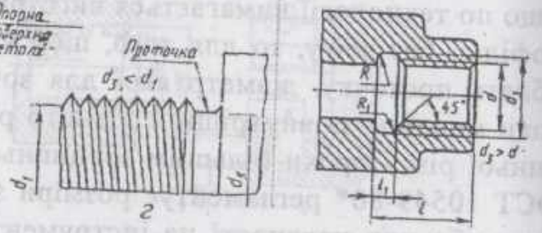


Рис. 306

Проте треба звернути увагу на те, що розміри цих самих елементів кріпильних виробів з метричною різзю по ГОСТ 8724-81 встановлює ГОСТ 27148-86, введений у дію з 1 січня 1988 р. За цим ГОСТом для зовнішньої різі (дод. 2) збіг *x* може бути нормальним (2,5Р) і коротким (≈1,25Р); недоріз - нормальним (≈ 3Р), коротким (≈ 2Р) і довгим (≈4Р).

На початку різі виконують, як правило, конічну фаску, що запобігає пошкодженню крайніх витків і яка є направляючою при з'єднанні деталей з різзю (рис. 305). Фаску виконують до нарізаної різі. Розміри фасок вибирають за ГОСТ 10549-80.

19.7. Умовне позначенні різі

Умовне зображення різі в основному не дає можливості судити по кресленню про тип різі. Тому умовне зображення повинно бути доповнено умовним позначенням різі. В умовні позначення для різних різей входять різноманітні дані: тип різі, номінальний діаметр, позначення поля допусків, направлення різі тощо, за загальною схемою, показаною на рис. 307.

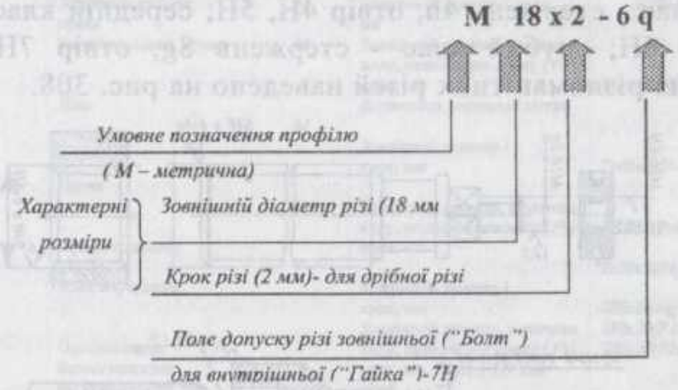


Рис. 307

Як видно з табл. 13, на метричної різі з великим кроком у позначенні не зазначають величину кроку. Це пояснюється тим, що при одному й тому ж діаметрі для різі з великим кроком він є єдиним. Для різі з дрібним кроком стандартом передбачено декілька різноманітних величин кроку і тому необхідно зазначати, який саме вибрати.

Розміри трубних і конічної різі, що зазначаємо, є умовними. У більшості вони належать до внутрішніх діаметрів труб (до умовного проходу), а не до зовнішнього діаметра різі. Наприклад, якщо в позначенні трубної циліндричної різі стоїть цифра 2 (2 дюйма, слово дюйм в позначенні різі не ставиться), то зовнішній діаметр

різі згідно з стандартом буде дорівнювати 59,616 мм при внутрішньому діаметрі труби приблизно 50 мм.

Згідно з ГОСТ 16093-81 точність метричної різі позначають полем допуску, де цифра вказує ступінь точності, а літера - основне відхилення, наприклад, для різі на стержні - 4h, 6g, 8g, а в отворі - 6H, 7H.

Для різі на стержні класам відповідають такі позначення поля допуску (ліпші): 1-й клас (точний) - 4h; 2-й і 2а класи (середній) - 6g; 3-й клас (грубий) - 8g.

Для різі в отворі класам відповідають такі позначення поля допуску (ліпші):1-й клас - 4H, 5H; 2-й і 2а класи - 6H; 3-й клас - 7H.

Деталі, що згвинчуються, як правило, повинні мати однакову точність різі. Сполучають зазвичай різі з такими полями допусків: точний клас - стержень 4h, отвір 4H, 5H; середній клас - стержень 6g, отвір 6H; грубий клас - стержень 8g, отвір 7H. Приклади позначення різноманітних різей наведено на рис. 308.

Рис. 308

У позначення різей не включають найбільш розповсюджені дані: праве направлення підйому витка й однозаходовість. Наприклад, *Tr 80x10* - 6e треба розуміти так: різь трапецеїдальна, номінальний діаметр 80 мм, крок 120 мм, поле допуску - 6e, однозаходова права.

В умовному позначенні багатозаходової різі спочатку пишуть позначення типу різі, її зовнішній діаметр, через знак множення величину ходу в міліметрах, потім в дужках зазначають позначення

кроку великою латинською літерою P і величину кроку в міліметрах, наприклад, S80x20(P10), де S - позначення різі упорної, 80 - номінальний діаметр в міліметрах, 20 - хід у міліметрах; P - позначення кроку, 10 - величина кроку в міліметрах.

Для позначення лівої різі додають літери "LH", наприклад, S80x20(P10)LH.

Таблиця 13

Умовне позначення різі

Тип різі та номер стандарту	Характеристика	Умовне позначення	Розміри, що позначають на кресленні	Приклади позначення
Метрична ГОСТ 8724-81	З великим кроком, права	*M*	Зовнішній діаметр, мм	*M12-6g* (зовнішня) *M12-6H* (внутрішня)
	З дрібним кроком, права	*M*	Зовнішній діаметр і крок, мм	*M12x1-6g* *M12x1-6H*
	Багатозаходова, права	*M*	Зовнішній діаметр, величина ходу, позначення кроку (*P*) і крок, мм	*M20x3(P1)-6g*
	Ліва	*M*	Додаються латинські літери LH	*M20x3(P1)LH-6g*
Трапецеїдальна однозаходова ГОСТ24738-81	Права	*Tr*	Зовнішній діаметр і крок, мм	*Tr40x6LH-8e*
	Права, зовнішня	*Tr*	Зовнішній діаметр, величина ходу, позначення кроку (*P*) і крок, мм	*Tr20x8(P4)-8e*
Трапецеїдальна багатозаходова ГОСТ24739-81	Ліва, внутрішня	*Tr*	Зовнішній діаметр і крок, мм	*Tr20x8(P4)LH-8H*
Упорна ГОСТ10177-82	Однозаходова багатозаходова багатозаходова, ліва	*S*	Зовнішній діаметр, величина ходу, позначення кроку (*P*) і крок, мм. Літери *LH* для лівої	*S80x16-6g* *S80x20(P10)-8H* *S80x20(P10)LH-8H*
Трубна циліндрична ГОСТ6357-81	Права, зовнішня	*G*	Умовне позначення різі, дюйми (без позначки ") і клас точності середнього діаметра	*G1S -A* (клас точний) *G1S -B* (клас середній) *G1S LH-B*
	Ліва		Умовне позначення різі, дюйми (без позначки ")	*Rs* ; *Rs LH*
	Зовнішня			*R_1s* ; *R_1s LH* *R_2s*
Трубна конічна ГОСТ6211-81	Внутрішня	*R*		*E27 ГОСТ6042-83* *E27/N ГОСТ6042-83*
	Внутрішня циліндрична	*R_c* *R_p*		
Едісона кругла ГОСТ6042-83	Для металевих елементів Для неметалевих елементів	*E*		

Спеціальні різі є двох видів. До першого виду належать різі, що мають стандартний профіль, але діаметр і крок відмінні від установленого стандартом. У цьому випадку перед позначенням типу різі пишуть скорочено *Сп*, що значить "спеціальна". Після позначки *Сп* позначають профіль різі (*М* - для метричної, *Tr* - для трапецеїдальної тощо), потім проставляють зовнішній діаметр і крок. Наприклад, метрична різь з дрібним кроком і зовнішнім діаметром 60 мм за стандартом повинна мати крок 3 мм, а треба виготовити різь цього ж самого діаметра, але з кроком 2,5 мм. Така різь рахується спеціальною і позначають її *СпМ60х2,5*. Граничні відхилення в цьому випадку зазначають числовими величинами.

До другого виду належать різі, що відрізняються від стандартних також і профілем. У такому випадку показують профіль різі на виносному елементі, де наносять розміри різі, і, при необхідності, виконують напис, що її характеризує.

19.8. Зображення і позначення нарізних деталей (болтів, гвинтів, шпильок, гайок)

Металеві деталі часто з'єднують за допомогою стандартних кріпильних деталей з різзю.

Вироби, за допомогою яких виробляються з'єднання деталей у машинах і механізмах, називаються кріпильними.

Ці деталі поділяються на деталі загального призначення та спеціальні.

Нижче розглядатимемо деталі тільки загального призначення. Болти, гвинти, шпильки й гайки виготовляють зі сталі і кольорових сплавів. Для характеристики механічних властивостей стальних болтів, гвинтів, шпильок та шурупів (при нормальній температурі) встановлено 12 класів міцності: 3,6; 4,6; 4,8; 5,6; 5,8; 6,6; 6,8; 6,9; 8,8; 10,9; 12,9 та 14,9. Перше число помножене на 100 (10), визначає відношення межі текучості до тимчасового опору у відсотках, добуток чисел визначає межу текучості. У позначеннях кому між цифрами не ставлять, а пишуть 36, 46 і т.д.

Для гайок установлено сім класів міцності: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14. Помноживши ці числа на 100 (10), дістають напруження від випробувального навантаження в мегапаскалях.

Залежно від умов експлуатації кріпильні деталі випускають з покриттям, яке має цифрове або літерне позначення. У позначення кріпильної деталі включається цифрове позначення покриття (якщо воно є).

Болт - це деталь, що складається з циліндричного стержня з різзю й головкою. Болти розрізняються за формою і розмірами головок, формою стержня, кроком різі, характером виконання й точністю виготовлення. Головка болта за звичай виконується з фаскою. Як відомо, що при перетині призми з конусом утворюється гіпербола, але для спрощення їх заміняють дугами кола. Для того, щоб виконати креслення болта, треба знати його розміри - діаметр d, довжину *l* - і номер стандарту.

Послідовність побудови болта показано на рис. 309, *а-в*. Проводиться вісь симетрії головного вигляду, на ній відкладають висоту головки *H* і задану довжину стержня *l* (рис. 309). З центра О" (вигляд зліва) проводять допоміжне коло *D*, яке ділять на шість частин, починаючи з вертикальної осі, і з'єднуємо точки поділу. Вершини шестикутника є проекціями ребер шестигранної головки болта. За ними будують проекцію ребер на головному вигляді.

Будують зображення стержня діаметром *d* на головному вигляді.

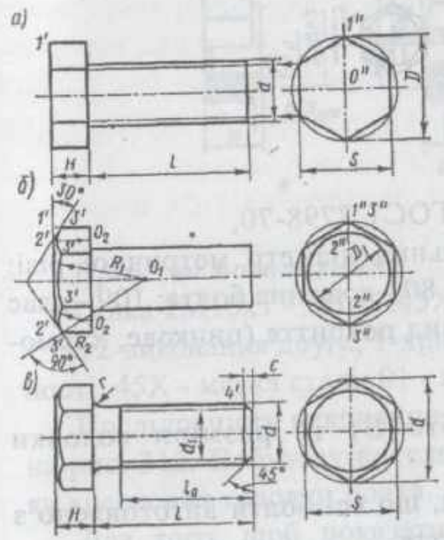


Рис. 309

Виконують фаски на головці болта (рис. 309, *б*). Для цього з центру О" проведемо коло D_1=(0,9…0,95)S до перетину з вертикальною віссю в точках 2".

Знаходять проекції точок 2" на головному вигляді і від них проводять лінії (під кутом 30° до вертикалі) до перетину з ребрами шестигранника в точках 3'. Дуги будують приблизно: в точки 3' під кутом 90° до лінії 2'3' проводять лінію, що перетинає вісь в точці O_1 і середину нижньої грані в точці O_2. Ці точки будуть центрами для дуг радіусів R_1 і R_2, що замінюють гіперболу. Дуги з'єднують точки 3', 3' і трошки (0,5 … 1 мм) не доходять до торцевої грані.

Зображується різь (рис. 309, *в*), визначається довжина нарізаної частини l0 за таблицею (дод. 9).

Довжину різевої частини відкладають від правого торця стержня. Фаску на кінці різі болта виконують під кутом 45°. Висоту фаски *с* беруть приблизно 0,15d. Висоту фаски відкладають вліво від торця і з утворених точок 4' під кутом 45° проводять лінії 4'5'.

Внутрішній діаметр різі беруть з таблиці (дод. 8).

Перехід від стержня болта до головки заокруглюють радіусом r.

Болти з шестигранними головками виготовляють трьох виконань: 1 виконання - без отвору під шплінт (рис. 310, *а*); 2 виконання - з отвором під шплінт у циліндричному стержні (рис. 310, *б*); 3 виконання - з отворами в голівці для стопоріння болта дротом, який протягають крізь них (рис. 310, *в*).

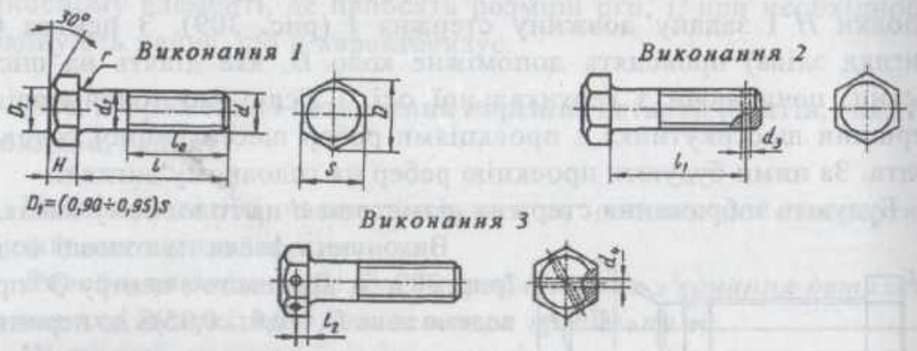


Рис. 310

Приклад умовного позначення

Болт 3М16х 2-6gх80.109.40Х.01.6 ГОСТ 7798-70,

де 3 - виконання 3; 16 - номінальний діаметр метричної різі; 2 - дрібний крок різі; 6g - поле допуску; 80 - довжина болта; 109 - клас міцності 10.9; 10Х - марка сталі; 01 - вид покриття (цинкове, хромоване); 6 - товщина покриття, мкм.

Клас точності (нормальний, тобто В) та розміри головки (нормальна) не зазначають.

У навчальних цілях можна вважати, що всі болти виготовлено з матеріалу класу міцності 5.8 без покриття.

Гайка - це деталь шестигранної, круглої або квадратної форми з різевим отвором.

Розрізняють гайки за формою і розмірами поверхні, кроком різі, характером виконання й точністю виготовлення. Залежно від призначення та умов експлуатації гайки бувають шестигранні, шестигранні прорізні, корончасті тощо (рис. 311, *а-д*). Найширше застосовують шестигранні гайки (ГОСТ 5915-70 і ГОСТ 5927-70), що випускають в одному, двох і трьох виконаннях (рис. 311), підвищеної, нормальної та грубої точності (класи А,В,С); нормальної висоти, низькі, високі, особливо високі; з нормальним або зменшеним розміром "під ключ"; з великим або дрібним кроком.

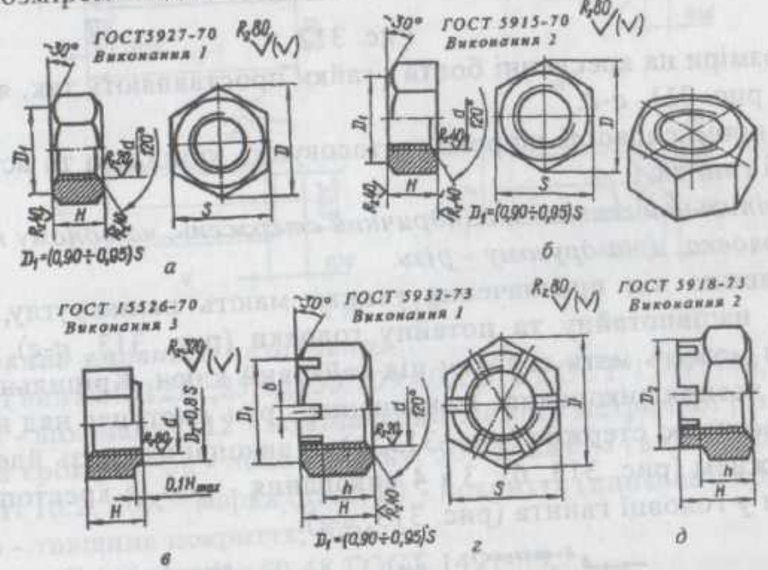


Рис. 311

Приклад позначення

Гайка 2М10х1 - 6Н.12.45Х.01.4 ГОСТ 5915-70,

де 2-виконання друге; 1-дрібний крок; 6Н-поле допуску; 12-клас міцності; 45Х - марка сталі; 01 - вид покриття; 4 - товщина покриття, мкм.

Послідовність виконання креслення шестигранної гайки показано на рис. 312. Побудову креслення шестигранної гайки виконують так, як креслення головки болта.

Для того, щоб показати різевий отвір, на кресленні виконано умовне зображення - половина головного вигляду, поєднаного з половиною фронтального розрізу.

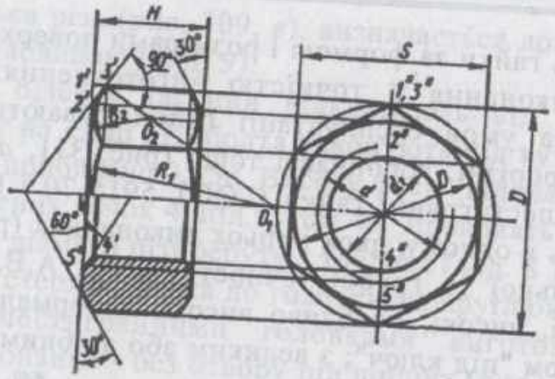


Рис. 312

Розміри на кресленні болта і гайки проставляють так, як показано на рис. 311, *а-д*.

У промисловості широко застосовують кріпильні та встановлювальні гвинти.

Кріпильний гвинт - циліндричний стержень, на одному кінці якого є головка, а на другому - різь.

Залежно від призначення гвинти мають напівкруглу, циліндричну, напівпотайну та потайну головки (рис. 313, *а-г*), а також гвинти можуть мати головку під гайковий ключ. Кріпильні гвинти мають чотири виконання: 1 виконання - різь виступає над ненарізаною частиною стержня (рис. 313, *а*); 2 виконання - різь йде нарівні із стержнем (рис. 313, *б*); 3 і 4 виконання - різь із хрестоподібним шліцом у головці гвинта (рис. 313, *в-г*).

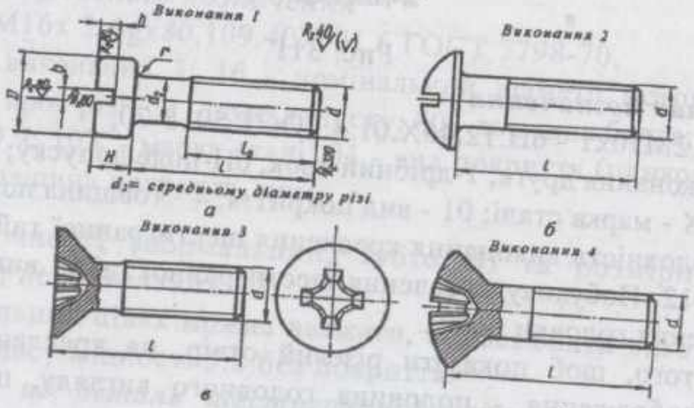


Рис. 313

Установлювальні гвинти нарізають на всю довжину стержня. Вони мають натискний кінець, який заходить у відповідне заглиблення на деталі. Ці гвинти використовують для фіксування однієї деталі відносно другої. Форму натискного кінця показано на рис. 314, *а-г* (плоска, конічна, циліндрична й насвердлена).

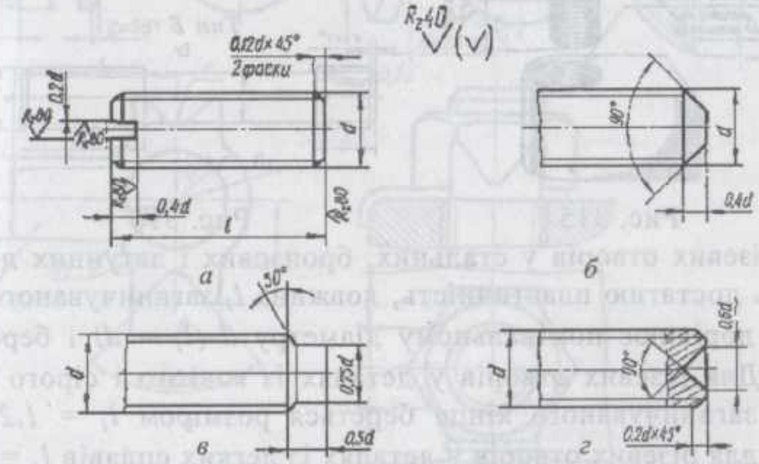


Рис. 314

Приклад умовного позначення

Гвинт 3М12х1,25.6gх50.109.40Х.016 ГОСТ 17473-80,

де 3 - виконання; 12 - номінальний діаметр метричної різі; 1,25 - дрібний крок різі; 6g - поле допуску; 50 - довжина гвинта; 109 - клас міцності 10.9; 40Х - марка сталі; 01 - покриття (цинкове з хромуванням); 6 - товщина покриття, мкм.

Гвинт А2.М6х1 - 6gх50.48 ГОСТ 1491-80,

де А - клас точності; 2 - виконання; 6 - номінальний діаметр метричної різі; 1 - дрібний крок різі; 6g - поле допуску; 50 - довжина гвинта; 48 - клас міцності 4.8.

Шпилька - це кріпильна циліндрична деталь з різзю на обох кінцях.

Шпильки використовують для скріплення деталей, що мають велику товщину в місці з'єднання. На шпильці різь нарізається на обох кінцях (ГОСТ 22032-76*... ГОСТ 22043-76*); різь на одному кінці шпильки потрібна для загвинчування шпильки в глухий отвір з різзю в більш масивній деталі, що з'єднується, а на другому кінці - для нагвинчування гайки (рис. 315).

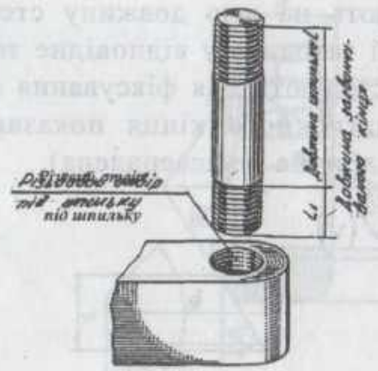


Рис. 315

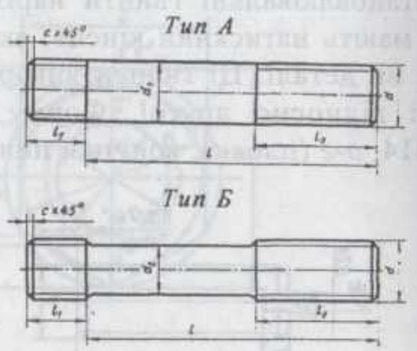


Рис. 316

Для різевих отворів у стальних, бронзових і латунних деталях, що мають достатню пластичність, довжина l_1 загвинчуваного кінця шпильки дорівнює номінальному діаметру d ($l_1 = d$) і береться з таблиць. Для різевих отворів у деталях із ковкого і сірого чавуна довжина загвинчуваного кінця береться розміром $l_1 = 1{,}25d$ або $l_1 = 1{,}6d$, для різевих отворів у деталях із легких сплавів $l_1 = 2{,}5d$.

Приклад умовного позначення

Шпилька 2М16 х 1,5-6gх100.109.40Х.015 ГОСТ 22032-76,

де 2 - друге виконання, решта позначень така сама, як у болтів і гвинтів.

Випускають шпильки класів точності А і В діаметром різі 2... 48 мм і завдовжки 10...300 мм.

У різевих з'єднаннях широко застосовують різноманітні ***шайби, які не мають різі й призначені для запобігання пошкодженню поверхні деталі від гайки при її затягуванні, а також для збільшення опорної площі гайки, головки болта чи гвинта, для запобігання самовідгвинчуванню гайок тощо.***

Розрізняють шайби: круглі (двох виконань - збільшені, зменшені); пружинні (чотирьох типів - легкі (Л), нормальні (Н), важкі (Т), особливо важкі (ОТ); стопорні багатолапчасті; стопорні з лапкою та ін. (рис. 317).

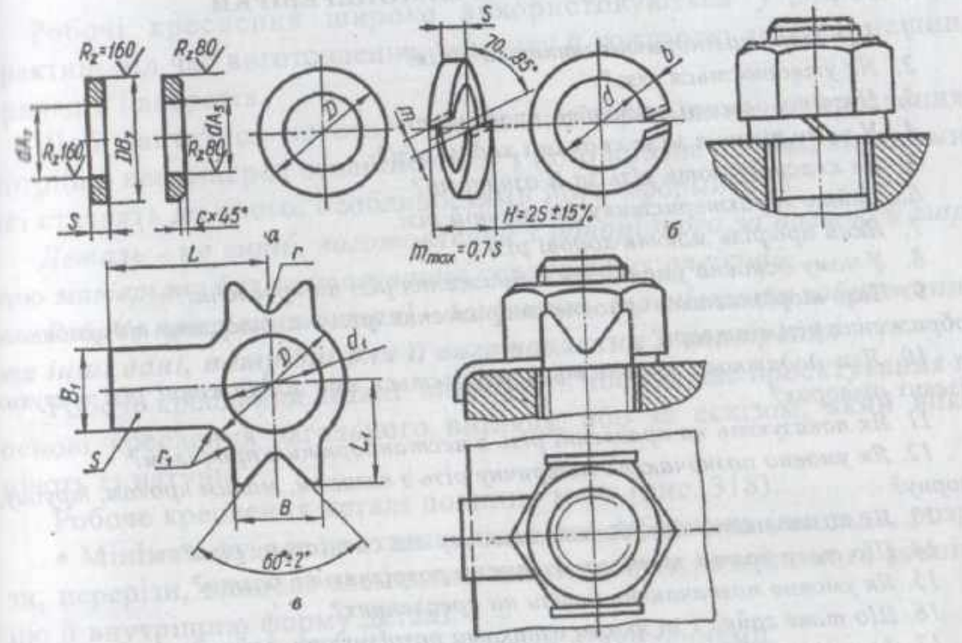


Рис. 317

Приклад умовного позначення

Шайба 2.10.01,08кп01.6 ГОСТ 11371-78,

де 2 - виконання (виконання 1 не позначають); 10 - діаметр різі кріпильної деталі (болта, шпильки); 01 - група матеріалу; 08кп - марка сталі; 01 - покриття; 6 - товщина покриття, мкм.

Шайба 10Т65Г ГОСТ 6402-70,

де 10 - діаметр різі кріпильної деталі; 65Г-марка сталі (пружинна марганцевиста); Т - шайба важкого типу (для нормальних Н не зазначають); без покриття.

Слід зазначити, що діаметр отвору шайби завжди більший від діаметра різі, але в позначенні завжди вказують діаметр різі.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке циліндрична гвинтова лінія?
2. Як утворюється різь?
3. Назвіть основні елементи профілю різі.
4. У чому різниця між кроком і ходом різі?
5. Як класифікують різь за її ознаками?
6. Дайте характеристику метричній різі.
7. Який профіль мають ходові різі?
8. У чому основна умовність зображення різі на кресленні?
9. Чим відрізняється умовне зображення різі на стержні від умовного зображення різі в отворі?
10. Яка додаткова умовність допускається при зображенні різі в глухих різевих отворах?
11. Як показують на кресленні різь з нестандартним профілем?
12. Як умовно позначають метричну різь з великим, малим кроком, трубну, упорну?
13. Як позначають ліву, багатозаходову та спеціальну різь?
14. Що таке болт і за якими ознаками розрізняють болти?
15. Як умовно позначають болти на кресленнях?
16. Що таке гайка і за якими ознаками розрізняють гайки?
17. За якими ознаками поділяють кріпильні гвинти?
18. У чому різниця між болтом і шпилькою?

§ 20. КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ЕСКІЗИ

20.1. Вимоги до робочих креслень деталей

До виконання сучасних робочих креслень деталі ставлять високі вимоги, дотримання яких забезпечує виконання всіх наданих функцій цій деталі, продовжує її термін роботи.

Ці вимоги викладені у вигляді зображень, умовних знаків і текстових записів на полі креслення. Зображення (вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи) повинні визначати геометричну форму деталі з вичерпною повнотою.

Способи формоутворення деталі можуть впливати на зміст вимог креслення. Тому при виготовленні робочих креслень деталей враховується технологія їх виготовлення.

Робочі креслення широко використовуються у виробничій практиці під час виготовлення, ремонту й контролю деталей машин, приладів і апаратів.

Щоб навчитися читати і правильно оформляти ці креслення, потрібно насамперед ознайомитися з його призначенням, вимогами, які ставлять до нього, особливостями його оформлення.

Деталь - це виріб, виготовлений з однорідного за назвою й маркою матеріалу без застосування складальних операцій.

Робоче креслення деталі - документ, що містить зображення та інші дані, потрібні для її виготовлення й контролю.

Робоче креслення деталі виконують або під час проектування на основі креслення загального вигляду, або за ескізом, який виконують із натури.

Робоче креслення деталі повинно мати (рис. 318):

- Мінімальну, але достатню кількість зображень (вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи), які повністю розкривають зовнішню й внутрішню форму деталі.
- Необхідні розміри з граничними відхиленнями.
- Позначення шорсткості всіх поверхонь.
- Позначення граничних відхилень форми й розташування поверхонь.
- Відомості про матеріал, термічну обробку, покриття, які деталь повинна мати перед складанням.
- Окремі вимоги до конструкції або до технології її виготовлення та ін.

Загальні вимоги до робочих креслень визначає ГОСТ 2.109-73. На кожен виріб окремо розробляється робоче креслення, що виконується на аркуші стандартного розміру. Винятком є виріб, на який виконується групове креслення. На кожному кресленні розташовують основний напис (ГОСТ 2.104-68). На навчальних кресленнях допускається виконувати спрощений основний напис.

Назва виробу в основному написі повинна відповідати прийнятій термінології, бути короткою і мати прямий порядок слів. Наприклад, *"Гайка спеціальна"*, *"Втулка сальникова"*. Деталь на кресленні зображують "готовою", такою, як вона надходить на збирання.

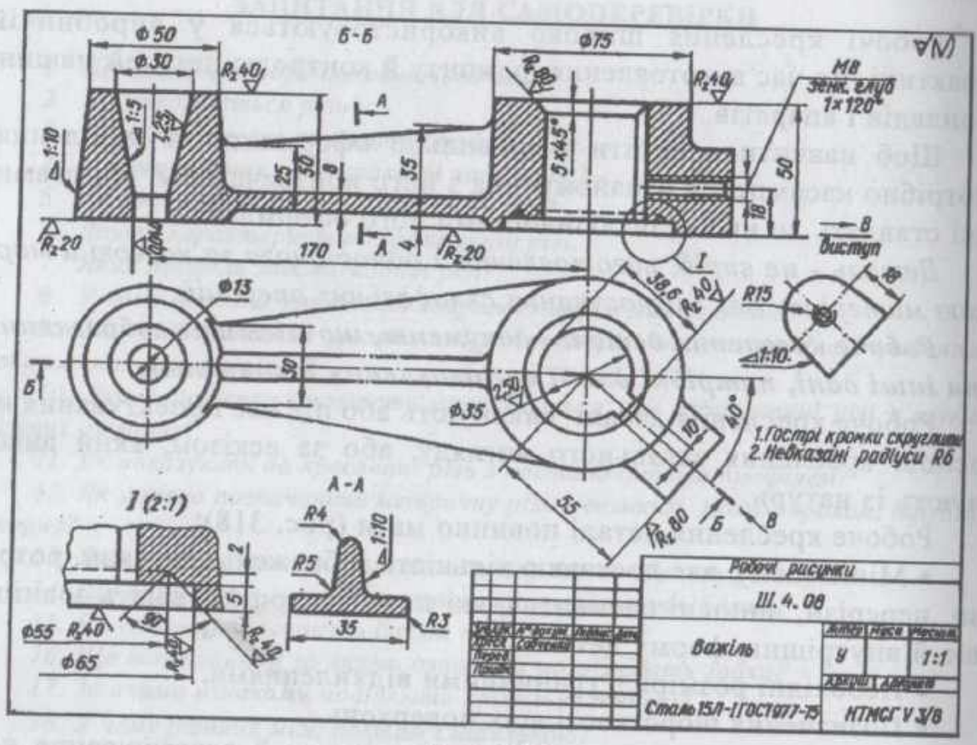


Рис. 318

Відповідно до ГОСТ 2.302-68 вибирається масштаб. При цьому формат повинен бути заповнено на 75%.

На робочому кресленні слід навести всі відомості, які характеризують якість і стан деталі, потрібні для виконання її службового призначення. Розміри деталі при цьому проставляються залежно від баз (конструкторської, технологічної, вимірювальної, складальної) граничними відхиленнями.

На робочих кресленнях основного виробництва, як правило, не допускається розташовувати технологічні вказівки. Винятком є вказівки про використання таких прийомів і способів обробки й збирання, які гарантують необхідну якість виробу. Наприклад, *притирання, спільна обробка тощо*. Різноманітні технологічні вказівки допускається розташовувати на кресленнях індивідуального виробництва, при виготовленні деталі штампуванням, витяжкою і т.п., що не дає повного уявлення про розміри, форму деталі. На кресленні додатково розташовують повну або часткову розгортку цієї деталі із зазначенням необхідних розмірів.

Деталь на робочому кресленні зображують у такому вигляді і з тими розмірами й знаками шорсткості поверхні, які вона повинна мати при збиранні.

Якщо деталь виготовляється з матеріалів, що мають конкретне направлення волокон, основи тощо, то це оговорюється на кресленні. Наприклад, направлення прокату для металів, направлення основи для тканини, направлення волокон для дерева і т.д.

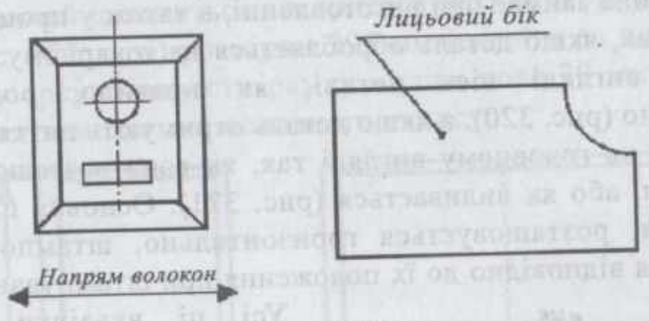


Рис. 319

Кількість зображень на робочому кресленні повинна бути мінімальною, але щоб забезпечувала повне уявлення про деталь із врахуванням установлених позначень, знаків і написів. Як правило, для більшості деталей достатньо двох виглядів. Винятком є деталі у вигляді поверхонь обертання (рис. 320), повне уявлення про форму яких досягається одним виглядом і використання спеціальних знаків та написів (знак діаметр, квадрат та ін.).

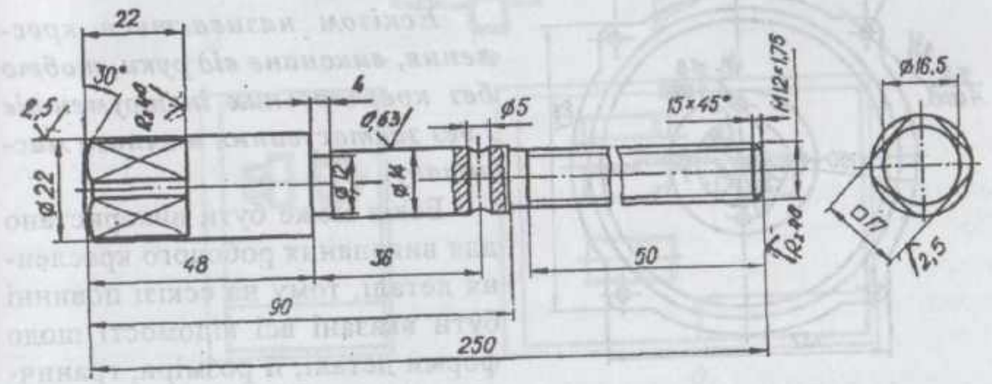


Рис. 320

У складних деталях доцільно використовувати додаткові і місцеві вигляди, перерізи та місцеві розрізи, які дають можливість обійтись меншою кількістю основних виглядів і повних розрізів.

Як уже зазначалось, зображення деталі на фронтальний площині проекцій називається *головним виглядом*. Головний вигляд повинен давати найбільш повне уявлення про форму деталі та її розміри. При виборі головного зображення деталі потрібно керуватись положенням деталі, яке вона займає при виготовленні, а також у процесі роботи в механізмі. Так, якщо деталь обробляється на токарному верстаті, на головному вигляді вісь деталі, як правило, розташовують горизонтально (рис. 320), а якщо деталь отримують литтям, її бажано зображувати на головному вигляді так, як вона розташовується під час збирання, або як виливається (рис. 321). Основна площина, що обробляється, розташовується горизонтально, штамповані деталі зображаються відповідно до їх положення при штампуванні і т.д.

Рис. 321

Усі ці вказівки необхідно виконувати в строгому дотриманні відповідних стандартів і займати на полі креслення відповідне місце.

20.2. Виконання ескіза деталі з натури

Ескізом називається креслення, виконане від руки, тобто без креслярських інструментів і без застосування точного масштабу.

Ескіз може бути використано для виконання робочого креслення деталі, тому на ескізі повинні бути вказані всі відомості щодо форми деталі, її розміри, граничні відхилення, марка матеріалу, якість поверхні тощо.

Мета роботи - розвинути окомір і навички роботи без лінійки, від руки. Ескізи доводиться часто виконувати на практиці в різноманітних умовах.

Послідовність виконання ескіза з натури:

*підготувати олівець ТМ, гостро заточити, під час роботи підточувати;

*підготувати аркуш паперу в клітинку (по аркушу для кожної деталі). Зазвичай доводиться використовувати розгорнутий аркуш із зошита (рис. 322, *а, б*) розміром 297 мм (склеїти за необхідністю). На кожному аркуші нанести рамку - зліва поле 20 мм, навколо по 5 мм, залишити місце для основного напису;

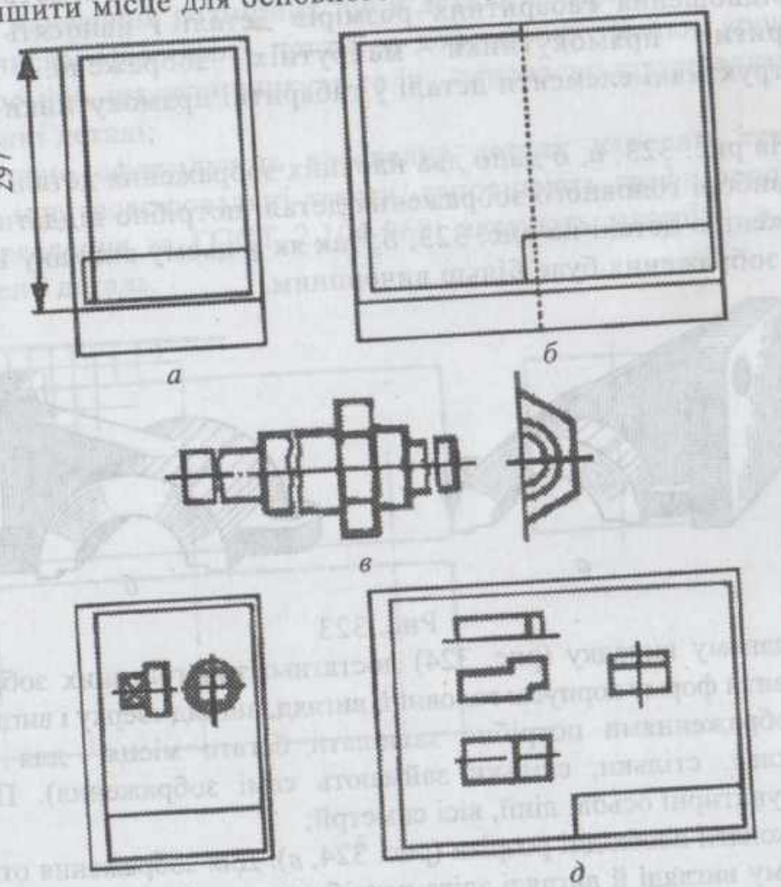


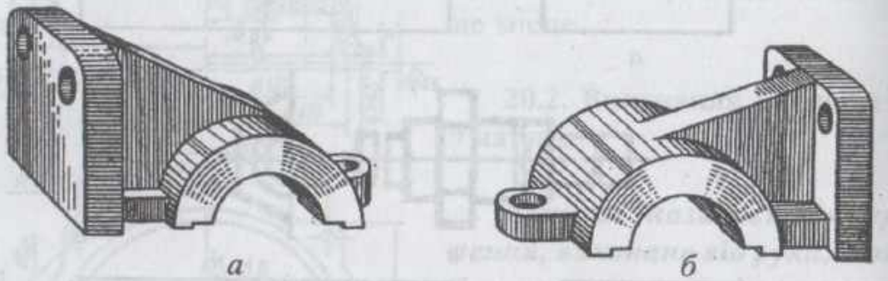
Рис. 322

*вибрати положення деталі для побудови її головного зображення. Головне зображення повинно дати якнайповніше уявлення про форму й розміри деталі (зазвичай виконують розрізи). При цьому деталі, що складаються з тіл обертання, як уже відмічалось, розташовують горизонтально, так як на токарному верстаті. При викреслюванні довгих деталей необхідно використовувати розриви деталей і половини проекцій (рис. 322, *в*).

Зменшувати кількість проекції потрібно, якщо будь-які проекції однакові (рис. 322, *г*);

* намітити габаритні обриси для майбутніх зображень (рис. 324, *а*). При виконанні зображень порівнюють "на око" співвідношення габаритних розмірів деталі і наносять на ескізі габаритні прямокутники майбутніх зображень. Вписують конструктивні елементи деталі у габаритні прямокутники (рис. 324, *б*).

На рис. 323, *а, б* дано два наочних зображення деталі (кришка). При виборі головного зображення деталі потрібно віддати перевагу положенню деталі на рис. 323, *б*, так як у цьому випадку на вигляді зліва зображення буде більш вичерпним.



а *б*

Рис. 323

У даному випадку (рис. 324) достатньо три головних зображення, щоб уявити форму корпуса: головний вигляд, вигляд зверху і вигляд зліва. Між зображеннями потрібно залишати багато місця для розмірів (наприклад, стільки, скільки займають самі зображення). Провести штрихпунктирні осьові лінії, вісі симетрії;

*виконати необхідні розрізи (рис. 324, *в*). Для зображення отворів на головному вигляді й вигляді зліва потрібно виконати прості вертикальні розрізи (фронтальний, профільний розрізи), а так як деталь симетрична,

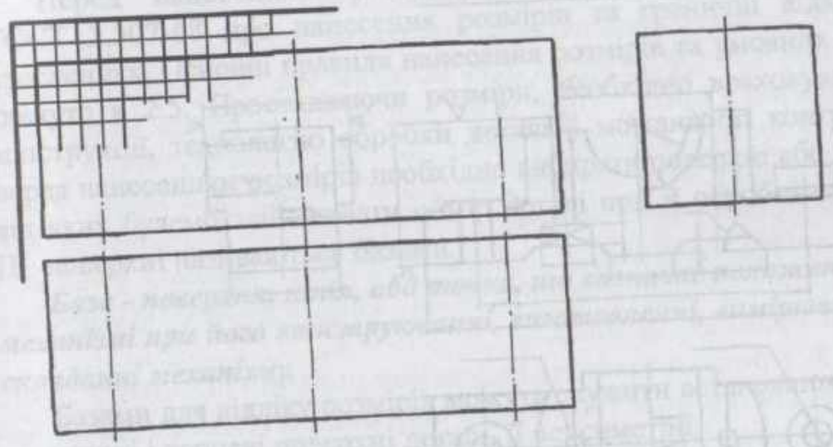
то поєднати половину вигляду з половиною розрізу;

*контурні обриси деталей обводять м'яким олівцем лініями за ГОСТ 2.303-68, наносять умовні позначення шорсткості поверхонь (рис. 324, *в*);

*на побудованих зображеннях проводять виносні й розмірні лінії із стрілками, розташовуючи їх по можливості рівномірно на всіх зображеннях деталі. Розмірні лінії для внутрішніх і зовнішніх поверхонь потрібно групувати окремо. По можливості розмірні лінії слід проводити за межами контурів зображень деталі. Спочатку наносять розмірні лінії для габаритних розмірів, міжосьові відстані, діаметри отворів, а потім для всіх інших розмірів;

*після нанесення розмірних ліній деталь обмірюють й наносять розмірні числа. Обмірюють деталі за допомогою лінійки, кронциркуля, нутроміра, штангенциркуля та ін., одночасно проставляючи їх на кресленні деталі;

*остаточно оформлюють креслення деталі: наносять технічні вимоги й інші пояснювальні тексти; заповнюють графи основного напису креслення за ГОСТ 2.104-068; вказують матеріал, з якого виготовлено деталь.



а

Рис. 324, *а*

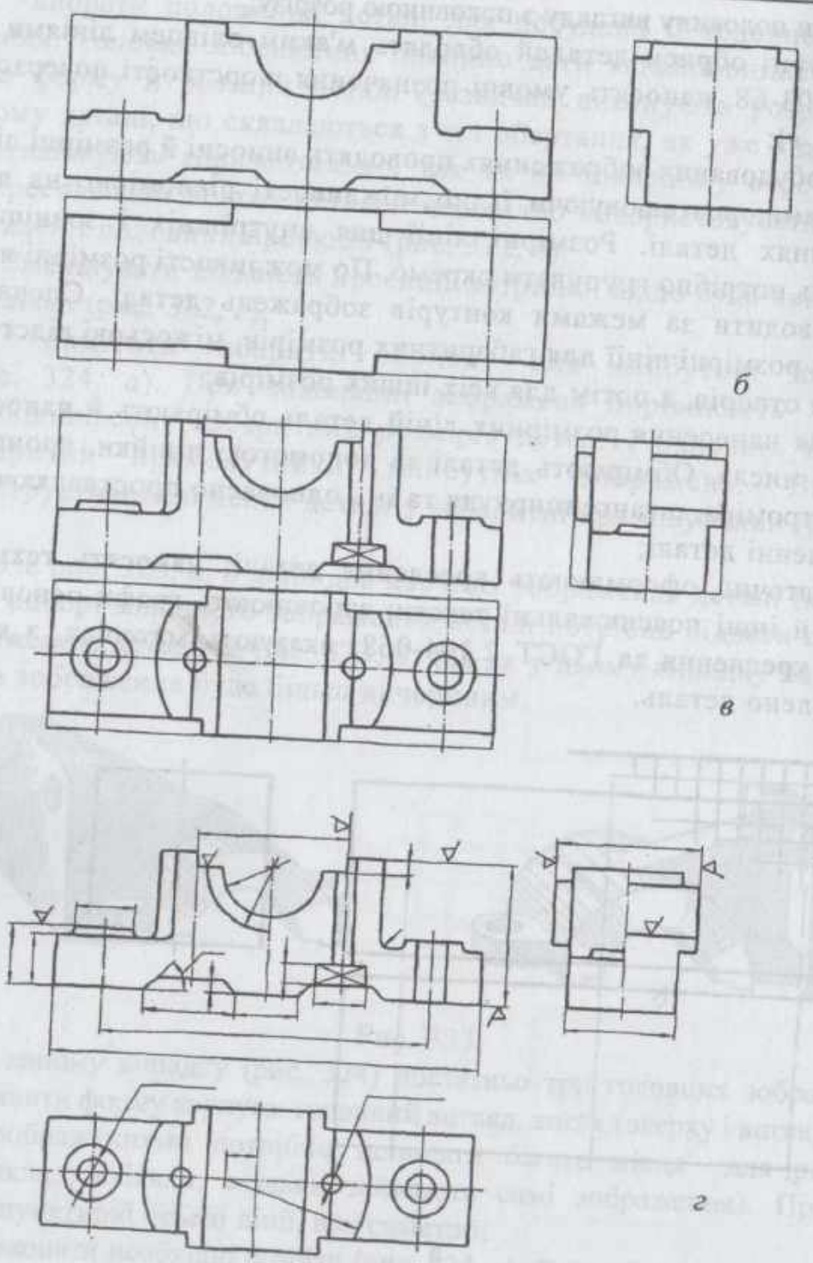


Рис. 324, *б, в, г*

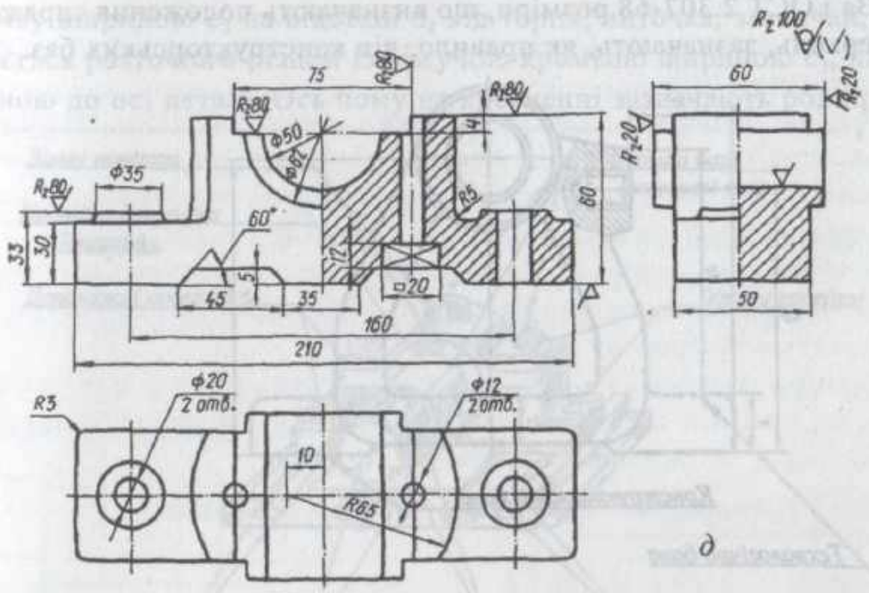


Рис. 324, *д*

20.3. Нанесення розмірів на ескізах і робочих кресленнях

Перед нанесенням розмірів слід ще раз уважно вивчити ГОСТ 2.307-68 про нанесення розмірів та граничні відхилення на кресленнях. Основні правила нанесення розмірів та умовних знаків розглянуто в 2.5. Проставляючи розміри, необхідно враховувати вимоги конструкції, технологію обробки деталі й можливості контролю. Тому перед нанесенням розмірів необхідно вибирати поверхні або лінії деталі, від яких будемо здійснювати обмір деталі при її обробці на верстатах. Ці поверхні називаються базами.

База - поверхня, лінія, або точка, що визначає положення деталі в механізмі при його конструюванні, виготовленні, вимірюванні та при складанні механізму.

Базами для відліку розмірів можуть служити встановлювані, напрямні, опорні і торцеві поверхні деталі, її осі симетрії.

Конструкторською базою називається сполучення поверхонь, ліній або точок, що визначають положення деталі в складальній одиниці або виробі. Деталь може мати декілька конструкторських баз. Кожен розмір деталі повинен бути заданий від тієї конструкторської бази, з якою вони зв'язані у виробі (рис. 325).

За ГОСТ 2.307-68 розміри, що визначають положення спряжених поверхонь, зазначають, як правило, від конструкторських баз.

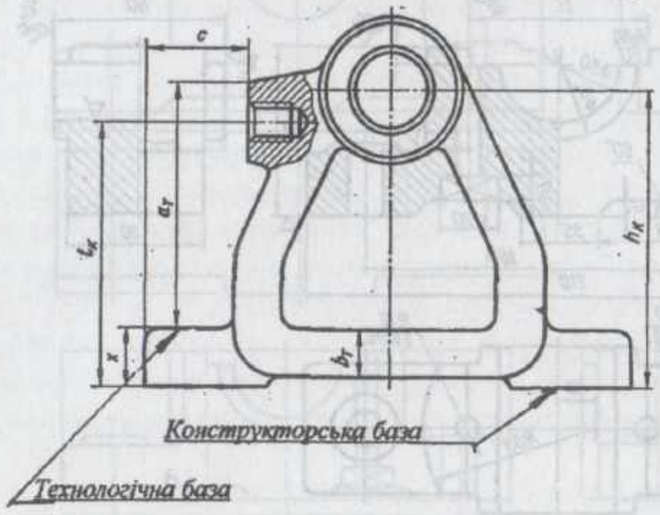


Рис. 325

Технологічною базою називається сполучення поверхонь, ліній і точок, відносно яких витримують розміри при обробці деталі. Від технологічних баз указують вільні неспряжені розміри.

Вільний розмір оброблюваної поверхні, наприклад, площини торця приливу (рис. 325) може бути заданим від будь-якої не обробленої поверхні (див. розмір *c* на рис. 325). Базовою поверхнею може бути (рис. 325 і 326) площина, від якої починається обробка (опорна, напрямна або торцева площина). Базовою лінією - вісь симетрії, вісь отвору (схована база) або будь-які дві взаємно перпендикулярні прямі, наприклад, кромки деталей; базовою точкою - центр будь-якої плоскої обертальної деталі з криволінійними обрисами, наприклад, кулачок.

На рис. 327 подано приклад нанесення розмірів від лівого торця деталі, який одночасно є і конструкторською, й технологічною базою. Тут нанесено розміри внутрішніх циліндричних поверхонь, послідовність обробки яких така: спочатку свердлять наскрізний отвір найменшого діаметра D (рис.327), потім виконують декілька розточок (до діаметра D_1 на глибину c, до діаметра D_2 на глибину c_1 і до діаметра D_3 на глибину c_2). Потім виконують внутрішню

виточку шириною c_3 на відстані c_1 від торця; виточка, зазвичай, виконується розточним різцем із ріжучою кромкою шириною c_3, паралельною до осі деталі. Ось чому на кресленні зазначають розмір c_3.

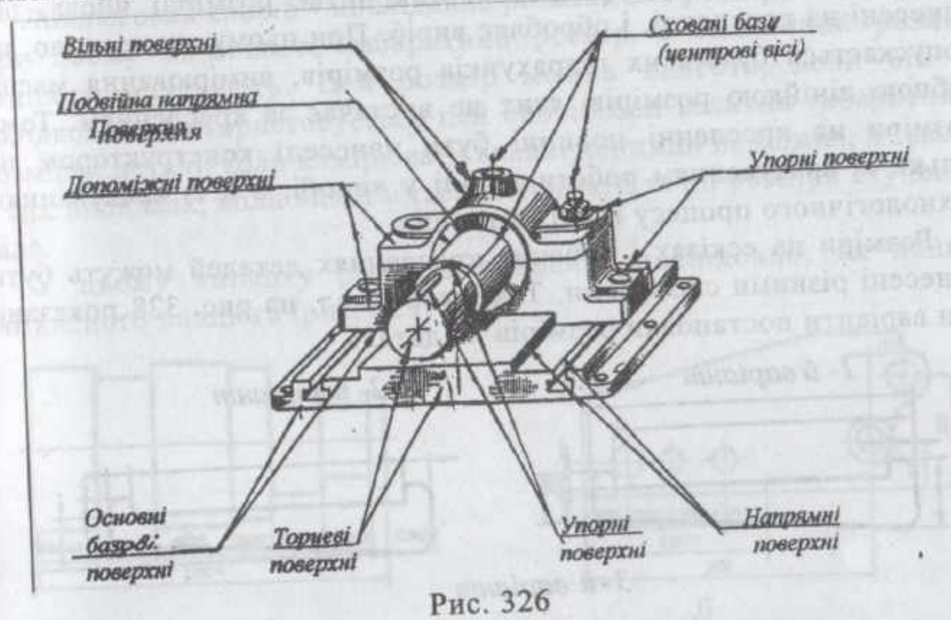


Рис. 326

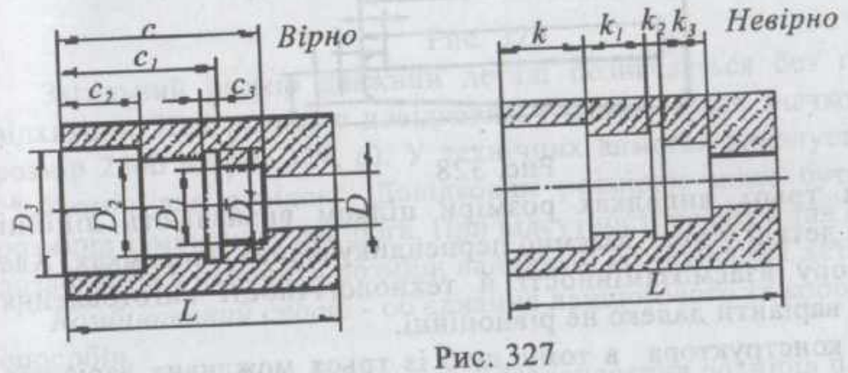


Рис. 327

Таке нанесення розмірів відповідає послідовності обробки внутрішньої поверхні деталі й контролю її розмірів. При цьому не має потреби виконувати будь-які додаткові розрахунки розмірів. На рис. 327, *б* показано невірне нанесення розмірів. При виготовленні деталі розміри k_1, k_2, k_3 використовувати без розрахунку неможливо.

Крім вищезазначених правил, які потрібно використовувати при виконанні ескізів і робочих креслень, існують деякі особливості постановки розмірів.

Під час обробки виробу робітник читає розмірні числа, що нанесені на кресленні, і обробляє виріб. При цьому, як правило, не допускається будь-яких підрахунків розмірів, вимірювання масштабною лінійкою розмірів, яких не вистачає за кресленням. Тому розміри на кресленні повинні бути нанесені конструктором не тільки із врахуванням роботи деталі у виробі, а й із врахуванням технологічного процесу її виготовлення.

Розміри на ескізах і робочих кресленнях деталей можуть бути нанесені різними способами. Так, наприклад, на рис. 328 показано три варіанти постановки розмірів на деталі.

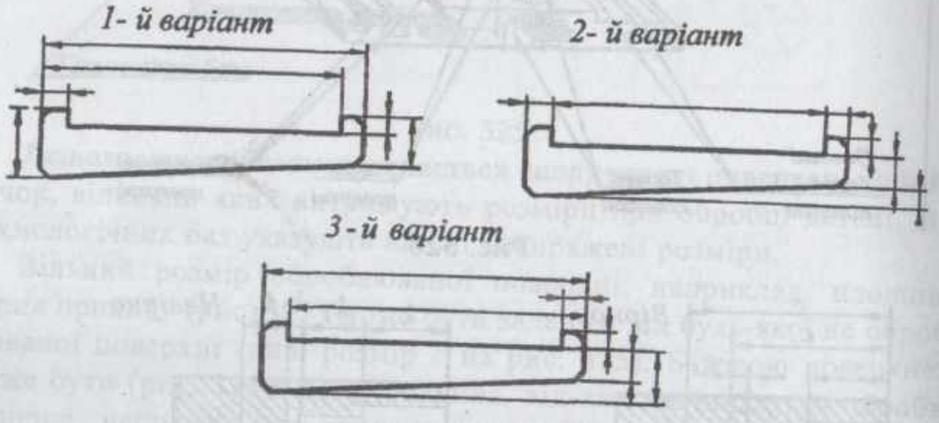


Рис. 328

У всіх трьох випадках розміри цілком визначають лінійні параметри деталі у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Але з точки зору взаємозамінності й технологічності виготовлення деталей ці варіанти далеко не рівноцінні.

Задача конструктора в тому, щоб із трьох можливих варіантів вибрати такий, який при найменший точності виготовлення забезпечив би при збірці потрібні функції деталі.

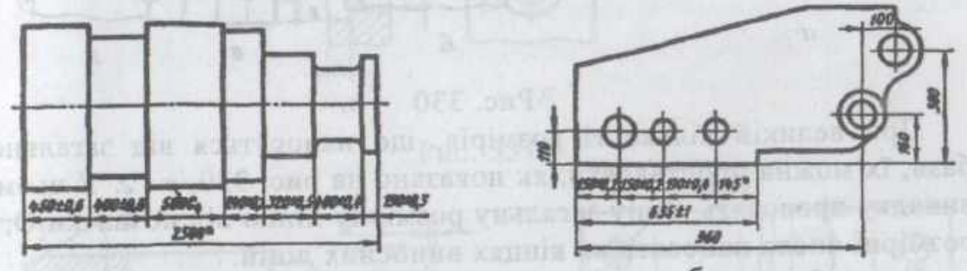
На машинобудівних кресленнях використовуються три способи нанесення розмірів - *координатний, ланцюговий та комбінований.*

Координатний спосіб -нанесення розмірів від бази. Спосіб є

переважаючим у практичній діяльності. Цей спосіб нанесення розмірів використано на рис. 327, *а*, де розміри є координатами, що визначають положення елемента деталі відносно вибраної бази.

Ланцюговий спосіб - послідовне розміщення розмірів ланцюгом. При цьому відмічають габаритний розмір, а заключний розмір ланцюга опускають. Цей розмір можна нанести, коли він є довідковим. Використовується цей спосіб при великих габаритних розмірах деталі, коли вимірювати великі довжини не можна, а також у тих випадках, коли вимагається витримати точні розміри ступенів вала.

У цьому випадку розміри наносять послідовно, як ланки замкненого ланцюга (рис. 329, *а*).



а *б*

Рис. 329

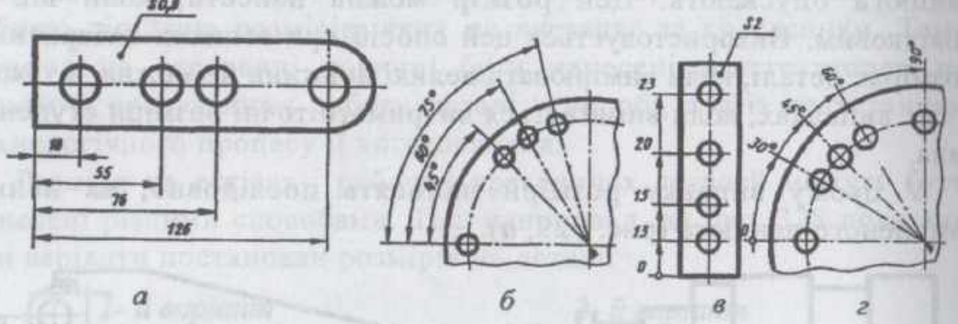
Загальний розмір довжини деталі позначається без граничних відхилень. Цей розмір є довідковим і позначається значком * (див. розмір 2500 на рис.329, *а*). У технічних вимогах виконується запис "* Розмір для довідок". Довідковим розміром може бути один із розмірів замкненого ланцюга. При відсутності розміру для довідок не дозволяється наносити розміри ланцюгом на технічних деталях.

Комбінований спосіб - об'єднання ланцюгового та координатного способів.

Приклад комбінованого способу нанесення розмірів показано на рис. 325. Якщо деталь має оброблені на верстатах поверхні і не оброблені, то на кресленні наносять дві групи розмірів. За розмірами, заданими від технологічної бази ($a_т$, $b_т$), виливають заготівку, а за розмірами, що задані від конструкторської бази ($l_к$, $h_к$), обробляють цю виливку на верстатах.

Дві групи розмірів зв'язують розмір *x*, нанесений між технологічною і конструкторською базами.

Якщо декілька однакових елементів деталі (отвори, пази, зуб'я тощо.) розташовані на одній осі або на одному колі, то розміри, що визначають їх взаємне розташування, наносяться від загальної бази (рис. 330, *а, б*).



а *б* *в* *г*

Рис. 330

При великій кількості розмірів, що наносяться від загальної бази, їх можна проставляти, як показано на рис. 330, *в* і *г*. У цьому випадку проводять одну загальну розмірну лінію від позначки О, а розмірні числа наносять на кінцях виносних ліній.

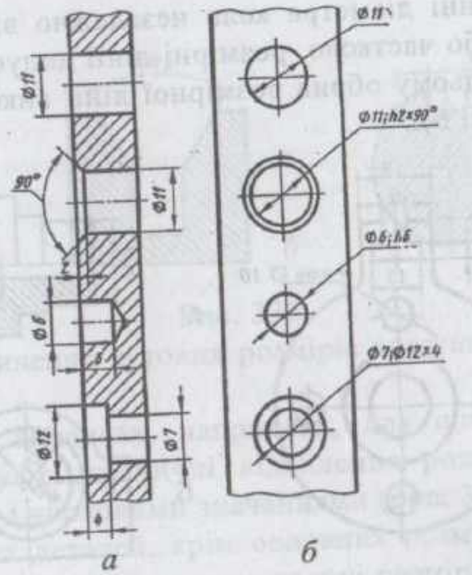
При зображенні деталі в одній проекції розмір її товщини позначають, як показано на рис. 330, *а* і *в* (див. позначення S0,8 і S2).

Розміри наскрізних і глухих отворів потрібно наносити на зображенні з розрізом, як показано на рис. 331, *а*. Якщо розрізи на кресленні відсутні, то розміри отворів проставляють на інших зображеннях на поличках виносок (рис. 331, *б*).

Розміри фаски (зрізаного конуса) наносять на зображеннях, як показано на рис. 332, *а* (див. розмір 2х45°, де 2 мм - висота зрізаного конуса, 45°- кут нахилу твірної до прямої, що паралельна осі конуса).

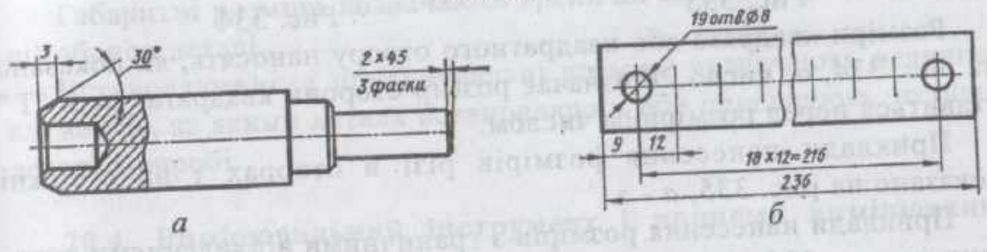
Якщо деталь має декілька однакових фасок, то розмір наносять один раз із зазначенням кількості цих фасок (див. розмір 2х45° - 3 фаски).

Якщо фаски розташовані симетрично, їх розміри наносять один раз без вказівки кількості. Фаски з кутом, відмінним від кута 45°, показують двома розмірами - лінійним і кутовим (див. розміри 3 мм і 30°).



а *б*

Рис. 331



а *б*

Рис. 332

При нанесенні розмірів, що визначають відстань між рівномірно розташованими однаковими елементами виробу (наприклад, отворами), рекомендується замість розмірного ланцюга наносити розмір між сусідніми елементами і розмір між крайніми елементами у вигляді добутку кількості проміжок між елементами на розмір проміжку (рис. 332, *б*).

Розміри, що належать до одного й того ж елемента (наприклад, до пазу, виступу, отвору), рекомендується групувати в одному місці, проставляти їх там, де форма елемента показана повніше (рис. 333).

При нанесенні розмірів елементів, розташованих рівномірно по колу (наприклад, отворів), замість кутових розмірів, що визначають взаємне розташування елементів, вказують тільки кількість (рис. 333).

При позначенні діаметра кола незалежно від того, зображено коло повністю або частково, розмірні лінії допускається проводити з обривом; при цьому обрив розмірної лінії виконують за центром кола (рис. 394, *а* і *б*).

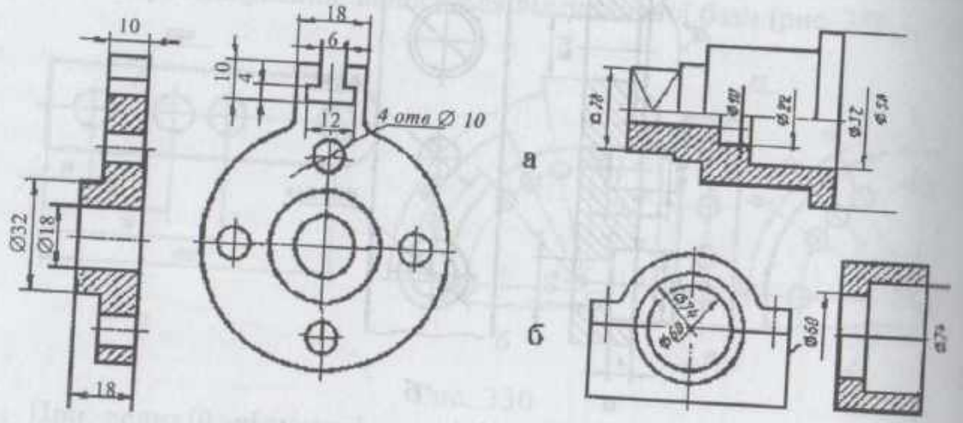


Рис. 333

Рис. 334

Розміри квадрата або квадратного отвору наносять, як показано на рис. 334, *а*, число 28 означає розмір сторони квадрата; знак "Т" ставиться перед розмірним числом.

Приклади нанесення розмірів різі в отворах і на стержні показано на рис. 335, *а - г*.

Приклади нанесення розмірів з граничними відхиленнями показано на рис. 336. Якщо розмірне число розташувати над розмірною лінією не можна, то допускається його проставляти, як показано на рис.336, *а*.

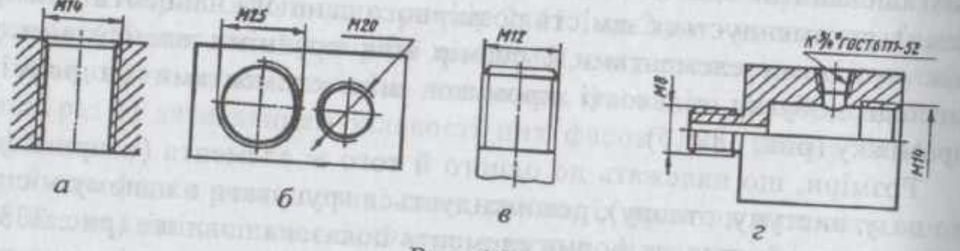


Рис. 335

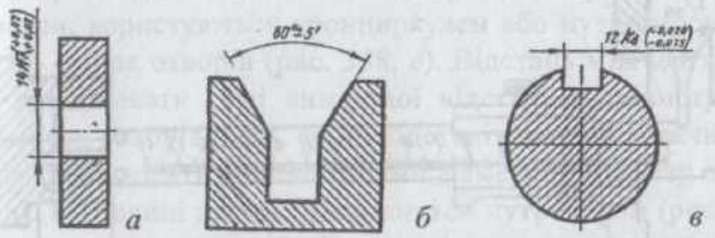


Рис. 336

Граничні відхилення кутових розмірів вказують тільки числами (рис. 336, *б*).

В особливих випадках, наприклад, для шпонкових посадок обов'язково вказують граничні відхилення розмірів як умовним позначенням, так і числовими значеннями (рис. 336, *в*).

На кресленнях деталей, крім основних розмірів, проставляють габаритні, встановлювані і приєднувальні розміри.

Габаритні розміри визначають граничні зовнішні (або внутрішні) обриси деталі.

Встановлювані і приєднувальні розміри визначають величини елементів, за якими деталь встановлюють або приєднують до іншої деталі у виробі.

20.4. Вимірювальний інструмент і прийоми вимірювання деталей

Для точних вимірів деталі використовують такі інструменти: штангенциркуль, мікрометр, глибиномір, кутомір та радіусомір; для менш точних вимірів, крім того, можна використовувати кронциркуль, нутромір і стальну масштабну лінійку; для вимірювання різі використовують різемір; для вимірювання деталей невеликих розмірів зручніше за все використовувати штангенциркуль, який дає точні виміри до 0,1 мм. На рис. 337 показано вимірювання штангенциркулем внутрішнього діаметра втулки $D_{вн}$, зовнішнього діаметра валика $D_{зов}$ і величини заглибини L в деталі з порожниною (усі ці розміри дорівнюють 20,2 мм).

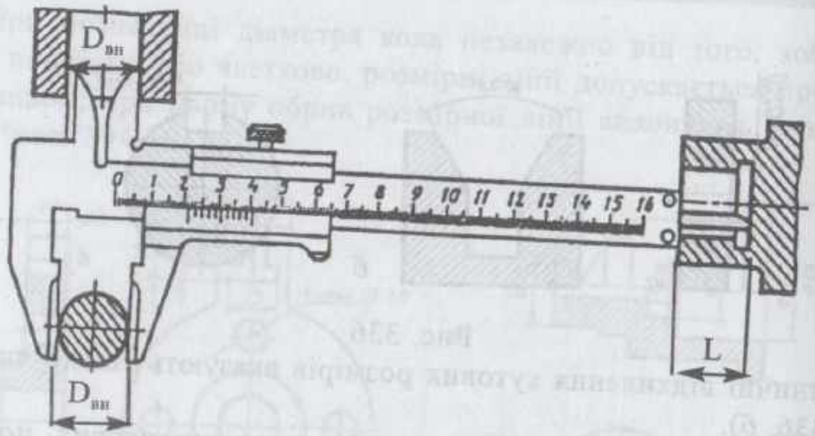


Рис. 337

Методи користування кронциркулем і нутроміром зображено на рис. 338. Вимірювання зовнішніх діаметрів і товщини елементів деталей здійснюють кронциркулем одночасно зі стальною масштабною лінійкою (рис. 338, *а*). Вимірювання товщини стінок деталі, коли неможливо висунути кронциркуль, не збиваючи його установки, можна здійснювати, як показано на рис. 338, *в*. Товщина стінки деталі буде дорівнювати різниці відстаней між розмірами на кронциркулі й лінійки. Зручно використовувати спеціальний кронциркуль-нутромір із вимірювальною шкалою (рис. 338, *б*) або подвійний кронциркуль - сполучення кронциркуля й нутроміра (рис. 338, *д*).

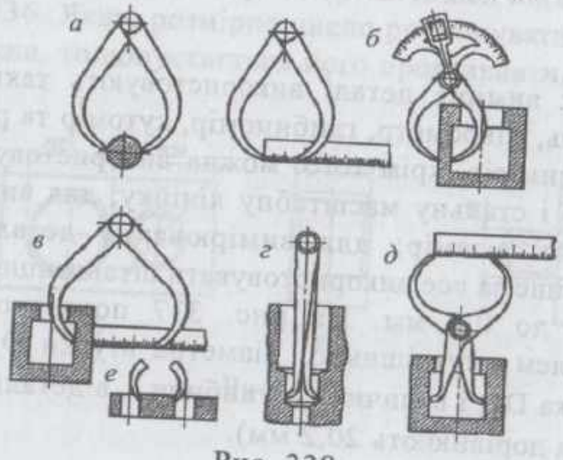


Рис. 338

Для вимірювання відстаней між центрами отворів, що мають однакові діаметри, користуються кронциркулем або нутроміром, прикладаючи їх до стінок отворів (рис. 338, *е*). Відстань між центрами отворів буде дорівнювати сумі виміряної відстані та діаметра отворів. Якщо діаметри отворів різні, то до відстані між найближчими стінками отворів треба додати половину суми діаметрів. Діаметр отвору, розташованого всередині деталі, вимірюється нутроміром (рис. 338, *г*).

Глибину отвору можна виміряти стальною лінійкою (рис. 339, *а*), а висоту деталі у випадках, аналогічних прикладу, що зображено на рис. 339, *б*, - за допомогою лінійки й кутника. Координати центра отвору кронштейна (рис. 339, *в*) і аналогічних йому за формою деталей також можуть бути визначені за допомогою кутника й лінійки. Відстань $m = l+d/2$.

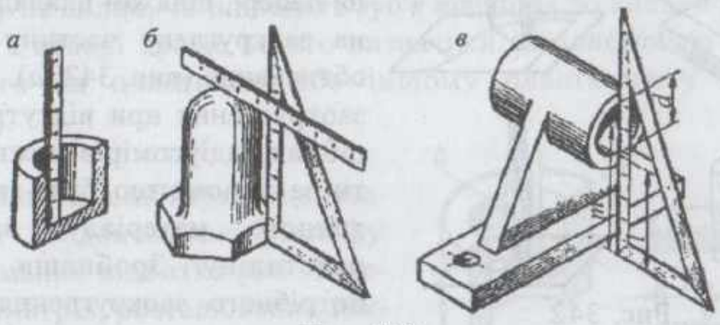


Рис. 339

Для точних вимірювань кутів використовується кутомір (рис. 340). Кутомір оснащено ноніусом, що дозволяє виконувати вимірювання з точністю до двох хвилин. Кутомір має дві лінійки 1 і 2. Лінійка 2 жорстко зв'язана з напівкруглим лімбом, де нанесені ділення в градусах, а лінійка 1 зв'язана з частиною кутоміра, що обертається, на якій нанесені ділення ноніуса.

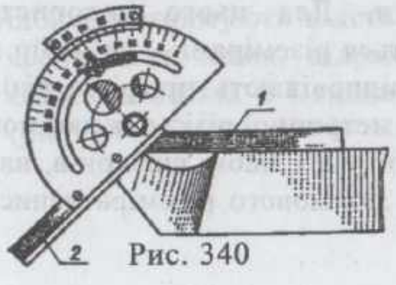


Рис. 340

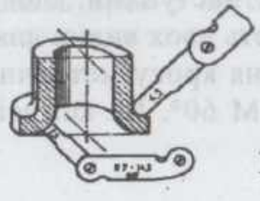


Рис. 341

Для визначення радіусів заокруглень виступів і западин деталі використовують шаблони-радіусоміри (рис. 341). Набір радіусних шаблонів зібрано в металевий кожух. З одного боку кожуха закріплені шаблони із заокругленими виступами, що призначені для визначення радіусів западин, а з іншого боку - шаблони з такими ж западинами для визначення радіусів виступів. Вимірювання радіусів западин виконують підбором шаблона, що має також виступ радіуса, як і западин. Величина радіуса зазначена на кожному шаблоні. Є радіусоміри з такими величинами радіусів: від 1 до 7, від 7 до 14 і від 14 до 21.

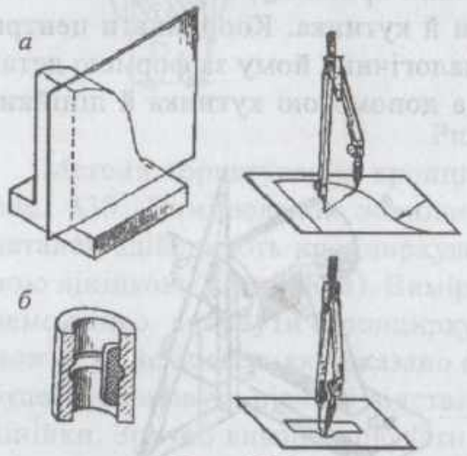


Рис. 342

Заокруглення великих розмірів, а також плоскі заокруглення можна виконувати за допомогою відбитка на папері, шляхом накладення його на заокруглену частину деталі й обтискання (рис. 342, *а*). Не плоскі заокруглення при відсутності потрібних радіусомірів можна обміряти за допомогою будь-якого пластичного матеріалу, наприклад, пластиліну. Зробивши відбиток потрібного заокруглення, роблять зріз гострим ножем або лезом, отриману плоску фігуру переносять на папір (обводять заокруглення гостро заточеним олівцем). За допомогою циркуля або вимірювача визначають радіуси потрібного заокруглення (рис. 342, *б*). Отриманий розмір заокруглюють до найближчого нормального радіуса за ГОСТ 6636-69.

При виконанні ескізу деталі з натури часто зустрічаються з різзю, яку необхідно виміряти. Для цього використовують спеціальні шаблони, що називаються різемірами - це набір металевих пластин із виступами, що відповідають профілю різі. Різеві шаблони бувають двох видів: для метричної різі, для дюймової різі. Для вимірювання кроку метричної різі є набір шаблонів, на кожусі якого вказано: М 60°. На кожусі дюймового різеміра напис: Д 55° (рис. 343).

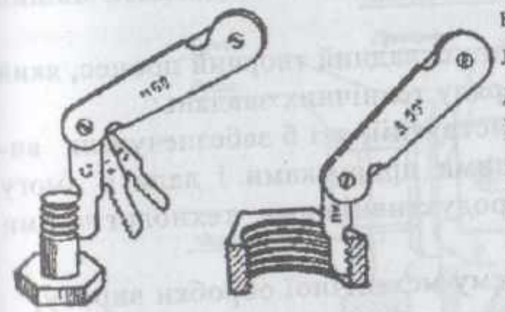


Рис. 343

Вимірювання кроку різі або кількість витків виконують шаблоном, зуб'я якого повністю входять у западини між витками різі. Визначивши крок різі або кількість витків нарізки, вимірюють зовнішній діаметр різі стержня або діаметр нарізаного отвору за виступами. Потім, користуючись таблицями, де приведені розміри різі, визначають різь і її умовне позначення.

Крок різі в отворі визначити в отворі шаблоном незручно, так як при цьому не видно, чи підходять зуб'я шаблона до впадин різі. Тому крок різі в отворі краще всього визначити за допомогою відбитка, зробленого на пластиліні або іншому пластичному матеріалі (рис. 344).

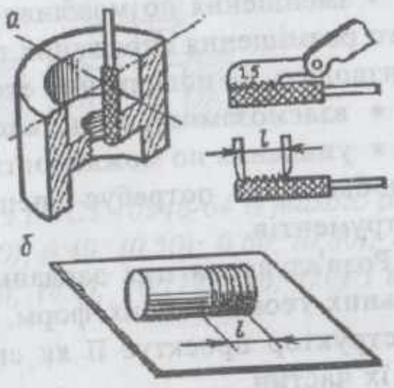


Рис. 344

Отримавши відбиток, визначають крок за допомогою різеміру. Для отримання відбитка різі невеликих діаметрів, розташованих глибоко, пластилін бажано наліплювати на олівець або тоненьку паличку (рис. 344, *а*).

При відсутності різеміра крок різі визначають за допомогою відбитка. Різеву частину стержня прикладають до паперу і на отриманому відбитку отримують відстань l між крайніми точками, підраховують кількість витків n і визначають крок p за співвідношенням $p = l/n$ (рис. 344, *б*).

20.5. Технологічні особливості конструювання деталей машин

Конструювання деталей машин - складний творчий процес, який супроводжується розв'язуванням ряду технічних завдань:

- вибір оптимальних форм конструкції, які б забезпечували використання заготовок з найменшими припусками і дали б змогу обробляти їх простими і найпродуктивнішими технологічними методами;
- здійснення мінімального об`єму механічної обробки виробу;
- забезпечення достатньої жорсткості конструкції, що дає можливість застосовувати швидкісні режими різання;
- зменшення маси виробу;
- широке застосування уніфікованих і нормалізованих деталей та окремих конструктивних елементів виробу (фасок, проточок, центрових отворів гнізд, різі тощо;
- зменшення номенклатури і кількості застосованих марок матеріалів і профілів прокату;
- зменшення по можливості вимог до точності розмірів, взаємного розміщення спряжених поверхонь, шорсткості поверхні, що не призводить до погіршення експлуатаційних якостей машини;
- взаємозамінність деталей і вузлів виробу;
- уникання по можливості криволінійних і фасонних поверхонь, обробка яких потребує спеціального устаткування, пристроїв та інструментів.

Розв'язування цих завдань залежить від надання деталі раціональних геометричних форм. Яку б складну форму мала деталь, конструктор проектує її як сполучення простих геометричних тіл або їх частин.

Найбільш поширені елементи деталі: фаски, галтелі, проточки, пази, буртики, лиски, різні отвори - центрові, під гвинт тощо (рис. 345), рифлення, бобишки та ін.

Фаски - конічні або плоскі вузькі зрізи (притуплення) гострих кромок деталей - використовують для полегшення процесу збирання (рис. 346), що охороняє руки від ушкодження (вимоги техніки безпеки), надання виробу більш красивого вигляду (вимоги технічної естетики) та в інших випадках.

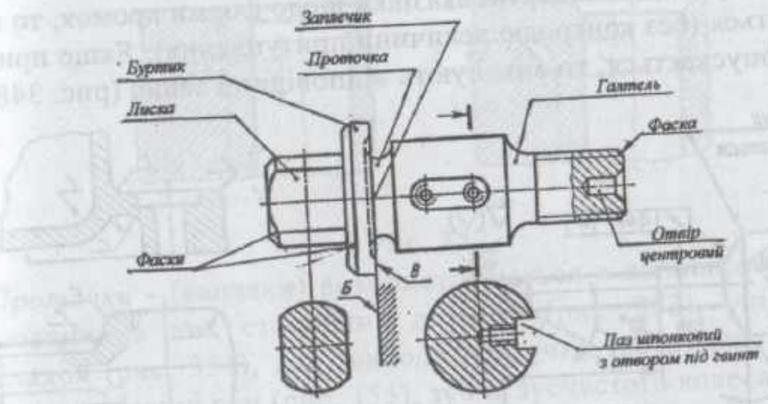


Рис. 345

Розміри фасок і правила їх виконання та позначення на кресленні стандартизовані. Згідно з ГОСТ 2.307-68 розміри фасок під кутом 45° наносять, як показано на рис. 347, *а*.

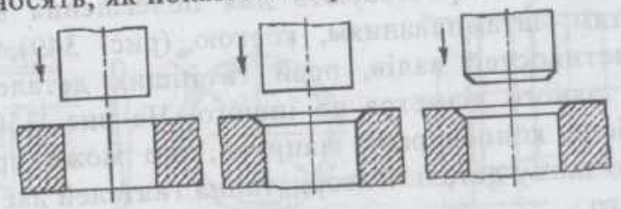


Рис. 346

Розмір катета "с" вибирають згідно з ГОСТ 10948-64 із такого ряду чисел:0,10; (0,12); 0,16; (0,20); 0,25; (0,30); 0,40; (0,50); 0,60; (0,80); 1,0; (1,2); 1,6; (2,0); 2,5; (3,0); 4,0; (5,0); 6,0; (8,0); 10;(12); 16; (20) і т.д. Розміри без скобок переважні.

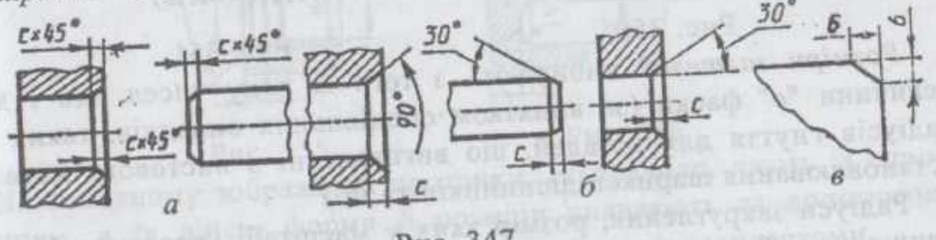


Рис. 347

Розміри фасок під іншими кутами (зазвичай 15, 30 і 60°) зазначають за загальними правилами - лінійним і кутовим розміром, або двома лінійними розмірами.

Якщо на кресленні відсутні вказівки щодо форми кромок, то вони притупляються (без контролю величини притуплення). Якщо притуплення не допускається, то виконують відповідний запис (рис. 348).

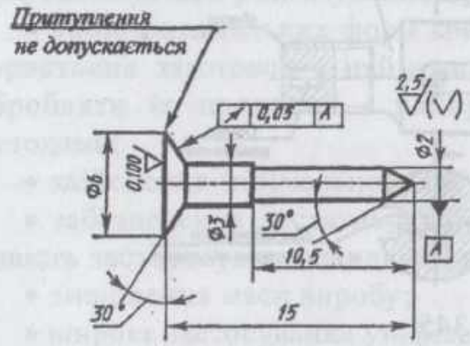


Рис. 348

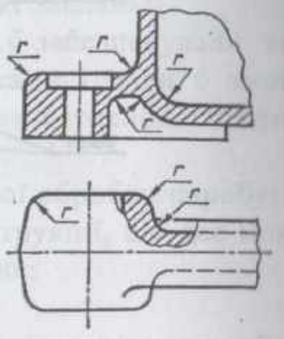


Рис. 349

Галтелі - округлення зовнішніх і внутрішніх кутів на деталях машин - широко використовують для полегшення виготовлення деталей литтям, штампуванням, ковкою (рис. 349), підвищення міцності властивостей валів, осей та інших деталей у місцях переходу від одного діаметра до іншого. На рис. 350 літерою *А* відмічено місце концентрації напруги, що може призвести до розколини або зламу деталі. Використання галтелей дає можливості уникнути цього.

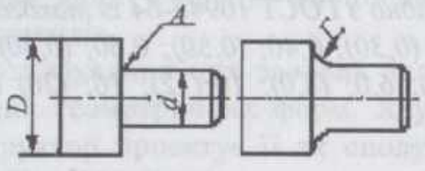


Рис. 350

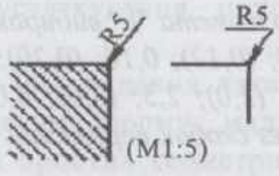


Рис. 351

Розміри галтелей вибирають з того ж ряду чисел, що і для величини *"с"* фаски (за винятком спеціальних випадків, таких як радіусів гнуття для деталей, що виготовлені з листового металу, встановлювання шарикопідшипників та ін.)

Радіуси закруглення, розмір яких у масштабі креслення 1 мм і менше, не зображують; розміри їх наносять так, як показано на рис. 351. На рис. 352, *а* показано невірний, а на рис. 352, *б* - вірний вибір розмірів фаски й галтелі.

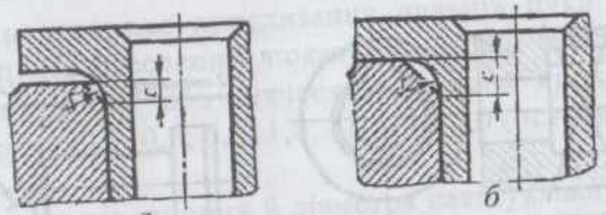


Рис. 352

Проточки - (канавки) використовуються в основному для встановлювання в них стопорних деталей (рис. 353), ущільнюючих прокладок (рис. 354), для "виходу" ріжучих інструментів, наприклад, при нарізанні різі (рис. 355), зуб'їв зубчастого колеса (рис. 356), шпонкового пазу (рис. 357); для забезпечення щільного прилягання торцевих поверхонь деталей, що сполучаються , наприклад, торець *Б* і *В* на рис. 345.

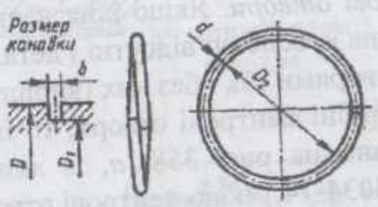


Рис. 353

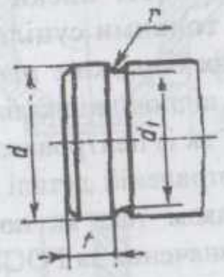


Рис. 354

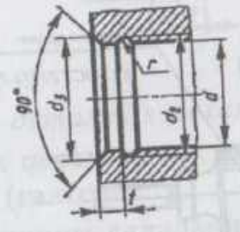


Рис. 355

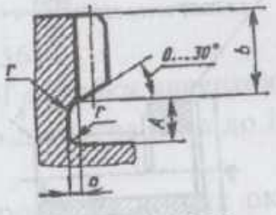


Рис. 356

На основному зображенні проточки, як правило, дають із спрощенням, а їх дійсні форми й розміри виявляють за допомогою виносного елемента, користуючись відповідними стандартами.

Також різноманітне використання *пазів, буртиків і лисок* (плоских зрізів на поверхнях обертання, що обмежують деталь).

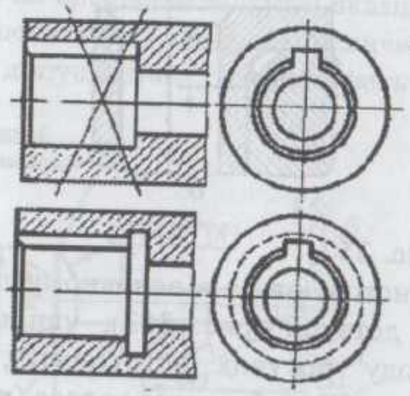


Рис. 357

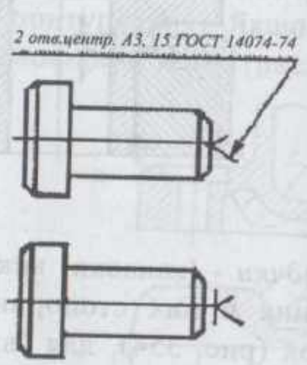


Рис. 358

На рис. 345 лиски служать для утримання оправки від обертання при нагвинчуванні гайки на інший її кінець. Для надання кресленню більшої наочності лиски можуть бути помічені діагоналями, що наносяться тонкими суцільними лініями.

На торцях оправки є *центрові отвори*. Якщо їхня наявність не має значення, то відповідні вказівки на кресленні відсутні і деталь може бути виготовлена як із центровими отворами так і без них (вирішує технолог). Якщо у виготовленій деталі потрібні центрові отвори, то їх відмічають умовним знаком так, як показано на рис. 358, *а*, із зазначенням на поличках позначення за ГОСТ 14034-74. Якщо центрові отвори в готовому виробі не допустимі, то наносять знак як показано на рис. 358, *б*[1].

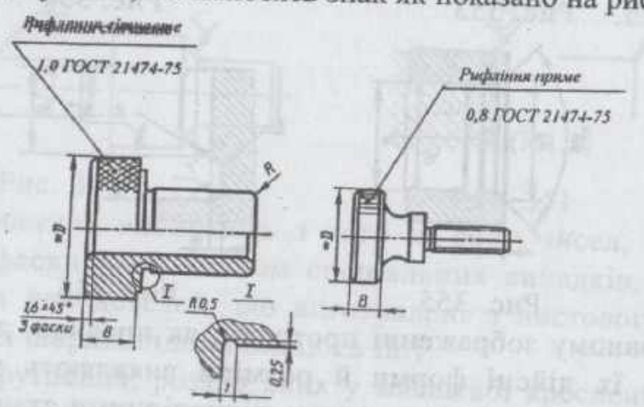


Рис. 359

[1] *На навчальних кресленнях центрові отвори, навіть якщо вони є на деталі, не зображають і не обумовлюють.*

Рифління попереджає прослизання пальців руки при загвинчуванні деталі. На кресленні показують згідно з ГОСТ 21474-75 тип рифління (пряме або сітчасте) та його крок (рис. 359). Вибираємо з ряду: 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0 (останній тільки для сітчастого).

Крок залежить від ширини й діаметра накатувальної поверхні.

Бобишки (приливи) у ливарних деталях облегшують обробку опорних поверхонь під головки болтів, гайок тощо, а також у випадку, показаному на рис. 360. На рис. 361 дано приклад раціонального їх виконання (опорні поверхні лежать в одній площині, що спрощує обробку).

Рис. 360

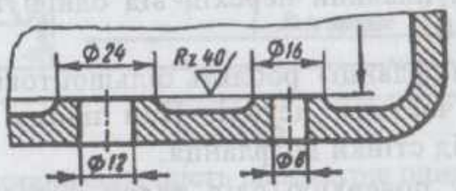


Рис. 361

Вимоги до деталей з механічної обробки поверхонь:

✓У місцях переходу від одного діаметра вала до іншого роблять заокруглення (галтелі).

✓Для зручності складання виробів на кінцях окремих деталей роблять фаски.

✓На зовнішній поверхні рукояток, головок гвинтів, кришок, круглих гайок та інших деталей, які треба загвинчувати вручну, наносять накатку.

✓Деталі, які повинні мати високий клас шорсткості поверхні, як правило, шліфують.

✓Якщо конструкція не передбачає вільного виходу різального інструмента, то перехідна частина деталі за формою і розмірами повинна відповідати формі й розмірам застосовуваного інструмента;

✓Щоб установлювати деталь у центрах верстата або пристрою для її обробки чи контролю, роблять центрові отвори;

✓При нарізанні різі на деякій ділянці, де різець поступово виходить із металу, утворюються витки неповного профілю, тобто глибина різі поступово зменшується (збіг різі).

Щоб уникнути збігу, різь звичайно починають із виточування кільцевої канавки, призначеної для виходу різця (проточки).

Вимоги до деталей, виготовлених литтям:

✓Щоб витягти модель із форми, треба її стінкам і ребрам надати відповідних ливарних ухилів. Величина цих ухилів залежить від висоти або довжини розрахункового елемента виливка. Кути в беруть залежно від висоти:

h = 20…50 мм, в =3…2°, а якщо h =50…800 мм, в = 1°…0° 3'0. У великогабаритних деталях роблять, як правило, конструктивні уклони, які значно більші за ливарні.

✓ Щоб деталь не мала внутрішньої напруги і ливарних дефектів, треба здійснювати плавний перехід від однієї товщини стінки до другої (галтелі).

✓Опорні бурти (фланці) роблять більшої товщини, ніж товщина стінки основної частини деталі. При цьому слід передбачати плавний перехід від стінки до фланця.

✓Оброблювану поверхню слід трохи піднімати над необробленою. Це забезпечує вільний вихід різального інструмента і зменшує величину площі механічної обробки поверхні.

✓Якщо деталь має кілька оброблюваних площин, то їх треба розміщати по можливості на одному рівні. Це прискорює виготовлення і не потребує переналагодження інструмента.

✓Рекомендується стикову площину не робити суцільною, що дає змогу зменшити площину обробки і поліпшує контакт деталей у роботі.

✓Поверхні, в яких свердлять отвори, слід забезпечити спеціальними приливами, бобишками, платиками, торцеві площини яких повинні бути перпендикулярними до осі свердла. Це забезпечує нормальний вхід і вихід інструмента з отвору.

20.6. Шорсткість поверхонь

Спостерігаючи поверхню деталі через лупу або мікроскоп, можна побачити, що вона не в усіх місцях однакова і має нерівності у вигляді дрібних виступів та западин (мікронерівності) різної величини форми; вони утворюються під час механічної обробки. Від них залежить надійність та довговічність роботи з'єднання. Характеристикою мікрогеометрії поверхні є її шорсткість (рис. 362).

Під шорсткістю поверхні (ГОСТ 2789-73) розуміють сукупність нерівностей з відносно малими кроками, виміряну на певній довжині l, яку називають базовою.

На одних поверхнях деталі нерівності можуть бути помітні неозброєним оком, на інших - тільки за допомогою пристроїв. У таких випадках кажуть, що поверхня деталі має різноманітну шорсткість.

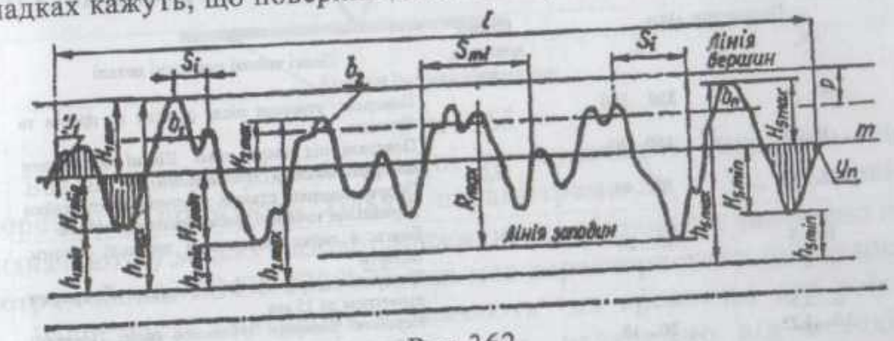


Рис 362

ГОСТ 2789-73 встановлює шість параметрів оцінки якості поверхні:

• *середнє арифметичне відхилення профілю* (символ *Ra*), що визначається як середнє арифметичне абсолютних відхилень у межах базової довжини *l* (рис. 362)

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_1|;$$

• *сума середніх арифметичних абсолютних відхилень точок п'яти найбільших максимумів та п'яти найбільших мінімумів* (символ *Rz*) у межах базової довжини *l*

$$R_z = \tfrac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5}|H_{i\max}| + \sum_{i=1}^{5}|H_{i\min}|\right) = \tfrac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5}h_{i\max} - \sum_{i=1}^{5}h_{i\min}\right);$$

- *найбільша висота профілю* (символ R_{max});
- *середній крок нерівностей* (символ S_m);
- *середній крок нерівностей по вершинах* (символ S);
- *відносна опорна довжина профілю* (символ t_p), що визначається як відношення опорної довжини профілю $з_p$ до базової довжини.

На практиці здебільшого користуються параметром R_a, не позначаючи його на кресленнях. У табл. 14 подано наближені значення параметрів R_a і R_z для поверхонь різноманітних виробів. На кресленнях рекомендується користуватися параметром R_a у межах 0,010…5, а параметр R_z - у межах 0,025…0,1 і 10…320. При цьому віддають перевагу значенням: 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.

Таблиця 14

Значення параметрів R_a і R_z для типових поверхонь деталей

Параметри, мкм R_a	Параметри, мкм R_z	Базова довжина, мм	Деякі типові поверхні деталі
80…40	320…160		Поверхні, утворені після різання на пресах та ножицях
40..20	160…80		Поверхні під зварні шви. Вільні неспряжені поверхні невідповідних деталей
20…10	80…40	8,0	Опорні поверхні станин, корпусів. Болти, гайки нормальної точності, фаски, галтелі, канавки
10…5	40…20		Болти й гайки підвищеної точності, гвинти, штифти
5…2,5			Поверхні отворів під болти, гвинти та шпильки діаметром до 15 мм
2,5…1,25	20…10	2,5	Неробочі поверхні зубчастих коліс. Поверхні муфт, маточин, втулок, що не дотикаються до інших деталей
1,25…0,63	6,3…3,2	0,8	Зовнішні неспряжені поверхні деталей, до вигляду яких ставляться високі вимоги
			Поверхні сферичних опор. Посадочні поверхні зубчастих коліс, втулок, черв 'яків
0,63…0,32	3,2…1,6	0,8	Робочі поверхні ходових валів. Посадочні поверхні осей, зубчастих коліс
			Робочі поверхні передавальних валів, центрів. Поверхні валів під підшипники кочення
0,32 …0,16			Робочі поверхні колінчастих та розподільних валів швидкохідних двигунів. Робочі поверхні клапанів
0,16… 008			
0,08 …0,04			
	1,6…0,1	0,25	Шарики та ролики підшипників кочення
0,04…0,02			Внутрішні поверхні циліндрів поршневих машин
			Шарики та ролики високошвидкісних відповідальних передач
0,02…0,01	0,100…0,050		Вимірювальні поверхні деталей вимірювальних приладів
	0,050…0,025	0,08	Вимірювальні поверхні плиток. Металеві дзеркала в оптичних приладах

Усі дані щодо шорсткості поверхонь розташовують згідно із структурою позначення шорсткості за ГОСТ 2.309-73. У цьому стандарті подано всі правила нанесення шорсткості поверхонь на кресленнях для всіх галузей промисловості (рис. 363)

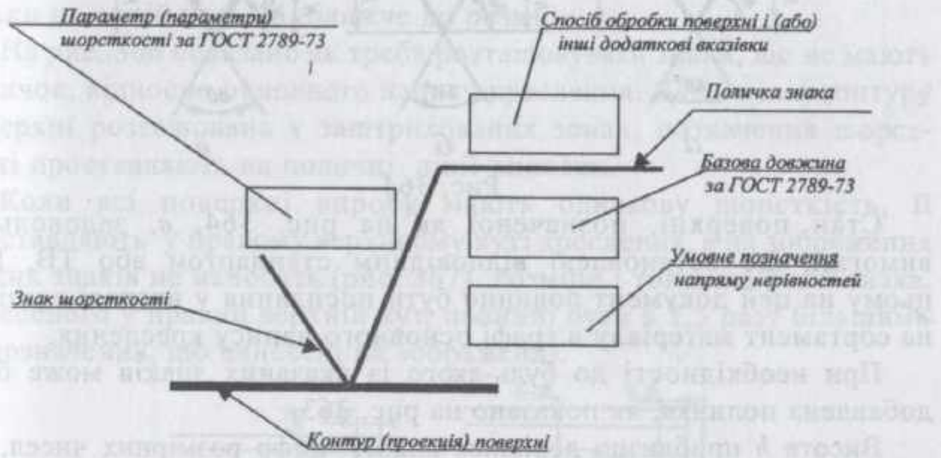


Рис. 363

Базову довжину в позначенні не зазначають, якщо вимоги до шорсткості нормують тільки параметрами R_a і R_z, і параметр визначають у межах базової довжини, що відповідає значенню параметра таблиці ГОСТ 2789-73, яка має характеристики шорсткості.

Шорсткість поверхонь позначають на кресленні для всіх, що обробляються згідно з кресленням, незалежно від методів їх утворення (механічної обробки, литтям, куванням, штампуванням, прокатуванням тощо), крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції.

У позначення шорсткості використовують такі знаки (рис. 364):

- рис. 364, *а*, коли *вид обробки поверхні конструктор не встановлює;*
- рис. 364, *б*, коли *поверхня повинна бути утворена видаленням шару матеріалу* (наприклад, точінням, фрезеруванням, свердленням, поліруванням, травленням тощо);
- рис. 364, *в*, коли *поверхня повинна бути утворена без видалення шару матеріалу* (наприклад, литтям, куванням, штампуванням, прокатуванням), а також у випадках, коли поверхня за даним кресленням не обробляється (наприклад, для деталей із сортового матеріалу, листів, труб тощо).

Цим же знаком позначають поверхні, що *не обробляються за даним кресленням* (зберігаються в "стані постачання").

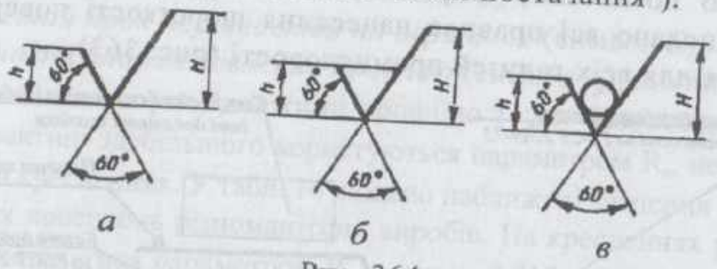


Рис. 364

Стан поверхні, позначеної як на рис. 364, *в*, задовольняє вимогам, що встановлені відповідним стандартом або ТВ. При цьому на цей документ повинно бути посилання у вигляді вказівки на сортамент матеріалу в графі основного напису креслення.

При необхідності до будь-якого із вказаних знаків може бути добавлена поличка, як показано на рис. 363.

Висота h приблизно дорівнює висоті цифр розмірних чисел, що використовуються на кресленні, $H \approx (1{,}5...3)h$. Товщина ліній знаків $\approx 0{,}5s$, де s - товщина основної лінії, що використовується на кресленні.

Позначення розташовують на лініях видимого контуру, виносних лініях або на поличках-виносках, на тих виглядах, розрізах і перерізах, на яких проставляються відповідні розміри, по можливості ближче до розмірних ліній. Якщо недостатньо місця. то допускається розташовувати їх на розмірних лініях або на їх продовженні, а також розривати виносну лінію (рис. 365).

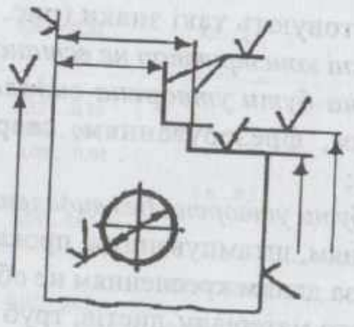
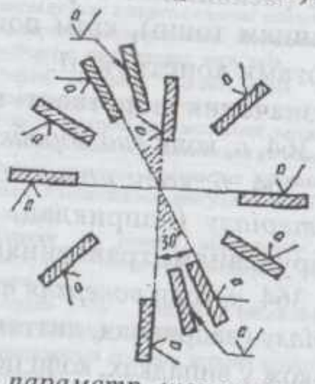


Рис. 365



а - параметр шорсткості

Рис. 366

На лініях невидимого контуру допускається наносити позначення шорсткості тільки в тих випадках, коли від цієї лінії наноситься розмір.

Для деталі, зображеної з обривом, позначення шорсткості дають тільки на одній частині, ближче до розміру.

На рис. 366 показано як треба розташовувати знаки, що не мають поличок, відносно основного напису креслення. Якщо лінія контуру поверхні розташована у заштрихованих зонах, позначення шорсткості проставляють на поличці лінії-виноски.

Коли всі поверхні виробу мають однакову шорсткість, її проставляють у правому верхньому куті креслення, а на зображення ніяких знаків не наносять (рис. 367). Розміри і товщина ліній знака. винесеного у правий верхній кут, повинні бути в 1,5 разу більшими за позначення, що нанесені на зображенні.

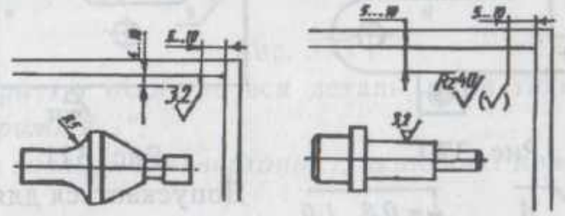


Рис.367 Рис. 368

При позначенні однакової шорсткості тільки для частини поверхонь виробу, її проставлять у верхньому правому куті креслення і поруч проставляють знак за рис. 364, *а*, замкнений у дужки. Це означає, що всі поверхні, на яких не нанесено позначень шорсткості або знака як на рис. 364, *в*, мають величину шорсткості, проставлену перед знаком у дужках (рис. 368). Розміри останнього такі самі, як і знаків на зображенні.

Якщо частина поверхонь виробу за даним кресленням не обробляється, в правому верхньому куті креслення перед знаком у дужках проставляють знак, як на рис. 364, *в* (рис. 369). Цей запис слід читати так: "Непозначені поверхні зберігають стан поставки і не обробляються за цим кресленням".

Шорсткість поверхонь елементів виробу (отвори, пази, зуб'я тощо), які повторюється і кількість їх зазначено на кресленні, треба проставляти лише один раз. Ця вимога стосується однієї і тієї самої поверхні незалежно від кількості зображень її на кресленні.

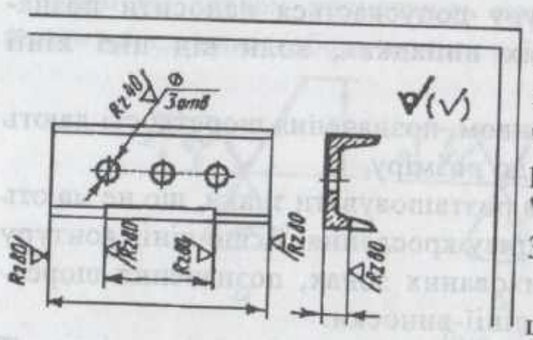


Рис. 369

Якщо шорсткість поверхонь, що утворюють контур деталі, повинна бути однакова, то позначення шорсткості наносять один раз із знаком, що означає слова "по контуру", як показано на рис. 370. Діаметр знака - 4...5 мм.

У позначення однакової шорсткості декілька поверхонь, які плавно переходять одна в одну, знак "по контуру" не наносять (рис. 371).

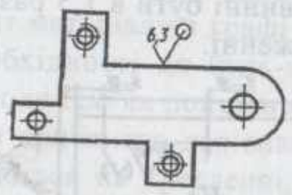


Рис. 370

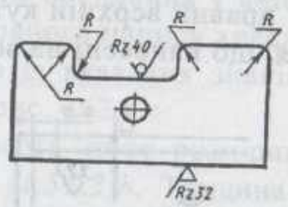


Рис. 371

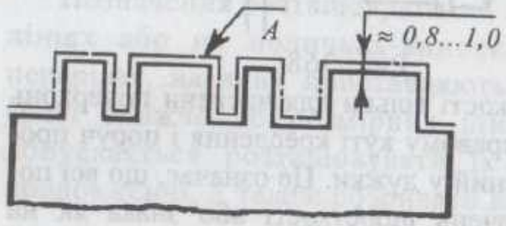


Рис. 372

Допускається для складних поверхонь контур складної поверхні обводити потовщеною штрих-пунктирною лінією на відстані 0,8...1 мм від лінії контуру і позначати літерою (рис. 372), а в технічних вимогах записують "Шорсткість поверхні А -...".

20.7. Позначення на кресленнях покриття і видів обробки

У промисловості широко застосовують різноманітні покриття (захисні, декоративні, електроізоляційні, зносостійкі та ін.). Правила нанесення покриття на кресленнях встановлює ГОСТ 2,310-68. Позначення покриття приводять у технічних вимогах, над основним написом креслення, і записують у такій послідовності:

- вимоги до матеріалу, термічної обробки (при їх наявності);

- розміри, граничні відхилення розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь;
- вимоги до покриття тощо.

Назву "Технічні вимоги" не пишуть.

Позначення покриття включає: позначення поверхонь, що підлягають покриттю (стрілка з поличкою та велика літера українського алфавіту, рис. 373); запис у технічних вимогах за типом: *"Покриття поверхні А...*(далі йде позначення покриття)"; *"Покриття поверхні Б..."*.

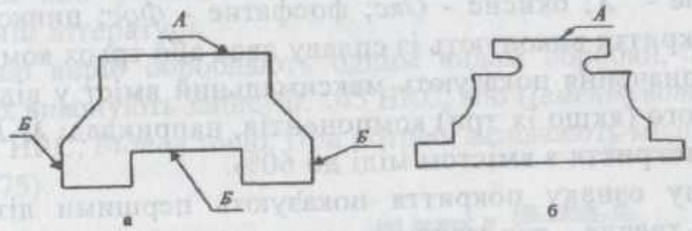


Рис. 373

Якщо покриттю підлягає вся деталь, то в технічних вимогах пишуть: *"Покриття..."*.

Покриття зовнішніх поверхонь..., якщо такі поверхні однозначно визначені.

Покриття поверхні А..., інші... або *Покриття, крім поверхні А*, якщо одне й те ж покриття наносять на більшій кількості поверхонь виробу, а на інші поверхні наносять інші покриття або залишають їх без покриття (рис. 373, *б*).

Якщо покриття потрібно нанести на поверхню, яка має складну конфігурацію або обмежена за розмірами, то такі поверхні виділяють штрих-пунктирною потовщеною лінією на відстані 0,8...1 мм від контуру лінії, позначають їх однією буквою і наносять розміри форми і положення цих ділянок; запис виконують за типом *Покриття поверхні А...* (рис. 374). Розміри, що визначають положення поверхні, на яку буде нанесено покриття, можна не проставляти, якщо вони зрозумілі з креслення (рис. 374, *а*).

Способи нанесення покриття і їх позначення такі: хімічний - *Хім*; анодизаційний - *Ан*; гарячий - *Гар*; дифузійний - *Диф*; металізаційний - *Мет* та ін. електролітичний спосіб нанесення покриття як найпоширеніший умовного позначення не має.

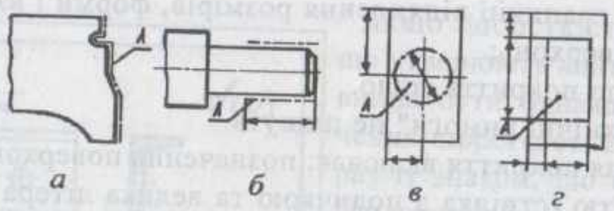


Рис. 374

Вид покриття позначають однією або кількома літерами, наприклад, залізне - *Ж*; кадмієве - *Кд*; мідне - *М*; свинцеве - *С*; олов'яне - *О*; хромове - *Х*; окисне - *Окс*; фосфатне - *Фос*; цинкове - *Ц* тощо. Якщо покриття виконують із сплаву двох або трьох компонентів, то крім позначення показують максимальний вміст у відсотках першого і другого (якщо їх три) компонентів, наприклад: *М-Ц(60)* - мідноцинкове покриття з вмістом міді до 60%.

Технологічну ознаку покриття показують першими літерами слів: чорне - *ч*; тверде - *тв*; молочне - *мол*; пористе - *пор*; електроізоляційне -*із* тощо.

Товщину покриття подають у мікрометрах (мкм), беручи її з ряду 1; 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 30; 36; 42; 48; і 60 мкм.

Ступінь блиску позначають (у разі потреби) так: матове - *м*; блискуче - *б*; дзеркальне - *зк*.

Позначення додаткових видів покриття: фосфатування - *фос*; хроматування - *хр*; оксидування - *окс* тощо.

Під термічною обробкою розуміють технологічний процес, який складається з нагрівання до певної температури та швидкого або повільного охолоджування виробу.

Внаслідок термічної обробки метал змінює структуру і набуває потрібних механічних або фізико-хімічних властивостей. Основними видами термічної обробки є відпал, гартування, ціанування.

Аналогічно покриттю наносять позначення термічної та іншої обробок. При цьому зазначають властивості матеріалу після оброблення, наприклад, твердість (HRC, HRB, HRA, HB, HV), границя міцності ($у_в$), границя пружності ($у_т$), ударна в'язкість ($a_к$) тощо. Глибину обробки зазначають літерою *h*. Глибину обробки і міцності матеріалів на кресленні зазначають граничними значеннями "від - до", наприклад, h0,7...0,9; 40...46 HRC. У технічно обгрунтованих

випадках можна зазначати номінальні значення цих величин з граничними відхиленнями, наприклад, h0,8±0,1; (43±3) HRC. Можна зазначати значення показників властивостей матеріалів із знаками ≤ або ≥, наприклад, $у_в$≥1500 МПа, ≥ 780 HV і т.д.

Можна на кресленнях зазначати види обробки, результат яких не підлягає контролю, наприклад, відпал, а також види обробки, якщо вони є єдиними, що гарантують потрібні властивості матеріалу і довговічність виробу. У цих випадках вид обробки зазначають словами або умовними скороченнями, які прийняті у науково-технічній літературі.

Якщо виріб обробляють одним видом обробки, то в технічних вимогах виконують запис 40...45 HRC, або *Цементувати* h0,7...0,9 мм; 58...62 HRC, *Відпал* тощо. При потребі зазначають місце випробування (рис. 375).

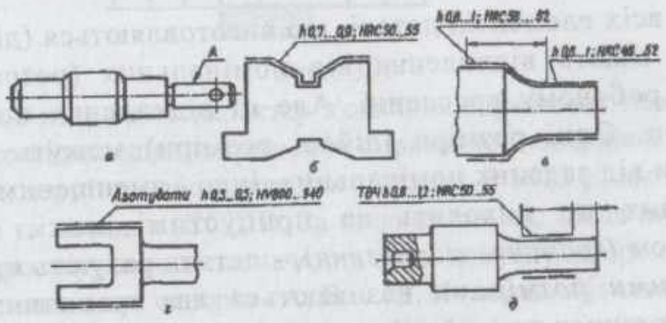


Рис. 375

Якщо обробці підлягають окремі ділянки, то показники властивостей матеріалів і при потребі спосіб отримання цих властивостей зазначають на поличці-виносці, а ділянки виробу, які повинні бути оброблені, помічають штрих-пунктирною стовщеною лінією, яку проводять на відстані 0,8...1 мм від них, із зазначенням розмірів, що визначають ці ділянки. Розміри, які визначають поверхню, яка обробляється, можна не проставляти, якщо вона зрозуміла з креслення.

Поверхні виробу, що підлягають обробці, відмічають штрих-пунктирною лінією на тій проекції, на якій вони краще визначені (рис. 375). Можна відмічати ці поверхні і на інших проекціях. При цьому напис з показниками властивостей матеріалу, що належить до

тієї ж поверхні, наносять один раз. При однаковій обробці симетричних ділянок або поверхонь виробу відмічають штрих-пунктирною лінією всі поверхні, що підлягають обробці, а показники властивостей матеріалу вказують один раз.

При наявності на виробі ділянок поверхонь з різними вимогами до властивостей матеріалу, ці вимоги вказують окремо для кожної ділянки.

Допускається не відмічати штрих-пунктирною лінією поверхні або ділянки виробу, які визначаються терміном або технічним поняттям (наприклад, робоча частина або хвостовик ріжучого інструменту, поверхні зуб'їв зубчастого колеса або поверхні, що позначені літерами тощо). У цьому випадку в технічних вимогах виконують запис за зразком: *Хвостовик* h0,8…1 мм; 48…52 HRC, *Поверхня* А - 45…50 HRC.

20.8. Позначення на кресленнях допусків і посадок

Розміри всіх елементів деталі, що виготовляються (дійсні розміри) завжди мають відхилення від номінальних (розрахункових), заданих на робочому кресленні. Але ці відхилення повинні бути допустимими. Одні розміри (дійсні розміри) можуть бути дещо збільшеними від заданих номінальних, інші - зменшеними, але коли кожен із них не виходить за припустимі межі, які задані конструктором *(граничні відхилення)*, - деталь рахують придатною.

Граничними розмірами називаються два граничних значення розмірів, між якими повинен знаходитись дійсний розмір. Більший з них називається *найбільшим граничним розміром*, менший - *найменшим граничним розміром*.

У першому випадку граничні відхилення позначають знаком "+", у другому - знаком "-". Величину граничних відхилень вимірюють у мікроміліметрах (1 мкм = 0,001).

Допуском розміру називається різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами (рис. 376). Різниця між наслідками вимірювання і номінальним розміром називається ***відхиленням*** розміру.

Розрізняють розміри номінальні, дійсні і граничні (рис.376). *Номінальними* називаються спільні для вала і отвору розміри, які проставляють на кресленні. Їх визначають розрахунком або вибирають з конструктивних і технологічних міркувань. Розміри,

які дістають вимірюванням готової деталі, називають *дійсними*. Враховуючи похибки обробки, призначення машини, конструктор установлює найбільший і найменший *граничні* розміри.

Відхилення записують після номінального розміру, меншими цифрами одне під другим, наприклад: $100^{+0,02}_{-0,012}$, де 100- номінальний розмір; +0,023 - верхнє, -0,012 - нижнє відхилення.

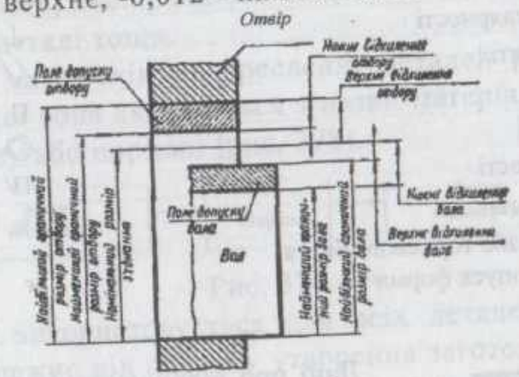


Рис. 376

Посадкою називають характер з'єднання спряжених поверхонь деталей. Залежно від поєднання розмірів спряжених поверхонь може виникнути *рухома*, *нерухома* або *перехідна* посадка. З 1983 р. діє Єдина система допусків та посадок (ЄСДП). За цією системою після позначення номінального розміру дають позначення поля допуску літерою латинського алфавіту: великою для отворів - A, B,…,G, H (посадка із зазором); I, S, …, M, N (для перехідних посадок); P, R,…,2B, 2C (посадка із зазором) тощо.

ЄСДП передбачає 19 квалітетів - 0; 1,0; 1,2; …, 17, що записують після літери, наприклад G6, H7, g8, c9. Для поля допуску на різь спочатку записують квалітет, а потім літеру 6g, 7H.

При нанесенні розміру з полем допуску його записують за типом: ∅10h9, R54H6. Посадку записують відношенням полів допуску: ∅46H9/s7.

Для поверхонь відносно низької точності в технічних вимогах записують: "Незазначені граничні відхилення розмірів: *H14, h14,* $\pm e_2/2$".

З допусками розмірів тісно пов'язані допуски форми та розміщення поверхонь ГОСТ 24643-81 та ГОСТ 2.308-68 (табл. 15).

Таблиця 15

Умовне позначення допусків
ГОСТ 2. 308-68

Назва допуску	Знак
Прямолінійності	Ї
Перпендикулярності	⊥
Паралельності	//
Круглості	П
Співвісності	◎
Циліндричності	⌭
Симетричності	≡
Радіального або торцевого биття (сумарний допуск форми та розміщення)	↗

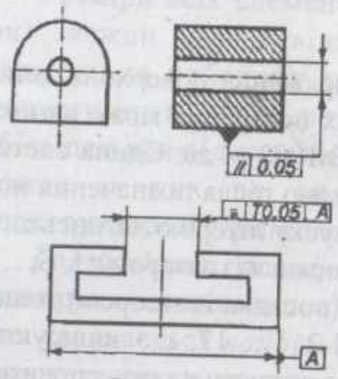


Рис. 377

Дані про відхилення форми та розміщення поверхонь наводять у прямокутній рамці, поділеній на дві частини або більше. У перший частині записують знак допуску, у другій - числове значення в міліметрах, яке беруть з відповідних таблиць ГОСТ 24643 - 81, а у третій - позначення бази (рис.377). Шрифт цифр і літер такий самий, як і розмірних чисел. Рамку сполучають з відповідним елементом тонкою суцільною лінією, що закінчується стрілкою. Якщо допуск стосується осі поверхні або площини симетрії, то лінія сполучення має бути продовженням розмірної (рис. 377). Перед числовим значенням допуску записують знак діаметра, якщо кругове поле допуску позначають діаметром; знак R, якщо поле допуску позначають його радіусом; знак Т, якщо поле допуску симетричності позначають у діаметральному виразі, і знак Т/2 - у радіусному виразі.

Якщо допуски форми та розміщення поверхонь не зазначені на кресленні, то їх вибирають у межах поля допуску розміру самого елемента.

Числові значення відхилень розміщення поверхонь та сумарні вибирають з таблиць ГОСТ 25069-81.

20.9. Матеріали та їх умовне позначення

Вибір матеріалу є важливим процесом при конструюванні деталей. Він здійснюється з урахуванням властивостей матеріалу, умов роботи деталі (середовище, вид навантаження, довговічність, ремонтопридатність, екологічність тощо), можливостей її виготовлення, вартості деталі тощо.

Позначення матеріалів на кресленні деталей розташовують в основному написі вона складається з назви матеріалу, його марки і номера стандарту або нормалі (рис. 378).

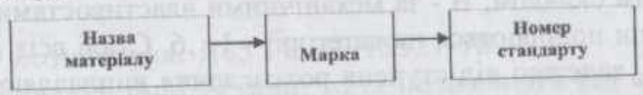


Рис. 378

Така схема використовується для всіх деталей з механічною обробкою незалежно від способу утворення заготовки. Для деталей з прокату обробленими повинні бути всі поверхні. Позначення складається в цьому випадку не тільки з якісної характеристики матеріалу, а також включає назву сортаменту з його характерними розмірами та номери стандарту на цей сортамент (рис. 379).

Назва сортаменту матеріалу	Розмірна характеристика профілю та номер стандарту на його постачання
	Марка матеріалу та номер стандарту на його постачання

Рис. 379

При такій схемі позначення матеріал для деталей, виготовлених із стандартного профілю, поверхня повністю або частково зберігається в стані постачання, тобто додатково не обробляється.

Нижче наведено найпоширеніші види матеріалів та їхні марки.

Чавуни поділяються на сірі, ковкі, високоміцні та ін. Найпоширеніші виливки з сірого чавуну марок: 10, 15, 18, 20, 25, 30, 35 (ГОСТ1412-85). Чим більше число, тим міцніший чавун на розтягання та згинання.

Приклад позначення: СЧ 25 ГОСТ 1412-85.

Для навантажуваних деталей складної конфігурації застосовують високоміцні чавуни марок 35 ... 100 (ГОСТ 7293-85).

Приклад позначення: ВЧ 35 ГОСТ 7293-85.

Ковкий чавун застосовують для деталей, що піддаються динамічним навантаженням. Ці чавуни бувають двох видів (ГОСТ 1215-79):

феритовий (Ф) марок 30-6, 33-8 тощо, перлітовий (П) марок 45-7, 50-5 тощо (перше число означає граничне напруження на розтягання (у кілограмах на квадратний міліметр), друге - відносне подовження (у відсотках).

Приклад позначення: КЧ 30-6 ГОСТ 1215-79; КЧ 60-3П ГОСТ 1215-79.

Сталь - за хімічним складом поділяється на вуглецеву і леговану, а за призначенням - на конструкційну, інструментальну і спеціальну.

Сталь вуглецеву звичайної якості (ДСТУ 2651-94) виготовляють семи марок - 0…6 (чим більше число, тим сталь твердіша, але більш крихка) і трьох груп: А - що постачається за механічними властивостями; Б - за хімічним складом; В - за механічними властивостями та хімічним складом. Групи поділяються на категорії - 1…6. Сталі всіх марок і груп, крім марки 0, залежно від ступеня розкислення виплавляють киплячою (кп), напівспокійною (пс) і спокійною (сп).

Приклад позначення: Ст3пс ДСТУ 2651-94 - сталь групи А (не вказують), напівспокійна; БСт5кп3 ДСТУ2651-94 - група Б, марка 5, кипляча, категорії 3.

Позначення без зазначення групи, ступеня розкислення та категорії застосовують тоді, коли умови не вимагають якісної характеристики сталі.

Із сталі марок 0 і 1 виготовляють мало навантажувані деталі (кожухи, труби); із сталі Ст3 - прокат, гайки, шайби; із сталі Ст5 та Ст6 - деталі, що витримують велике навантаження (заклепки, шпонки, вали, зубчасті колеса).

Сталь вуглецеву якісну конструкційну виготовляють за ГОСТ 1050-88 з гарантованим хімічним складом та механічними властивостями марок: 08, 10, 15, 20…60. Число означає вміст вуглецю в сотих частках відсотка.

Приклад позначення: Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Із сталі марок 10, 15, 20 виготовляють болти, гвинти, гайки; із сталі марок 45…60 -вали, шестерні та інші важливі деталі.

Ливарні сталі поділяють на три групи (ГОСТ 977-88): I - звичайного призначення; II - відповідального призначення; III - особливо відповідального призначення.

Приклад позначення: Сталь 25 Л-II ГОСТ 977-88.

Алюмінієві сплави, призначені для литва, позначають АЛ1, АЛ2 тощо; для кування - АК1, АК2 тощо; оброблювані тиском - Д1, Д2 тощо (дюралюміній). Сплав алюмінію з кремнієм називають силуміном - СИЛ-00, СИЛ-0 тощо.

Приклад позначення: АК9 ГОСТ 4784-74; Д16 ГОСТ 4784-74.

Бронза - це сплав міді, олова та інших металів. У позначенні бронзи зміст літер такий: О - олово; Ц - цинк; С - свинець; Н - нікель; Ф - фосфор; А - алюміній; Ж - залізо; Мц - марганець. Цифри показують середній вміст елемента у відсотках.

Приклад позначення: БрОЦСН3-7-5-1 ГОСТ613-79.

Бронза використовується для арматури до антифрикційних деталей та пружин.

Латунь - це сплав міді з цинком та іншими металами. Позначення містить літеру Л та цифру, що відповідає відсотковому вмісту міді.

Приклад позначення: Л65 ГОСТ 15527-70.

Якщо у сплаві є інші метали, то їх позначають так само, як і для бронзи.

Приклад позначення: ЛС59-1 Г15527-70 (містить 59% міді, 1% свинцю, решта - цинк).

Із латуні виготовляють трубки, прутки, дріт.

Бабіт - сплав олова і свинцю з міддю, сурмою та ін. Марки бабіту: Б6, Б16, Б88 та ін. Число вказує відсотковий вміст олова.

Приклад позначення: Б88 ГОСТ 1320-74.

Бабіт застосовують у вигляді заливки в підшипники ковзання як антифрикційний матеріал.

Прес-матеріал - АГ-4 застосовують для виготовлення різнома-нітних деталей та електроізоляції.

Приклад позначення: Прес-матеріал АГ-4В ГОСТ20437-89.

Скло органічне конструкційне має товщину листів 0,8…24,0 мм.

Текстоліт конструкційний випускають за ГОСТ 5-78, електротехнічний - за ГОСТ 2910-74.

Приклади позначення: Текстоліт ПТК-40 сорт 1 ГОСТ 5-78 (ПТК- марка, 40 - діаметр стержня). Текстоліт А-10,0 ГОСТ 2910-74 (А - марка, 10,0 - товщина листа, мм).

Гетинакс випускають для виготовлення втулок підшипників, трубок. Є сім марок гетинаксу, що використовуються залежно від вологості, температури та інших умов (ГОСТ 2718-74).

Приклад позначення: Гетинакс VI 12,0 ГОСТ 2718-74 (12,0 - товщина листа).

Пароніт випускають як прокладний матеріал. За ГОСТ 481-80 є сім марок, ПОН -загального призначення, ПМБ -маслобензостійкий.

Приклад позначення: пароніт ПОН 0,8 х 300 х 400 ГОСТ 481-80.

Крім того, випускають вініпласт (ГОСТ 9639-71) марок ВН, ВП, ВНТ; фенопласт (ГОСТ 5689-79) групи 32 марки К-21-22; фторопласт (ГОСТ 10007-80) марок: С- для спецвиробів; П - електроізоляції; О - загального призначення; Т - товстостінних виробів; поліуритан марки ПУ-1; поліетилен (ГОСТ 16388-70) марок 20306, 21006 та ін.

Приклади позначення: Фторопласт - 4П ГОСТ 10007-80; Фенопласт Є2 К-21-22 ГОСТ 5689-79.

Пластини гумові (І) та гумотканинні (ІІ) за ГОСТ 7338-90 - марки МС - маслостійка, МБС - маслобензостійка.

Приклад позначення: Пластина І лист МС-М-3 х 200 х 250 ГОСТ 7338-90 (М - м'яка, 3 х 200 х 250 - розміри листа).

Повсть технічна: тонкошерста (ГОСТ 288-72), напівгрубошерста (ГОСТ 6308-71), грубошерста (ГОСТ 6418-81).

Приклади позначення: Повсть ТС7 ГОСТ 288-72 (Т - тонкошерста. С - сальникова, 7 - товщина, мм).

Кільце СТ 75-50-7 ГОСТ 288-72 9числа - це розміри кільця, мм).

Якщо форма і умови роботи деталі в конструкції потребують виготовлення її з металу певного сортаменту (листа, каліброваного прутка, дроту, певного профілю тощо), то наводять дані про сортамент (у чисельнику, як вказано на схемі) та матеріал (у знаменнику).

Приклади позначення:

$$\text{Шестигранник}\ \frac{17\,ГОСТ\,2879-88}{25\,ГОСТ\,1050-88}.$$

$$\text{Квадрат}\ \frac{24\,ГОСТ\,2591-88}{20\,ХГОСТ\,4543-71}.$$

$$\text{Штаба}\ \frac{5х50\,ГОСТ\,103-76}{Ст3\,ГОСТ\,535-79}.$$

20.10. Приклади виконання креслень технічних деталей

На рис.380 наведено робоче креслення вала. Його виготовлено з круглого прокату на токарному верстаті в центрах. Цей вал відноситься до "круглих" деталей - деталі, які обмежені переважно поверхнями обертання. До таких деталей належать: осі, вали, втулки, шпинделі тощо. На кресленні ці деталі зображаються переважно в одній проекції - головному вигляді (вигляд спереду), причому вісь вала розміщують горизонтально згідно з установленням на верстаті. Для виявлення форми та розмірів окремих частин вала застосовані поперечні перерізи та

виносні елементи. Технічні вимоги характерні для деталі, виготовленої точінням.

Розміри на кресленні в основному складаються з довжин і діаметрів. Щоб проставити поздовжні розміри, застосовують розмірні бази. За основну розмірну базу тут взято ліву торцеву площину вала, відносно якої орієнтовано розміри 11, 16, 70, 117 мм.

Отже, щоб правильно виконати креслення круглої деталі, треба:

- правильно визначити її головний вигляд;
- виконати потрібні додаткові зображення (перерізи, виносні елементи);
- вибрати основні і допоміжні бази і нанести розміри з урахуванням цих баз;
- нанести позначення шорсткості поверхонь з урахуванням конструкції деталі і технології її виготовлення.

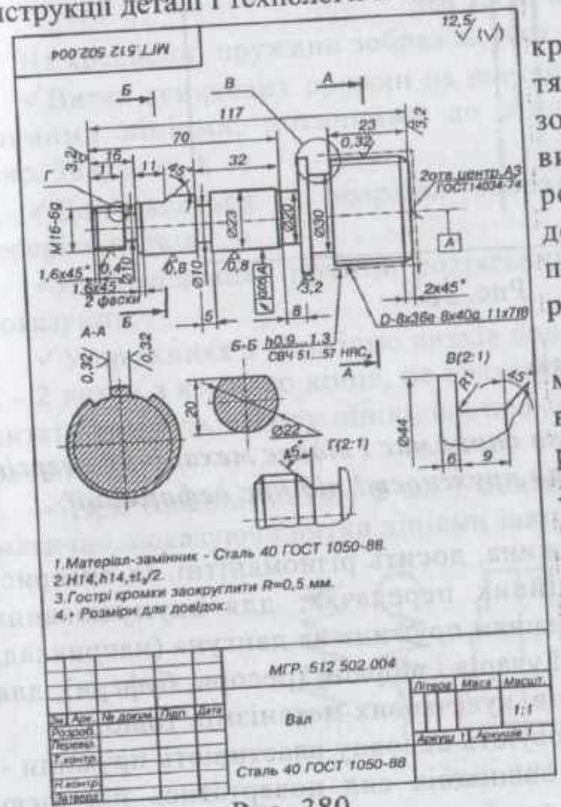


Рис. 380

На рис. 381 зображено кришку, виготовлену литтям. Литі деталі здебільшого зображають у двох і трьох виглядах з відповідними розрізами. Для литих деталей характерні плавні переходи, ливарні ухили і радіуси.

У нашому випадку на місці головного вигляду виконано складний ламаний розріз. У литих деталях лише частину поверхонь оброблюють механічно, а саме ті, що стикаються у виробі з іншими.

У технічних вимогах на литі деталі слід зазначати величини ливарних ухилів, радіусів тощо.

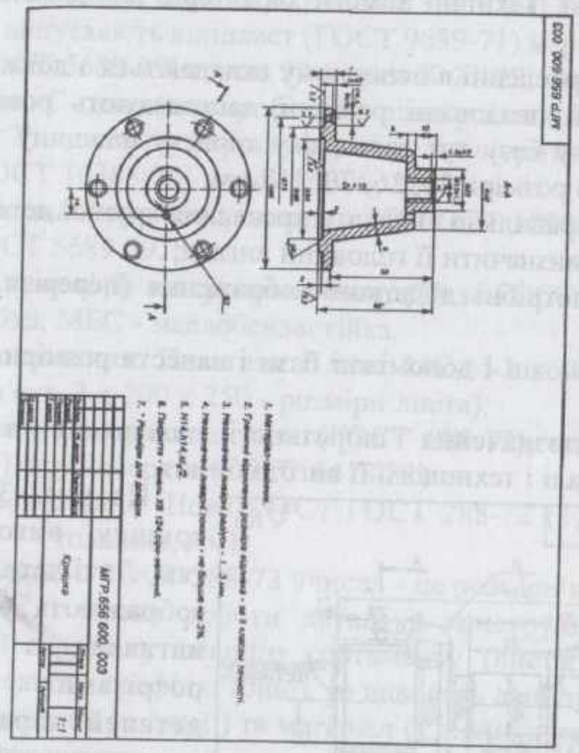


Рис. 381

20.11. Креслення пружин

Пружина - це деталь, яка сприймає і віддає механічну енергію за рахунок використання сил пружності під час деформації.

Функції, що виконує пружина, досить різноманітні. Їх використовують у гальмах, фрикційних передачах, для акумулювання енергії з наступним використанням пружини як двигуна (наприклад, годинникові), для амортизації ударів і вібрації (ресори, буфери), для зворотніх переміщень клапанів, кулачкових механізмів тощо.

В усіх випадках використовують основну властивість пружини - після закінчення дії на неї зовнішніх сил повертатись під дією внутрішніх сил пружності до своєї первинної форми.

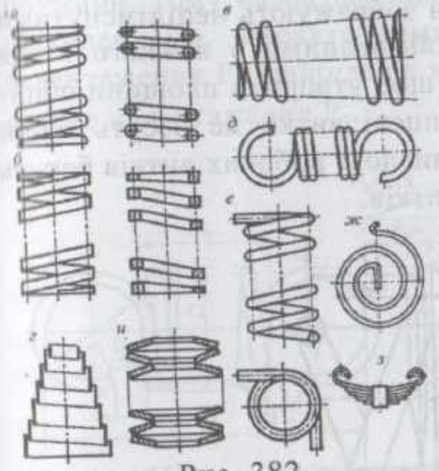


Рис. 382

За призначенням *пружини поділяються на пружини стискання, розтягання, кручення і згину;* ***за формою*** *виконання (рис. 382, а-г) - на гвинтові циліндричні (а, б) і конічні (в-г), стискання з різноманітною формою поперечного перерізу витків; циліндричні розтягання (д); кручення (е); спіральні (ж); плоскі (з); тарільчасті (и) тощо (ГОСТ 2.401-68).*

Виготовляють пружини з якісних вуглецевих сталей марок 65, 70, 60Г, 65Г (ГОСТ 1050-88), кремнистих сталей 55С2, 60С2 (ГОСТ 4543-71) та ін.

На кресленні пружини зображаються умовно:

✓Витки гвинтових пружин на вигляді або в розрізі зображують прямими лініями, дотичними до відповідних ділянок контуру (рис. 381, *а, в, д, е*).

✓Допускається в розрізах зображувати тільки поперечні перерізи витків.

✓На кресленнях пружин розтягання просвіту між витками не показують.

✓У пружинах з кількістю витків понад чотири креслять лише по 1 - 2 витки з кожного кінця, не враховуючи опорних. Замість інших витків креслять осьову лінію, що проходить через центри перерізів витків.

✓При товщині витків 2 мм і меншій пружини зображують схематично, показуючи витки лініями завтовшки 0,6...1,5 мм (рис. 383).

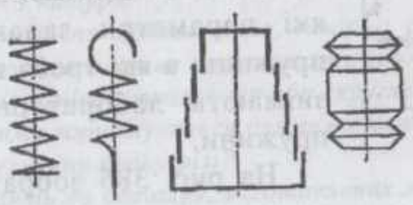


Рис. 383

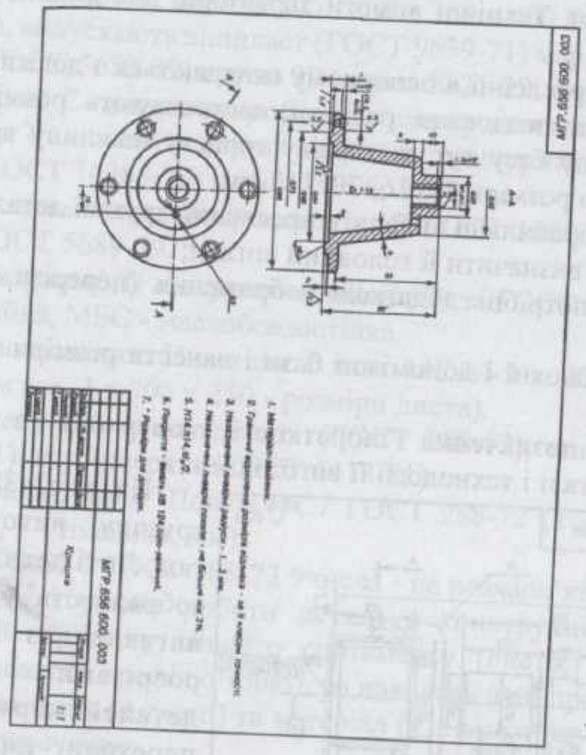


Рис. 381

20.11. Креслення пружин

Пружина - це деталь, яка сприймає і віддає механічну енергію за рахунок використання сил пружності під час деформації.

Функції, що виконує пружина, досить різноманітні. Їх використовують у гальмах, фрикційних передачах, для акумулювання енергії з наступним використанням пружини як двигуна (наприклад, годинникові), для амортизації ударів і вібрації (ресори, буфери), для зворотніх переміщень клапанів, кулачкових механізмів тощо.

В усіх випадках використовують основну властивість пружини - після закінчення дії на неї зовнішніх сил повертатись під дією внутрішніх сил пружності до своєї первинної форми.

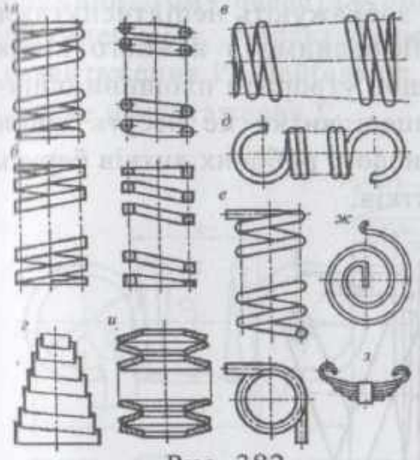


Рис. 382

За призначенням *пружини поділяються на пружини стискання, розтягання, кручення і згину;* ***за формою*** *виконання (рис. 382, а-г) - на гвинтові циліндричні (а, б) і конічні (в-г), стискання з різноманітною формою поперечного перерізу витків; циліндричні розтягання (д); кручення (е); спіральні (ж); плоскі (з); тарільчасті (и) тощо (ГОСТ 2.401-68).*

Виготовляють пружини з якісних вуглецевих сталей марок 65, 70, 60Г, 65Г (ГОСТ 1050-88), кремнистих сталей 55С2, 60С2 (ГОСТ 4543-71) та ін.

На кресленні пружини зображаються умовно:

✓Витки гвинтових пружин на вигляді або в розрізі зображують прямими лініями, дотичними до відповідних ділянок контуру (рис. 381, *а, в, д, е*).

✓Допускається в розрізах зображувати тільки поперечні перерізи витків.

✓На кресленнях пружин розтягання просвіту між витками не показують.

✓У пружинах з кількістю витків понад чотири креслять лише по 1 - 2 витки з кожного кінця, не враховуючи опорних. Замість інших витків креслять осьову лінію, що проходить через центри перерізів витків.

✓При товщині витків 2 мм і меншій пружини зображують схематично, показуючи витки лініями завтовшки 0,6...1,5 мм (рис. 383).

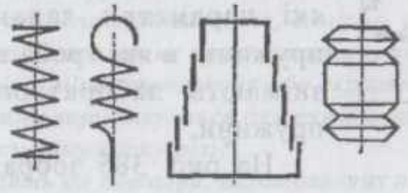


Рис. 383

✓Кінцеві витки гвинтових пружин зображують непідтиснутими (рис. 384, *а*) або підтиснутими і шліфованими з кожного кінця на 3/4 опорної поверхні (рис. 384, *б*), щоб утворити площини обпирання пружини. Навантаження ці кінцеві витки не несуть і при розрахунках їх не враховують, тобто число *n* робочих витків беруть на 1,5 - 2 меншим за повне число n_1 витків.

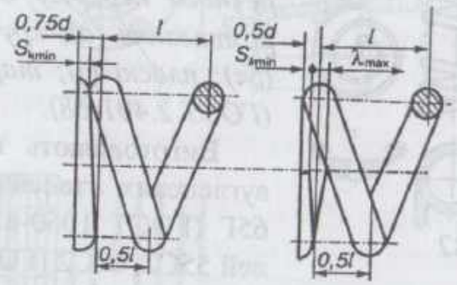


Рис. 384

✓Пружини розтягання і кручення мають спеціальні зачіпки для кріплення в механізмі.

Вимоги щодо робочих креслень пружин:

•Розміщують гвинтові пружини на робочих кресленнях горизонтально. Пружини стискання, як правило, виконують в одному зображенні, а пружини розтягання і кручення - у двох. Креслять пружину лише з правим напрямком навивання, а справжній напрямок зазначають у технічних вимогах.

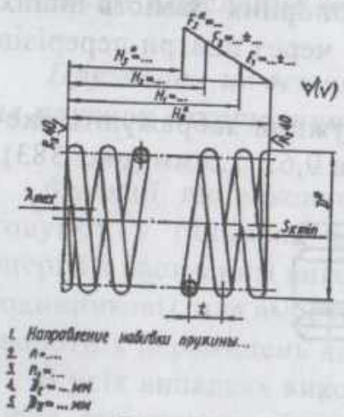


Рис. 385

•На робочому кресленні пружин відповідального призначення поміщають діаграму випробувань, на якій показують зміну навантаження від деформації або деформації від навантаження (залежно від того, які параметри задані умовами роботи пружини, а які треба визначити). Діаграму знімають лабораторним випробуванням пружини.

На рис. 385 зображено пружину стискання з підтиснутими по 3/4 витка з кожного кінця і підшліфованими на 3/4 кола опорними витками. Заданим параметром є висота, або деформація

пружини. Тому навантаження на діаграмі записують з граничними відхиленнями. Характерними точками на діаграмі є попереднє навантаження P_1, найбільше навантаження P_2 і найбільше випробувальне навантаження P_3.

Рис. 386

На рис. 386 наведено пружину розтягання із зачіпками, відкритими з одного боку і розміщеними в одній площині.

Якщо для характеристики пружини досить задати лише один вихідний і один залежний від нього параметр, то діаграму не будують і параметри показують у технічних вимогах.

•Під кресленням пружини розташовують технічні вимоги на виготовлення і контроль її. Зміст і розташування пунктів цих вимог подано в ГОСТ 2.401-68. На навчальних кресленнях рекомендується показувати такі дані: напрям навивання пружини; кількість *n* робочих витків; повну кількість n_1 витків; діаметр контрольного стержня D_c або контрольної гільзи D_2; розміри і параметри для довідок.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке креслення називається робочим та які вимоги ставлять до нього?
2. Які креслення називають ескізами і в якій послідовності рекомендується виконувати ескіз деталі з натури?
3. Що таке конструктивна технологічна, вимірна, складальна база?
4. На які розміри дозволяється не проставляти граничних відхилень?
5. Як нанести розмір у місці спряження або скруглення деталі?
6. Інструменти, якими користуються для вимірювання деталей.
7. Як вимірюють величину кроку різі?
8. Які вимоги ставлять до деталей, виготовлених литтям?
9. Які вимоги ставлять до деталей з механічною обробкою?
10. За якими співвідношеннями знаходять розміри проточки різі?
11. Як оцінюють шорсткість поверхні деталі?

12. Якими знаками позначають шорсткість поверхні? Як креслять ці знаки?

13. Як проставити на кресленні шорсткість, якщо всі елементи деталі мають однакову шорсткість поверхонь?

14. Розшифруйте умовне позначення "КЧ 37-12 ГОСТ 1215-79".

15. Що означає запис "Сталь 35Г2 ГОСТ 4543-71"?

16. У чому особливості виконання робочого креслення круглої та литої деталі?

§21. З'ЄДНАННЯ

21.1. Загальні положення

З'єднання деталей у виробі може бути рознімне і нерознімне.

Рознімні з'єднання здійснюється за допомогою різевих кріпильних виробів (болтів, гвинтів, гайок, шпильок тощо), шпонок, штифтів тощо.

Нерознімне з'єднання може бути виконане зварюванням, паянням, склеюванням, а також за допомогою заклепок.

Креслення рознімних з'єднань виконують з використанням рекомендуючих стандартами спрощень та умовностей. Умовне зображення виконують лише на складальних кресленнях, коли діаметр стержня менший за 2 мм.

21.2. Болтове з'єднання

Болтове з'єднання використовується для з'єднання деталей машин невеликої товщини за наявністю місця для розміщення головки болта та гайки.

У машинобудуванні, а також у навчальній практиці під час виконання складальних креслень, болти, гайки і шайби інколи креслять за відносними розмірами. При цьому всі розміри деталей є функцією зовнішнього діаметра болта d.

Болтове з'єднання - це вузол (рис. 387), **який складається з болта, гайки, шайби і з'єднувальних деталей. Шайба - підкладка під гайку у вигляді плоского кільця, яка захищає опорну поверхню**

деталі і збільшує опорну поверхню під гайкою. Довжина болта визначається за розмірами елементів деталей, що з'єднуються із врахуванням товщини шайби і висоти гайки, які, в свою чергу, визначаються за відповідними стандартами на кріпильні вироби.

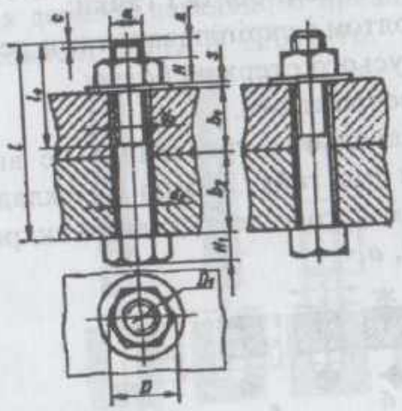


Рис. 387

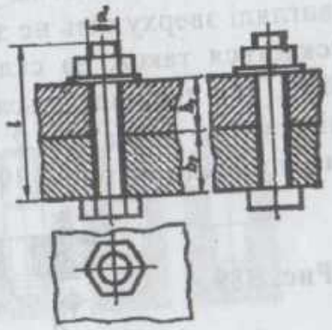


Рис. 388

Довжина болта визначається за формулою

$$L = b_1 + b_2 + s + H + a,$$

де b_1, b_2 - товщина скріплюваних деталей, мм;

s - товщина шайби, мм;

H - висота гайки, мм;

a - вихід кінця болта з гайки (приймається довжиною 1- 2 кроки різі болта), мм;.

c - фаска на кінці болта.

Отриману розрахункову довжину болта потрібно заокруглити до найближчої стандартної довжини за відповідним стандартом. За цим же стандартом визначають довжину нарізаної частини болта l_0 і всі інші лінійні розміри болта. Розміри гайки і шайби вибирають також за відповідними стандартами.

Кріпильні деталі на складальних кресленнях прийнято викреслювати не за дійсними, а за відносними розмірами (рис. 387, 388). За основу береться зовнішній діаметр різі d.

Розміри: $D=2d$; $D_1=2,2d$; $H=0,8d$; $H_1=0,7d$; $c=0,12d$; $s=0,15d$; $d_1=0,85d$; $d_2=1,1d$; $a=0,25\div0,5d$.

На складальних кресленнях болтове з'єднання рекомендується зображувати спрощено. Спрощене зображення болтового з'єднання показано на рис. 388.

Спрощення такі:

- не зображаються фаски на головці болта і гайки;
- не показують зазор між болтом і скріплювальними деталями;
- різь зображають поздовж усього стержня болта;
- на вигляді зверху різь не зображають.

Допускається також на складальних кресленнях не викреслювати шайби, які підкладаються під гайку. Якщо на складальному кресленні діаметр болта d = 2 мм, то таке з'єднання викреслюють умовно, як показано на рис. 389, *а*.

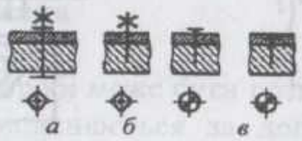


Рис. 389

Потрібно звернути увагу на такі особливості виконання болтового з'єднання:

* на кресленні з'єднання проставляють лише три розміри: діаметр різі, довжину болта і діаметр отвору в скріплювальних деталях;

* головку болта і гайку на головному вигляді завжди зображують трьома гранями;

* за стандартом ГОСТ 2.305-68 болти, гвинти і шпильки в поздовжньому розрізі показують нерозсіченими. Як правило, на складальних кресленнях нерозсіченими показують також гайки і шайби;

* лінії штриховки суміжних деталей нахиляють у різні боки. Нахил штриховки для тієї самої деталі роблять в один бік на всіх зображеннях;

* на складальних кресленнях і на кресленнях загального виглядів рекомендується робити спрощене зображення болтового з'єднання.

21. 3. Шпилькове з'єднання

Шпилькове з'єднання використовується в тому випадку, коли в одній з скріплювальних деталей неможливо і не має сенсу виконувати наскрізний отвір (звичайно при великій товщині цієї

деталі). **Шпилька - циліндричний стержень, який має кріпильну різь з двох кінців.** Одним кінцем шпилька загвинчується в тіло деталі, а на другий кінець, що проходить в отвір другої деталі, нагвинчується гайка. Під гайку звичайно підкладається шайба. Для кріплення деталей загального призначення використовують шпильки, виготовлені за ГОСТ 22032-76.

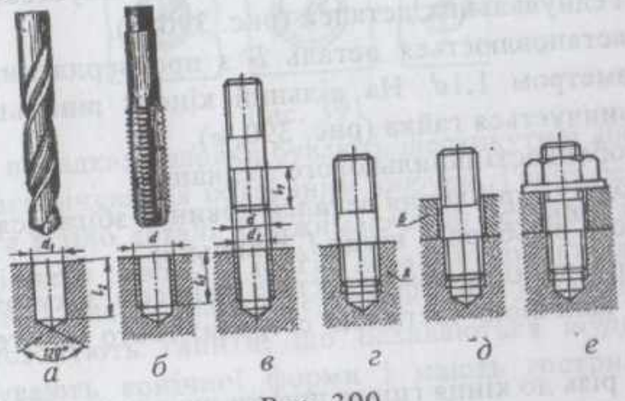


Рис. 390

Довжину шпильки можна обчислити за формулою:

$L=H_2 + S_ш + P + a + c,$

де H_2 - товщина скріплювальної деталі;

$S_ш$ - товщина шайби, $S_ш = 0,15d$;

H - висота гайки, $H = 0,8d$;

a - запас різі на виході з гайки, $a = 0,2d$;

c - висота фаски на кінці шпильки, $c = 0,15d$.

Підставляючи ці значення у формулу, матимемо розрахунков довжину шпильки. Її слід звірити з рядом довжин, що є в стандарт і вибирати найближчу стандартну.

У деталі А (рис. 390) просвердлюють гніздо діаметром 0,85 завглибшки $l_2 = l_1 + 6P$, де l_1 - довжина загвинчуваного кін шпильки. Її вибирають залежно від матеріалу деталі й уточнюють стандартом, Р - крок різі. Отвір закінчується конічною поверхне Кут конуса на кресленні дорівнює 120° (рис. 390, *а*).

Різь у гнізді нарізують мітчиком (рис. 390, *б*) за зовнішнім ді метром *d*. Так як на кінці мітчика є забірний конус, який попередж поломку мітчика на початку різання, то глибина різі буде $l_3 = l_1 +$

Границю різі зображують суцільною основною лінією, перпендикулярною до осі отвору.

Номінальні діаметри різі шпильки та різьбового отвору однакові (рис. 390, *в*).

Шпилька загвинчується в різьбовий отвір деталі *А* на всю довжину різі l_1. Кінець різі кінця, що загвинчується, співпадає з лінією різі з'єднувальних деталей (рис. 390, *г*).

Зверху встановлюється деталь *Б* з просвердленим заздалегідь отвором діаметром 1,1*d*. На вільний кінець шпильки одягається шайба і загвинчується гайка (рис. 390, *е*).

Деякі особливості шпилькового з'єднання:

- лінія поділу скріплення деталей повинна збігатися з межею різі загвинчуваного різьбового кінця l_1 шпильки;
- гніздо під шпильку закінчується конусом з кутом 120°, який утворюється конічною частиною свердла; тобто має технологічний характер;
- нарізати різь до кінця гнізда практично неможливо, а тому, крім збігу різі (2Р) залишається недовід, що дорівнює *4Р*. На складальних кресленнях умовно дозволяється показувати різь до кінця гнізда;
- на кресленні шпилькового з'єднання показують лише три розміри: діаметр та довжину шпильки і діаметр отвору в скріплювальній деталі;
- штриховку в розрізі доводять до суцільної основної лінії різі на шпильці й гнізді;
- на складальних кресленнях рекомендується робити спрощене зображення шпилькового з'єднання за стандартом (рис. 389, *б*).

21.4. З'єднання гвинтами

Гвинтове з'єднання використовується, коли в одній з деталей отвір глухий і вона виготовлена з твердого матеріалу, а також у тому випадку, якщо не має місця для розміщення гайки або гайкового ключа для її загвинчування.

У гвинтову з'єднанні як і в шпильковому, частина гвинта з різзю загвинчується в різьбовий отвір деталі. Креслення різноманітних з'єднань деталей гвинтами показано на рис. 391.

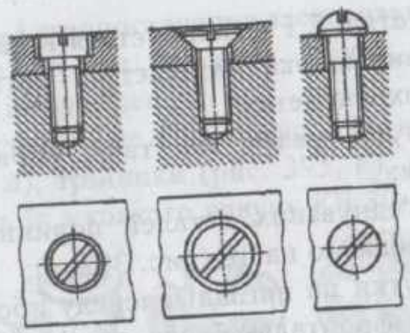


Рис. 391

У деяких випадках головки бувають шестикутної або квадратної форми для загвинчування їх гаєчним ключем. Гвинт безпосередньо загвинчується в тіло деталі, прижимаючи до неї іншу деталь своєю головкою. Діаметр отвору в другій деталі виконується більшим за діаметр гвинта. Для з'єднання дерев'яних або дерев'яної з металевою використовують гвинти, що називаються *шурупами*. Вони звичайно бувають конічної форми і мають гострий трикутний профіль та крок різі довший за звичний.

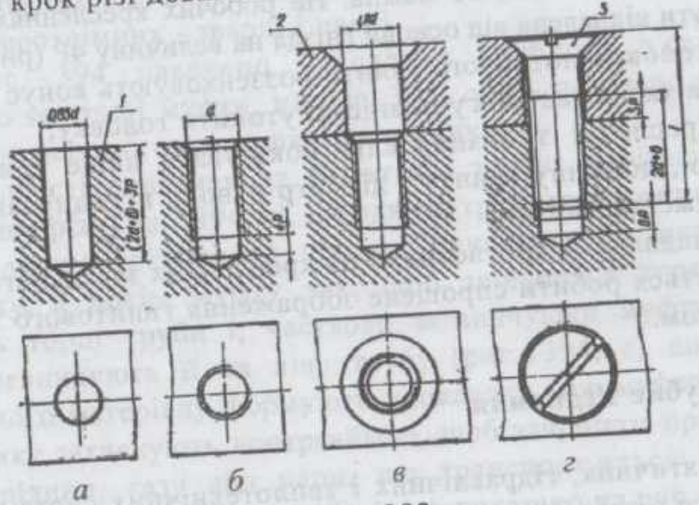


Рис. 392

Гвинтове з'єднання (рис. 392) складається з гвинта 3 та деталей 1 і 2. У деталі 1 просвердлюють гніздо (рис. 392, *а*), в якому нарізують різь (рис. 392, *б*). У приєднуваній верхній деталі 2 просвердлюють отвір діаметром 1,1d (рис. 392, *в*). Гвинт вільно

проходить в отвір деталі 2 і загвинчується в деталь 1 (рис. 392, *г*). Конічна головка гвинта, яка називається потайною, не повинна виступати над поверхнею деталі.

Потрібно звернути увагу на такі умовності зображення гвинтового з'єднання:

- лінія поділу з'єднуваних деталей повинна бути нижчою за межу різі гвинта приблизно на 3Р (рис. 392, *г*);
- шліц для викрутки на вигляді спереду або зліва розміщують перпендикулярно до фронтальної або профільної площини, а на вигляді зверху - повернутим під кутом 45°;
- якщо діаметр головки гвинта на кресленні менший за 12 мм, то шліц показують однією потовщеною лінією;
- діаметр гнізда під гвинт повинен дорівнювати 0,85 d; довжину його розраховують за формулою (2d + 6) + 3Р мм, де Р - крок різі (величина 3Р випливає з того, що гвинт не догвинчується у гніздо на 3Р);
- різь у гнізді можна умовно показати на всю довжину гнізда, хоч нарізати її так мітчиком не можна. На робочих кресленнях межа різі повинна бути віддалена від основи гнізда на величину 4Р (рис. 392, *б*);
- для головки потайного гвинта розсенковують конус під кутом 90°, висота якого дає змогу повністю утопити головку;
- на кресленні з'єднання слід показувати лише три розміри: діаметр різі, довжину гвинта і діаметр отвору в з'єднуваній деталі для проходження гвинта;
- на складальних кресленнях і на кресленнях загального вигляду рекомендується робити спрощене зображення гвинтового з'єднання за стандартом.

21.5. Трубне з'єднання

У пневматичних, гідравлічних і теплотехнічних системах використовуються різеві з'єднання труб (без кріпильних деталей). Труби з'єднуються між собою спеціальними деталями - фітінгами (рис. 393), які використовуються в тому випадку, коли один кінець труби неможливо безпосередньо з'єднати з кінцем іншої труби або коли труби розташовані під кутом.

У системах водо- і газопостачання застосовують стальні неоцинковані труби. Залежно від товщини стінок розрізняють труби звичайні, підсилені і полегшені.

З'єднувальні частини - це прямі (рис. 394, *в*) і перехідні муфти, кутники (рис. 395, *а*), трійники (рис. 395, *б*), ковпаки, контргайки тощо. Виготовляють їх з ковкого чавуну КЧ 30-6, КЧ 35-10 та ін.

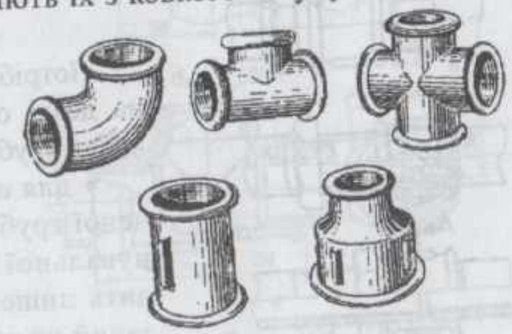


Рис. 393

З'єднання трубопроводів можуть бути рознімні і нерознімні. До числа рознімних відносять з'єднання різеві, фланцеві, розтрубні, а до числа нерознімних - зварні і паяні.

На рис. 394 наведено креслення трубного з'єднання за допомогою короткої муфти, на рис. 395, *а, б* - показано з'єднання, виконане за допомогою кутника та трійника.

У більшості випадків на фітінгах і трубах нарізають трубну циліндричну різь (рис. 394, *а*). На одну із труб, де довжина нарізаної частини довша (різь-згин) ніж на другій трубі, нагвинчують контргайку, а потім муфту так, щоб звільнився торець труби. З'єднують торці труби і, частково загвинчуючи муфту з правої труби, загвинчують її на ліву трубу (рис. 394, *в*) до упору. Із спеціального матеріалу формують прокладку між муфтою і контргайкою, яку затискують контргайкою, щоб запобігти проникненню назовні рідини, газу або пари, що транспортується по трубах. Остаточне зображення та переріз А - А показано на рис. 394, *г*.

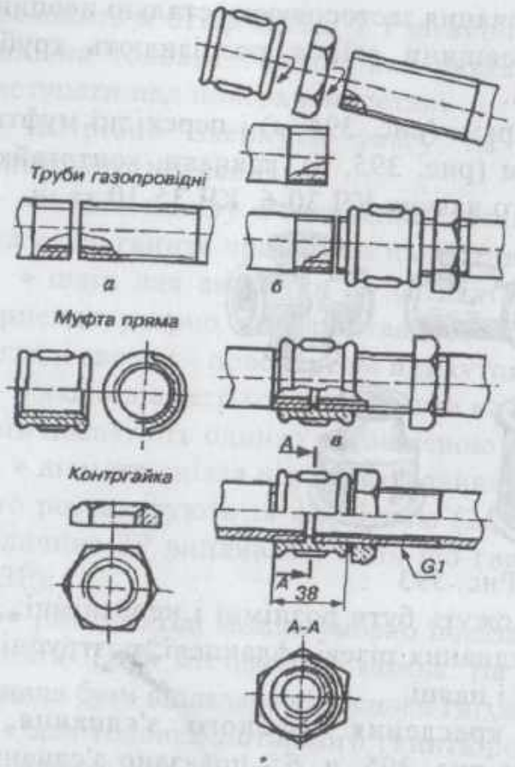


Рис. 394

Потрібно звернути увагу на деякі особливості виконання трубного з'єднання:

- для повністю загвинченої труби за торець з'єднувальної частини виходить лише збіг різі (показаний на рисунку похилою лінією);
- довжина різі на другій трубі має бути на 5 - 7 мм більшою від сумарного розміру ширини муфти та висоти контргайки;
- на з'єднанні наносять розмір трубної різі та ширину муфти;
- трубне з'єднання виконують як конструктивне креслення, а тому слід звернути увагу на правильне виконання буртиків, фасок, ребер та інших елементів з'єднувальних частин.

На рис. 395, *а, б* показано трубне з'єднання, виконане за допомогою кутника та трійника.

Приклади позначення:

Труба немірної довжини - Труба 20 х 2,8 ГОСТ 3262-75, де 20 - умовний прохід; 2,8 - товщина стінки.

Труба з циліндричною (Ц) або конічною (К) різзю: Труба Ц20Х2,8 ГОСТ 3262-75; у комплекті з муфтою: Труба М - 20 Х 2,8 ГОСТ 3262-75; завдовжки 4 м: Труба М - 20 Х 2,8 - 4000 ГОСТ 3262-75.

Для підсилених труб після слова "труба" ставлять літеру "У", для легких труб і труб під накатку - літеру "Н", для труб підвищеної точності - літеру "П".

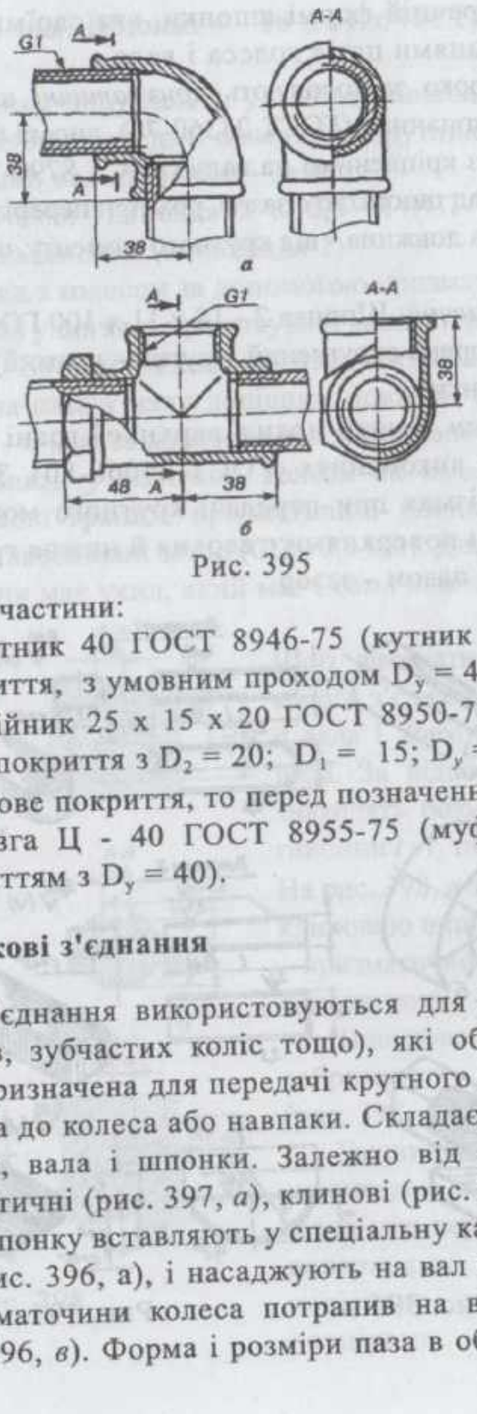


Рис. 395

З'єднувальні частини:

Кутник - Кутник 40 ГОСТ 8946-75 (кутник прямий з ковкого чавуну без покриття, з умовним проходом D_y = 40 мм);

Трійник - Трійник 25 х 15 х 20 ГОСТ 8950-75 (трійник з двома переходами без покриття з D_2 = 20; D_1 = 15; D_y = 25).

Якщо є цинкове покриття, то перед позначенням ставлять літеру "Ц": Муфта довга Ц - 40 ГОСТ 8955-75 (муфта пряма довга з цинковим покриттям з D_y = 40).

21.6. Шпонкові з'єднання

Шпонкові з'єднання використовуються для кріплення на валу деталей (шківів, зубчастих коліс тощо), які обертаються разом з ним. Шпонка призначена для передачі крутного моменту і осьового зусилля від вала до колеса або навпаки. Складається шпонкове з'єднання з колеса, вала і шпонки. Залежно від форми розрізняють шпонки призматичні (рис. 397, *а*), клинові (рис. 397, *б*) та сегментні (рис. 397, *в*). Шпонку вставляють у спеціальну канавку - паз, зроблений на валу (рис. 396, а), і насаджують на вал колесо (рис. 396, *б*) так, щоб паз маточини колеса потрапив на виступаючу частину шпонки (рис. 396, *в*). Форма і розміри паза в обох деталях повинні

відповідати поперечній формі шпонки, яка своїми гранями входить у спряження з гранями пазів колеса і вала.

Найбільш широко застосовують *призматичні шпонки*: нормальної висоти в трьох виконаннях (ГОСТ 23360-78), високі (ГОСТ 10748-79) та напрямні шпонки з кріпленням на валу (ГОСТ 8790-79). Бічні грані цих шпонок - робочі, над шпонкою є зазор, розміри перерізу шпонки залежать від діаметра вала, а довжина - від крутного моменту, осьове зусилля ці не передають.

Приклад позначення: Шпонка 2 - 18 х 11 х 100 ГОСТ 23360-78, де 2 - виконання (один торець скруглений, другий - прямий); 18 х 11 - переріз; 100 - довжина шпонки.

Клинові шпонки мають похил верхньої грані 1:100 і випускаються в чотирьох виконаннях (ГОСТ 24068-80). Застосовують їх у тихохідних механізмах при передачі крутного моменту й осьового зусилля. Робочими поверхнями є верхня й нижня грані, між бічними гранями шпонки і пазом - зазор.

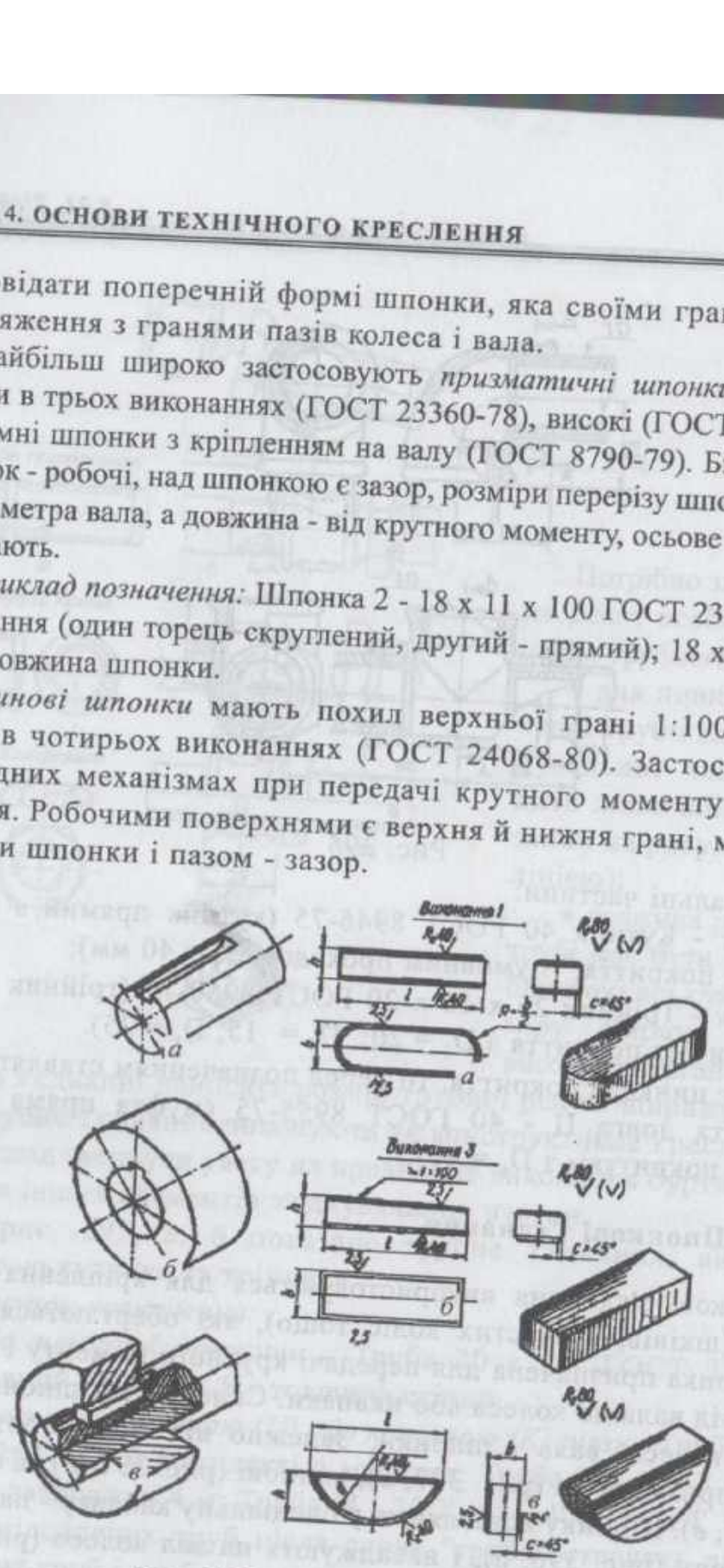


Рис. 396

Рис. 397

Приклад позначення: Шпонка 4 - 18 х 11 х 100 ГОСТ 24068-80, де 4 - виконання.

Сегментні шпонки випускають у двох виконаннях (ГОСТ 24071-80). Застосовують їх при передачі невеликих крутних моментів. Робочі поверхні - бічні грані, над шпонкою - зазор.

Приклад позначення: Шпонка 5 х 6,5 ГОСТ 24071-80, де 5 - ширина; 6,5 - висота шпонки (виконання 1).

Щоб з'єднати вал з колесом за допомогою призматичної шпонки, на валу фрезерують паз у вигляді прямокутної канавки на ширину шпонки (рис. 396, *а*, рис. 398, *б*). Глибину паза визначають за таблицею стандарту. Довжина паза у валу дорівнює довжині самої шпонки, яка трохи менша (на 5 - 6 мм) за довжину маточини колеса. Такий самий за шириною паз роблять у маточині колеса на всю її довжину. Між неробочою верхньою гранню призматичної шпонки і гранню паза колеса залишають невеликий зазор (0,2 - 0,3 мм). Для клинової шпонки дно паза у маточини має ухил, який має і сама шпонка, тобто 1 : 100.

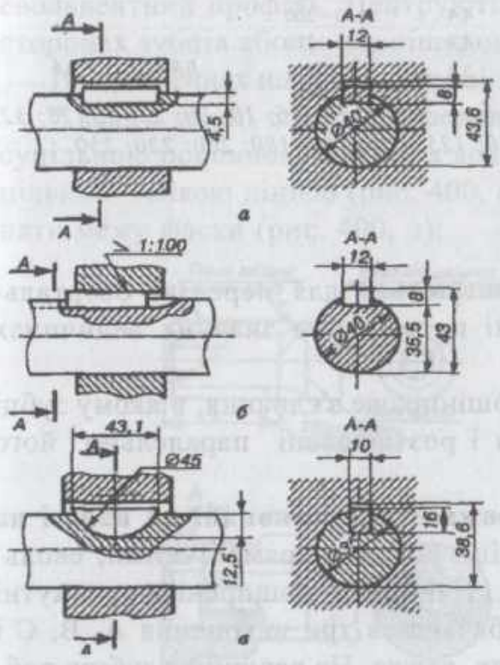


Рис. 398

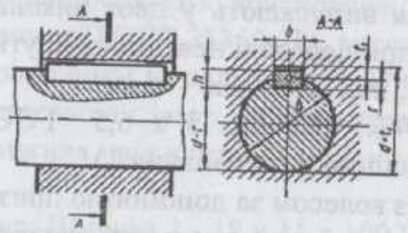
Щоб виконати креслення шпонкового з'єднання, задають діаметр d вала і довжину L маточини колеса. За відповідним стандартом знаходять розміри b х h шпонки, глибини t і t_1 та інші дані (табл.16). На рис. 398, *а* зображено з'єднання клиновою шпонкою, на рис. 398, *б* - призматичною, а на рис. 398, *в* - сегментною.

Шпонкове з'єднання звичайно зображують у двох проекціях (рис. 398, *а-в*).

Умовності при зображенні шпонкових з'єднань у тому, що зазор між верхніми і неробочими поверхнями дещо збільшують порівняно з дійсними його розмірами.

Таблиця 16

Розміри призматичних шпонок (ГОСТ 23360-78), мм



Діаметр вала d	Розміри Шпонки $B \times h$	Глибина паза		Довжина шпонки	Радіус заокруглення пазів	
		у валу t	у втулці t_1		r_{min}	r_{max}
Понад 17 – 22	6 x 6	3,5	2,8	14 - 70	0,16	0,25
22 - 30	8 x 7	4,0		18 - 90		
30 – 38	10 x 8			22 – 110		
38 – 44	12 x 8	5,0	3,3	28 – 140		
44 – 50	14 x 9	5,5	3,8	36 – 160		
50 - 58	16 x 10	6,0	4,3	45 – 180	0,25	0,4
58 – 65	18 x 11	7,0	4,4	50 – 200		
65 – 75	20 x 12	7,5	4,9	56 – 220		
75 - 85	22 x 14	9,0	5,4	63 - 250	0,4	0,6

*Примітка. Довжину l шпонки вибирають з ряду 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; *0; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250.*

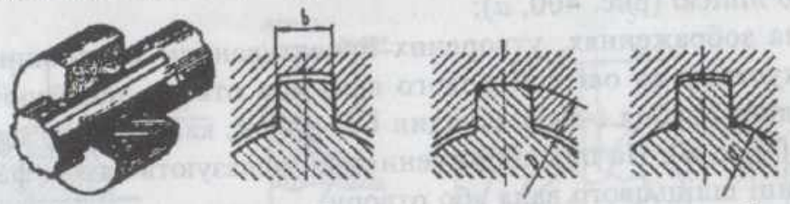
21.7. Шліцьові з'єднання

Шліцьові з'єднання використовуються для передачі обертального руху деталі, які насадженні на вал, при значних величинах передаваних зусиль.

Шліцьові з'єднання - це багатошпонкове з'єднання, в якому зубці (шліци) виконанні разом з валом і розташовані паралельно його осію.

Шліцами називаються поздовжні пази, виконані на валу і на деталі, що охоплюють його. Шліци роблять прямобічними, евольвентного і трикутного профілів. Найбільш поширені прямокутні шліци (ГОСТ 1139-80), де передбачається три виконання А, В, С і три серії виконання: легка, середня, важка. На вершинах зубців роблять скруглення (рис. 399, *б, г*), а в кутах западин - канавки (виконання А - рис. 399, *г*) або скруглення (виконання Б - рис. 399, *б, в*).

Характер виконання западин (А або Б) залежить від способу центрування втулки відносно вала. Є три способи центрування шліцьових з'єднань: по зовнішньому діаметру D (рис. 399, в), внутрішньому діаметру d (рис. 399, *г*) і по бічних гранях зубців b (рис. 399, *б*). Найбільш поширене і економічне центрування по зовнішньому діаметру.



а *б* *в* *г*

Рис. 399

Евольвентні шліцьові з'єднання (ГОСТ 6033-80) виконують з числом зубів $z = 11 \div 50$ і з модулем 1 - 10 мм. Профіль зубців обмежений колом вершин і колом западин, а бічна поверхня має евольвентний профіль. Центрують евольвентні з'єднання по бічних сторонах зубців або по зовнішньому діаметру.

На кресленнях шліци і шліцьові з'єднання зображують умовно:

* коло і твірні поверхонь вершин зубців вала і отвору показують суцільною основною лінією, а коло і твірні поверхонь западин - суцільною тонкою лінією (рис. 400, *а, б*). Тонка лінія повинна перетинати межу фаски (рис. 400, *а*);

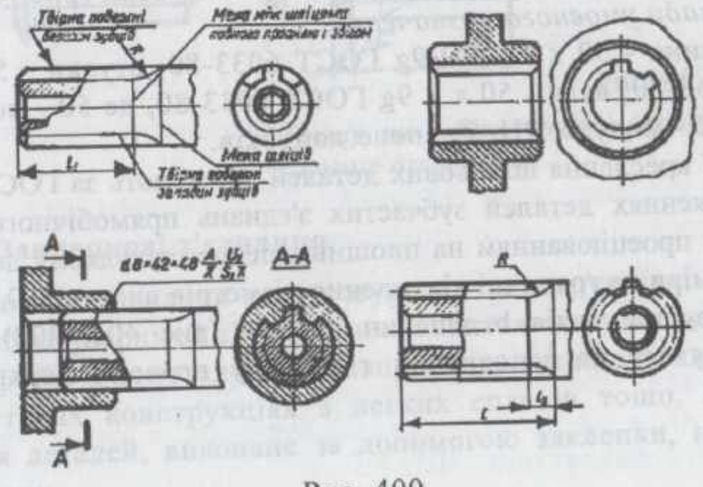


Рис. 400

* на поздовжньому розрізі суцільною основною лінією показують твірні поверхонь як вершин, так і западин (рис. 400, *а, б*). На поперечному розрізі коло западин показують суцільною тонкою лінією;

* межу між шліцьовою і нешліцьовою поверхнями деталі, а також між шліцами повного профілю і збігом показують суцільною тонкою лінією (рис. 400, *а*);

* на зображеннях, утворених проектуванням на площину, перпендикулярну до осі шліцьового вала або отвору, показують профіль одного зубця і двох западин без фасок, канавок або скруглень (рис. 400, *а, б*). На цих зображеннях не показують також фасок, які є на кінці шліцьового вала або отвору;

* зображуючи шліцьове з'єднання (рис. 400, *в*), показують тільки ту частину поверхонь виступів отвору, яка не закрита виступами вала. Радіальний зазор між виступами і западинами не показують;

* на кресленнях деталей з евольвентними шліцами тонкою штрих-пунктирною лінією наносять твірні і кола ділильної поверхні (рис. 400, *г*);

* на кресленнях шліцьових валів показують довжину l_1 зубців повного профілю - до збігу. Дозволяється показувати ще й повну довжину l зубців, довжину l_2 збігу або найбільший радіус R_{max} інструмента (рис. 400, *г*);

* умовне позначення шліцьових деталей записують на кресленні в технічних вимогах або на поличці лінії-виноски (рис. 400, *в*).

Приклади умовного позначення:

З'єднання - 50 х 2 - 9H/9g ГОСТ 6033-80; втулки - 50 х 2 - 9H ГОСТ 6033-80; вала - 50 х 2 9g ГОСТ 6033-80, де 50 - номінальний діаметр; 2 - модуль; 9H, 9g -поле допусків.

Робочі креслення шліцьових деталей виконують за ГОСТ 2.409-74. На зображеннях деталей зубчастих з'єднань прямобічного профілю, утворених проеціюванням на площину, перпендикулярну до осі, показують розміри та граничні відхилення діаметрів виступів D, западин d, товщину зубців валів b западин отворів (рис 401, 402). Потрібно звернути увагу на заповнення таблиці у правому верхньому куті креслення.

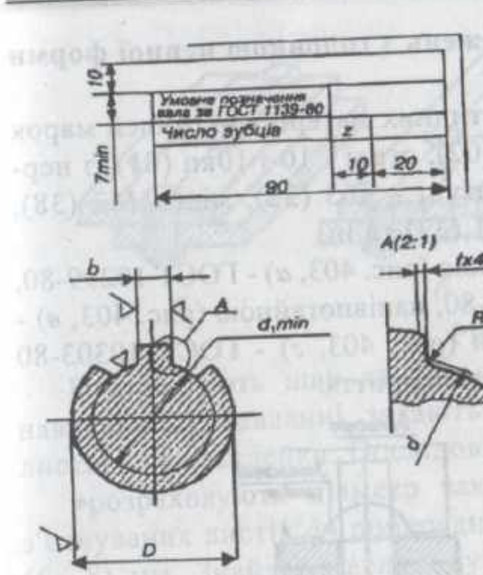


Рис. 401

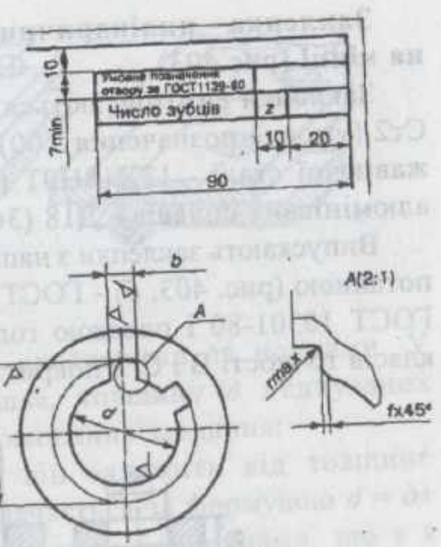


Рис. 402

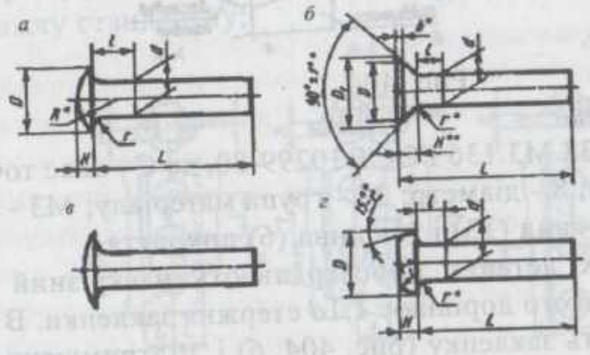


Рис. 403

** Розмір, що забезпечується інструментом*

*** Розмір для довідок*

21.8. Заклепкові з'єднання

Заклепкові з'єднання застосовують у конструкціях, які працюють в умовах ударних і вібраційних навантажень, у з'єднаннях металевих виробів з неметалевими (наприклад, з шкірою, пластиком), у тонколистових конструкціях з легких сплавів тощо. Нерознімне з'єднання деталей, виконане за допомогою заклепки, називаються *заклепковим*.

Заклепка - циліндричний стержень з головкою певної форми на кінці (рис.403).

Заклепки виготовляються з пластичних матеріалів: сталей марок Ст2 (умовне позначення - 00), Ст3 (02), сталі - 10 і 10кп (01), з нержавіючої сталі - 12Х18Н9Т (21), латуні - Л63 (32), міді - М3 (38), алюмінієвих сплавів - Д18 (36), АД1 (37) та ін.

Випускають заклепки з напівкруглою (рис. 403, *а*) - ГОСТ 10299-80, потайною (рис. 403, *б*) - ГОСТ 10300-80, напівпотайною (рис. 403, *в*) - ГОСТ 10301-80 і плоскою головками (рис. 403, *г*) - ГОСТ 10303-80 класів точності В і С, з покриттям і без покриття.

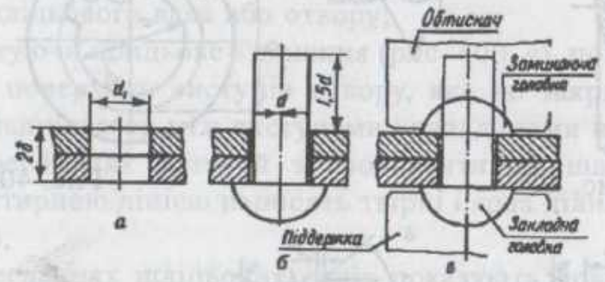


Рис. 404

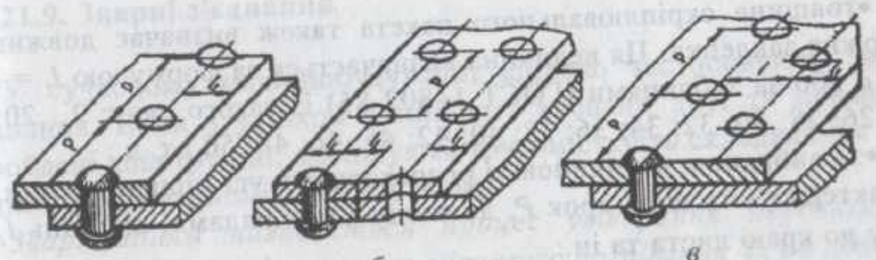
Приклад позначення:

Заклепка С8 х 20, 38.М3.136 ГОСТ 10299-80, де С - клас точності (клас В не записують); 8 - діаметр; 38 - група матеріалу; М3 - марка матеріалу (мідь); 136 - вид (13) і товщина (6) покриття.

У скріплювальних деталях просвердлюють наскрізний отвір (рис. 404, *а*), діаметр якого дорівнює 1,1*d* стержня заклепки. В отриманий отвір вставляють заклепку (рис. 404, *б*) і, підтримуючи її так звану закладну головку піддержкою, виступаючу частину стержня розклепують у замикаючу головку (рис. 404, *в*).

Процес клепання може проходити з розігріванням заклепок або без нього. Холодне клепання застосовують при діаметрах стержня до 12 мм.

Звичайно листи або деталі з'єднують не однією, а багатьма заклепками, розміщеними рядами і в певній послідовності. Сукупність рядів заклепок утворює *заклепковий шов*. Заклепкові шви можуть бути однорядні (рис. 405, *а*), дворядні (рис. 405, *б*) і багаторядні (рис. 405, *в*), а за розташуванням заклепок в рядах -паралельні (рис. 405, *б*) і шахові (рис. 405, *в*).



а *б* *в*

Рис. 405

Розраховують шви за формулами, складеними за нормами. У навчальному завданні задають тип шва, товщину *д* з'єднуваних листів і тип заклепки. Послідовність виконання завдання:

•розраховують діаметр заклепки; він залежить від товщин з'єднуваних листів *д* і попередньо визначається за формулою $d = д+$ (6...8) мм. Знайдену величину порівнюють з величинами, що є в стандарті (1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 і т. д.), і вибирають найближчу стандартну;

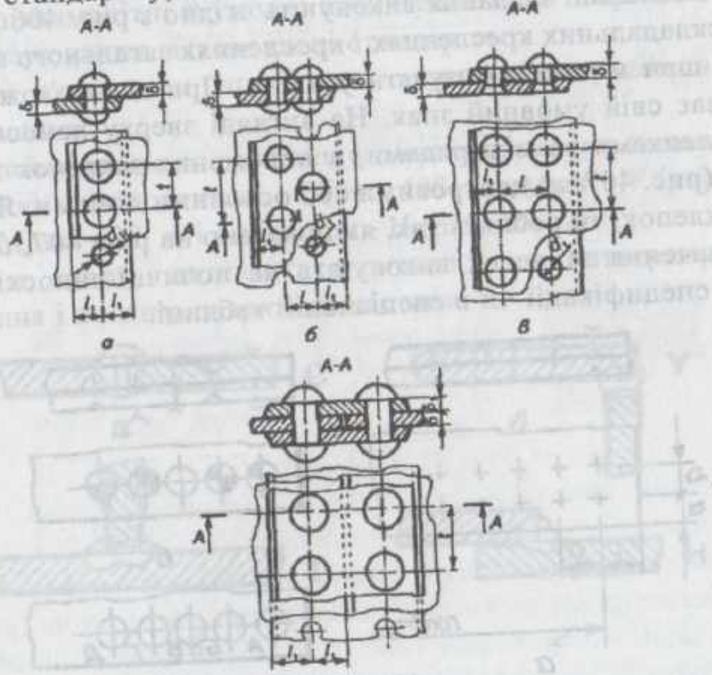


Рис. 406

•товщина скріплювального пакета також визначає довжину L стержня заклепки. Ця величина визначається за формулою $L = 2\partial + 1{,}5\ d$ або за таблицями (ГОСТ 14802-85) із такого ряду: 2...20; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50 і т. д.;

•за вибраною величиною d розраховують усі інші величини, що характеризують шов: крок P, довжину l між рядами, відстань l_1 від ряду до краю листа та ін.:

шов внапусток однорядний (рис. 406, *а*): $t = 2d + 8$ *мм*; $l_1 = 1{,}5d$;

шов внапусток дворядний шаховий (рис. 406, *б*): $t = 2{,}6d+15$ *мм*; $l_1 = 1{,}5d$; $l = 0{,}6t$;

шов внапусток дворядний паралельний (рис. 406, *в*): $t=2{,}6d+10$ *мм*; $l_1= 1{,}5d$; $l = 0{,}8t$;

шов стиковий однорядний з двома накладками (рис. 406, *г*): $t = 2d+8$ *мм*; $l_1 = 1{,}5d$; $\partial_1 = 0{,}8d$.

Креслять заклепковий шов у двох зображеннях: на місці вигляду спереду виконують повний фронтальний розріз і роблять вигляд зверху. Навчальні завдання виконують згідно з рис. 406.

На складальних кресленнях і кресленнях загального вигляду заклепкові шви можна показувати умовно. При цьому кожен тип заклепки має свій умовний знак. На вигляді зверху наносять розміри між заклепками та між рядами, а положення заклепок позначають умовно (рис. 407, *а*) центровими або осьовими лініями. Якщо є різні типи заклепок, то роблять так, як показано на рис. 407, *б, в*.

Позначення заклепок виконують на поличці-виносці або записують у специфікації чи в спеціальній таблиці.

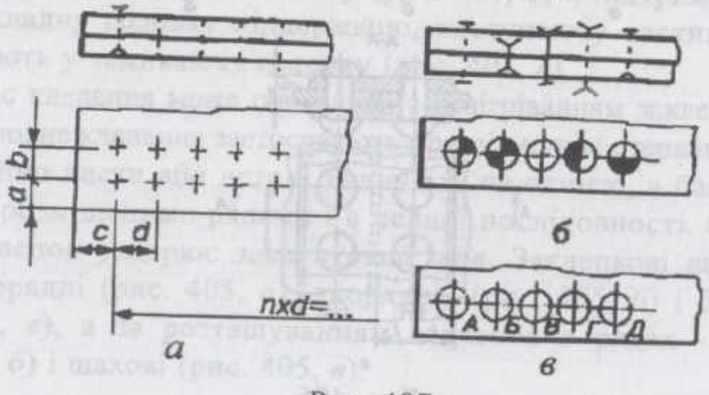


Рис. 407

21.9. Зварні з'єднання

У сучасному машинобудуванні широко застосовують зварні з'єднання. Вони з успіхом замінюють клепані, литі та механічно оброблені конструкції, зменшують трудомісткість складальних операцій і дають економію металу тощо.

Зварюванням називається процес утворення нерознімного з'єднання виробів за допомогою місцевого нагрівання їх до розплавленого або пластичного стану (без застосування або із застосуванням механічного зусилля).

Існує багато видів зварювання і способів їх здійснення, наприклад: *ручна дугова* (ГОСТ 5264-80), *автоматична і напівавтоматична зварка під флюсом* (ГОСТ 11533-75), *дугова зварка в середовищі захисних газів* (ГОСТ 15878-79) та ін. Для електродів використовують спеціальний електродний дріт діаметром 1-12 мм з флюсовим покриттям. Переважне застосування мають електроди типів Э42, Э42А, Э50А та ін.

Також різноманітні й умовні позначення швів зварних з'єднань і способів зварювання, встановлені стандартом.

Зварним з'єднанням називають сукупність виробів, з'єднаних зварними швами.

За способом взаємного розташування зварюваних деталей зварні з'єднання поділяють: стикові - С (рис. 408, *а*), кутові - У (рис. 408, *б*), таврові - Т (рис. 408, *в*) і внапусток - Н (рис. 408, *г*).

Зварним швом називається метал, що затверднув після розплавлення і поєднав зварювані частини.

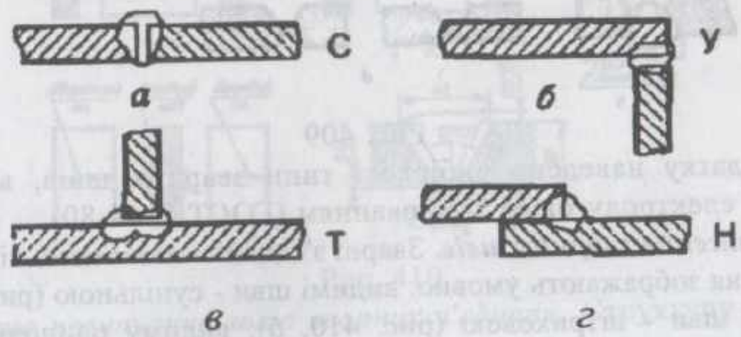


Рис. 408

Класифікують зварні шви за такими ознаками: *положення в просторі* (нижні, вертикальні, горизонтальні, напівстельові і стельові); *за довжиною* (суцільні, переривчасті і точкові); *за зовнішньою формою* (опуклі - рис. 409, *а*; плоскі - рис. 409, *б* і вгнуті - рис. 409, *в*); буквами *а* і *К* позначено розрахункові катети шва, а *q* - висоту підсилення; *за кількістю проходів* (однопрохідні та багатопрохідні, на рис. 409, *г* показано в розрізі зварний шов, виконаний у три проходи); *за формою підготовки кромок:* без скосу кромок, з відбортуванням, з прямолінійним, криволінійним або ламаним скосом однією чи двох кромок, з двома симетричними або несиметричними скосами однієї або двох кромок тощо (рис. 409, *д*); *за характером виконання* - однобічні (рис. 409, *е*) і двобічні проварювання з двох боків (рис. 409, *є*).

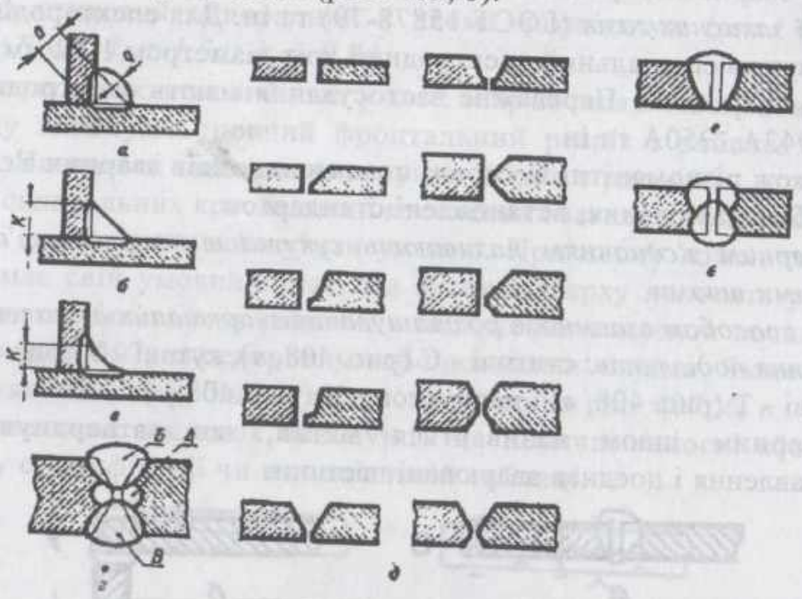


Рис. 409

У додатку наведено вибіркові типи зварних швів, виконаних ручними електродуговим зварюванням (ГОСТ 5264-80).

Зображення зварних швів. Зварні з'єднання незалежно від способу зварювання зображають умовно: видимі шви - суцільною (рис. 410, *а*); невидимі шви - штриховою (рис. 410, *б*); видиму одиночну зварну точку - знаком "+" (рис. 410, *г*). Невидимі зварні точки не зображують.

Від зображення шва або одиночної точки проводять однобічну стрілку з лінією-виноскою, яка закінчується горизонтальною поличкою (рис. 410, *а - в*). Лінію-виноску рекомендується проводити від зображення видимого шва. Якщо стрілка лінії-виноски упирається в лицьовий бік шва, умовне позначення проставляють над поличкою, якщо ж у зворотній - під поличкою (рис. 410, *д, е*). За лицьовий бік однобічного шва вважають той бік, з якого виконують зварювання (рис. 410, *є*); за лицьовий бік двобічного шва з несиметричними кромками - той бік, з якого проварюють основний шов (рис. 410, *ж*); за лицьовий бік двобічного шва з симетричними кромками можна вважати будь-який бік.

Розміри конструктивних елементів швів є в стандартах, тому на кресленнях їх показують лише для нестандартних швів. Як приклад на рис. 410, *з* конструктивно зображений двобічний стиковий шов із скосом двох кромок (тип С18). Межі шва виконують суцільними основними лініями, а конструктивні елементи кромок у межах шва - суцільними тонкими лініями.

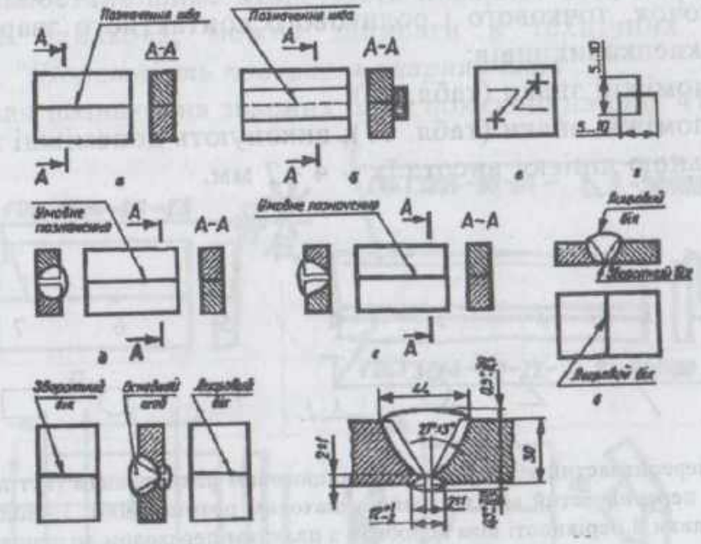


Рис. 410

Умовне позначення швів зварних з'єднань. Структуру умовного позначення стандартного зварного шва або точки наведено на рис. 411.

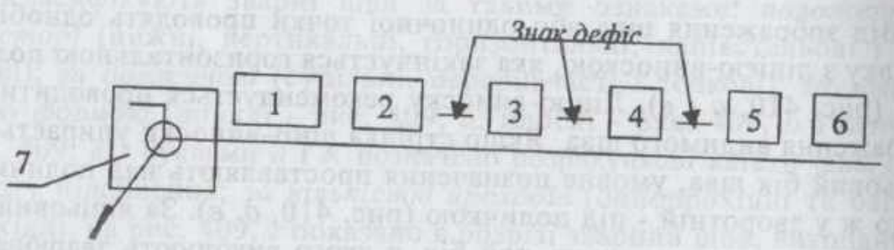


Рис. 411

На місці зазначених прямокутників записують такі дані:

1 - позначення стандарту на типи і конструктивні елементи швів;

2 - буквено-цифрове позначення шва за стандартом;

3 - умовне позначення способу зварювання за стандартом (стандартом дозволяється не позначати спосіб зварювання);

4 - знак "∧" і катет для кутових, таврових швів і для з'єднань внапусток, якщо вони виконані без підготовки кромок (у навчальних кресленнях величину катета можна взяти такою, що дорівнює 0,5S - 2/3S, де S - товщина деталі);

5 - ця позиція стосується лише переривчастих швів, одиночних зварних точок, точкового і роликового контактного зварювання та електрозаклепкових швів;

6 - допоміжні знаки (табл. 17);

7 - допоміжні знаки (табл. 17); виконують допоміжні знаки тонкою суцільною лінією; висота їх - 4 - 7 мм.

Таблиця 17

Номер знака	1	2	3	4	5	6	7	8
Знак								

1 - шов переривчастий або точковий з ланцюговим розміщенням (кут нахилу лінії - 600); 2 - шов переривчастий або точковий з шаховим розміщенням; 3 - підсилення шва зняти; 4 - напливи й нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу; 5 - знак катета; 6 - шов по замкненій лінії (діаметр знака - 3... 5 мм); 7 - шов по незамкненій лінії (знак використовують, якщо розміщення шва зрозуміле з креслення); 8 - шов виконати під час монтажу виробу, тобто при встановлюванні його на місці застосування.

На місці прямокутника 5 записують такі дані:

для переривчастого шва - розмір довжини ділянки, яку зварюють, знак 1 або 2 (табл. 17) і розмір кроку;

для шва контактної точкової зварки - розмір розрахункового діаметра точки, знаки 1 або 2 (табл. 17) і розмір кроку;

для шва контактної шовної зварки - розмір розрахункової ширини шва;

для переривчастого шва контактної шовної зварки - розмір розрахункової ширини шва, знак множення, розмір довжини звареної ділянки, знак 1 (табл. 17) і розмір кроку.

Для нестандартних швів спосіб зварювання зазначають у технічних вимогах або в таблиці швів.

Умовне позначення шва наносять над поличкою лінії-виноски для шва з лицьового боку і під поличкою для шва з протилежного боку (рис. 410, *б*). Лінію-виноску починають *однобічною стрілкою* (рис. 411).

Позначення шорсткості механічно обробленої поверхні шва наносять найостаннішим. Шорсткість поверхні всіх зварних швів, якщо вона однакова, можна записати в технічних вимогах, наприклад, *"Шорсткість поверхонь зварних швів ..."*.

Приклади позначення зварних швів показано на рис. 412.

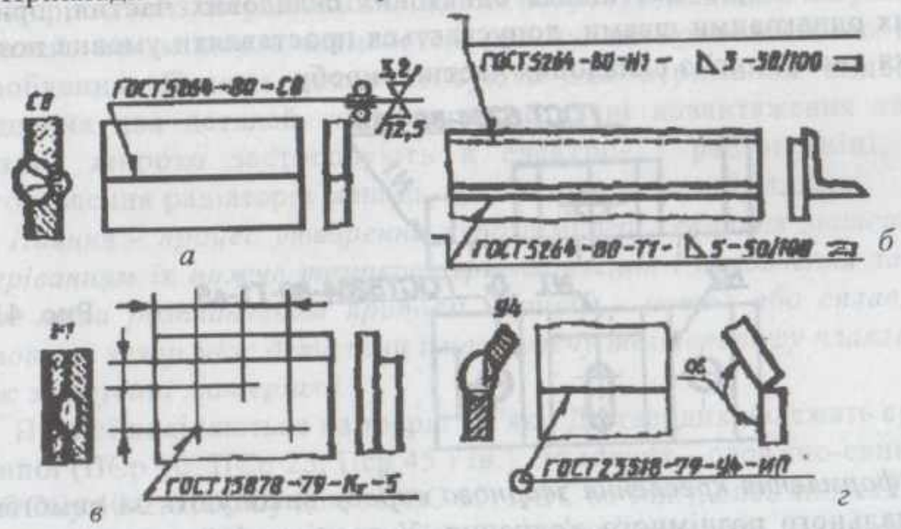


Рис. 412

Спрощення в позначенні зварних швів:

✓Якщо у виробі всі шви виконують за одним стандартом, то в умовному позначенні кожного шва не зазначають, а записують в технічних вимогах, наприклад, "Зварні шви ... за ..." або в таблиці.

✓Якщо на кресленні виробу є однакові шви, то повне позначення наводять лише на одному з таких швів, а на решті - присвоєний номер, кількість однакових швів зазначають на лінії-виносці (рис. 413, *а*; рис. 414).

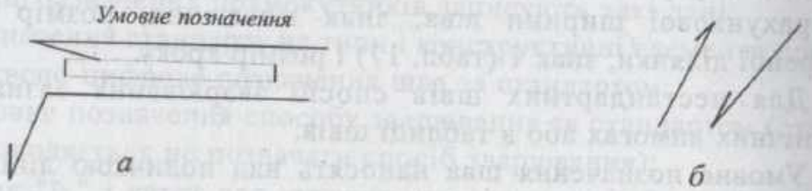


Рис. 413

✓Коли всі шви на кресленні однакові і зображені з одного боку (лицьового або зворотного), то порядковий номер швам не присвоюють, а тільки відмічають їх лініями-виносками без поличок, крім шва, на якому пишуть умовне позначення (рис. 413, *б*).

✓На кресленні симетричного виробу відмічати лініями-виносками і позначати шви дозволяється тільки на одній із симетричних частин.

✓Якщо виріб має кілька однакових складових частин, приварених однаковими швами, допускається проставляти умовне позначення лише одної з складових частин виробу.

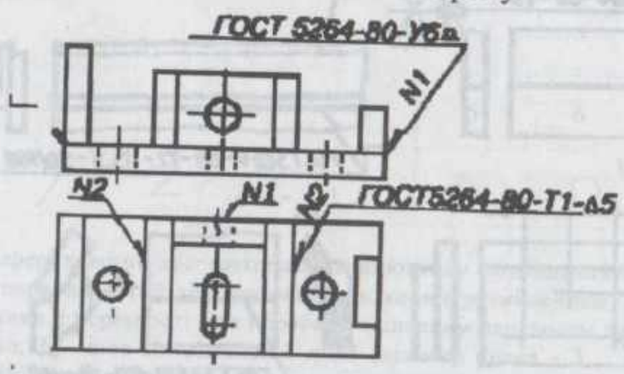


Рис. 414

Оформлення креслення зварного виробу виконують за вимогами складального рознімного з'єднання. У розрізах і перерізах деталі, що входять до зварної конструкції, заштриховують у різні боки як

сукупність кількох суміжних деталей з одного матеріалу. Якщо ж зварну конструкцію зображують на складальному кресленні разом з іншими деталями, то її показують як єдиний предмет, тобто заштриховують увесь виріб однаково (рис. 415). Межу між деталями зварного виробу виконують суцільними основними лініями.

На складальному кресленні зварного виробу, крім габаритних, установлювальних і приєднувальних розмірів, показують і ті розміри, які потрібні для зварювання і обробки виробу під час складання. На деталі, що входять до зварного виробу, виконують окремі робочі креслення, а до складального креслення додають специфікацію.

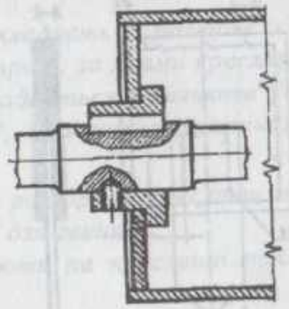


Рис. 415

21.10. Нерознімні з'єднання паянням, склеюванням і зшиванням

Порівняно із зварюванням, паяння потребує меншого нагрівання деталей, не змінює властивостей металу, не призводить до його короблення. Паяння використовують для отримання щільного з'єднання для деталей, які несуть незначні навантаження та ін. Паяння широко застосовують в електро- і радіотехніці, для виготовлення радіаторів машин, вузлів холодильників тощо.

Паяння - процес утворення нерознімного з'єднання матеріалів нагріванням їх нижче температури плавлення і заповнення зазора між ними розплавленим припоєм. Припій - метал або сплав, що заповнює зазор між деталями і має нижчу температуру плавлення, ніж з'єднувані матеріали.

Припої поділяються на тверді і м'які. До твердих належать срібні припої (ПСр 10, ПСр 25, Пср 45 і ін.), до м'яких - олов'яно-свинцеві (ПОССу 40-2; ПОССу 25-2; ПОС 90; ПОС 61 і ін.), олов'яно-кадмієві тощо. На рис. 416, *а, б, д* зображено шви, утворені паянням, на рис. 416, *в, г* - склеюванням, а на рис. 417 - зшиванням.

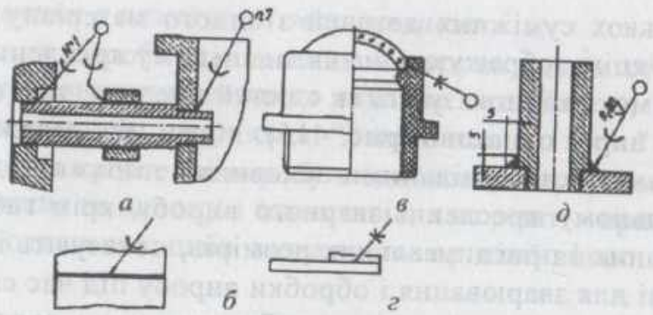


Рис. 416

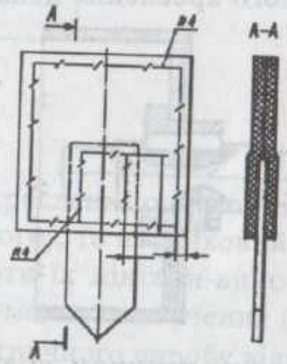
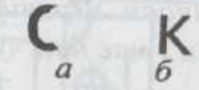


Рис. 417

Припій і клей у розрізі і на вигляді показують суцільною основною лінією завтовшки 2*s*. Для позначення шва креслять похилу лінію-виноску, яка закінчується двобічною стрілкою, що впирається в місце шва. На похилій ділянці лінії-виноски суцільною основною лінією наносять знаки: паяного (рис. 418, *а*) і клеєного (рис. 418, *б*) швів. Шов, виконаний по замкненій лінії, позначають колом з діаметром 3...5 мм. На зображенні паяного з'єднання при необхідності показують розміри шва і шорсткість поверхні.



а *б*

Рис. 418

Марку припою або клею зазначають у технічних вимогах за стандартами, наприклад, ПОС 40 ГОСТ... . Якщо треба, в цьому самому пункті, записують вимоги щодо якості шва. Посилання на номер пункту технічних вимог пишуть на поличці лінії-виноски.

Шви, утворені зшиванням, виконують на кресленні штриховою лінією завтовшки *s/3* з похилими штрихами в інтервалах (рис. 417). Довжина штрихів - 10...30 мм, довжина похилих штрихів - 2...3 мм. Позначення матеріалу (нитки тощо) записують у технічних вимогах, а від зображення шва проводять лінію-виноску з поличкою, на якій записують номер пункту технічних вимог.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. З яких елементів складається болтове з'єднання? (Назвати відносні розміри залежно від діаметра d, за якими креслять болти, гайки, шайби).

2. З яких елементів складається шпилькове з'єднання? Чому дорівнює і від чого залежить довжина l_1 загвинчуваного кінця? Як розрахувати довжину шпильки?

3. За якими відносними розмірами креслять гвинт із сферичною головкою? Як підібрати розмір гнізда для гвинта?

4. Як умовно позначають на кресленні пряму муфту, трійник, кутник, трубу?

5. Що таке збіг різі і для чого він потрібен?

6. Назвіть основні види шпонок і їх позначення на кресленні.

7. Які види шліцьових з'єднань застосовують у промисловості? Як на кресленні умовно зображають і позначають шліцьові з'єднання?

8. Які є види заклепок? Як умовно позначають заклепки на кресленні?

9. За якими ознаками поділяють заклепкові шви? Як розраховують заклепковий шов?

10. За якими ознаками класифікують зварні з'єднання?

11. Як умовно зображають на кресленні зварні шви? Які елементи входять до умовного позначення зварних швів?

12. Як поділяють зварні з'єднання за формою підготовки кромок?

13. Як умовно позначають на кресленні шви кутових, таврових, внапусток з'єднань?

14. Як умовно зображують на кресленні паяні шви?

§ 22. ПЕРЕДАЧІ

22.1. Загальні положення

Обертальний рух від одного вала на інший передається за допомогою різноманітних деталей, сукупність яких називається *передачею*.

У машинобудуванні використовуються такі види передач: пасова, ланцюгова, фрикційна, зубчаста, черв'ячна, рейкова і передача храповим механізмом.

При невеликих відстанях між геометричними осями валів використовується пасова або ланцюгова передача, при невеликих міжцентрових відстанях - фрикційна або зубчаста передача.

Пасова передача з гнучким зв'язком коліс (шківів) складається з ведучого і веденого шківів. На шківи з натяганням одягнуті один або декілька пасів, які передають обертання з одного шківа на інший за допомогою сили тертя (рис. 419).

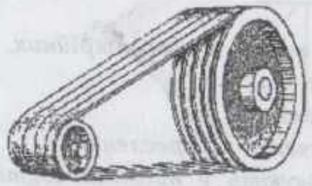
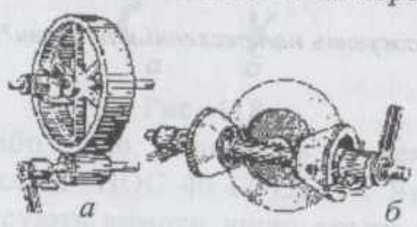


Рис.419

Рис. 420

Ланцюгова передача складається з ведучої і веденої зірочок і охоплюючого їх ланцюга (рис. 420).

Фрикційна передача між паралельними валами (рис. 421, *а*) складається з двох катків, які прижимаються один до одного з певною силою. Якщо осі валів перетинаються, то використовуються конічні фрикційні катки (рис. 421, *б*). Обертання від ведучого катка до веденого передається за допомогою сил тертя між ними.



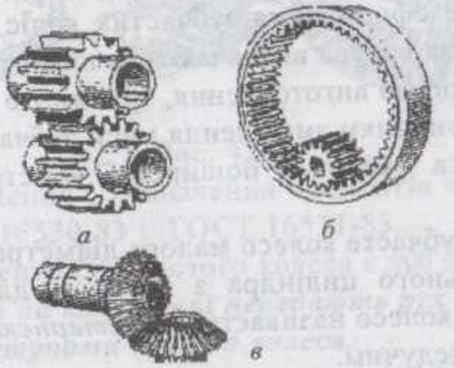
а *б*

Рис. 421

Фрикційні передачі, не дивлячись на простоту конструкції, мають суттєві недоліки: сковзання катків, невелика потужність, що передається, необхідність спеціальних наживних пристроїв для притискання катків один до одного. Через це фрикційні передачі рідко використовуються.

Зубчасті передачі застосовують для передавання обертального руху з одного вала на інший або для перетворення обертального руху на поступальний. Зубчаста передача між паралельними валами здійснюється циліндричними зубчастими колесами із зовнішнім (рис. 422, *а*) або внутрішнім (рис. 422, *б*) зачепленням.

При перетинаючих геометричних осях валів використовують конічні зубчасті колеса (рис. 422, *в*).



а *б* *в*

Рис. 422

Черв'ячна передача застосовується в тих випадках, коли осі валів перехрещуються. Передача складається з черв'яка (гвинт з трапецеїдальною або іншою різзю) і черв'ячного колеса (рис. 423).

Рейкова передача існує для перетворення обертального руху в поступальний (або навпаки) і складається з циліндричного зубчастого колеса і зубчастої рейки (рис. 424).

Храповий механізм складається із зубчастого колеса (храповика) і спеціальної деталі (собачки), яка входить своїм кінцем у западину між зубами храповика. Цей механізм допускає обертання валу, на якому закріплено храповик, тільки в одному напряму, тому що протилежному руху заважає собачка.

Храповий механізм використовується також для повідомлення валу періодичного (з невеликими перервами) обертання (рис. 425).

Рис. 423

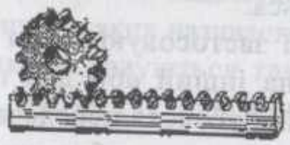


Рис. 424

Рис. 425

22.2. Зубчасті передачі

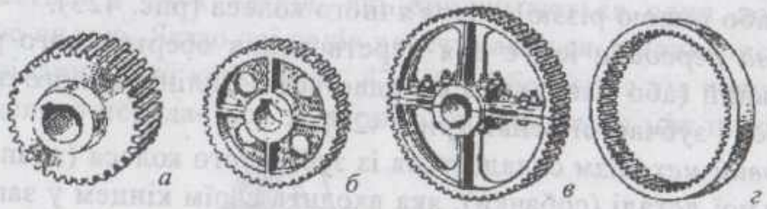
22.2.1. Циліндрична зубчаста передача

Конструктивне оформлення зубчастих коліс досить різноманітне. Розміри і форма колеса визначаються навантаженням, що діє на його зуби, технологією виготовлення, зручністю монтажу і експлуатації, а також прагненням зменшення маси зубчастих коліс.

Зубчасті колеса найбільш поширеної конструкції показано на рис. 426.

Циліндричне зубчасте колесо малого діаметра з прямими зубами має форму суцільного циліндра з отвором для посадки на вал (рис. 426, *а*). Таке колесо називається *шестернею*, у зубчастих передачах звичайно є ведучим.

Для зменшення маси колеса на диску виконуються отвори, а сам диск виготовляють тоншим, ніж ободи. Для надання колесу жорсткості його підсилюють ребрами (рис. 426, *б*).



а *б* *в* *г*

Рис. 426

Якщо діаметр колеса великий, то диск замінюють декількома спицями, що з'єднують зубчастий вінець з втулкою. Форма поперечного перерізу спиць може бути круглою, овальною, прямокутною, двотавровою, хрестообразною.

Колесо більшого діаметра для зручності виготовлення і монтажу інколи виконують рознімним, яке складається з двох половин, що з'єднуються болтами (рис. 426, *в*).

Якщо в конструкції потрібно використати внутрішнє зачеплення, то більше колесо виконують з внутрішніми зуб'ями (рис. 426, *г*).

Зуб'я коліс можуть бути прямими (рис. 426), косими (рис. 427, *а*), шевронними (рис. 427, *б*) і криволінійними (рис. 427, *в*).

Зуб'я циліндричного прямозубого колеса розташовані паралельно до осі колеса, циліндричного косозубого колеса - під кутом до осі колеса, конічного прямозубого - по твірній конуса.

а *б* *в*

Рис. 427

Терміни, визначення і позначення елементів зубчастих передач установлені ГОСТ 16530-83 і ГОСТ 16531-83.

Основним елементом зубчастого колеса є зуб'я.

Зуб'я - виступи на колесі, які передають рух шляхом взаємодії з відповідними виступами другого колеса.

Циліндрична поверхня, що відокремлює зуб'я від тіла зубчастого колеса, називається *поверхнею западин*, а поверхня, яка обмежує зуб'я з боку, протилежного до тіла зубчастого колеса, називається *поверхнею вершин*. Частина поверхні вершин зубчастого колеса, що належить зубу, називається його *вершиною*, а сама частина поверхні западин - його *основою*. Циліндрична поверхня зубчастого колеса, яка є базовою для визначення елементів зуб'їв і їх розмірів, називається *ділильною поверхнею*. Частина зуба, що лежить між поверхнею вершин зуб'їв і ділильною поверхнею колеса, називається *головкою зуба*, а частина зуба, що лежить між ділильною поверхнею і поверхнею западин, - *ніжкою зуба*.

Відповідно до перелічених поверхонь розрізняють кола, що лежать у торцевому перерізі зубчастого колеса (рис. 428): *ділильне коло* (діаметр d), *коло вершин* (діаметр d_a) і *коло западин* (діаметр d_f).

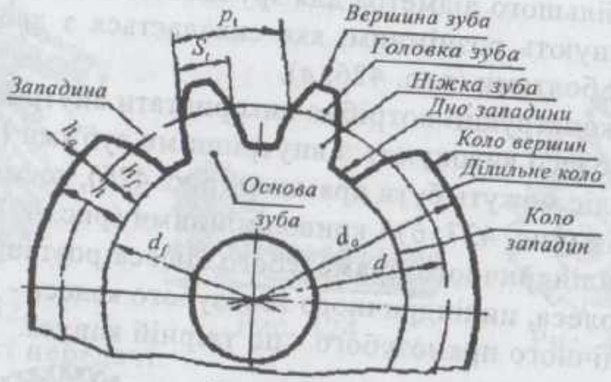


Рис. 428

Висоту головки зуба позначають h_a, висоту ніжки - h_f, повну висоту зуба - h. Отже, $h = h_a + h_f$.

Ділильним кроком p_t називається відстань між однойменними профілями суміжних зубів, виміряну по дузі ділильного кола. Помноживши крок p_t на число зуб'їв колеса z, дістанемо довжину ділильного кола:

$pd = p_t z$, звідки $d = \frac{p_t}{\pi} z$.

Лінійну величину, яка в p раз менша за величину ділильного кроку, називають *ділильним модулем* m_t, тобто $m_t = \frac{p_t}{\pi} z$. Далі цю величину будемо позначати m і називати *модулем*, маючи на увазі, що мова йде про ділильний модуль. Отже, діаметр ділильного кола залежно від модуля визначається за формулою $d = mz$.

Наведемо вибірково модулі за ГОСТ 9563-60:

1-й ряд - 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5;6; 8;10; 12;16; 20;

2-й ряд - 0,55; 0,7; 0,9;1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,4; 7; 9.

Призначаючи модуль, першому ряду їх слід віддавати перевагу перед другим.

Висоту зуба і його частин визначають залежно від величини модуля, а саме: висота головки зуба $h_a = m$, висота ніжки зуба $hf = 1,25m$, повна висота зуба $h = h_a + hf = 2,25m$.

Діаметр кола вершин більший за діаметр ділильного кола на дві висоти головки зуба:

$$d_a = d + 2h_a = mz + 2m = m(z + 2).$$

Діаметр кола западин менший за діаметр ділильного кола на дві висоти ніжки зуба:

$$df = d - 2h_f = mz - 2,5m = m(z - 2,5).$$

Товщина зуба по дузі ділильного кола для зуб'їв, оброблених на верстатах, $S_t = P_t/2 = 0,5pm$.

Послідовність виконання ескіза зубчастого колеса з натури:

✓Вимірюють діаметр кола вершин d_a і підраховують число зуб'їв z.

✓За формулою $m=d_a/(z+2)$ визначають модуль і звіряють його з таблицею стандартних модулів (ГОСТ 9563-60). Якщо подібної величини в стандарті немає, для розрахунку беруть найближче стандартне значення і по ньому визначають усі параметри зубчастого колеса.

У косозубих передачах кут нахилу зуб'їв до площини, що проходить через вісь колеса, позначають в. Для цих передач є поняття *торцевий ділильний крок* p_t і *нормальний ділильний крок* p_n - це найкоротша відстань по ділильній поверхні між однойменними теоретичними лініями суміжних зуб'їв. Відповідно до цього є два модулі - *нормальний* m_n і *торцевий* m_t *(m)*. Залежність між ними визначають за формулою.

$$m_t=m_n/\cos в, \text{ або } m_n=m_t \cos в.$$

Для косозубих передач

- діаметр ділильного кола $d = m_t z$, або $d=(m_n z)/(\cos в)$;
- діаметр кола вершин $d_a = d + 2m_n$;
- діаметр кола западин $d_f = d - 2,5m_n$;
- висота зуба $h = 2,25m_n (h_a = m_n; h_f = 1,25m_n)$.

Умовне зображення циліндричних зубчастих коліс виконують за ГОСТ 2.402-68:

✓Коло і твірні поверхні вершин зуб'їв показують суцільною основною лінією на всіх зображеннях (рис. 429, *а-в*).

✓Коло і твірні поверхні западин зуб'їв у розрізах і перерізах показують суцільною тонкою лінією (рис. 429, *а*). На виглядах їх дозволяється показувати суцільною тонкою лінією (рис. 429, *б*).

✓Ділильне і початкове кола та твірні поверхонь ділильних і початкових циліндрів зображують тонкою штрих-пунктирною лінією на всіх виглядах і розрізах колеса (рис. 429, *а-в*).

✓Зуб'я зубчастих коліс креслять лише в осьових розрізах (рис. 429, *а*); на інших зображеннях показують тільки поверхню вершин. Коли треба показати профіль зуба, рекомендується накреслити його у вигляді виносного елемента або показати на обмеженій ділянці деталі (рис. 429, *б*).

✓Напрям зуб'їв (у разі потреби) показують трьома тонкими паралельними лініями відповідного нахилу поблизу осі колеса (рис. 430).

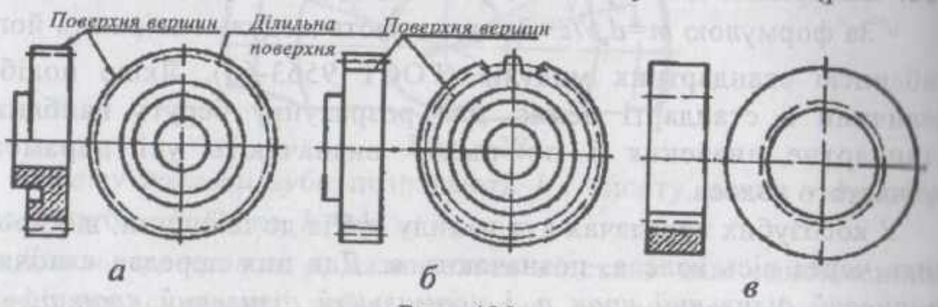


Рис. 429

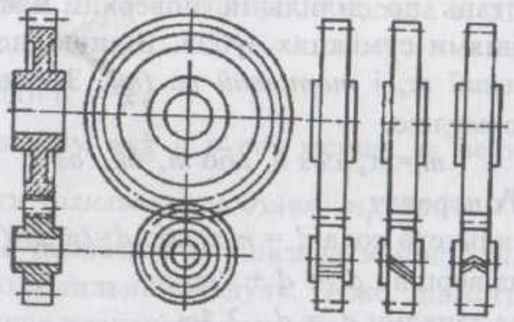


Рис 430

Оформлення робочого креслення циліндричного зубчастого колеса (ГОСТ 2.403-75). На рис.431 зображено фрагмент робочого креслення прямозубого зубчастого колеса: головним зображенням колеса є повний фронтальний розріз, а на місці вигляду зліва показаний отвір у маточині колеса з пазом під шпонку. На зображенні зубчастого колеса проставляють: діаметр d_a кола вершин зуб'їв; ширину b вінця; розміри фасок або радіуси притуплення на кромках зуб'їв; шорсткість бічної поверхні зуб'їв. Проставляють також усі конструктивні розміри, які характеризують елементи колеса - обід, маточину, диск.

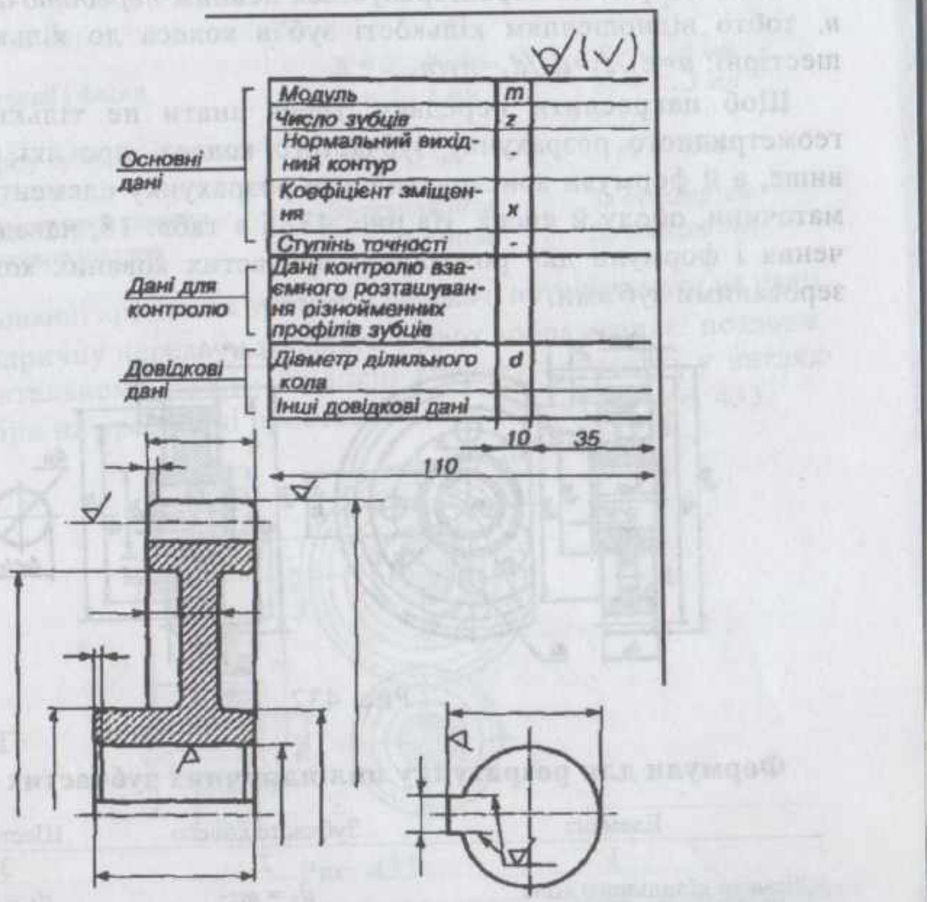


Рис. 431

У верхньому правому куті креслення поміщають таблицю параметрів. Таблицю поділяють на три частини, відокремлені одна від одної основними суцільними лініями. Перша верхня частина містить основні дані щодо виготовлення колеса, друга - щодо контролю виробу, а третя - довідкові матеріали. У разі потреби окремі рядки з неї можна опускати.

Циліндричну зубчасту передачу утворюють два зубчастих колеса, які перебувають у зачеплені. Менше колесо, яке звичайно є ведучим, називають *шестірнею*, більше - *зубчастим колесом*. Обидва колеса повинні мати однаковий модуль і однакові геометричні розміри зуб'їв.

Кожна передача характеризується певним *передаточним числом u*, тобто відношенням кількості зуб'їв колеса до кількості зуб'їв шестірні: $u=z_2/z_1=d_2/d_1=n_1/n_2$.

Щоб накреслити передачу, треба знати не тільки формули геометричного розрахунку зубчастого колеса, про які мова йшла вище, а й формули конструктивного розрахунку елементів колеса - маточини, ободу й диска. На рис. 432 і в табл. 18, наведено позначення і формули для розрахунку зубчастих кованих коліс із фрезерованими зуб'ями.

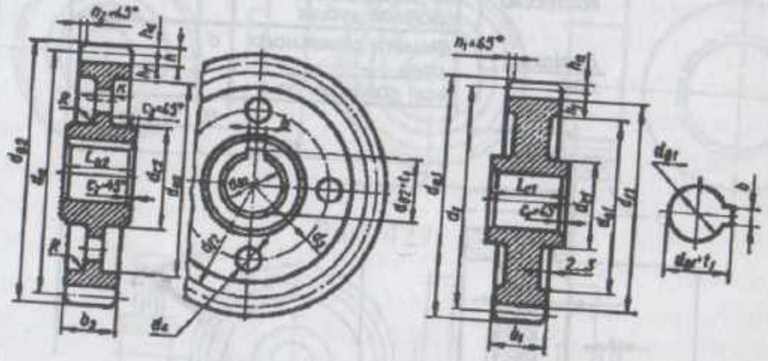


Рис. 432

Формули для розрахунку циліндричних зубчастих коліс

Таблиця 18

Елемент	Зубчасте колесо	Шестерня
1	2	3
Діаметр ділильного кола	$d_2 = mz_2$	$d_1 = mz_1$
Висота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m$
Висота ніжки зуба	$h_f = 1,25m$	$h_f = 1,25m$
Повна висота зуба	$h = 2,25m$	$h = 2,25m$
Діаметр кола вершин	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$
Діаметр кола западин	$d_{f2} = m(z_2 - 2,5)$	$d_{f1} = m(z_1 - 2,5)$
Товщина зуба	$S = 0,5pm$	$S = 0,5pm$
Ширина зубчастого вінця	$b_2 = 8m$	$b_1 = 8m$
Внутрішній діаметр обода	$d_{o2} = d_{a2} - 8,5m$	$d_{o1} = d_{a1} - 8,5m$
Діаметр маточини	$d_{c2} = 1,6d_{e2}$	$d_{c1} = 1,6d_{e1}$
Довжина маточини	$L_{c2} = 1,1b_2$	$L_{c1} = 1,1b_1$
Товщина диска	$k = 0,3b_2$	-
Діаметр центрового кола	$d3 = 0,5(d_{o2} + d_{c2})$	-
Діаметр отворів	$d4 = 0,25(d_{o2} - d_{c2})$	-

Продовження табл. 18

1	2	3
Радіуси галтелей і фаски	$R = 2...3$ мм $c_2 = 2...3$ мм	$R = 2...3$ мм $c_1 = 2...3$ мм
Величина зрізу зубів на торцевих кромках	$n_2 = 0,5m$	$n_1 = 0,5m$
Розміри прямокутної шпонки	За стандартом	За стандартом
Розміри шпонкового паза	За стандартом	За стандартом

При виконанні креслення зубчастої передачі потрібно мати на увазі:

✓Циліндричну передачу креслять у двох зображеннях: поздовжньому фронтальному розрізі на місці вигляду спереду і у вигляді зліва. Розміри на кресленні проставляються так, як на рис. 433.

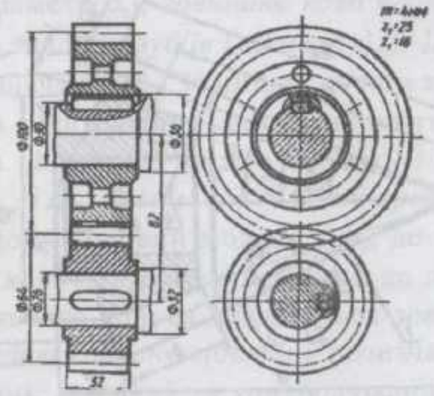


Рис. 433

✓Початкові кола ведучого і веденого коліс у зачепленні дотикаються одне до одного на лінії, що з'єднує центри коліс.

✓Міжосьова відстань між валами дорівнює: $A=(d_1+d_2)/2$.

✓У зоні зачеплення кола поверхонь вершин для обох коліс показують суцільними основними лініями.

✓Кола поверхонь вершин і западин коліс не дотикаються і в зоні зачеплення утворюється радіальний зазор, що дорівнює $0,25m$.

✓На головному зображенні в розрізі зуб веденого колеса показують розміщеним перед зубом веденого колеса, тому твірну кола вершин меншого колеса наводять суцільною лінією, а твірну кола вершин більшого - штриховою.

✓Для зображення шпонкового з'єднання вала з колесом на кресленні виконують місцевий розріз.

✓На складальному кресленні зубчастого зачеплення не показують фасок і скруглень на зуб'ях, маточині тощо.

22.2.2. Конічна зубчаста передача

Конічні колеса передають рух між валами, осі яких перетинаються. Кут між осями валів конічної зубчастої передачі може бути як прямим, так і непрямим.

Конічні колеса можуть мати прямий або косий зуб.

Крім понять та параметрів, спільних з циліндричними колесами, конічні колеса мають ряд специфічних понять, зокрема, початковий конус, конус виступів тощо.

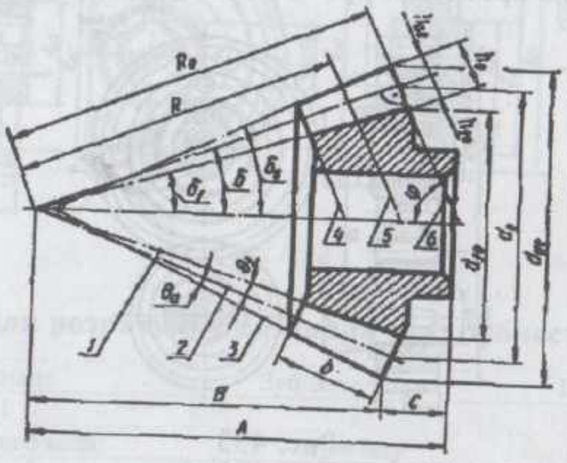


Рис. 434

Конічне колесо характеризують *ділильний конус* 2 (рис. 434), *конус вершин* 3 і *конус западин* 1, які є відповідно *ділильною поверхнею, поверхнею вершин зуб'їв* і *поверхнею їх западин*. Кути між віссю і твірними відповідних конусів позначають так: д- *кут ділильного конуса*, $д_а$ - *кут конуса вершин* і $д_f$ -*кут конуса западин*. При проеціюванні визначають також *кути головки зуба* $И_a$ (кут між твірними ділильного конуса і конуса вершин) і *кут ніжки зуба* $И_f$ (кут між твірними ділильного конуса і конуса западин). З рисунка бачимо, що $д_а = д + И_а$; $д_f = д - И_f$.

Зубчастий вінець конічного колеса обмежений з торців двома додатковими конусами, один з яких називається зовнішнім (6), а другий - внутрішнім (4). Крім того, виділяють середній додатковий конус 5. Твірні додаткових конусів перпендикулярні до твірних ділильного конуса, тобто кут додаткового конуса ц = 90° - д.

Крок, модуль і висота зуб'їв у конічних коліс змінні і збільшуються в напряму від вершини ділильного конуса до його основи. Для розрахунків ці величини беруть на поверхні зовнішнього додаткового конуса. Деякі параметри визначають на поверхні середнього додаткового конуса. *Зовнішній окружний модуль* позначають m_e, а *середній окружний модуль* - m. Розрізняють три кола, по яких соосні конічні поверхні перетинають зовнішній додатковий конус: *зовнішнє ділильне коло* (діаметр d_t), *зовнішнє коло вершин зуб'їв* (діаметр d_{ae}) і *зовнішнє коло западин зуб'їв* (діаметр d_{fe}). Діаметр середнього ділильного кола позначають d. Зовнішня висота зуба h_e - це відстань від кола вершин до кола западин, виміряна по твірній зовнішнього додаткового конуса. *Зовнішню висоту головки і ніжки зуба* позначають відповідно h_{ae} і h_{fe}. *Зовнішній коловий крок зуб'їв* позначають p_{te}, а відповідний йому коловий модуль - m_e, де $m_e = p_{te}/p$. Довжина твірної ділильного конуса від його вершини до перетину з твірною зовнішнього додаткового конуса називається *зовнішньою конусною відстанню* R_e. *Середню конусну відстань* позначають R.

При виготовленні, монтажі та контролюванні конічного колеса базовою площиною вважають торець маточини колеса (рис. 434). Базова відстань А - це відстань від вершини конічного колеса до його базової площини. Відстань від вершини колеса до площини зовнішнього кола вершин зуб'їв за стандартом позначають буквою В, а відстань від цієї площини до базової - буквою С.

Ширину зубчастого вінця конічного колеса, виміряну по твірній ділильного конуса, позначають b.

Початковими називають конуси спряженої пари зубчастих коліс, які котяться одне по одному без ковзання. *Діаметр початкового кола* позначають $d_{ще}$. Якщо колеса немодифіковані, діаметри початкових кіл дорівнюють діаметрам ділильних кіл, тобто $d_{ще} = d_e$.

Таблиця 19

Формули для розрахунку конічних зубчастих коліс

Елемент	Розрахункова формула
Число зуб'їв плоского колеса	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Зовнішня конусна відстань	$R_e = 0,5\ m_e z_c$
Ширина зубчастого вінця	$B < 0,3R_e$ і $b < 10m_e$
Середня конусна відстань	$R = R_e - 0,5b$
Середній коловий модуль	$M = m_e \frac{R}{R_e}$
Середній ділильний діаметр	$D = mz$
Кут ділильного конуса	$tg\partial_1 = \frac{z_1}{z_2};\ \partial_2 = 90^0 - \partial_1$
Зовнішня висота головки зуба	$H_{ae} = m_e$
Зовнішня висота ніжки зуба	$H_{fe} = 1,2m_e$
Зовнішня висота зуба	$H_e = 2,2m_e$
Зовнішня колова товщина зуба	$S_e = 1,57m_e$
Кут ніжки зуба	$Tg\ И_f = \frac{h_{fe}}{R_e}$
Кут головки зуба	$И_{a1} = И_{f2};\ И_{a2} = И_{f1}$
Кут конуса вершин	$\partial_a = \partial + И_a$
Кут конуса западин	$\partial_f = \partial - И_f$
Зовнішній діаметр вершин зуб'їв	$d_{ae} = m_e(z + 2\ cos\ \partial)$
Відстань від вершини до площини зовнішнього кола вершин зуб'їв	$B_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae} sin\ \partial_1$ $B_2 = 0,5d_{e1} - h_{ae} sin\ \partial_2$
Зовнішній діаметр вершин зуб'їв	$d_{ae} = m_e(z + 2\ cos\ \partial)$

Умовне зображення конічних коліс на кресленні виконують за такими ж правилами, які і для циліндричних коліс.

Робоче креслення конічного зубчастого колеса регламентує ГОСТ 2.405-75. На рис. 435 наведено фрагмент робочого креслення конічного зубчастого колеса і таблицю його параметрів. На робочому кресленні колеса проставляють: зовнішній діаметр d_{ae} вершин зуб'їв до притуплення кромок; зовнішній діаметр після притуплення кромок (якщо є вимога); відстань С від базової площини до площини зовнішнього кола вершин зуб'їв; кут $д_a$ конуса вершин; кут ц зовнішнього додаткового конуса (або кут, додатковий до нього); ширину b зубчастого вінця; базову відстань А; розміри фасок або радіуси кривизни ліній притуплення на кромках зуб'їв; положення

вимірного перерізу. Шорсткість поверхонь конічного зубчастого колеса позначають за такими самими нормами, що й для циліндричних коліс. На робочому кресленні конічного зубчастого колеса повинна бути і таблиця (зразок її наведено на рис. 435).

Конічна зубчаста передача. На рис. 436 наведено приклад виконання конічної зубчастої передачі; її зображено в тому вигляді, в якому її слід виконувати в навчальному завданні. Мале колесо є ведучим, тому твірна поверхні вершин зуба меншого колеса наведена суцільною лінією, а більшого - штриховою. Розміри шпонок і шпонкових пазів беруть за стандартами. Параметри спільні з циліндричними колесами розраховують за формулами (табл. 19).

На схематичному зображенні передачі може бути показано тип зуб'їв.

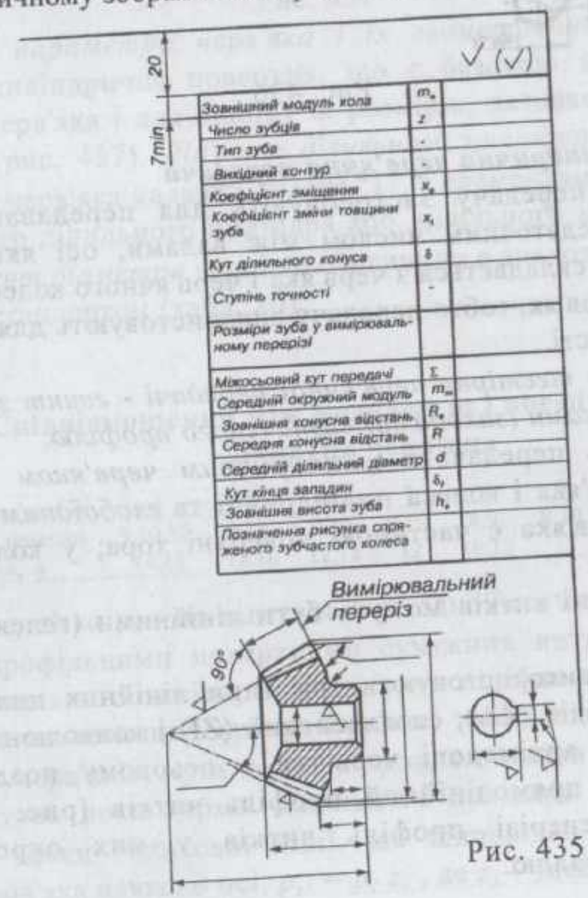


Рис. 435

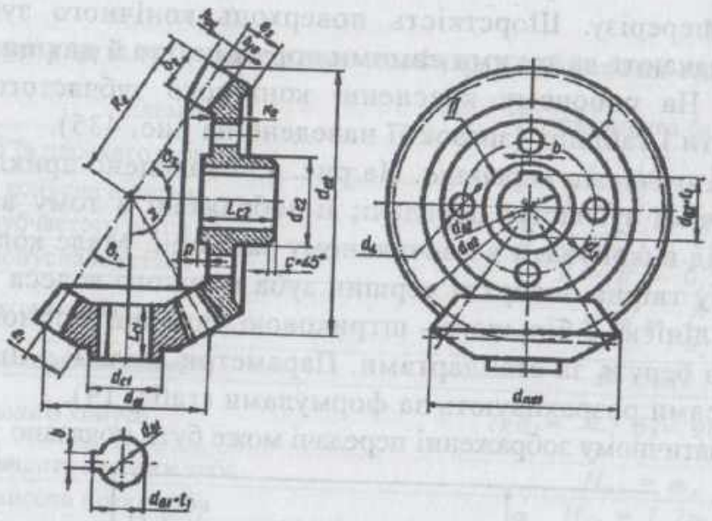


Рис. 436

22.2.3. Циліндрична черв'ячна передача

Черв'ячну передачу застосовують для передавання руху з постійним передаточним числом між валами, осі яких перехрещуються. Вона складається з черв'яка і черв'ячного колеса. Ведучим елементом є черв'як, тобто передачу використовують для пониження кутової швидкості.

Черв'як - це шестірня черв'ячної передачі - гвинт з одним або декількома витками (заходами) визначеного профілю.

Розрізняють передачі з *циліндричним черв'яком* - ділильні поверхні в черв'яка і колеса циліндричні та *глобоїдним* - ділильна поверхня у черв'яка є частиною поверхні тора; у колеса циліндрична.

Бічні поверхні витків можуть бути лінійними (гелекоїдними) і нелінійними.

Найчастіше використовують три типи лінійних циліндричних черв'яків: архімедів (ZA), евольвентний (ZI) і конволюнтний (ZN). Найпоширеніші архімедові черв'яки в осьовому поздовжньому перерізі мають прямолінійний профіль витків (рис. 437), а в поперечному перерізі профіль витків у них окреслено за архімедовою спіраллю.

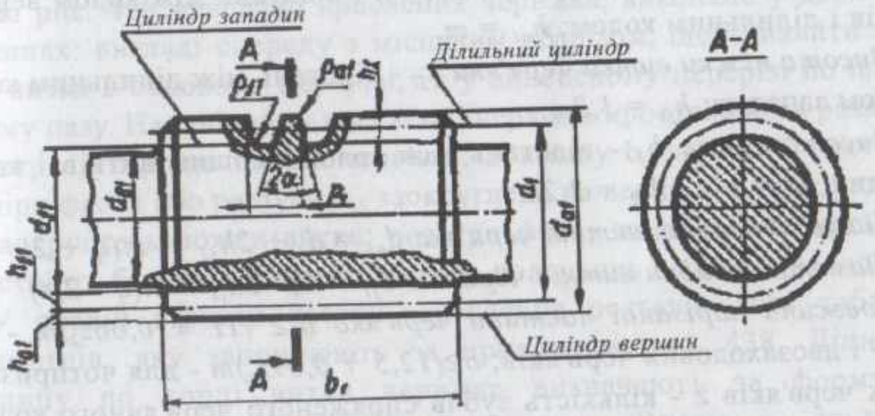


Рис. 437

Основні параметри черв'яка і їх геометричний розрахунок. Співвісна циліндрична поверхня, що є базовою для визначення елементів черв'яка і для відліку їх розмірів, називається *ділильним циліндром* (рис. 437). *Діаметр ділильного циліндра* позначають d_1 (елементам черв'яка надають індекс "1", а елементам колеса - індекс "2"). Діаметр ділильного циліндра або ділильного кола $d_1 = qm$, де q - *коефіцієнт діаметра черв'яка*. Величину q знаходять залежно від модуля за стандартом (табл. 20).

Таблиця 20

Співвідношення між модулем m і коефіцієнтом q діаметра черв'яка

Модуль черв'яка, m	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Коефіцієнт діаметра черв'яка, q	9,10,12, 14,16	9,10, 12,16	9,10, 12,14	9,10, 12	8,9, 10,12	8,10, 12	8,10, 12	8,10, 12	8,10

Крок черв'яка p_1 - це відстань між однойменними (правими або лівими) профільними поверхнями суміжних витків, виміряна по твірній ділильного циліндра. Модуль m - лінійна величина, яка в p раз менша за величину кроку черв'яка, тобто $m=p_1/p$. Для багатозаходових черв'яків, крім поняття крок, є поняття хід. Хід *черв'яка* p_{z1} - відстань по поверхні ділильного циліндра між двома положеннями точки гвинтової лінії, що відповідає одному повному оберту черв'яка навколо осі; $p_{z1} = p_1 z_1$, де z_1 - число витків черв'яка.

Висота головки витка черв'яка h_{a1} - відстань між колом вершин витків і ділильним колом; $h_{a1} = m$.

Висота ніжки витка черв'яка h_{f1} - відстань між ділильним колом і колом западин; $h_{f1} = 1,2m$.

Висота витка h_1 - відстань між колом вершин витків і колом западин; $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2,2m$.

Діаметр вершин витків черв'яка $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2)$.

Діаметр западин витків черв'яка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2,4)$.

Довжина нарізаної частини черв'яка $b_1 \geq (11 + 0,06z_2)m$ - для одно- і двозаходових черв'яків; $b \geq (12,5 + 0,09z_2)m$ - для чотиризаходових черв'яків z - кількість зуб'їв спряженого черв'ячного колеса. Знайдену величину b_1 для шліфованих і фрезерованих черв'яків збільшують на 25 мм при модулі до 10 мм, на 35...40 мм - при модулі до 16 мм і на 50 мм - при модулі, більшому за 16 мм.

Ділильний кут підйому (тобто кут лінії витка на ділильному циліндрі) $\gamma = \text{arctg } z_1/q$, або $\text{tg } \gamma = z_1/q$.

Розрахункова товщина витка на ділильному циліндрі $S = P_1/2 = 1,57m$.

Радіус заокруглення витка черв'яка при вершині $c_{a1} = 0,1m$, *радіус заокруглення при основі витка* $c_{f1} = 0,2m$.

Стандартний кут профілю витка в осьовому перерізі для архімедових черв'яків дорівнює 20° ($\beta = 20°$).

Оформлення робочого креслення черв'яка виконують за ГОСТ 2.406-76

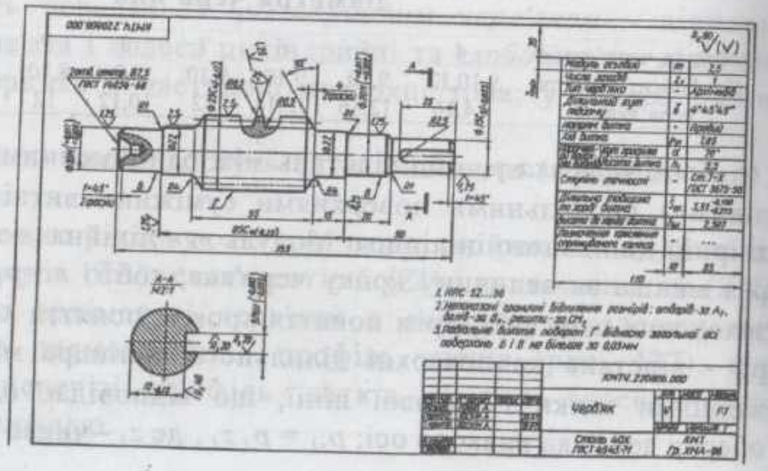


Рис. 438

На рис. 438 наведено креслення черв'яка, виконане у двох зображеннях: вигляді спереду з місцевим розрізом, щоб виявити профіль витка в осьовому перерізі, та у винесеному перерізі по шпонковому пазу. На робочому кресленні черв'яка проставляють розміри: діаметр d_{a1} вершин витків черв'яка; довжину b_1 нарізаної частини; розміри фасок або радіуси c_{a1} заокруглень на вершині витка; радіуси c_{f1} заокруглень ножки витка; розміри фасок на торцевих кромках; шорсткість бічних поверхонь витків, поверхонь вершин і западин.

У правій верхній частині креслення розташовують таблицю параметрів, яку заповнюють за прикладом рис. 438. Ділильну товщину по хорді витка черв'яка визначають за формулою $\overline{S} = 1,57m \cos \gamma$, де γ - кут підйому витка. Висоту h_{a1} до хорди знаходять за складнішою формулою. З деяким наближенням для навчальних креслень можна вважати, що $\overline{h}_{a1} = m + (0,01...0,02)$ мм.

Черв'ячні колеса бувають з прямими або (частіше) з косими зуб'ями. Форма виїмки поверхні вершин зуб'їв узгоджена з формою поперечного перерізу черв'яка. Зуб колеса охоплює черв'як по дузі, центральний кут якої дорівнює 90 - 120°. Число зуб'їв рекомендується брати в межах 28 - 80.

Для закритих передач черв'ячні колеса здебільшого конструюють збірними. Зубчастий вінець виготовляють із бронзи Бр.ОФ 8,0-0,3; Бр.ОЦС 4-4-2,5; Бр.ОЦ 4-3 та ін., а маточину колеса- з чавуну СЧ 15; СЧ 18 або із сталі.

Основні параметри черв'ячного колеса і їх розрахунок подано на рис.439.

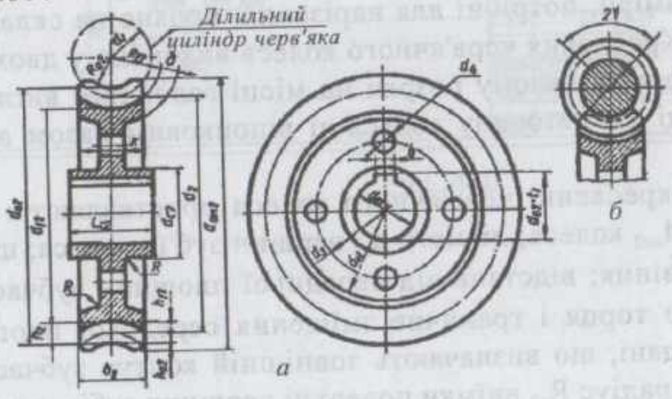


Рис. 439

Середній ділильний діаметр черв'ячного колеса $d_2 = z_2 m$, де z_2 - число зуб'їв колеса.

Діаметр вершин зуб'їв колеса $d_{a2} = d_2 + 2m = m(z_2 + 2)$.

Діаметр западин колеса $d_{f2} = d_2 - 2{,}4m = m(z_2 - 2{,}4)$.

Висота головки зуба $h_{a2} = m$; висота ніжки зуба $h_{f2} = 1{,}2m$.

Повна висота зуба $h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 2{,}2m$.

Крок зуб'їв черв'ячного колеса $p_2 = pm$.

Найбільший діаметр колеса $d_{aм2} = d_{a2} + 6\ m\ /(z_1+2)$.

Ширина вінця колеса $b_2 \le 0{,}75d_{a1}$, коли $z_1 \le 3$; $b_2 \le 0{,}67d_{a1}$, коли $z_1 = 4$.

Радіус виїмки поверхні вершин зубів колеса $R_{a2} = (d_1/2) - m$.

Кут підйому лінії витка $\gamma = \text{arctg}\ z_1/q$.

Розраховуючи черв'ячну передачу, потрібно перевірити кут 2γ (рис. 439, *б*). Цей кут називається *умовним кутом охоплення черв'яка вінцем колеса*. Знаходять його за формулою $\sin\gamma = b_2/(d_{a1} - 0{,}5m)$.

Для силової передачі кут 2γ повинен бути в межах 90 - 120°.

Робоче креслення черв'ячного колеса виконують за ГОСТ 2.406-76 і ГОСТ 2.407-75. Умовно черв'ячні колеса зображують за тими самими правилами, що й циліндричні.

На рис. 440 показано складальне креслення збірного черв'ячного колеса, спряженого з архімедовим черв'яком, на рис. 441, *а, б* - робочі креслення вінця колеса та його маточини. Специфікацію до складального креслення колеса наведено на рис. 442. З цих креслень бачимо, що зуб'я нарізують після з'єднання вінця колеса з маточиною, тому всі розміри, потрібні для нарізання, подано на складальному кресленні. Креслення черв'ячного колеса виконано у двох виглядах: повному фронтальному розрізі на місці головного вигляду і місцевому вигляді на маточину колеса зі шпонковим пазом або із шліцами.

На робочому кресленні черв'ячного колеса проставляють: найбільший діаметр $d_{aм2}$ колеса; діаметр d_{a2} вершин зуб'їв колеса; ширину b_2 зубчастого вінця; відстань від середньої площини зубчастого вінця до базового торця і граничне зміщення середньої площини вінця в обробці; дані, що визначають зовнішній контур зубчастого вінця, наприклад, радіус R_{a2} виїмки поверхні вершини зубів, розміри

фасок або радіуси заокруглень на торцевих кромках тощо. Крім цього, показують шорсткість бічних поверхонь зубів, поверхонь вершин і западин. Якщо треба, показують граничні значення радіального биття поверхні в середній площині колеса і величину биття базового торця.

У правому верхньому куті креслення розташовують таблицю параметрів. Розміри граф таблиці, їх розміщення та послідовність заповнення показано на рис. 440.

Креслення черв'ячної передачі (рис. 443). Осі черв'яка і колеса перехрещуються під прямим кутом. Щоб виконати навчальне креслення черв'ячної передачі, треба визначити не тільки геометричні елементи колеса і черв'яка, тобто знайти розміри маточини, ободу, диска тощо, а й інші дані для передачі, що подано в табл. 21.

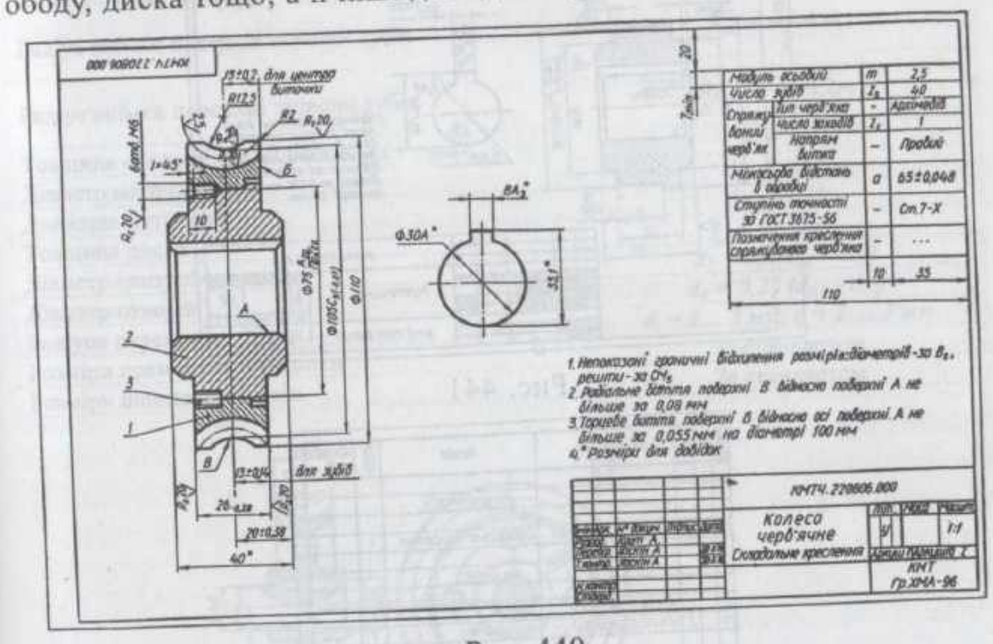


Рис. 440

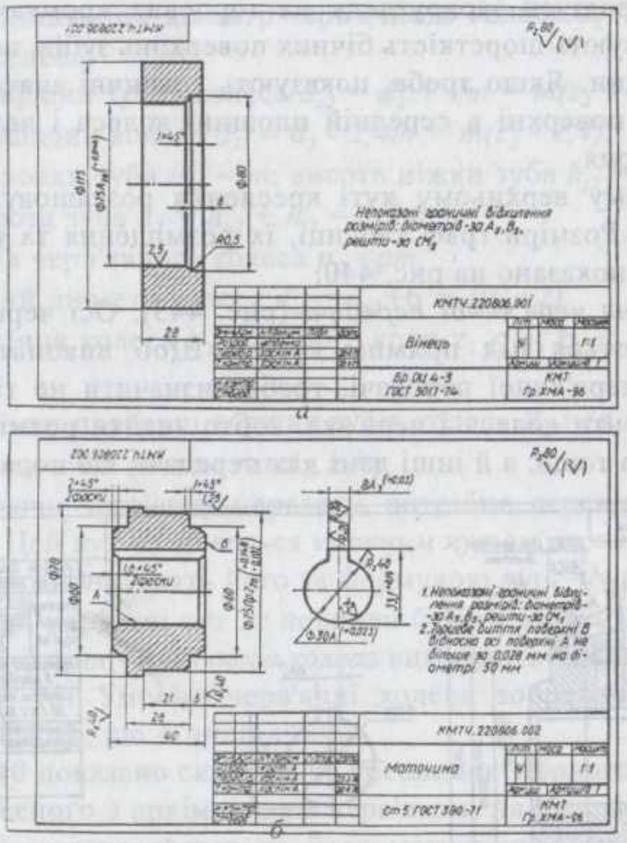


Рис. 441

Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
	Документація		
КМТЧ.220806.000.СБ	Складальне креслення	1	
	Деталі		
1 КМТЧ.220806.001	Вінець	1	
2 КМТЧ.220806.002	Маточина	1	
	Стандартні вироби		
3	Болт М6×12.58 ГОСТ 7798-94	6	
	Колесо черв'ячне	КМТ Гр. ХМА-96	

Рис. 442

Таблиця 21

Формули для розрахунку черв'ячної передачі

Елемент	Формула
Елементи черв'яка	
Діаметр ділильного кола	$d_1 = mq$
Діаметр вершин витків черв'яка	$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1}$
Діаметр западин витків черв'яка	$d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2{,}4)$
Діаметр вала черв'яка	$d_{w1} = d_{f1} - m$
Довжина нарізаної частини черв'яка	$b_1 > (11 + 0{,}06z_2)m$
Елементи черв'ячного колеса	
Ділильний діаметр колеса	$d_2 = mz_2$
Діаметр вершин зуб'їв колеса	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$
Діаметр западин колеса	$d_{f2} = m(z_2 - 2{,}4)$
Висота зуба	$h_2 = 2{,}2m$
Ширина вінця колеса	$b_2 < 0{,}75d_{a1}$ (коли $z_1 = 1{,}2$ або 3)
Радіус виїмки поверхні вершин зубів	$R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m$
Радіус виїмки поверхні западин зубів	$R_{f2} = \frac{d_1}{2} + 1{,}2m$
Товщина ободу вінця колеса	$\partial = 2m$
Діаметр маточини	$d_{c2} = 1{,}8d_{w2}$
Довжина маточини	$L_{c2} = 1{,}3b_2$
Товщина диска	$k = 0{,}3b_2$
Діаметр центрового кола	$d_3 = 0{,}5(d_{o2} + d_{c2})$
Діаметр отворів	$d_4 = 0{,}25(d_{o2} - d_{c2})$
Радіуси переходів і фаски	$R = 2 \ldots 3$ мм; $c = 2 \ldots 3$ мм
Розміри прямокутної шпонки	За стандартом
Розміри шпонкового паза	За стандартом

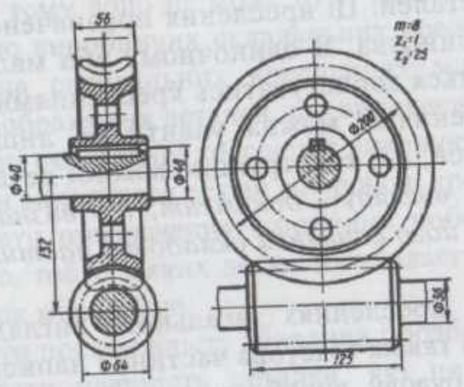


Рис. 443

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які основні елементи циліндричного зубчастого колеса?

2. За якими формулами визначають діаметр ділильного кола, кола вершин і западин для циліндричного колеса?

3. Які основні елементи конічного зубчастого колеса?

4. За якими формулами роблять геометричний розрахунок конічного зубчастого колеса?

5. Які основні елементи черв'яка і черв'ячного колеса?

6. За якими формулами розраховують ділильний діаметр черв'яка і черв'ячного колеса, діаметр вершин та западин черв'яка і черв'ячного колеса?

7. Як умовно зображають на кресленні циліндричні зубчасті, конічні колеса, циліндричний черв'як?

§ 23. КРЕСЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО ВИГЛЯДУ. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕННЯ

23.1. Загальні положення

Для виготовлення машин, пристроїв, верстатів та інших виробів розроблюється конструкторська документація, котра повинна мати всі відомості, потрібні для виготовлення, контролю, експлуатації та ремонту виробу і його складових частин.

Складальним називається креслення, яке має зображення виробу та інші дані, потрібні для його складання (виготовлення) і контролю.

Складальне креслення дає уявлення про взаємозв'язок і способи поєднання між собою деталей. Ці креслення призначено для серійного або масового виробництва. В одиночному або малосерійному виробництві рекомендується користуватись кресленнями загального вигляду. За цими кресленнями можна уявити не лише зв'язок і способи поєднання деталей, а й конструкцію кожної деталі зокрема.

Креслення загального вигляду - документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його основних складових частин і пояснює принцип роботи виробу.

За ГОСТ 2.109-73 на кресленнях загального вигляду повинні бути зображення виробу, а також текстова частина і написи такі, щоб зрозуміти конструктивну будову виробу, взаємодію його основних складових частин і принцип роботи, а також дані про склад виробу. На

кресленні загального вигляду дозволяється розміщувати характеристику виробу. Креслення загальних виглядів використовуються для підготовки виробництва, розроблення технологічної документації, оснащення виробництва, для контролю і прийому виробів. У навчальній практиці креслення виробів рекомендується виконувати за вимогами, які ставлять щодо креслення загальних виглядів.

За ГОСТ 2.109-73 складальне креслення повинно мати:

- Зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розміщення та взаємний зв'язок складових частин, з'єднуваних за даним кресленням, і забезпечує здійснення складання й контролю складальної одиниці.
- Розміри, граничні відхилення та інші параметри й вимоги, що мають бути виконані чи проконтрольовані за даним складальним кресленням.
- Вказівки про характер спряження і методи його здійснення.
- Номери позицій складових частин, що входять до виробу.
- Основні характеристики виробу.
- Габаритні розміри.
- Установочні й приєднувальні розміри, а також потрібні довідкові розміри.

23. 2. Послідовність виконання креслень загального вигляду і складальних креслень

У курсі креслення складальне креслення виробу є навчальним кресленням, тому воно не може бути виконано з усіма вимогами, що ставляться до виробничих складальних креслень. Правила виконання зображень на складальних кресленнях мають багато спільного з правилами зображення деталей, що викладені в § 20.

Навчальні складальні креслення виконуються з натури і перед тим як розпочати виконувати ескізи або робочі креслення деталей потрібно:

* з'ясувати призначення і принцип роботи виробу, вивчити його конструкцію, тобто з яких деталей складається виріб, їх призначення, взаємозв'язок між собою;

* вивчити послідовність збирання і розбирання виробу;

* з'ясувати наявність деталей, які не підлягають ескізуванню, наприклад, кріпильні, стандартні тощо;

* скласти попередню специфікацію, де показати, які конструкторські документи потрібні для виготовлення і комплектування виробу, перерахувати і позначити складальні одиниці, деталі, стандартні вироби та матеріали, що входять до виробу;

* проставити в специфікації позначення складальних одиниць та деталей відповідно до стандартів.

Після докладного вивчення виробу переходять до складання ескізів, виконуючи їх за правилами, викладеними в § 20. 2.

Додаткові вимоги, які слід ураховувати при виконані ескізів (робочих креслень) для складальних креслень:

✓ Вибір головного вигляду деталі на ескізі не слід пов'язувати з розміщенням її у виробі. Рекомендується за головний вигляд брати зображення деталі, яке дає найкраще уявлення про її форму, розміри і відповідає основній технологічній операції в процесі її виготовлення.

✓Кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів) і їх розробка повинні бути настільки повними, щоб за ними без натури можна було виконати складальне креслення.

✓На ескізах спряжених деталей слід витримати однакові номінальні розміри, інакше не можна скласти виріб.

✓Різного характеру поєднання деталей (рухомі, нерухомі), або їх посадок, досягають за рахунок справжніх розмірів, за якими деталі виготовляють. Рекомендується проставляти на ескізах граничні відхилення форми і розташування поверхонь.

✓Знаки шорсткості поверхонь повинні відповідати характеру посадки деталі і класу її точності, тобто залежить від технології виготовлення деталі. Знаки шорсткості для однакових поверхонь, як правило, беруться однаковими.

✓Оформлювати ескізи слід за всіма вимогами, які ставлять до робочих креслень деталей.

Послідовність виконання складального креслення

Перевіряють правильність виконання ескізів щодо зображень, нанесення розмірів, умовних позначень тощо.

Вибирають необхідну і достатню кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів), які дозволяють розкрити конструкцію виробу зовні і всередині на складальному кресленні.

Установлюють масштаб креслення залежно від складності виробу і його габаритних розмірів.

Проводять осі симетрії і намічають габаритні прямокутники для розміщення окремих зображень.

Наносять контур основної деталі виробу, причому побудову ведуть одночасно на всіх намічених зображеннях. Разом з виглядом деталі виконують і потрібні розрізи її.

Інші деталі креслять у тій самій послідовності, в якій їх приєднують до головної. Виконують на складальному кресленні розрізи, перерізи, виносні елементи, показують різь тощо.

Перевіряють зроблене креслення, обводять лінії видимого і невидимого контурів, заштриховують розрізи, перерізи.

Проводять виносні і розмірні лінії, проставляють розмірні числа.

Заповнюють основний напис і записують технічні вимоги або технічну характеристику виробу.

На окремому аркуші виконують специфікацію виробу.

Наносять позиції деталей виробу на креслення.

Особливості виконання складальних креслень

При потребі на кресленні наносять і інші вимоги щодо обробки деталей, про характер спряжених деталей, позначення посадок, зображення рухомих частин у крайньому або проміжному положенні тощо. Одне з цих положень, яке умовно називають робочим, креслять суцільною основною лінією, а інші - штрихпунктирною тонкою. На кресленні наносять розміри, що характеризують крайні положення рухомих частин (рис. 444).

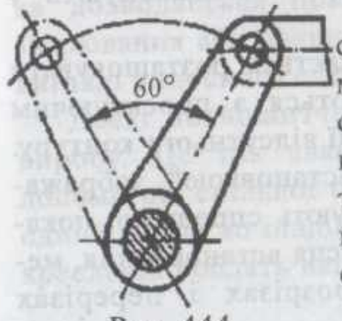


Рис. 444

Кількість зображень на складальному кресленні повинна бути мінімальною, але достатньою (вона залежить від складності виробу). Навчальне складальне креслення найчастіше виконують у двох або трьох основних зображеннях, застосовуючи місцеві і додаткові вигляди, прості та складні розрізи, перерізи, виносні елементи.

Виріб звичайно розташовують у робочому положенні. Якщо робоче положення виробу може бути будь-яким, то головне зображення вибирають так, щоб вибране положення було зручним при збірці і давало найбільш повне уявлення про конструкцію виробу.

На головному зображенні виконують фронтальний або складний розріз, або при симетричній конструкції - поєднують половину вигляду з половиною фронтального розрізу.

Склад інших зображень виробу визначають залежно від особливостей конструкції та форм його деталей.

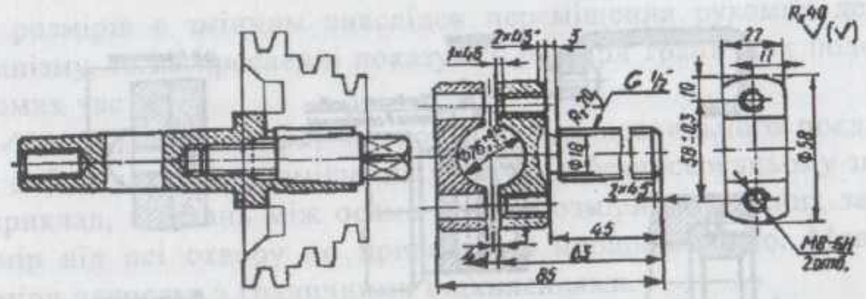
Основні зображення виробу розташовують у проеціювальному зв'язку відносно головного. В окремих випадках для більш раціонального використання поля креслення частину їх розташовують на вільному полі креслення і відмічають відповідними написами, що зазначають напрям зору.

Основними зображеннями виробу на кресленні загального вигляду можуть бути як види виробу, так і розрізи площинами, паралельними основним площинам проекцій, або складні розрізи. Як правило, це виконують при несиметричному характері зображень у тих випадках, коли розріз дає повнішу інформацію про виріб, ніж вигляд. Вигляд на виріб (якщо він потрібен) у цьому випадку розташовують на вільному полі креслення.

Окремі зображення можуть бути виконані в меншому масштабі порівняно з головним, якщо форма елементів, що зображується, проста і "читати" їх не важко.

Для дрібних конструктивних елементів використовують додаткові вигляди, перерізи або виносні елементи, які виконують у збільшеному масштабі.

На кресленні загального вигляду допускається розташовувати зображення суміжних виробів, що спрягаються з проектуючим ("обстановку"). Лінії "обстановки" - тонкі лінії відсутнього контуру. Складові частини виробу, розташовані за "обстановкою", зображаються як видимі. Деталі "обстановки" виконують спрощено, показують тільки необхідні дані для визначення місця встановлення, методів з'єднання і кріплення виробу. У розрізах і перерізах "обстановку" допускається не штрихувати.



а *б*

Рис. 445

На рис. 445, *а* тонкими лініями показано контур деталі, закріпленої в пристрої, а на рис. 445, *б* як пограничну деталь показано кришку кронштейна доводочного верстата.

Гвинти, болти, шпильки, заклепки, штифти, шпонки, суцільні вали, осі, рукоятки, штоки тощо при поздовжньому розрізі показують не розсіченими і не штрихують. Якщо в цих деталях є отвори, пази й інші подібні елементи, то на складальному кресленні їх показують за допомогою місцевих розрізів. Кульки завжди показують нерозсіченими.

Як правило, на кресленнях загального вигляду гайки і шайби показують нерозсіченими.

Штриховку в розрізі тієї самої деталі на всіх зображеннях виконують в один бік, витримуючи однакову відстань між лініями штриховки. Якщо в розрізі кілька деталей з одного матеріалу стикаються між собою, то різноманітності штриховки досягають зміною її напряму або відстані між її лініями.

На складальних кресленнях виробів індивідуального виробництва дозволяється показувати дані про підготовку кромок для зварювання або паяння безпосередньо на самому зображенні або у вигляді виносного елемента.

Деякі технологічні операції виконуються під час складання виробу. Це так звані приганяльні операції. Їх виконують за допомогою спільної обробки з'єднуваних деталей або підганянням однієї деталі до іншої за місцем її встановлення. У цих випадках на кресленні роблять написи, подібні до показаних на рис. 446.

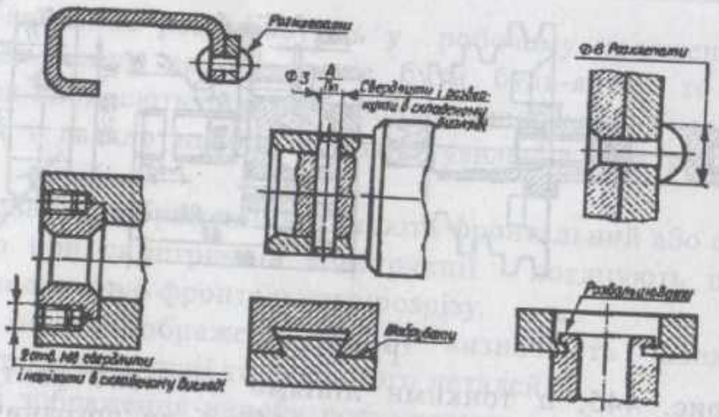


Рис. 446

На рис. 447 показано випадки правильного і неправильного виконання деяких конструктивних елементів.

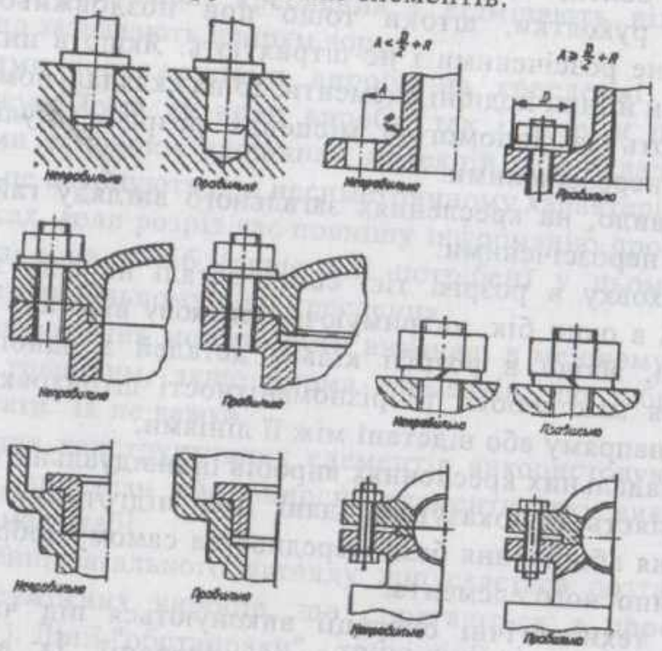


Рис.447

Розміри на складальному кресленні.

На складальному кресленні проставляють:

✓*Габаритні розміри*, які характеризують висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр. Якщо який-небудь з

цих розмірів є змінним внаслідок переміщення рухомих деталей механізму, то на кресленні показують розміри граничних положень рухомих частин.

✓*Монтажні розміри*, які потрібні для правильного поєднання між собою деталей, розміщених у виробі в безпосередньому зв'язку. Наприклад, відстань між осями валів, розміри монтажних зазорів, розмір від осі отвору до привалкової площини тощо. Монтажні розміри наносять з граничними відхиленнями.

✓*Установлювальні розміри*, що визначають величину елементів, за якими виріб установлюють на місце його монтажу або приєднують до іншого вироб, наприклад, відстань між осями отворів у фланцях, між осями під фундаментні болти, розміри центрових кіл і діаметри отворів під болти тощо.

✓*Експлуатаційні, або виробничі розміри,* які показують деякі розрахункові і конструктивні характеристики виробу. Наприклад, діаметр отворів для рідини і газу в насосах і вентилях, розміри "під ключ", число зуб'їв, їх модуль, позначення різі для приєднання межових деталей тощо.

Розміри окремих деталей або їх елементів на складальному кресленні не проставляють, тому що на складання йдуть готові деталі. Розміри габаритні, установлювані, приєднувальні, експлуатаційні, а також розміри, що показують граничні положення окремих елементів конструкції, належать до довідкових і позначають знаком "*". На складальному кресленні проставляють розміри отворів під болти, гвинти, заклепки, штифти, якщо ці отвори оброблюють під час складання виробу.

Нанесення номерів позицій

Номери позицій деталей, матеріалів або складальних одиниць, що входять до складу виробу, зазначають на поличці лінії-виноски, які проводять від відповідних деталей, матеріалів або складальних одиниць. Лінії-виноски і полички виконують на кресленні суцільною тонкою лінією товщиною s/2. Довжина поличок 6 ... 8 мм.

Лінію-виноску закінчують крапкою на зображенні відповідної її складової частини. Якщо розмір або характер зображення складової частини пристрою не дозволяє закінчити лінію-виноску крапкою, то її завершують стрілочкою, що упирається в зображення цієї скла-

дової частини. Наприклад, стрілками завершують лінії-виноски на зображеннях пружин з малим (менш 2 мм) поперечним перерізом витків, на зображеннях тонких прокладок і деяких деталей виготовлених із тонкого листового матеріалу (товщина на кресленні менш 2 мм), на зображеннях дрібних витків штифтів, шайб, гнізд, дротів тощо.

Лінії-виноски по можливості не повинні перетинатись з розмірними й виносними, що забезпечується при коротких виносних лініях і оптимальному групуванні позицій.

Лінії-виноски при перетині заштрихованих ділянок зображень (розрізів, перерізів) повинні бути не паралельні до ліній штрихування.

Номери позицій зазначають на тих зображеннях, де відповідні складові частини проеціюються як видимі, частіше, на основних видах і розрізах.

Номери позицій розташовують паралельно основному напису креслення зовні контуру зображення і групують їх у колонку або стрічку по можливості на одній лінії, ближче до зображення.

На кресленнях загального вигляду по можливості групують розташування поличок лінії-виноски тих деталей, які в конструкції складальної одиниці взаємопов'язані загальним функціональним призначенням або умовами спільної збірки і розбірки.

Позиції для складальних одиниць, що входять до складу пристрою, зазначають від зображення їх основних деталей.

Деталям і матеріалам, що входять до складу складальної одиниці пристрою, номера позицій на кресленні загального вигляду не надаються. Такі деталі і матеріали враховуються у специфікаціях відповідних складальних одиниць.

Нумерацію деталей пристрою починають з його основних деталей (корпуса, основи, шасі тощо).

Номер позиції, як правило, наносять один раз. Якщо в пристрої є декілька однакових деталей, то лінією-виноскою відмічають тільки одну деталь з них, а кількість таких деталей зазначають у таблиці складових частин пристрою у відповідній графі.

Допускається повторно зазначають номери позицій однакових складових частин (наприклад, однакових болтів, гвинтів, гайок,

штифтів, кнопок, рукояток тощо). У цьому випадку всі номери позицій, що повторюються, виділяють подвійною поличкою.

Допускається виконувати загальну лінію-виноску з вертикальним розташуванням номерів позицій для групи кріпильних деталей, які належать до одного й того ж місця кріплення. У цих випадках лінію-виноску проводять від зображення складової частини, номер якої зазначають першим (рис. 448).

Шрифт номерів позицій повинен бути на один-два розміри більший від шрифту, що прийнятий для розмірних чисел на цьому ж кресленні.

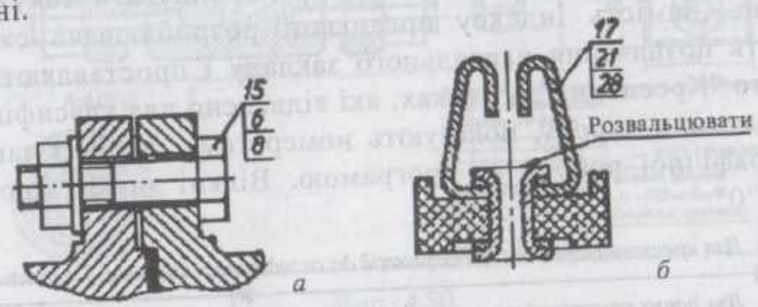


Рис. 448

Позначення креслень

Для всіх галузей машино- та приладобудування введено знеособлену і предметно-знеособлену система позначень. Основа знеособленої системи - єдиний класифікатор, у якому кожний виріб, деталь, складова одиниця закодовані певним номером. Перши чотири знаки загальної структури позначення креслень (рис. 449) визначають індекс організації-розроблювача. Цей індекс складається з літер або літер та цифр.

Наступні шість знаків дають класифікаційну характеристику виробу за класифікатором. Перші два знаки з цих шести (1) показують клас виробу певної галузі техніки за предметно-галузевим принципом. Третій знак (2) означає підклас, потім іде група (3), підгрупа (4) та вид виробу (5). Для позначення підкласів є така умовність: цифрою "0" позначають документи, цифрою "1" - комплекси, "2-6" - складальні одиниці і комплекти, цифрами "7-9" - деталі. Отже, класифікаційна шестизначна характеристика визначає виріб до його виду.

Позначення кожного конкретного виробу, моделі, типорозміру роблять трьома останніми знаками, що показують реєстраційний номер виробу. Цей номер проставляє виробництво, яке виготовляє виріб.

Для позначення конструкторських документів (крім креслень деталей і специфікацій) в умовному позначенні додатково проставляють шифр документа. Наприклад, "СК" - складальне креслення; "ВО" - креслення загального вигляду; "ЕО" - електросхема загальна; "ПЗ" - пояснювальна записка тощо.

Приклади позначень: АБВГ. 743835. 926 СК; АГБВ. 176275.349.

Для навчальних креслень можна рекомендувати таку систему позначень: замість індексу організації-розроблювача скорочено записують позначення навчального закладу і проставляють літеру "К", тобто "Креслення"; у знаках, які відведено для класифікаційної характеристики виробу, показують номер теми, варіант завдання і номер графічної роботи за програмою. Вільні знаки заповнюють цифрою "0".

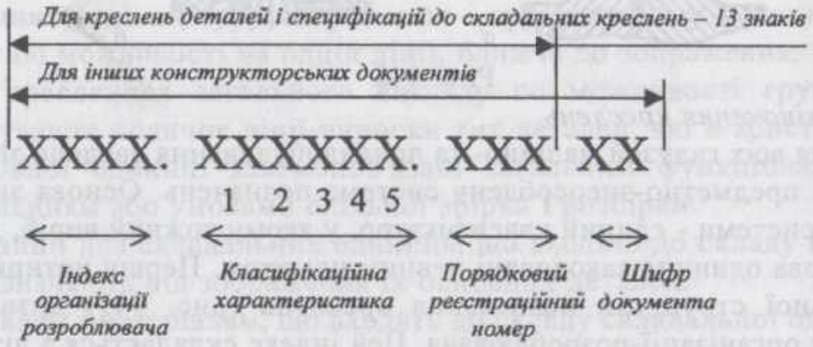


Рис. 449

Приклад виконання складального креслення вентиля показано на рис. 450 - 455.

Запірний вентиль (рис. 450) розрахований на тиск 200 кгс/см^2. Призначено його для подавання емульсії для гідравлічного преса. Перекривають вентиль, загвинчуючи шток 6 з клапаном 4, насадженим на кінці штока, у різь в кришці 3. Ущільнення штока досягають набивкою 14, яка підтискується до вентиля по трійнику 1, закріпленому на різі до фланця 8. Фланець з'єднується з корпусом двома шпильками 13 з гайками 12. Витікає емульсія через штуцер 7, з'єднаний з корпусом за допомогою фланця 8.

На рис. 452 - 459 зображено ескізи всіх нестандартних деталей, на рис. 450 - складальне креслення вентиля, на рис. 451 - специфікація.

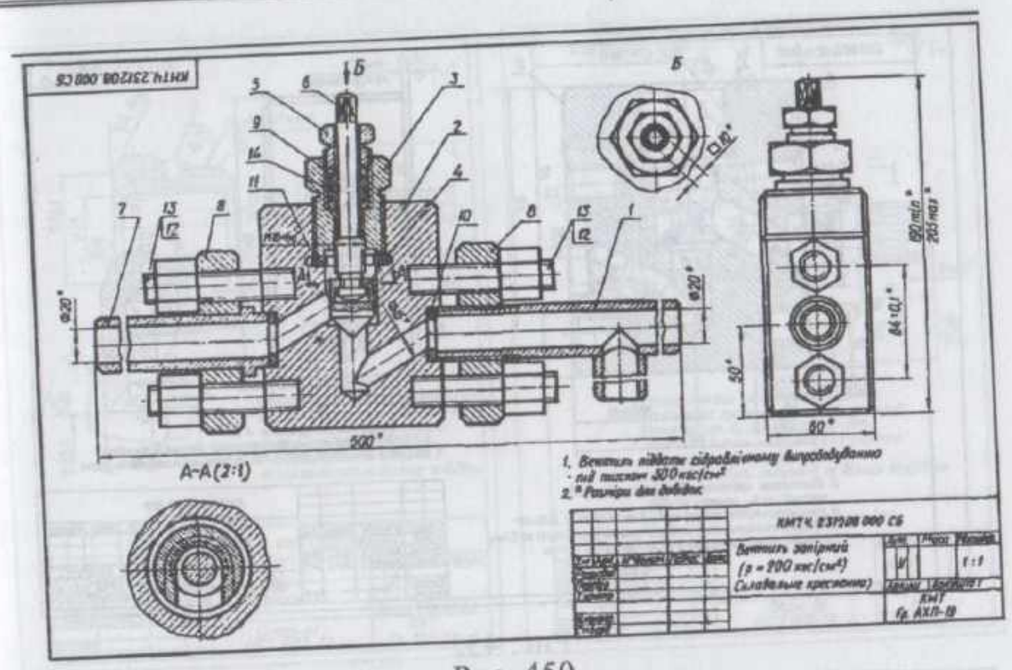


Рис. 450

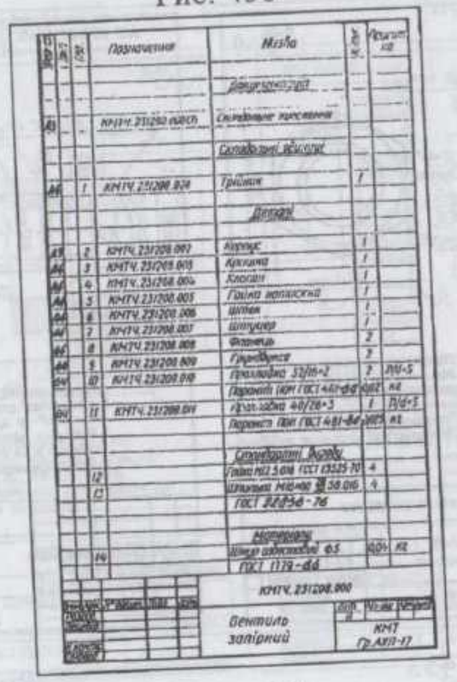


Рис. 451

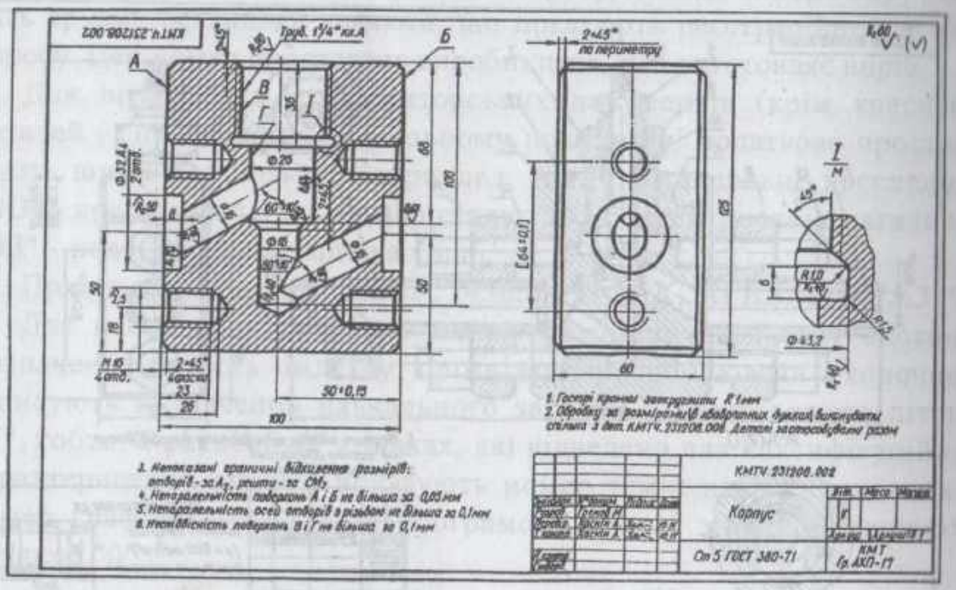


Рис. 452

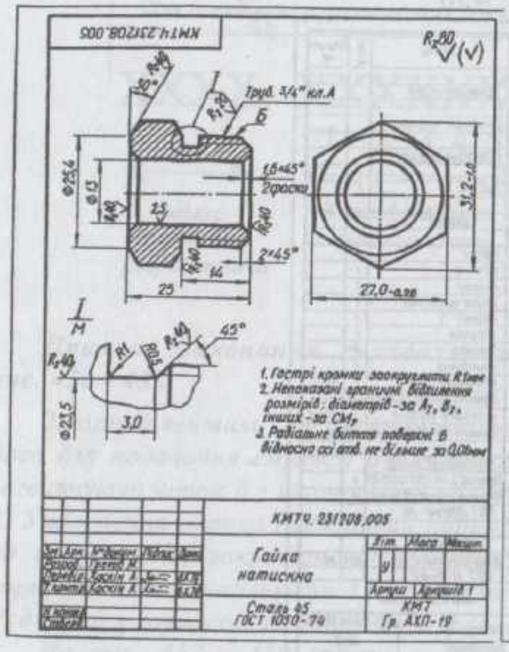


Рис. 453

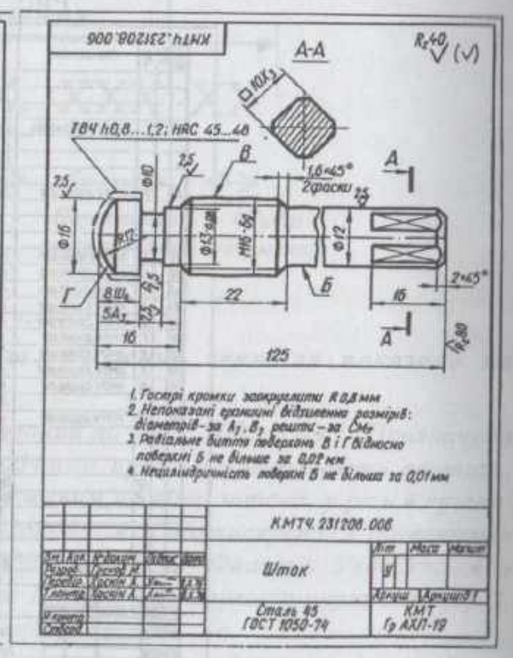


Рис. 454

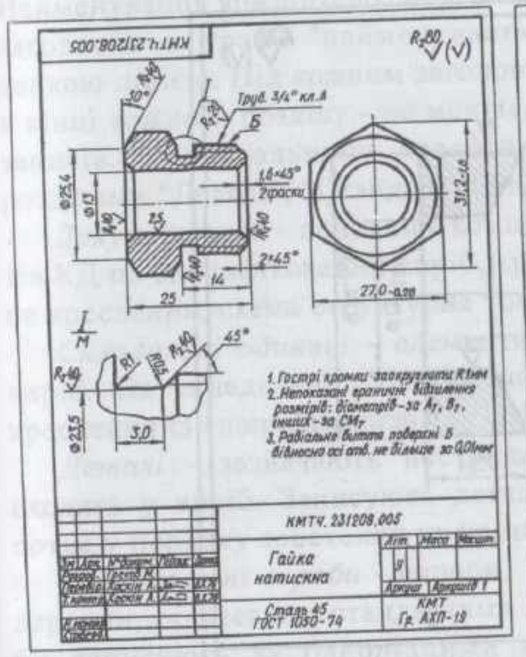


Рис. 455

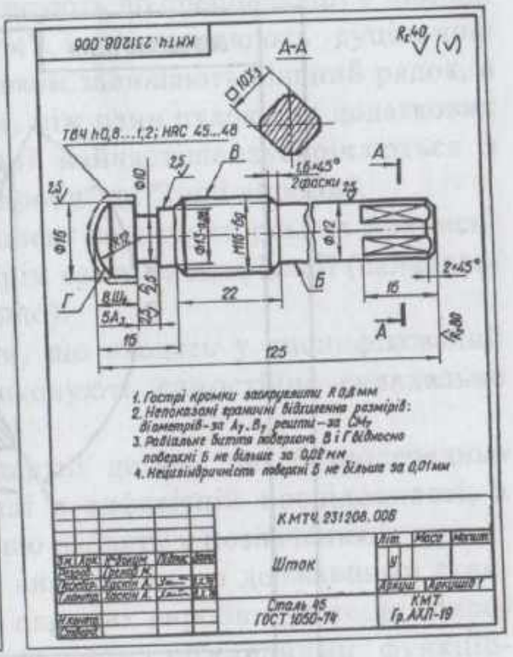


Рис. 456

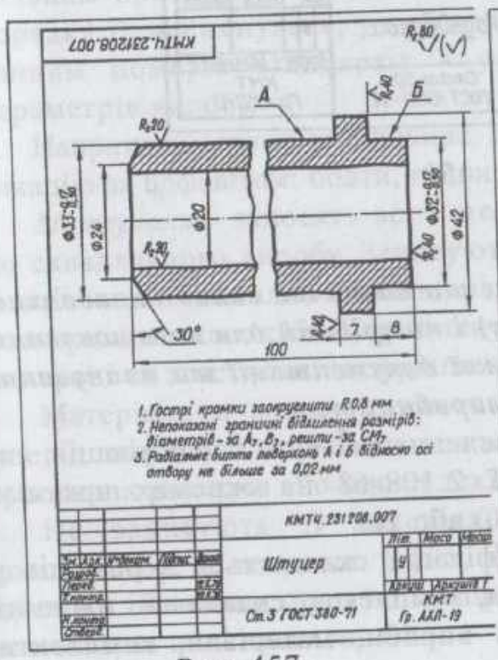


Рис. 457

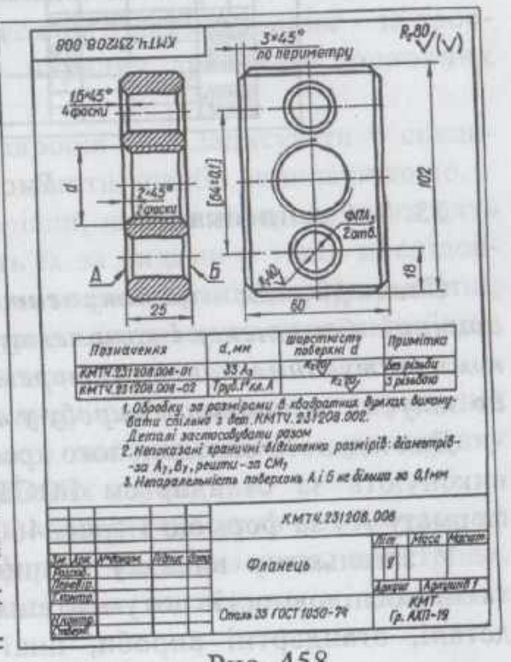


Рис. 458

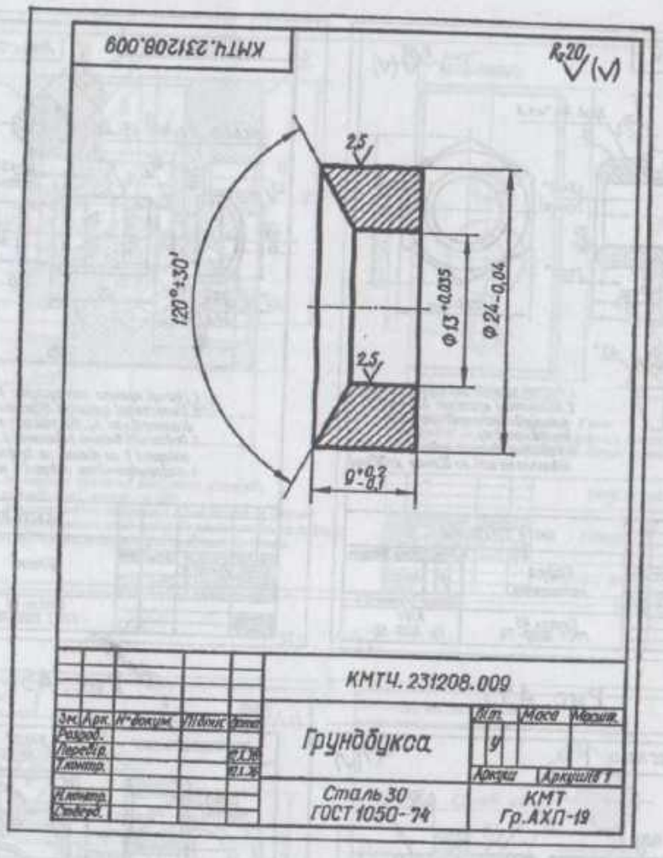


Рис. 459

23. 3. Специфікація

Специфікація - це документ, що визначає склад складальної одиниці (комплексу і комплекту) і потрібний для виготовлення, комплектування конструкторської документації та планування до запуску зазначеного виробу у виробництво.

Для кожного складального креслення має бути специфікація, яку виконують за стандартом ГОСТ 2.108-68 на окремих аркушах формату А4 за формою 1 (рис. 460) або 1а.

У загальному випадку специфікація складається з розділів у такій послідовності: документація, комплекси, складальні одиниці, деталі, стандартні вироби, інші вироби, матеріали, комплекти.

Найменування кожного розділу записують до специфікації у вигляді заголовка в графі "найменування" і підкреслюють суцільною тонкою лінією. Під кожним заголовком залишають вільний рядок, а в кінці кожного розділу - не менше, ніж один рядок для додаткових записів. У навчальному кресленні найчастіше зустрічаються з розділами "Деталі", "Стандартні вироби" та "Інші вироби".

Документація - основний комплект конструкторських документів КД на специфікований виріб, крім самої специфікації (складальне креслення, схема структурна тощо).

Складальні одиниці - елементи, що входять у специфікований виріб. На складальні одиниці виконують самостійне складальне креслення із специфікацією.

Деталі - зазначають нестандартні деталі, що безпосередньо входять у виріб. Записують деталі в алфавітній послідовності, а потім у порядку зростання цифр, що входять у позначення.

Стандартні вироби - вироби, виготовлені за державними стандартами, галузевими стандартами окремих виробництв тощо. Вироби записують за однорідними групами, об'єднаними функціональним призначенням: у межах кожної категорії - в алфавітному порядку їх найменувань, у межах кожного найменування - за зростанням номерів стандартів - у порядку зростання основних параметрів виробу.

Наприклад, групу кріпильних виробів слід записувати в специфікацію за алфавітом: болти, гайки, гвинти, шайби, шпильки тощо.

Матеріали - заносять всі матеріали, що безпосередньо входять до складального виробу. Записують їх за видами у такій послідовності: чорні метали; метали магнітоелектричні і феромагнітні; кольорові метали; кабелі, дріт, шнури; пластмаси та прес-матеріали; паперові та текстильні матеріали тощо.

Матеріали в межах кожного виду записуються в алфавітній послідовності, а в межах кожного найменування - у порядку зростання розмірів або інших технічних параметрів.

Не записують ті матеріали, кількість яких визначає не конструктор, а технолог (лаки, фарби, клей, мастила, електроди, припої). Вказівки про їх використання записують у технічних вимогах на полі креслення.

Комплекти - заносять відомості експлуатаційних документів та документів, що призначені для ремонту, комплекти монтажних частин, інструменту і устаткування тощо.

Графи специфікації заповнюють зверху вниз:

"Формат" - формат документа (аркуш, на якому виконано креслення або інша конструкторська документація), позначення його записано в графі "Позначення". Цю графу не заповнюють для розділів "Стандартні вироби", "Інші вироби" та "Матеріали". Для деталей, на які креслення не виготовлені, у графі пишуть "БЧ";

"Зона" - зазначають позначення зони, в якій знаходиться номер позиції складової частини виробу (при поділі поля креслення на зони);

"Поз." - зазначають порядковий номер складових частин, що безпосередньо входять до специфікованого виробу в послідовності запису їх у специфікацію. Для розділів "Документація" та "Комплекти" графу не заповнюють;

"Позначення" в розділі "Документація" - це позначення документів, що записують у розділах "Складальні одиниці", "Деталі" і "Комплекти". Не заповнюють цю графу для розділів "Стандартні вироби", "Інші вироби" та "Матеріали".

"Найменування" для документів основного комплекту КД - це тільки їх найменування ("Складальне креслення", "Схема структурна", "Технічні умови"); для складальних одиниць і деталей - найменування їх відповідно до основних написів на їхніх кресленнях; для деталей, на які не виконані креслення, - це найменування матеріалів і розміри, необхідних для її виготовлення; для стандартних виробів і матеріалів - найменування та позначення їх відповідно до стандартів;

"Кільк." - кількість складових частин на один специфікований виріб. У розділі "Матеріали" - кількість матеріалів на один виріб із зазначенням одиниць виміру. У розділі "Документація" - графу не заповнюють.

Після кожного розділу специфікації залишають декілька вільних рядків для додаткових записів. При цьому потрібно резервувати і номер позиції.

Допускається розташовувати специфікацію на полі креслення формату А4 та при оформленні схем.

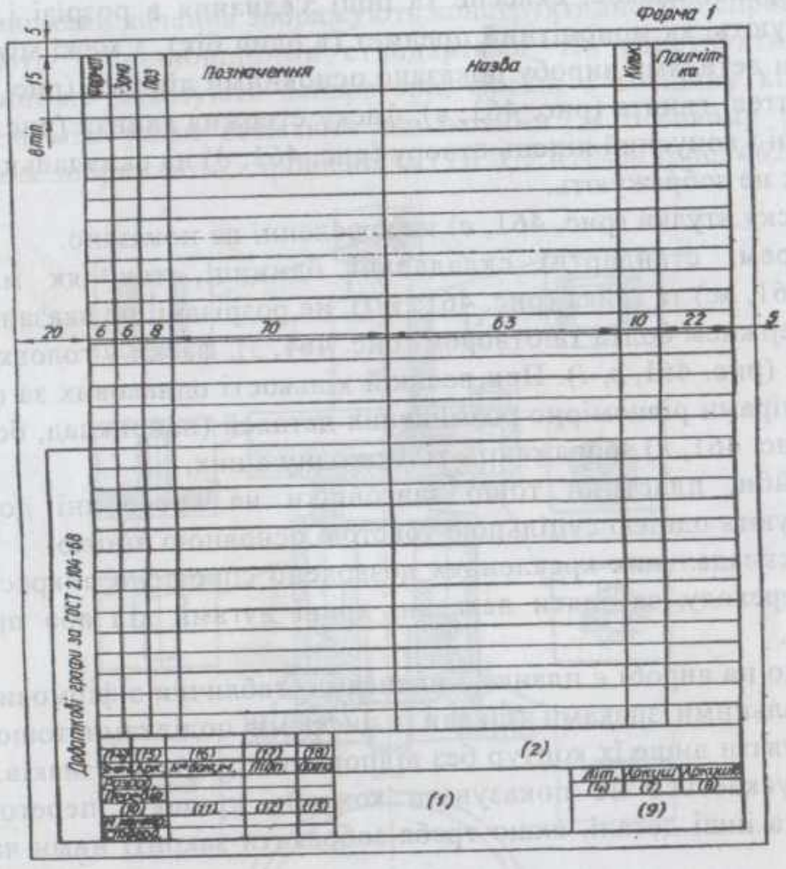


Рис. 460

23. 4. Умовності та спрощення на складальних кресленнях

Складальні креслення виконують із застосуванням запропонованих стандартами спрощень і умовностей у зображенні окремих елементів.

Так, на складальних кресленнях допускається не зображувати дрібні виступи і западини, фаски, галтелі, накатку, насічки на деталях машин.

На рис. 461 п'ятипружинного амортизатора, що поглинає ударні навантаження в машині, допущено ряд умовностей та спрощень, встановлених ГОСТ 2.109-73. У прямокутниках показано елементи, які на складальних кресленнях зображені спрощеними. Так, профіль нестандартної прямокутної різі (рис. 461, *а*) показано на місцевому розрізі гвинта.

Зварене, спаяне, склеєне та інші з'єднання в розрізі і перерізі штрихують, як монолітний предмет (в один бік), а межі між зварюваними деталями виробу показано основними лініями (рис. 461, *б*).

Галтелі гвинта (рис. 461, *в*), фаску стержня гвинта (рис. 461, *г*), збіг різі і конусний кінець отвору (рис. 461, *д*) на складальних кресленнях не зображують.

Фаску втулки (рис. 461, *е*) на кресленні не показано.

Окремі стандартні складальні одиниці, такі як маслянка (рис. 461, *ж*) та гайка (рис. 461, *з, і*), не розрізані, не вказані зазори між стержнем болта та отвором (рис. 461, *з*), фаски у головки болта і гайки (рис. 461, *з, і*). При великій кількості однакових за формою та розмірами рівномірно розміщених деталей (наприклад, болтів по колу, рис. 461, *к*) зображають тільки одну з них.

Шайби, пластини тощо завтовшки на кресленні до 2 мм зображують однією суцільною товстою основною лінією.

На складальних кресленнях дозволено спрощено викреслювати лінії переходу, заміняти лекальні криві дугами кіл або прямими лініями.

Якщо на виробі є планка з написами, таблички з фірмовими або маркувальними знаками (шкали з цифрами поділками тощо), слід зображувати лише їх контур без відповідних написів і знаків.

Допускається не показувати кожухи, кришки, перегородки, щитки та інші деталі, якщо треба зобразити закриті ними частини виробу.

У цих випадках над відповідним зображенням слід робити напис, наприклад, "Кришка не показана" або "Кришка поз. 5 не показана". Можна не показувати складові частини виробу, закриті сітками або частково іншими деталями, розміщеними попереду на зображенні.

Вироби з прозорих матеріалів креслять на складальному кресленні як непрозорі, але в разі потреби дозволяється показувати стрілки приладів, шкали, внутрішню будову електронних ламп тощо, які лежать за прозорими предметами.

Якщо на якусь складову частину виробу виконано окремо складальне креслення, її в розрізі зображують нерозсіченою або виконують спрощене зображення.

Підшипники кочення зображують конструктивно або спрощено і позначають за відповідними стандартами. На конструктивному зображенні не показують сепаратори, фаски, а товщину кілець і проміжків між ними вважають однаковими. В осьовому розрізі підшипник зображують спрощено за ГОСТ 2.420-69 (рис. 462, *а- г*).

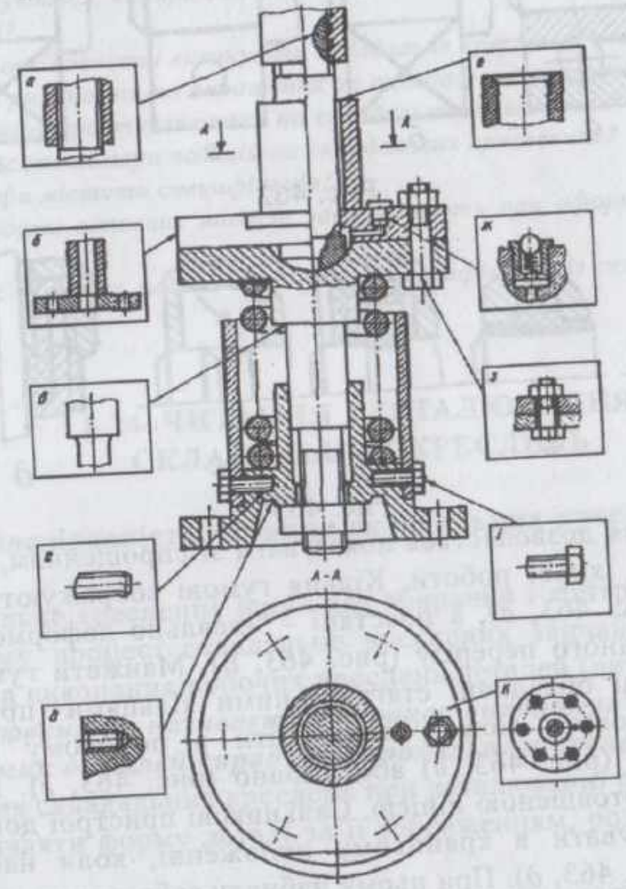


Рис. 461

При цьому контур креслять суцільною товстою основною лінією, всередині контуру проводять діагоналі суцільними тонкими лініями. Дозволяється суміщати конструктивне зображення зі спрощеним.

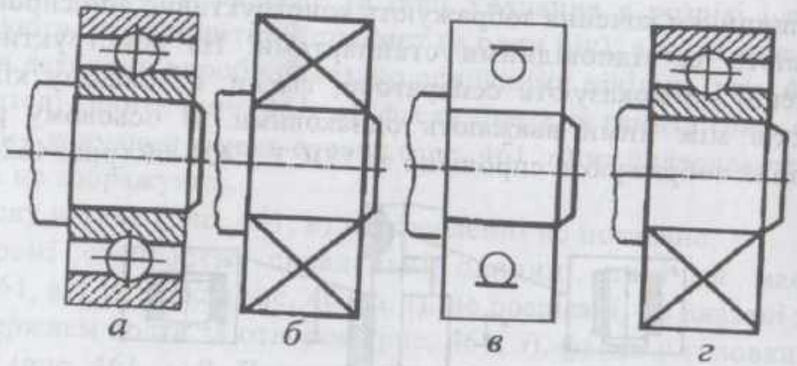


Рис. 462

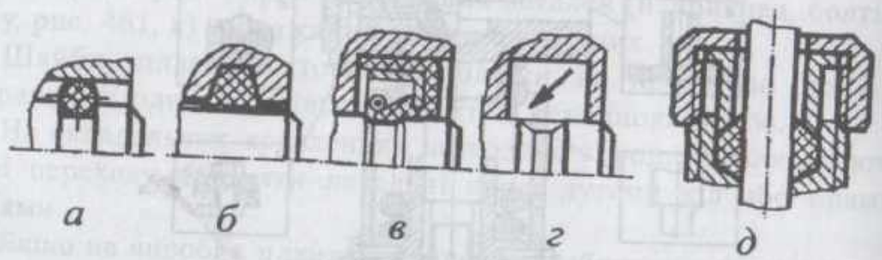


Рис. 463

Ущільнення дозволяється показувати зі спрощенням, що випливають з умов їхньої роботи. Кільця гумові зображують недеформованими (рис. 463, *а*), а повстяні - "ідеально деформованими" в пазу трапецеїдного перерізу (рис. 463, *б*). Манжети гумові, часто армовані, іноді обладнані стягувальними кільцями (пружинами - браслетами тощо), можна показувати в робочому положенні конструктивно (рис. 463, *в*) або умовно (рис. 463, *г*). Прокладки зображують потовщеною лінією. Сальникові пристрої допускається умовно показувати в крайньому положенні, коли набивка "не стиснена" (рис. 463, *д*). При цьому набивку зображують як суцільне тіло, штрихуючи так само, як неметалеві матеріали. Характеристику набивки показують у специфікації в розділі "Матеріали".

Наводячи арматуру трубопроводів, допускається:

трубопроводи зображувати спрощено за ГОСТ 2.411-72 та умовно за ГОСТ 2.704-76 і ГОСТ 2.705-70;

крани показувати відкритими, а вентилі, водяні та інші засувки - закритими.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які креслення називаються складальними?

2. Вимоги, які ставлять щодо складальних креслень.

3. Що, крім зображень, містить складальне креслення?

4. Чим керуються, вибираючи кількість та зміст зображень на складальному кресленні?

5. В якій послідовності виконують складальне креслення з натури?

6. Основні умовності та спрощення на складальних кресленнях.

7. Які розміри проставляються на складальних кресленнях?

8. Як наносять номери позицій на складальних кресленнях?

9. Які графи містить специфікація?

10. Які форми основних написів застосовують при оформленні специфікації?

11. В яких випадках можна суміщувати специфікацію із складальним кресленням?

§ 24. ЧИТАННЯ І ДЕТАЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕНЬ

24. 1. Послідовність читання складальних креслень

Складальне креслення існує для збирання і контролю виробу. У навчальному процесі складальне креслення звичайно використовується для виконання робочих креслень деталей (деталювання).

Деталюванням називається процес виконання робочих креслень окремих деталей виробу за складальним крсленням.

Читання складальних креслень при деталюванні розвиває вміння умовно уявляти форму деталі за її зображенням, розвиває технічне мислення.

При виконанні робочих креслень розміри деталей беруть безпосередньо із складального креслення, вимірюючи їх лінійкою та циркулем із врахуванням масштабу складального креслення.

Перед деталюванням потрібно прочитати складальне креслення:

✓Спочатку потрібно уважно розібратись у даному кресленні: прочитати основний напис і дізнатись про назву виробу, його масу, масштаб зображення тощо; з назви виробу визначити його

призначення. За конструкторськими документами, які додані до складального креслення, вивчити принцип роботи виробу, його технічну характеристику, вимоги до його виготовлення тощо.

✓Вивчити, які складові в цілому входять до виробу. Складальне креслення розглядається разом із специфікацією. За номерами позицій, які є в специфікації, знаходять на складальному кресленні зображення кожної деталі, при цьому з'ясовується в загальних обрисах її будова і розміри.

✓Вивчають складальне креслення в цілому, тобто уявляють, які на кресленні виконано вигляди (основні, додаткові, місцеві), розрізи (прості, складні, місцеві), перерізи, виносні елементи і яке призначення кожного з них. З'ясовують положення січних площин, за допомогою яких виконано розрізи та перерізи і напрям поглядів, за якими побудовано місцеві й додаткові вигляди.

✓Визначають розміри (габаритні, монтажні, встановлювані та ін.), які нанесено на кресленні.

✓Вивчивши проекції виробу в цілому, послідовно виділяють і вивчають форму кожної деталі. Спочатку деталь знаходять на тій проекції, на якій нанесено номер її позиції, потім знаходять її проекції на всіх інших зображеннях. При цьому звертають увагу на напрям і густість штриховки деталі в розрізах, а також на контур, який обмежує цю штриховку. Вивчаючи деталь, слід одночасно розглядати її на різних зображеннях і уявляти собі форму невидимої її частини, бо на складальному кресленні одна деталь перекриває іншу.

✓З'ясувавши форму і призначення кожної деталі зокрема, переходять до вивчення способів поєднання деталей між собою. Слід установити характер взаємодії складових частин виробу в процесі його роботи, тобто які частини рухомі, які нерухомі, спосіб передачі руху, тип з'єднання, що забезпечує нерухомість, посадки спряжених поверхонь тощо.

✓Надалі уявити послідовність розбирання і збирання виробу, тобто в уяві послідовно відокремити одну деталь за одною, як це роблять при демонтажних роботах, або, навпаки, уявити собі, як з окремих деталей скласти цей виріб.

Для отримання повного уявлення про геометричну форму деталі при читанні складального креслення потрібно пам'ятати про

проеціювальний зв'язок точок, ліній і поверхонь даної деталі, а також про те, що на всіх розрізах одна й та ж сама деталь штрихується в одному напрямі, а суміжні деталі - у різних напрямах.

24. 2. Послідовність деталювання складальних креслень

Деталювання - це не просто копіювання зображення із складального креслення, а певна творча робота. На робочому кресленні треба не тільки зобразити деталь, а й навести всі дані, потрібні для її виготовлення і контролю: розміри, допуски, позначення шорсткості поверхонь, марку матеріалу, термічну обробку тощо.

Процес деталювання складається з двох стадій: підготовчої і стадії безпосереднього виконання робочих креслень.

Підготовча стадія:

- визначають за специфікацією всі оригінальні деталі (робочі креслення на стандартизовані, нормалізовані і покупні деталі при деталюванні не розробляються);
- знаходять деталь на всіх зображеннях складального креслення, вивчають її зовнішню і внутрішню будову, визначають її габаритні розміри;
- за стандартом ГОСТ 2.305-68 вибирають головне зображення деталі (положення головного зображення деталі на робочому кресленні може й не відповідати її положенню на головному вигляді складального креслення; потрібно дотримуватись вимог, викладених в темі 20);
- визначають потрібну (найменшу) кількість зображень, виходячи з вимог стандарту ГОСТ 2.305-68 (кількість і характер зображень конкретної деталі на робочому кресленні може відповідати або не відповідати кількості зображень на складальному кресленні);
- за ГОСТ 2.302-68 вибирають масштаб зображення (необов'язково додержувати одного масштабу для різних деталей виробу) із врахуванням форми і розмірів деталі;
- вибирають формат, потрібний для виконання робочого креслення деталі.

Основна стадія:

* виконують компановку (розміщення) зображень кожної деталі на вибраному форматі;

* тонкими лініями будують зображення деталі - вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи, додержуючи всіх вимог ГОСТ 2.305-68;

* проставляють розміри і виносні лінії;

* наносять позначення шорсткості поверхні, виходячи з призначення деталі, технології її виготовлення й обробки;

* обводять креслення та заштриховують розрізи і перерізи;

* перевіряють креслення, при необхідності вносять відповідні зміни, оформлюють креслення за стандартами, записують технічні вимоги тощо.

Особливу увагу потрібно звернути на те, щоб розміри суміжних, спряжених деталей не мали розбіжності. Розміри деяких конструктивних елементів деталі (шпонкових пазів, фасок проточок, центрових гнізд тощо) треба перевіряти за відповідними стандартами на ці елементи.

24. 3. Деякі вимоги до деталювання складальних креслень

Виконуючи складальні креслення для підручників та посібників друкарським способом, масштаб їх беруть звичайно зменшеним і довільним. Він не відповідає значенню, поданому в основному напису. Тому, щоб правильно зняти розміри елементів деталі з складального креслення і перенести їх на робоче, використовують спеціальний графік пропорційного масштабу (рис. 464).

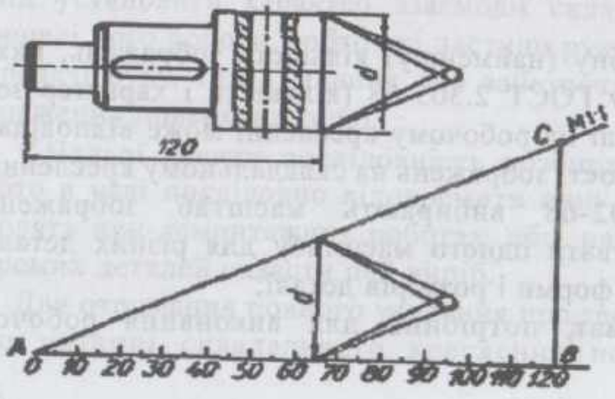


Рис. 464

На міліметровому папері від точки А по горизонталі відкладаємо натуральну довжину валика, тобто 120 мм, потім із знайденої точки В по вертикалі відкладаємо виміряну довжину валика на зображенні. Сполучивши точки А і С, дістаємо графік для побудови в масштабі 1 : 1. Користуємось цим графіком так: на рисунку беремо циркулем розмір d і знаходимо на графіку між лініями АВ і АС по вертикалі відрізок d, який відповідає величині розхилу ніжок циркуля. Знайдений на горизонтальній шкалі розмір 65 мм і є справжньою величиною діаметра. Цей графік масштабу використовують для визначення розмірів усіх деталей, що входять до цього складального креслення.

Деякі технологічні операції, наприклад, розклепування, розвальцьовування, обтискування, запресовування, просвердлювання і скріплювання деталей гвинтами, штифтами тощо, виконують під час складання виробу. На складальному кресленні в технічних вимогах такі операції звичайно обумовлені. У цих випадках деталі слід показувати в тому вигляді, в якому вони надходять на складання, тобто до виконання технологічних операцій (рис. 465, *а - в*).

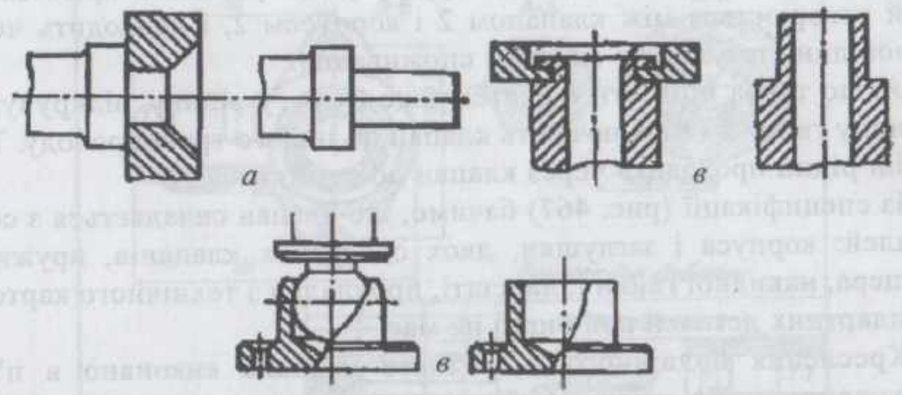


Рис. 465

На робочому кресленні деталі потрібно відобразити й ті елементи, які на складальному кресленні або зовсім не показані, або зображені спрощено, умовно чи схематично (наприклад, фаски, галтелі, проточки тощо). Пояснюється це тим, що ГОСТ 2.305-68 рекомендує виконувати на складальних кресленнях ці дрібні елементи спрощено. Відповідні розміри цих елементів слід брати із спеціальних стандартів.

Розміри деяких елементів деталей, наприклад, шпонкових пазів, шліців, гнізд під головки гвинтів, глухих отворів для шпилькових з'єднань, проточок під різь тощо слід брати не із складального креслення, а з відповідних стандартів.

Всі лінійні розміри на робочому кресленні мають бути узгоджені з стандартними.

Щоб оцінити і проставити на робочому кресленні шорсткість поверхні деталі, слід виявити, яка поверхня - спряжена чи вільна, з'ясувати характер спряження, експлуатаційні та естетичні вимоги щодо поверхні тощо.

24.4. Приклади читання і деталювання складальних креслень виробу

На складальному кресленні (рис. 466) зображено подвійний зворотний клапан, який застосовується в гідравлічних системах. Принцип роботи клапана: рідина під тиском надходить у верхній наконечник корпуса 1, стискає пружину 3, проходить крізь зазор, який утворюється між клапаном 2 і корпусом 2, і надходить через відповідний штуцер до системи споживання.

Якщо треба підвести в систему ще й другу рідину, відкручують накидну гайку 5 і підключають клапан до іншого трубопроводу. Тоді суміш рідин проходить через клапан до споживача.

Із специфікації (рис. 467) бачимо, що клапан складається з семи деталей: корпуса і заглушки, двох однакових клапанів, пружини, штуцера, накидної гайки і, нарешті, прокладки з технічного картону. Стандартних деталей цей виріб не має.

Креслення подвійного зворотного клапана виконано в п'яти зображеннях. На місці головного вигляду виконано простий фронтальний розріз площиною, що проходить через вісь симетрії клапана. Цей розріз дає змогу виявити внутрішню будову всіх деталей. На місці вигляду зверху зроблено поєднання половини вигляду з половиною повного простого горизонтального розрізу. Розріз виконано площиною Б - Б, що проходить через відповідний наконечник корпуса. На вигляді зліва бачимо зовнішню будову майже всіх деталей клапана. На цьому вигляді виконано місцевий розріз, що відкриває отвір з різзю на фланці корпуса.

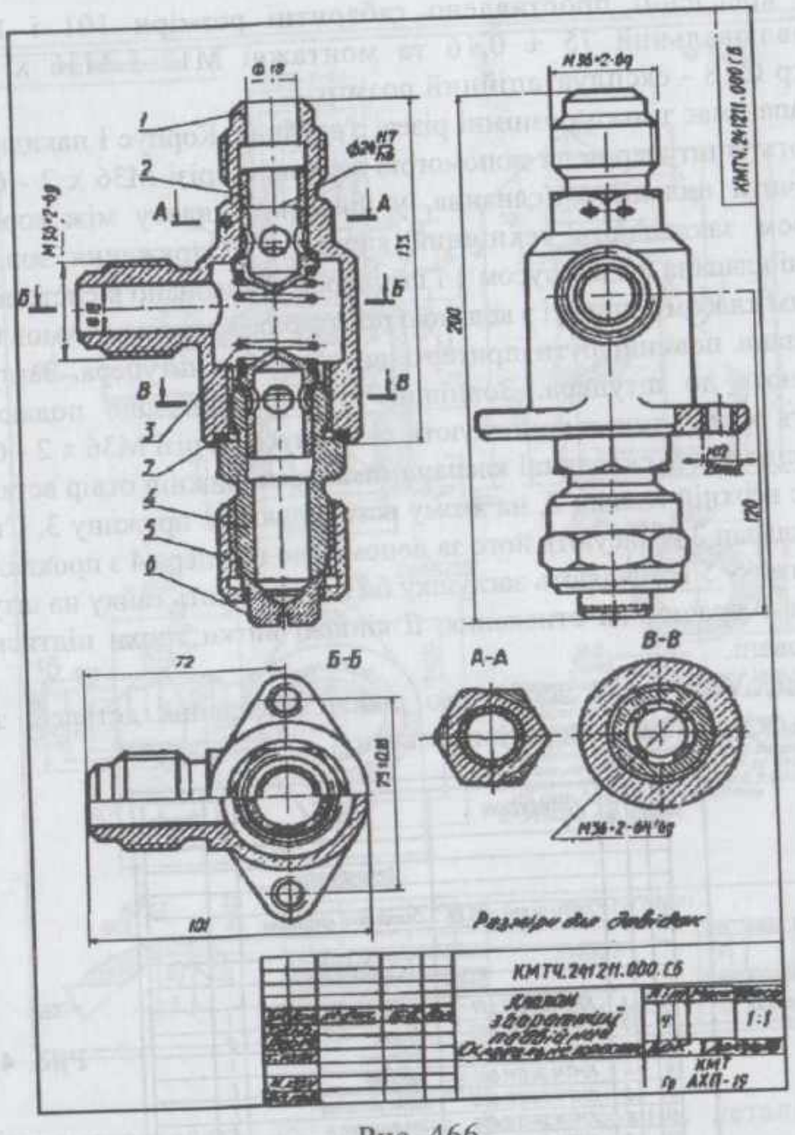


Рис. 466

Крім цих трьох основних зображень виконано два виносні перерізи: переріз горизонтальною площиною А - А, який розкриває отвори в шестигранній поверхні корпуса для пломбування клапана після встановлення його в системі живлення, і переріз площиною В - В, який дає уявлення про спряження деталей і пояснює отвори вклепані.

На кресленні проставлено габаритні розміри 101 і 120 мм, установлювальний 75 ± 0,16 та монтажні М12 і М36 х 2 - 6g. Діаметр ∅18 - експлуатаційний розмір.

Клапан має тільки рознімні різеві з'єднання. Корпус і накидну гайку з'єднують із штуцером за допомогою метричної різі М36 х 2 - 6g. Щоб забезпечити щільність з'єднання, у кільцеву канавку між корпусом і штуцером закладають технічний картон 7. Спряження зовнішньої поверхні клапана 2 з корпусом 1 і штуцером 4 виконано в системі отвору за другим класом точності з ковзною посадкою. З технічних умов бачимо, що клапани повинні бути притерті до корпуса і штуцера. Заглушку 6 притирають до штуцера. Зовнішні трубопроводи, що подають або відводять рідину, також приєднують до корпуса на різі М36 х 2 - 6g.

Послідовність складанні клапана така: крізь нижній отвір вставляють у корпус верхній клапан 2, на якому встановлюють пружину 3. Ставлять другий клапан 2 і фіксують його за допомогою штуцера 4 з прокладкою 7. Потім у гайку 5 вставляють заглушку 6 і нагвинчують гайку на штуцер 4. Пружина 3 працює на стискання, її кінцеві витки трохи підтиснуті та підшліфовані.

На рис. 468 - 473 зображено робочі креслення деталей, з яких складається подвійний зворотний клапан.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				Документація		
А2			КМТЧ.241211.000 СБ	Складальне креслення		
				Деталі:		
А2		1	КМТЧ.241211.001	Корпус	1	
А1		2	КМТЧ.241211.002	Клапан	2	
А1		3	КМТЧ.241211.003	Пружина	1	
А1		4	КМТЧ.241211.004	Штуцер	1	
А1		5	КМТЧ.241211.005	Гайка накидна	1	
А1		6	КМТЧ.241211.006	Заглушка	1	
БК		7	КМТЧ.241211.007	Прокладка 48×38×2 Картон Б-2 ГОСТ 9347-60	1	

КМТЧ.241211.000
Клапан подвійний зворотний
Літ. Маса Масштаб
Аркуш Аркушів 1
КМТ Гр. АХП-19

Рис. 467

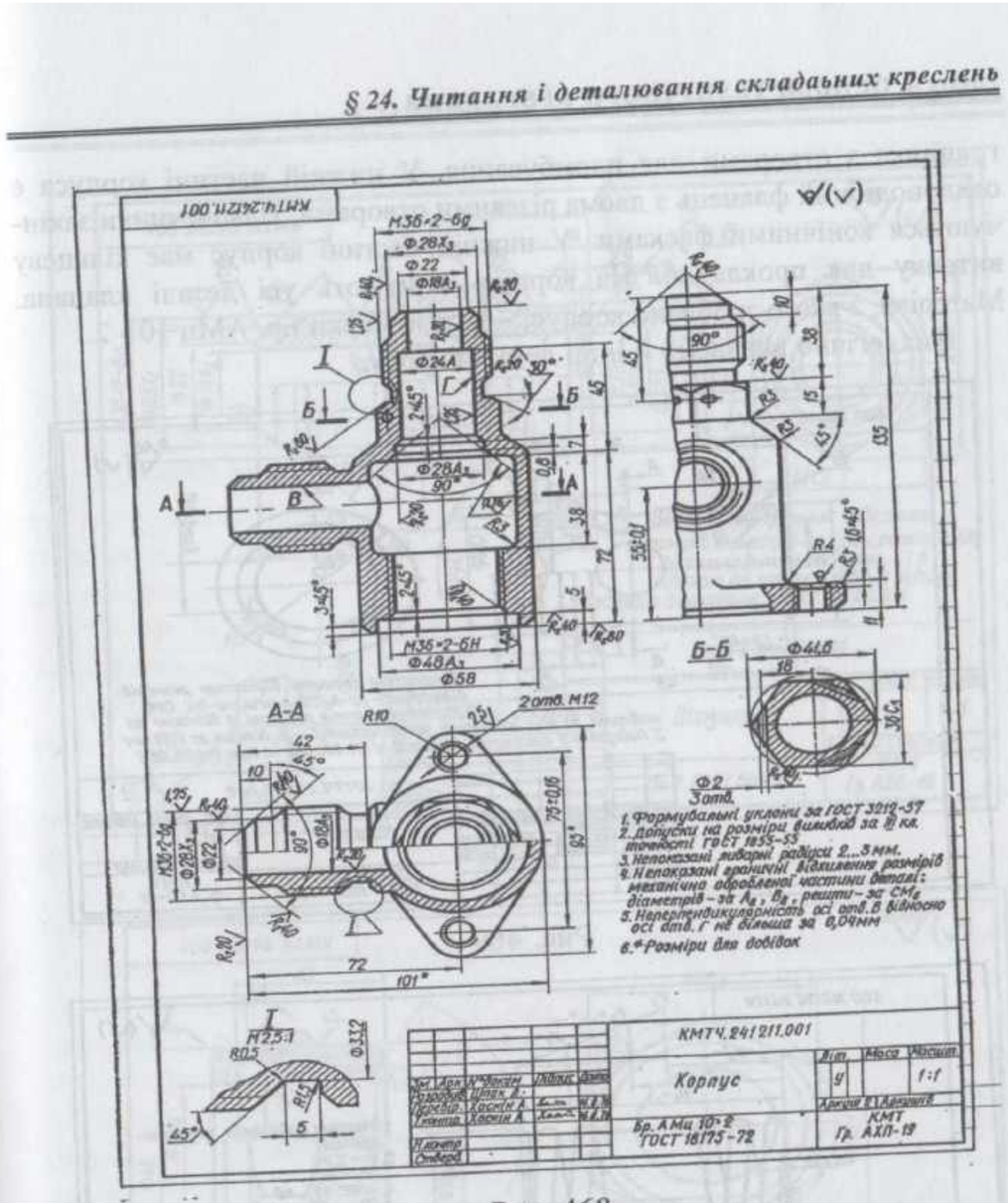


Рис. 468

Потім переходять до вивчення форми кожної деталі окремо. Розглянемо на прикладі корпуса (рис. 468). На вигляді спереду корпус зображено в повному фронтальному розрізі, на вигляді зверху показано поєднання горизонтального розрізу з виглядом, а на вигляді зліва бачимо будову зовнішньої поверхні деталі. Основна частина корпуса - порожнистий циліндр, який зліва і зверху закінчується циліндричними наконечниками з різзю. У верхній частині корпус має форму шести-

гранника з отворами для пломбування. У нижній частині корпуса є овалоподібний фланець з двома різевими отворами. Наконечники закінчуються конічними фасками. У нижній частині корпус має кільцеву виточку для прокладки. На корпусі монтують усі деталі клапана. Матеріал, з якого зроблено корпус, - бронза марки Бр. АМц 10 - 2.

Аналогічно вивчаємо й інші деталі виробу.

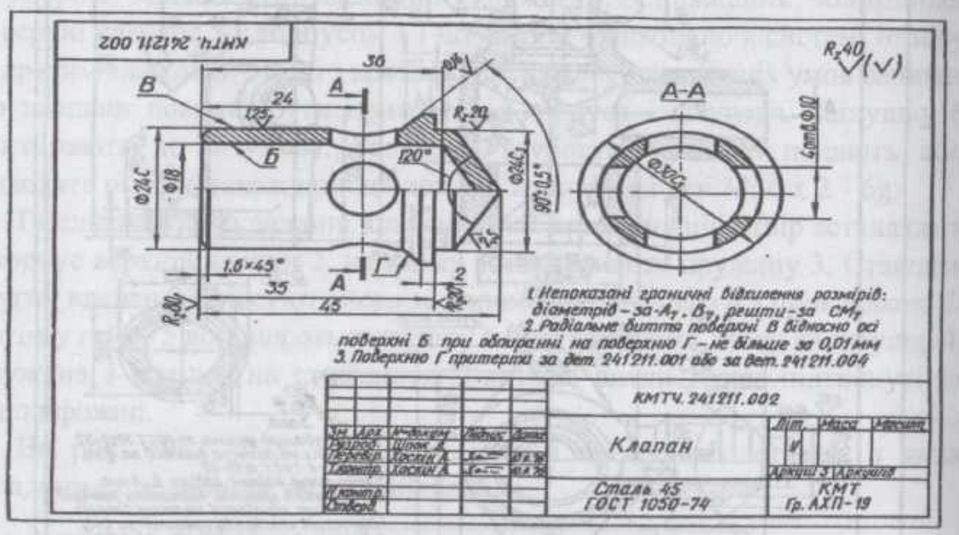


Рис. 469

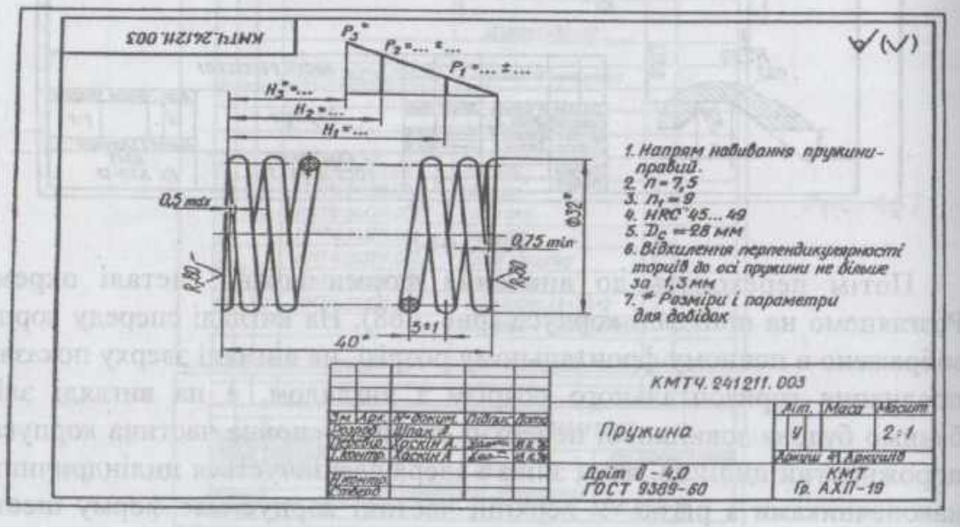


Рис. 470

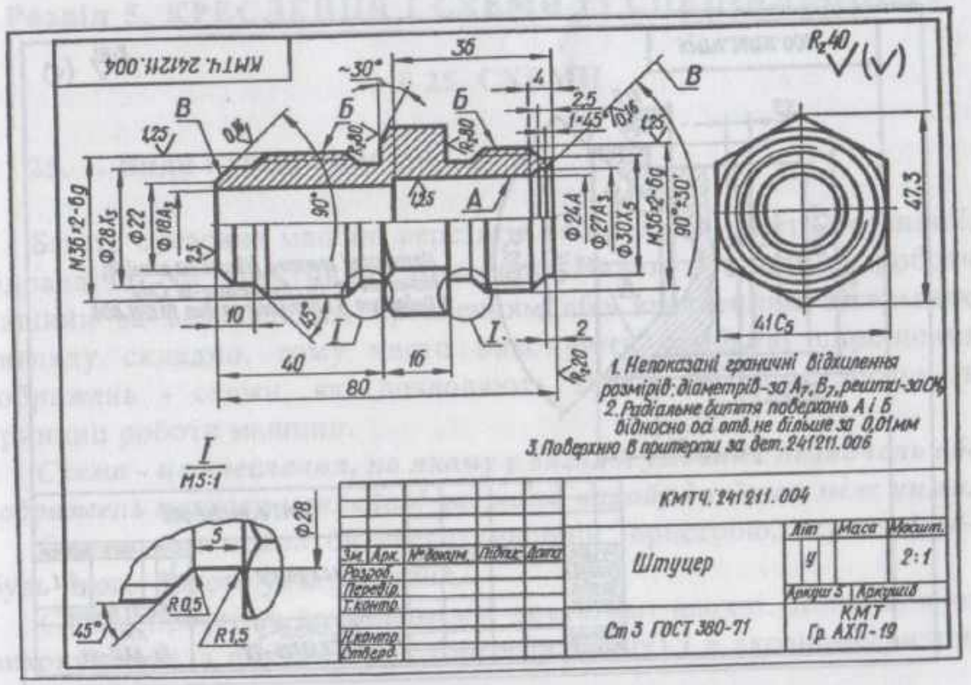


Рис. 471

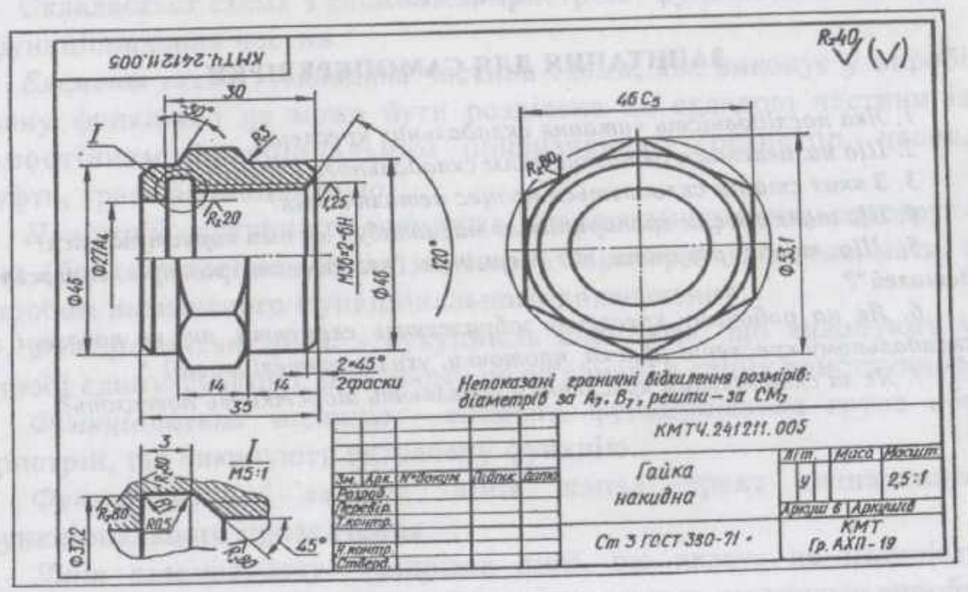


Рис. 472

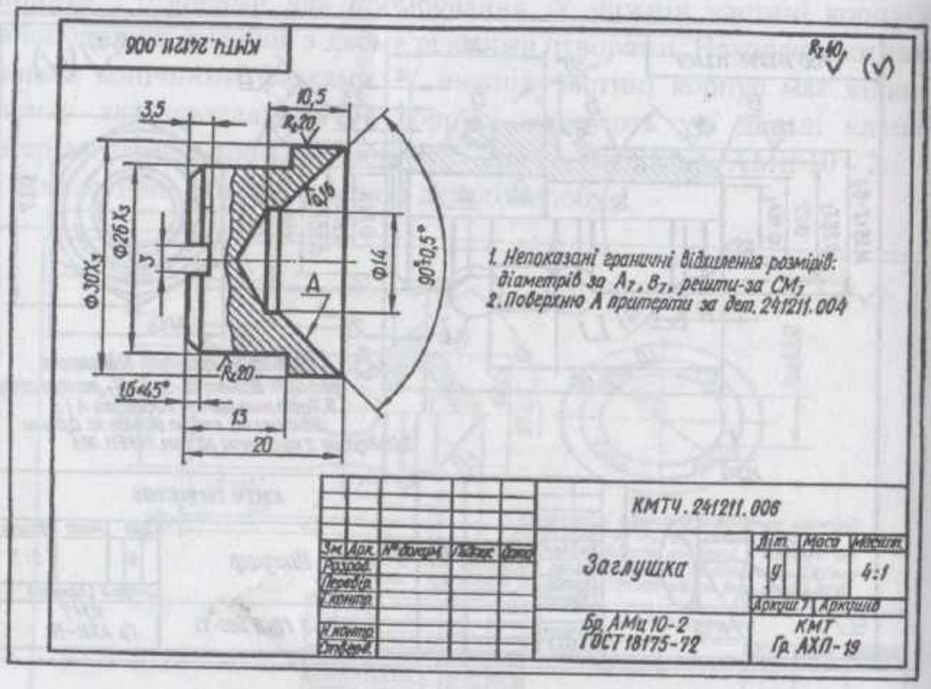


Рис. 473

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка послідовність читання складальних креслень?

2. Що називається деталюванням складального креслення?

3. З яких стадій складається процес деталювання?

4. Що таке графік пропорційного масштабу і як ним користуватися?

5. Що треба розуміти під терміном "узгодження розмірів спряжених деталей"?

6. Як на робочому кресленні зображують елементи, які не показані на складальному кресленні (фаски, проточки, ухили, галтелі тощо) ?

7. Як за складальним кресленням виявляють шорсткість поверхонь?

Розділ 5. КРЕСЛЕННЯ І СХЕМИ ІЗ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

§ 25. СХЕМИ

25. 1. Види і типи схем

Багато сучасних машин, верстатів та приладів мають механічні, гідравлічні та електричні пристрої. Вивчити принцип роботи машини за складальним кресленням або кресленням загального вигляду складно, тому часто виконують особливі спрощення зображень - схеми, які дозволяють значно швидше зрозуміти принцип роботи машини.

Схема - це креслення, на якому у вигляді умовних позначень або зображень показано складові частини виробу і зв'язок між ними.

Схема - це немов би скелет машини, пристрою, верстата або будь-якого іншого устаткування.

Схеми прості за виконанням і достатньо наочні. Вони можуть виконуватись в прямокутних (ортогональних) і в аксонометричних проекціях.

Складається схема з елементів, пристроїв, функціональних груп і функціональних частин.

Елемент схеми - складова частина схеми, яка виконує у виробі певну функцію і не може бути розділена на складові частини із самостійним функціональним призначенням (резистор, насос, муфта, трансформатор тощо).

Пристрій - сукупність елементів, що складають єдину конструкцію (блок живлення, механізм тощо). Пристрій може не мати з виробом визначеного функціонального призначення.

Функціональна група - сукупність елементів, що виконують у виробі єдину функцію, при цьому не об'єднані в єдину конструкцію.

Функціональна частина - елемент, функціональна група або пристрій, що виконують визначену функцію.

Функціональний ланцюг -лінія, канал, тракт визначеного функціонального призначення.

Лінія взаємозв'язку - відрізок лінії, що вказує на наявність зв'язку між елементами схеми і функціональними частинами виробу.

Устаткування - умовна назва об'єкта в енергетичних спорудах, на які випускається схема.

Види схем і відповідні їм буквені позначення, встановлені залежно від видів елементів та зв'язків між ними, що входять до складу виробу: вакуумні - В, гідравлічні - Г, ділення - Е, кінематичні - К, оптичні - Л, пневматичні - П, комбіновані - С, енергетичні - Р, газові (крім пневматичних) - Х, електричні - *Е*.

Типи схем і відповідні їм цифрові позначення встановлені залежно від призначення схеми: структурні - 1, функціональні - 2, принципіальні повні для електричних схем - 3, з'єднань (монтажні) - 4, підключення - 5, загальні - 6, розташування - 7, об'єднані - 0.

Приклади кодів схем: електрична принципіальна - *Е3*, гідравлічна з'єднань - Г4, електрогідравлічна принципіальна - С3, електрична з'єднань і підключень - *Е0*, гідравлічна структурна, принципіальна і з'єднань - Г0.

У підручнику розглянуто тільки принципіальні схеми, які найчастіше застосовуються в техніці і які виконують у навчальних завданнях.

Принципіальна (повна) схема визначає повний склад елементів виробу та зв'язки між ними і дає детальне уявлення про принцип роботи виробу або установки.

Принципіальна схема є основою для розробки креслень та інших конструкторських документів; крім того, цією схемою користуються при контролюванні, налагоджуванні та регулюванні виробу і під час його ремонту.

Загальні вимоги, що ставлять до схем:

* схеми виконують на стандартних форматах без збереження масштабу; кількість і комплектність схем визначається особливостями виробу і має бути мінімальною, але достатньою для проектування, виготовлення, регулювання та налагоджування виробу в процесі його експлуатації і під час ремонту. Виконують схеми компактно, але виразно і зручно для читання;

* на схемах, як правило, застосовують стандартизовані умовні позначення елементів; якщо ж креслять елемент, що не має стандартизованого позначення, на схемі дають відповідне пояснення;

* слід добиватись якнайменшого перетину і зламу ліній зв'язків між елементами схеми; відстань між паралельними лініями повинна бути не менша за 3 мм;

* елементи виробу, що становлять окрему функціональну групу, дозволяється виділяти тонкою штрих-пунктирною лінією і надписувати назву цієї групи, наприклад, "Коробка швидкостей", "Супорт" тощо;

* на схемах можна поміщати різні технічні дані, які характеризують схему в цілому або її окремі елементи. Для графічних позначень елементів і пристроїв показують, наприклад, номінальні їх параметри, а на вільному місці схеми виконують діаграми, таблиці, роблять текстові написи тощо. Написи біля окремих елементів рекомендується виконувати справа або зверху від умовного знаку;

* якщо потрібно, схему можна виконувати на кількох аркушах або дві схеми на одному аркуші. В останньому випадку в назві записують обидві схеми, наприклад, "Схема електрична принципіальна і з'єднань";

* дозволяється виконувати схему в межах спрощеного зображення контуру виробу, наприклад, контуру верстата. Цей контур виконують тонкою суцільною лінією.

25. 2. Кінематичні схеми

Загальні вимоги до виконання кінематичних схем регламентують стандарти ГОСТ 2.701-84, ГОСТ 2.703-68 та ГОСТ 2.770-68. Залежно від призначення кінематичні схеми поділяють на принципіальні, структурні і функціональні.

Принципіальна кінематична схема - сукупність кінематичних елементів і їх з'єднань, що призначено для здійснення регулювання, керування і контролю заданих рухів виконавчих органів. На схемі показують кінематичні зв'язки механічні і немеханічні, які передбачені в середині органів, між окремими парами елементів і групами, а також зв'язки з джерелом руху (рис. 474).

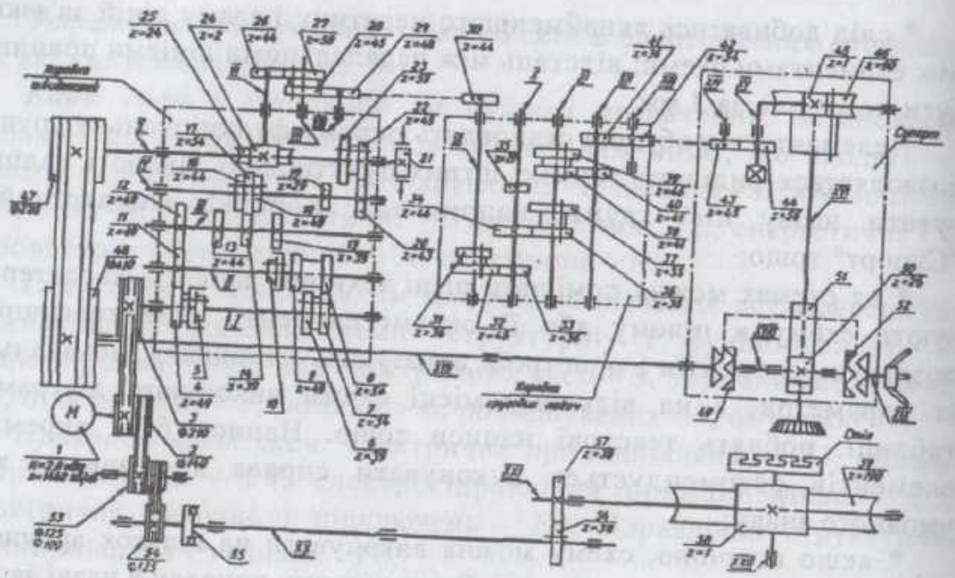


Рис. 474

Усі елементи схеми виконують умовними графічними позначеннями (табл. 22) або спрощено у вигляді зовнішніх контурних обрис. Креслять умовні позначення, не додержуючи масштабу зображення, але при повторюванні знаків виконувати їх треба однаковими за розмірами. Бажано, щоб для умовних графічних позначень взаємозв'язаних елементів співвідношення розмірів на схемі приблизно відповідали дійсним співвідношенням їх розмірів. Не порушуючи виразності схеми, дозволяється окремі елементи переносити вгору або вниз від їх справжнього розміщення, виносити за контур виробу, повертати тощо. Якщо ж вали і осі перекриті на схемі іншими частинами механізму, то їх зображують як невидимі (штриховою лінією).

Коли у виробі кілька однакових механізмів, дозволяється виконувати схему лише одного з них, а інші зображувати спрощено. Коли який-небудь механізм складається і регулюється за окремою схемою, дозволяється на кінематичній схемі виробу не показувати внутрішніх його зв'язків, а посилатися на відповідний документ.

Взаємне розташування елементів на схемі може відповідати вихідному, середньому або робочому положенню виконавчих

органів. Дозволяється тонкою штрих-пунктирною лінією показувати граничні положення рухомих частин механізму.

На принципіальній кінематичній схемі зображують:

* вали, осі, стержні, шатуни, кривошипи тощо - суцільними основними лініями товщиною s;

* зубчасті колеса, черв'яки, шківи, кулачки та інші елементи у вигляді спрощених зовнішніх обрис - суцільними лініями товщиною s/2;

* контур виробу, до якого вписана схема або її частина, - суцільними тонкими лініями товщиною s/3;

* кінематичні зв'язки між спряженими парами ланок, викреслених окремо, - штриховими лініями товщиною s/2;

* кінематичні зв'язки між елементами або між ними і джерелом руху через немеханічні енергетичні ділянки - подвійною штриховою лінією товщиною s/2;

* розрахункові зв'язки між елементами - трьома паралельними штриховими лініями товщиною s/2.

На принципіальній кінематичній схемі зазначають:

• назву кожної групи елементів з врахуванням її основного функціонального призначення, яке наносять на поличці лінії-виноски, що проводять від відповідної групи;

• основні характеристики і параметри кінематичних елементів, що визначають виконавчі рухи робочих органів виробу або його складових частин;

Орієнтовний перелік основних характеристик і параметрів кінематичних схем:

✓ для джерела руху (двигуна) - назва, тип, характеристика;

✓ для механізму або кінематичної групи - характеристика основних виконавчих рухів, діапазон регулювання, передаточне відношення, межи переміщень (довжину переміщення або кут оберту виконавчого органу), напрям обертання або переміщення виконавчих органів;

✓ для відлікових, ділильних і точних механізмів та пристроїв - межі вимірювання, ступінь точності передачі, значення допустимих відносних переміщень і обертів, ціна поділок;

✓ для шківів пасових передач - діаметри; для змінних шківів -

відношення діаметрів ведучих шківів до діаметрів ведених;

✓ для зубчастих зачеплень - кількість зуб'їв коліс, число зубів на повному колі і фактична кількість зуб'їв зубчастого сектора, модуль, направлення і кут нахилу зуб'їв косозубих коліс і рейок, осьовий модуль, кількість заходів і тип черв'яка;

✓ для ходового гвинта - хід гвинтової лінії, кількість заходів, напис "Лів." для лівих різей;

✓ для зірочок ланцюгової передачі - кількість зуб'їв, крок ланцюга;

✓ для кулачка - параметри кривих, межі переміщення поводка (штовхача).

Нумерація елементів.

Кожному кінематичному елементу схеми дається порядковий номер, починаючи від джерела руху або позиційне позначення буквами. Буквені коди найбільш поширених груп елементів: А - механізм (загальне позначення); В - вал; С - елементи кулачкового механізму (кулачок, штовхач); Е - різні елементи; Н - елементи механізму з гнучкими ланками (ланцюг, пас); К - елементи важільного механізму; М - джерело руху (двигун); Р - елементи мальтійського або храпового механізму; Т - елементи зубчастого або фрикційного механізму; Х - муфта; У - гальма. Вали допускається нумерувати римськими цифрами, всі інші елементи нумерують тільки арабськими цифрами. Порядковий номер елемента проставляють на поличці лінії-виноски. Під поличкою зазначають основні характеристики і параметри даного кінематичного елемента.

Елементи покупних або запозичених механізмів не нумерують. Змінні кінематичні елементи позначають на схемі малими літерами алфавіту - (змінні шестерні a, b, c, d). Характеристики всього набору змінних елементів зазначають у таблиці на полі креслення.

Перелік кінемачних елементів заносять у таблицю, яку розташовують на полі креслення (рис. 475).

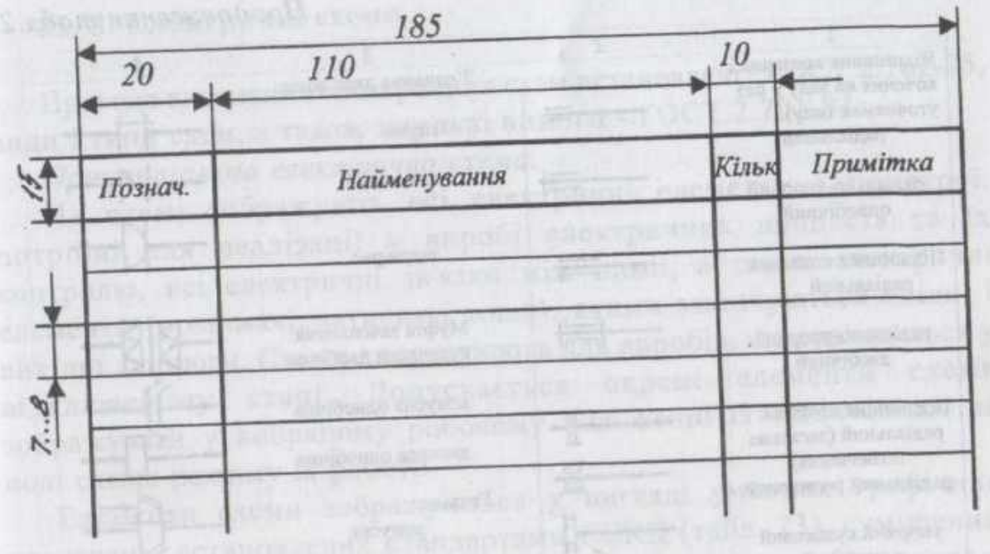


Рис. 475

Таблиця 22

Деякі умовні позначення на кінематичних схемах

Назва	Позначення	Назва	Позначення
1	2	3	4
Вал, стержень, вісь, шатун тощо		З'єднання деталі з валом: вільне при обертанні	
Нерухоме закріплення осі, стержня, пальця тощо		рухоме без обертання	
З'єднання стержнів:		за допомогою витяжної шпонки	
жорстке		глухе	
шарнірне			

Продовження табл.22

1	2	3	4
Підшипник ковзання і кочення на валу 9 без уточнення типу): радіальний		З'єднання двох валів:	
радіально-упорний однобічний		глухе	
Підшипник ковзання: радіальний		еластичне	
радіально-упорний, двобічний		шарнірне	
Підшипник кочення: радіальний (загальне позначення)		Муфта зачеплення: кулачкова двобічна	
радіальний роликовий		конусна однобічна	
упорний кульковий одинарний		дискова однобічна	
		Гальмо: конусне	
		колодкове	
Передача плоским пасом відкрита		Шків ступінчастий, закріплений на валу	
Передача клиновидним пасом		Передача зубчаста конічна (без уточнення типу зуб'ів)	
Передача зубчаста циліндрична (зовнішнє зачеплення; без уточнення типу зуб'ів)		Передача черв'ячна з циліндричним черв'яком	
		Нерознімна гайка на гвинті, який передає рух	

25. 3. Електричні схеми

Правила виконання електричних схем встановлені ГОСТ 2.702-75, види і типи схем, а також загальні вимоги - ГОСТ 2.701-84.

Принципіальна електрична схема.

На схемі зображують всі електричні елементи і пристрої, потрібні для реалізації у виробі електричних процесів та їх контролю, всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи (рознімачі, затискачі тощо), якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги. Схеми викреслюють для виробів, що знаходяться у відключеному стані. Допускається окремі елементи схеми зображувати у вибраному робочому положенні із зазначенням на полі схеми режиму їх роботи.

Елементи схеми зображуються у вигляді умовних графічних позначень, встановлених стандартами ЄСКД (табл. 23), суміщеним або рознесеним способом. *При суміщеному способі* складові частини елементів зображують на схемі спільно, поблизу один від одного. *При рознесеному способі* складові частини одного елемента або пристрою викреслюють у різних місцях схеми так, щоб окремі ланцюги виробу були показані наочніше. Рознесеним способом виконують схеми автоматики і електрообладнання, або схеми, що утримують багато однотипних контакторів, реле і комутаційних пристроїв.

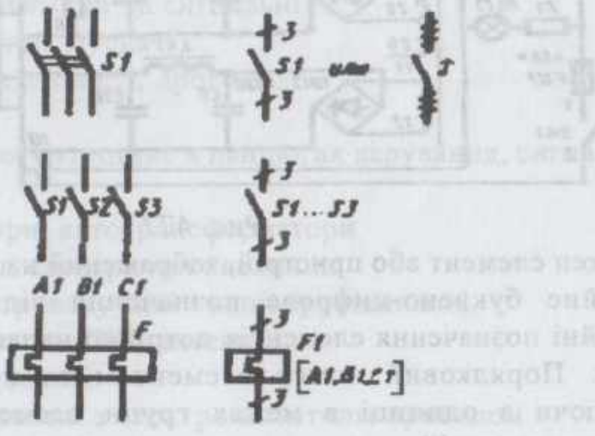


Рис. 476

Схеми виконують в одно- або багатолінійному зображенні. При багатолінійному зображенні (рис. 476, *а*) кожен ланцюг показують окремою лінією, а елементи ланцюгів - окремими графічними позначеннями. Однолінійне зображення пропонує суміщення ланцюгів, що виконують однойменні функції, в один ланцюг, який зображується однією лінією (рис. 476, *б*), а однакові елементи ланцюгів - в одному умовному графічному зображенні.

З метою спрощення схеми використовують групові лінії зв'язку (послідовного або паралельного) декількох однакових елементів. Лінії групового зв'язку показують однією стовщеною лінією (рис. 477). Лінії зв'язку, направлені до групових ліній зв'язку, і лінії адреси (від групової лінії) позначають узгодженими порядковими номерами.

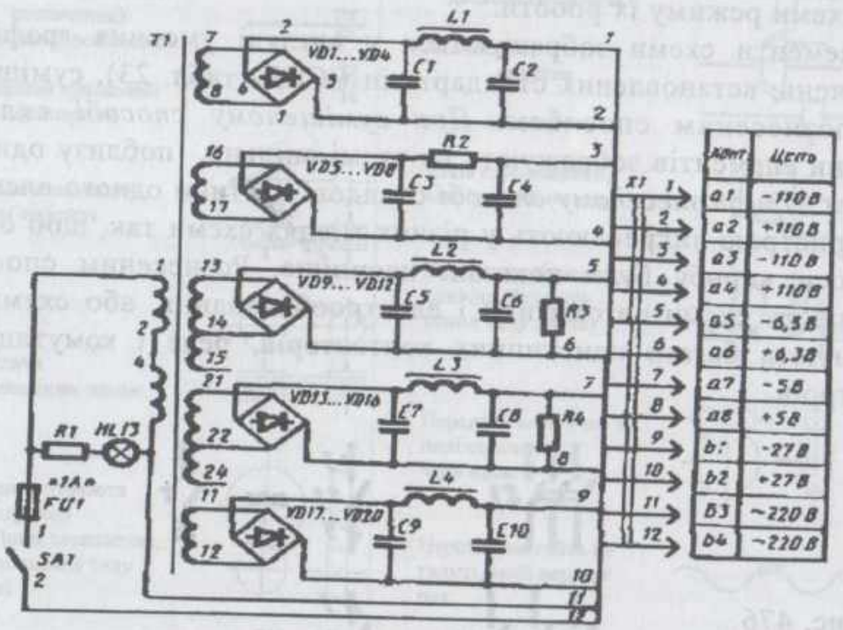


Рис. 477

Кожен елемент або пристрій, зображений на схемі, повинен мати позиційне буквено-цифрове позначення відповідно до вимог. Позиційні позначення елементів потрібно надавати в межах даного виробу. Порядковий номер елементам та пристроям надають, починаючи з одиниці в межах групи елементів з однаковими літерними позиційними позначеннями, наприклад R1, R2, ..., C1,

C2,.... Порядкові номери встановлюють відповідно до послідовності розташування елементів на схемі зверху до низу в напряму зліва направо. Позиційні позначення проставляють біля графічних позначень з правого боку або над ним. При рознесеному способі зображення елементів його позиційні позначення проставляють біля кожної складової частини. При зображенні перемикачів, крім позиційного позначення, потрібно зазначати позначення контактів виводів, нанесених на виробі або встановлених в їх документації.

Літерні коди найпоширеніших електричних елементів та пристроїв ГОСТ 2.710-81

A - пристрій (підсилювач, прилади телекерування, лазери тощо)
M - двигуни
B - перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів та джерел живлення)
P - прилади, вимірювальне обладнання
Q - вимикачі та роз'єднувачі в силових ланцюгах
C - конденсатори
D - схеми інтегральні логічні подвійні, мікрозбірки
E - різні елементи
F - розрядники, запобіжники, захисні пристрої
G - генератори, джерела живлення, кварцові осцилятори
H - пристрої індикаторні та сигнальні
K - реле, контактори, пускачі
L - котушки індуктивності, дроселі
R - резистори
S - устаткування комутаційне в ланцюгах керування, сигналізації і вимірювання
T - трансформатори, автотрансформатори
U - перетворювачі електричних величин
V - прилади електровакуумні і напівпровідникові
W - лінії та елементи СВЧ, антени
X - з'єднання контактні
Y - пристрої механічні з електромагнітним приводом
Z - кінцеві пристрої, фільтри, обмежувачі

На принципіальній схемі повинна бути таблиця переліку всіх елементів, що входять до неї. Таблицю щодо форми і розмірів виконують за рис. 475. Її розміщують або на самій схемі, або на окремих форматах. Елементи записують у таблицю по окремих групах, тобто спочатку резистори, потім конденсатори тощо. У межах кожної групи елементи слід записувати в послідовності зростання їх порядкових номерів. На рис. 478 наведено приклад принципіальної схеми радіоелектричного приладу.

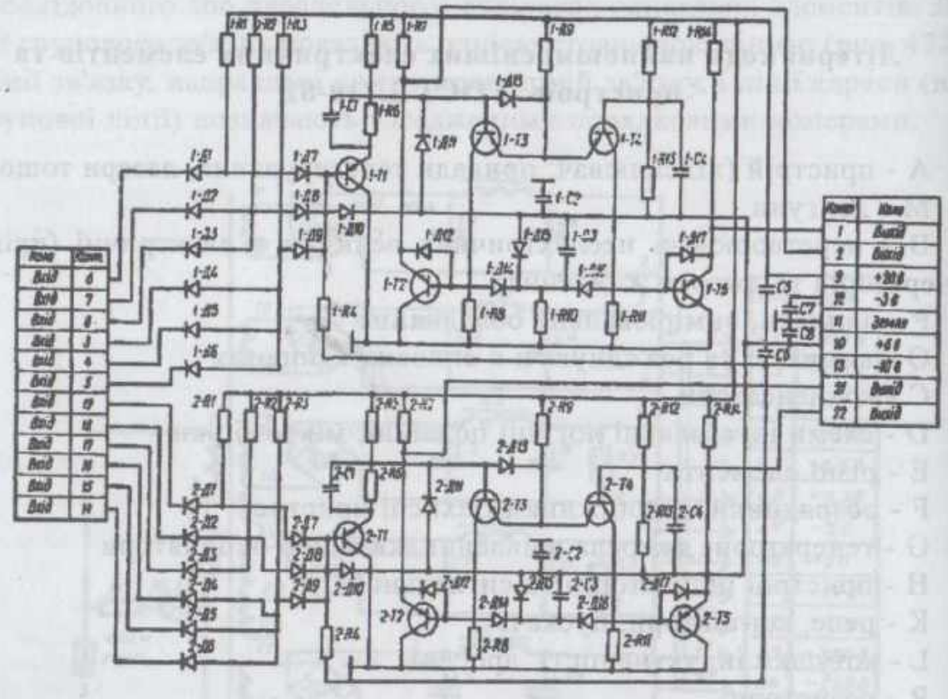
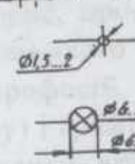
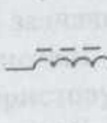
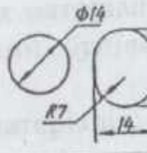


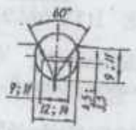
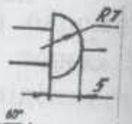
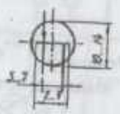
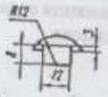
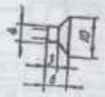
Рис. 478

Таблиця 23

Деякі умовні позначення на електричних схемах

Назва	Позначення	Назва	Позначення
1	2	3	4
Корпус		Контакт комутаційний:	
Заземлення		замикаючий	
З'єднання електричне металеве		перемикаючий	
Елемент гальванічний або акумуляторний		Резистор: загальне позначення	
		постійний	
Термоелемент, термопара		змінний	
Прилад вимірювальний		Конденсатор: постійної ємності	
		електролітичний неполярний	
Запобіжник плавкий		змінної ємності	
Кнопка		Котушка індуктивності, обмотка	
Контакт контактного з'єднання: роз'ємного		Котушка індуктивності з магнітодіелектричним осердям	
розбірного			
Лампа освітлювальна		Балон електровакуумного приладу	
Діод (загальне позначення)			

Продовження табл. 23

1	2	3	4
Тріод:			
Типу $p-n-p$		Елемент логічний	
		Антена (загальне позначення)	
Типу $n-p-n$		Апарат телефонний	
польовий		Телефон	
		Мікрофон	
Хвилевод:			
прямокутний		Гучномовець	
круглий			

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. *Які бувають схеми залежно від виду елементів та зв'язків між ними?*
2. *Яке призначення принципіальних схем та їх особливості?*
3. *Що включає позначення елементів на схемах?*
4. *Як проводять лінії зв'язку на схемах?*
5. *Як оформляють таблицю переліку елементів?*
6. *Як вибирають і зображують умовні графічні позначення елементів?*

Розділ 6. ЕЛЕМЕНТИ БУДІВЕЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ

§ 26. БУДІВЕЛЬНЕ КРЕСЛЕННЯ

26.1. Види будівельних креслень

У будівництві беруть участь проектні і наукові інститути, конструкторські бюро, підприємства, державні будівельно-монтажні і ремонтно-будівельні організації.

Проектування нових будівель та споруд починається з розробки креслень *технічної документації*, до якої входять: генеральний план забудівлі земельної ділянки; план будівлі; фасад; розріз будівлі.

Проектування поділяється на основні стадії:

✓Складання проектною організацією техніко-економічного обгрунтування будівлі на основі перспективних даних розвитку окремих галузей промисловості та економічних районів. Воно подається у вигляді проектних висновків або доповідної записки.

✓Складання міністерствами або відомствами чи за їх дорученням комбінатами, трестами, підприємствами при безпосередній участі проектної організації завдання на проектування, підставою якого є архітектурно-планове завдання, що отримано замовником проекту.

✓Розробка проектної документації, яка складається з технічного проекту і робочих креслень або технічний проект, поєднаний з робочими кресленнями. При складанні робочих креслень уточнюється і деталізуються передбачені технічним проектом рішення, щоб забезпечити виконання будівельно-монтажних робіт.

Проект повинен мати кошторисно-фінансовий розрахунок, розгорнутий кошторис, проект організації робіт (де зазначити, які механізми і протягом якого часу повинні бути використані, скільки робітників і яких професій, в який час потрібно використовувати на даному будівництву) і графік завезення будівельних матеріалів.

Креслення проекту виконуються за правилами *будівельного креслення:*

• вивчення умовних позначень будівельних матеріалів; позначень, що використовуються при викреслювані планів, розрізів і фасадів будинків та інших архітектурно-будівельних креслень;

• читання і виконання будівельних креслень; креслень, що утримують вироби будівельних конструкцій, санітарно-технічні і енергетичні устаткування; оформлення будівельних креслень.

Основними видами креслень, з яких складається будь-який проект, є плани будинків (планом називається розріз будинку горизонтальною площиною на рівні 300 мм від підвіконної дошки), розрізи (поздовжні і поперечні) вертикальними площинами і фасади - вид будинку з зовнішнього боку.

Роботи з будівництва поділяються на загальнобудівельні і спеціальні. До *загальнобудівельних* належать всі роботи по будівлі самого будинку, включаючи і оздоблювальні роботи. До *спеціальних видів будівельних робіт* належать улаштування водопостачання та каналізації, опалення і вентиляції, газопостачання, електроосвітлення, телефонізації, роботи по благоустрою.

У зв'язку з таким діленням будівельних робіт створюється ділення робочих креслень на окремі частини. Кожній такій частині надається особа марка, яка і проставляється на кожному кресленні в основному написі. Марка складається з великих літер назви даної частини проекту.

Для окремих частин робочих креслень встановлені такі марки:

архітектурні креслення	АР
залізобетонні конструкції	КЖ
металеві конструкції	КМ
дерев'яні конструкції	КД
будівельні конструкції (об'єднання марок КЖ, КМ, і КД в одну частину)	КС
архітектурно-будівельна частина (об'єднання марок АР і КС)	АС
водопровід і каналізація	ВК
опалення і вентиляція	ОВ
електроосвітлення	ЕО

Індустріалізація, ефективність виготовлення уніфікованих елементів і деталей будівництва вимагає використання типових (стандартних) деталей. При проектуванні одного й того ж об'єкта кількість різноманітних елементів повинна скорочуватись. Це, в свою чергу, вимагає переходу на типове проектування з дотриманням основних вимог: простота планового рішення, типізація і стандартизації конструктивних деталей, скорочення типів і розмірів деталей, зменшення загальної маси всіх конструкцій будинків за рахунок їх удосконалення і використання нових ефективних будівельних матеріалів.

При проектуванні всі об'ємно-планувальні розміри і розміри конструктивних елементів будинків, а також розташування координаційних осей будинку повинні задовольняти вимогам Єдиної системи модульної координації розмірів (ЄМС), яка представляє сукупність правил координації розмірів і взаємного розміщення об'ємно-планувальних і конструктивних елементів будинків та споруд, будівельні вироби і обладнання на базі просторової системи модульних координат з розчленовуванням відповідно до основного модулю 100 мм і похідним від нього.

ЄМС є однією з важливих основ уніфікації і стандартизації розмірів у будівництві, її мета - створення бази для типізації і стандартизації в проектуванні і будівництві.

Для прив'язки будинку (споруди) до будівельної координатної сітки і реперам генерального плану та для визначення взаємного розташування елементів будинку (споруди) використовується сітка координаційних осей конструкції, що несе навантаження (рис. 479).

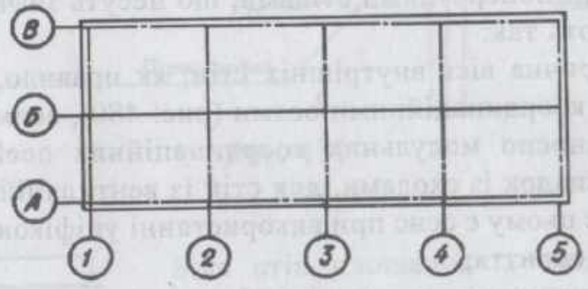


Рис. 479

Координаційною віссю називається лінія, що проходить поздовж зовнішніх і капітальних внутрішніх стін. Ці осі наносять на креслення тонкими штрих-пунктирними лініями і позначають у кружечках. Діаметр кружечків для креслень у масштабі 1:400 і менше - 6 мм, для креслень, виконаних у масштабі 1 : 200 і крупнішому, - 8 ... 12 мм.

Усі зовнішні й капітальні внутрішні стіни, а також опори які стоять окремо (колони та стовпи) повинні мати координаційні осі. Позначення осей на планах будинків та споруд наносять по лівому і нижній сторонах і тільки при неспівпаданні осей протилежних сторін плану в місцях розходження розбивки позначення наносять додатково по правій та верхній сторонах плану.

Кожна окрема будівля повинна мати самостійну нумерацію осей.

Цифрами позначають координаційні осі на стороні будинку або споруди з великою кількістю координаційних осей, літерами алфавіту - на стороні з меншим числом осей.

Розмір шрифту для позначення координаційних осей повинен бути більшим за розмір цифр розмірних чисел, що використовуються на тому ж самому кресленні, у півтора...два рази.

Для окремих елементів конструкцій, технологічного, санітарно-технічного тощо обладнання, інженерних сітей використовується розмірна прив'язка до найближчих координатних осей будинку або до поверхні основних елементів конструкції. Посилання на місця розташування будинків відносно координаційних осей здійснюються за формою *"Стіна по осі 7"*, *"Колона на перетині осей Б - Б"* тощо.

Прив'язку стін до модульних координаційних осей у будинках із поздовжніми і поперечними стінами, що несуть значне навантаження, здійснюють так:

- геометрична вісь внутрішніх стін, як правило, суміщається з модульними координаційними осями (рис. 480), асиметричне розташування відносно модульних координаційних осей допускається для стін площадок із сходами, для стін із вентиляційними каналами тощо, якщо в цьому є сенс при використанні уніфікованих елементів сходів та перекриття;
- внутрішню грань зовнішніх стін розміщують від координаційних осей на відстані b/2, що дорівнює товщині стіни, або кратному М/100 мм або М/2 (рис. 481).

Інколи в промислових будинках можна допустити суміщення внутрішньої грані стіни з координаційною віссю (рис. 482).

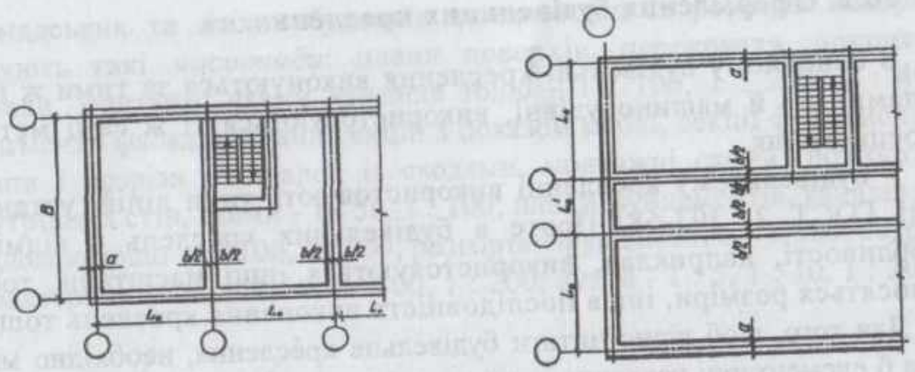


Рис. 480

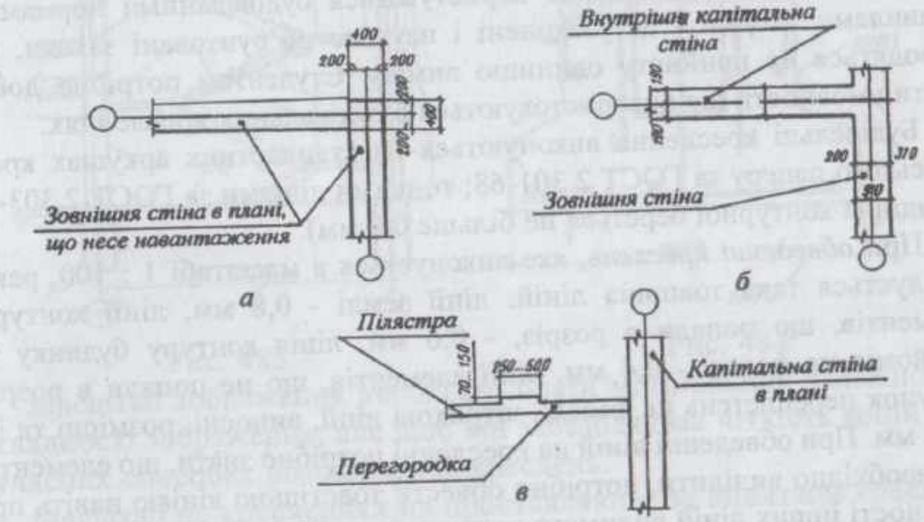


Рис. 481

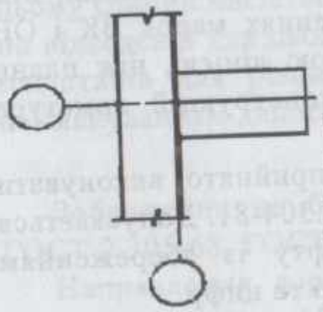


Рис. 482

Біля стін площадок із сходами координаційні вісі проводять на відстані, кратній модулю від внутрішньої грані стіни. На площадках із сходами внутрішньою гранню рахується та, яка повернута в бік сходів.

26.2. Оформлення будівельних креслень

В основному будівельні креслення виконуються за тими ж правилами, що й машинобудівні, використовуються ті ж самі методи проеціювання.

У будівельному кресленні використовують типи ліній, установлені ГОСТ 2. 303-68. Проте в будівельних креслень є відмітні особливості, наприклад, використовуються інші масштаби, тобто наносяться розміри, інша послідовність виконання креслень тощо.

Для того, щоб вірно читати будівельне креслення, необхідно мати хоча б елементарні уявлення про те, як будуються ті чи інші споруди.

При виконанні необхідно користуватися будівельними нормами і правилами. *Норми* - це узаконені і науково об´рунтовані заходи, що доводяться на прийняту одиницю виміру. Студентам потрібно добре знати умовності, що використовуються в будівельних кресленнях.

Будівельні креслення виконуються на стандартних аркушах креслярського паперу за ГОСТ 2.301-68; тонкими лініями за ГОСТ 2.303-68 (товщина контурної береться не більше 0,8 мм).

При *обведенні креслень*, яке виконується в масштабі 1 : 100, рекомендується така товщина ліній: лінії землі - 0,8 мм, лінії контурів елементів, що попали в розріз, - 0,6 мм, лінія контуру будинку та пройомів на фасаді - 0,4 мм, лінії елементів, що не попали в розріз, рисунок переплетень на фасаді, штрихові лінії, виносні, розмірні та ін. - 0,2 мм. При обведенні ліній на кресленні потрібно знати, що елементи, які необхідно виділити, потрібно обвести товстішою лінією навіть при наявності інших ліній видимого контуру (рис. 483).

Так, на планах перекриття виділяють товстішими лініями, ніж контури стін. На санітарно-технічних кресленнях марок ВК і ОВ сантехнічне обладнання обводиться товстішою лінією, ніж плани поверхів. На кресленнях залізобетонних конструкцій арматура виділяється товстішими лініями (рис. 484).

Написи на всіх технічних кресленнях прийнято виконувати креслярським шрифтом відповідно до ГОСТ 2.304-81. Допускається використання прямого (без нахилу) шрифту із збереженням зазначених в стандарті написів і розмірів літер та цифр.

При виконанні будівельних креслень промислових споруд,

громадських та жилих будинків залежно від їх розмірів використовують такі *масштаби*: плани поверхів, перекриття, покриття, фасади, монтажні схеми каркасів тощо - 1 : 100, 1 : 200, 1 : 400; фрагменти фасадів, плани секцій з показом меблі, секції фундаментів, плани і розрізи площадок із сходами, монтажні схеми (розгортки) внутрішніх стін, схеми - 1 : 50, 1 : 100; плани фундаментів, каналів під підлогою тощо - 1 : 100, 1 : 200; розгортки фундаментів - 1:100, розрізи характерних місць - 1:50, 1 : 100, 1 : 200; вузли - 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20.

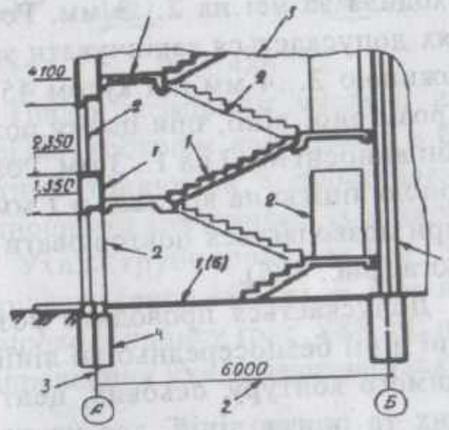


Рис. 483

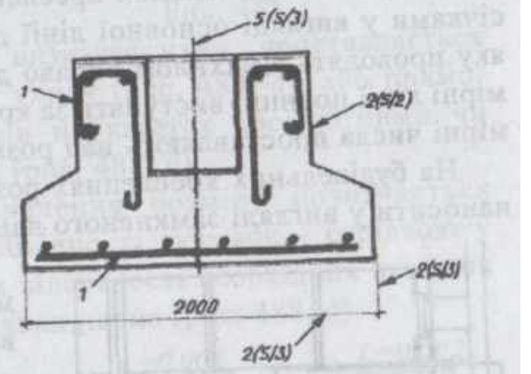


Рис. 484

Масштаб зображення необхідно брати мінімальний залежно від складності зображення, але щоб він забезпечував чіткість копій при сучасних способах розмноження креслень.

Масштаб на кресленнях не проставляють, за винятком креслень виробів і випадків, обумовлених відповідними стандартами. При цьому єдиний масштаб для всіх зображень проставляють у спеціально відведеній для цього графі основного напису. У випадках різних масштабів для різних зображень його потрібно зазначати над найменуванням даного виду, наприклад, $\frac{\text{Фасад1 -7}}{1:100}$.

Зображення на будівельних кресленнях повинні відповідати ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 21.101-79.

Направлення зору для зображення виглядів і розрізів для будинків та споруд беруть, як правило, за планом знизу вверх і справа наліво.

Розміри на будівельних кресленнях наносять: *у міліметрах* - на планах і розрізах будинків (допускається наносити розміри в сантиметрах, але в цьому випадку - це вказується на кресленні в примітках); на робочих кресленнях окремих вузлів будівельних конструкцій; *у метрах з трьома десятковими знаками* - висотні відмітки на розрізах; *у метрах* - на генеральних планах.

Для позначення меж вимірювання - тонкі суцільні лінії (виносні). Між виносними лініями проводять розмірні лінії з таким розрахунком, щоб виносна лінія виходила за неї на 2...3 мм. Розмірні лінії на будівельних кресленнях допускається закінчувати засічками у вигляді основної лінії довжиною 2...4 мм під кутом 45°, яку проводять з нахилом вправо до розмірної лінії, при цьому розмірні лінії повинні виступати за крайні виносні лінії на 1...3 мм. Розмірні числа проставляють над розмірною лінією на відстані ≈ 1 мм.

На будівельних кресленнях розміри дозволяється повторювати і наносити у вигляді замкненого ланцюга (рис. 485).

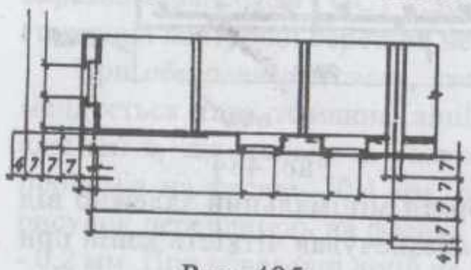


Рис. 485

Допускається проводити розмірні лінії безпосередньо до ліній видимого контуру, осьових, центрових та інших ліній, але не допускається використовувати лінії контуру, осьові, центрові і виносні за розмірні. При нанесені розмірів необхідно керуватися в основному ГОСТ 2.307-68.

На будівельних кресленнях розрізняють три види розмірів: *номінальні* (відстань між координаційними осями будинків); *конструктивні* - розміри елементів будівельних виробів відрізняються від номінальних на встановлений нормами зазор (товщина шва та ін.); *натурні* - фактичний розмір елементів побудованого будинку.

У деяких випадках допускається замість засічок обмежувати розмірну лінію точкою на перетині з близько розташованими лініями креслення (рис. 486, *а*) або стрілками для позначення розмірів діаметрів і радіусів (рис. 486, *б*).

При розташуванні ряду однакових елементів на однакових відстанях один від одного (наприклад, стін будинків, отворів тощо)

розміри між елементами проставляються тільки на початку і в кінці ряду або зазначається відстань між крайніми елементами (рис. 487).

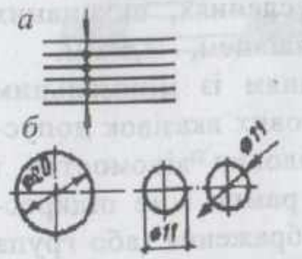


Рис. 486

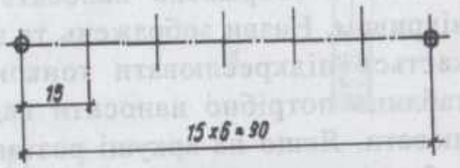


Рис. 487

Перед розмірним числом, що визначає ухил, проставляється стрілка, гострієм направлена в бік ухилу (рис. 488, *а*), або прямокутний трикутник з проставленими на катетах абсолютними чи відносними значеннями їх величин (рис. 488, *б*).

Ухил трубопроводів без зазначення розміру позначається стрілкою (рис. 488, *в*), а при необхідності вказівок - стрілкою у супроводі напису (рис. 488, *г*); при відсутності необхідних вказівок направлення ухилу зазначається тільки напис (рис. 488, *д*).

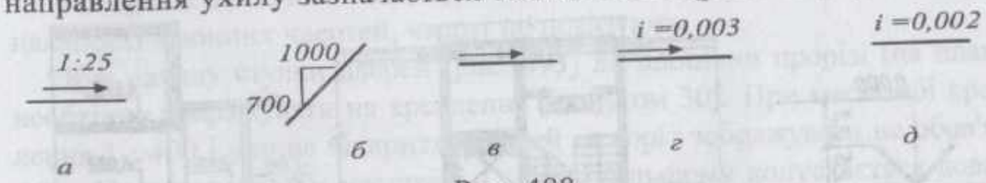


Рис. 488

При нанесені на кресленнях написів, технічних вимог і при складанні таблиць необхідно керуватися вказівками ГОСТ 21.105-79 і ГОСТ 2.316-68.

Відмітки для прив'язки елементів будинків (споруд) по висоті зазначають у метрах з трьома десятковими знаками після коми.

За умовну нульову відмітку, як правило, беруть відмітку чистої підлоги першого поверху, що позначається 0,000.

Відмітки нижче нульового рівня позначаються зі знаком мінус, наприклад, -0,0250; відмітки вище умовного нульового рівня зазначаються без знаків, наприклад, 3,100.

Графічне позначення відмітки (рис. 489) дається у вигляді кутника; на планах на випадок перепаду рівня підлоги поверху (або

площадки) відмітка позначається так, як показано на рис. 490, *а*, на розрізах і фасадах - на рис. 490, *б*.

Мінімальна висота літер і цифр на кресленнях, виконаних тушшю, - 2,5 мм, а на кресленнях, виконаних олівцем, - 3,5 мм.

Назви зображень наносять над зображенням із мінімальним відривом. Назви зображень та заголовки текстових вказівок допускається підкреслювати тонкою лінією. Заголовки відомостей і таблиць потрібно наносити над ними ззовні рамки і не підкреслювати. Якщо на аркуші розташовано одне зображення (або група зображень з однією загальною назвою), то його назва (або спільна назва) зазначається тільки в основному написі. Назви планів в основному написі потрібно записувати у вигляді "План технічного приміщення" у назві розрізів, перерізів і виглядів, зазначати позначення відповідної січної площини, наприклад, *"Розріз 2 - 1"*, *"Вигляд 2 - 2"*, у назвах фасадів зазначаються крайні вісі, між якими розташовано фасад, наприклад *"Фасад 1 - 12"*, у назвах фрагментів будинків, розрізів і фасадів зазначають порядковий номер фрагмента, наприклад, *"Фрагмент плану 1"*.

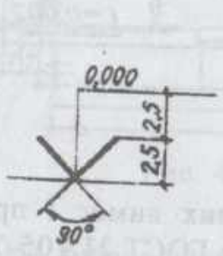


Рис.489

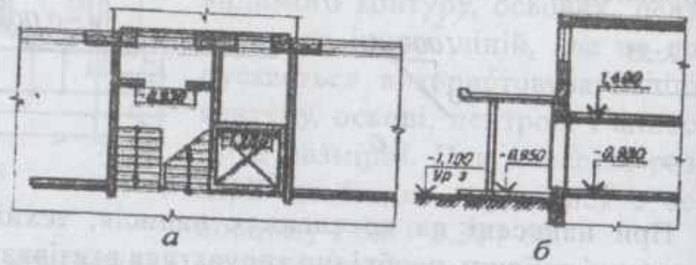


Рис. 490

Монолітним залізобетонним ділянкам, конструкціям і елементам, крім буквеного позначення, надається додатковий індекс "м", наприклад, ділянка - Ум, плита - Пм, балка - Бм тощо.

26.3. Умовні графічні позначення

На будівельних кресленнях широко застосовують умовні позначення за ГОСТ 21.107-78. Умовні позначення, не передбачені стандартом, повинні супроводжуватися поясненням. Умовні позначення матеріалів наведено в § 18.5, табл. 11.

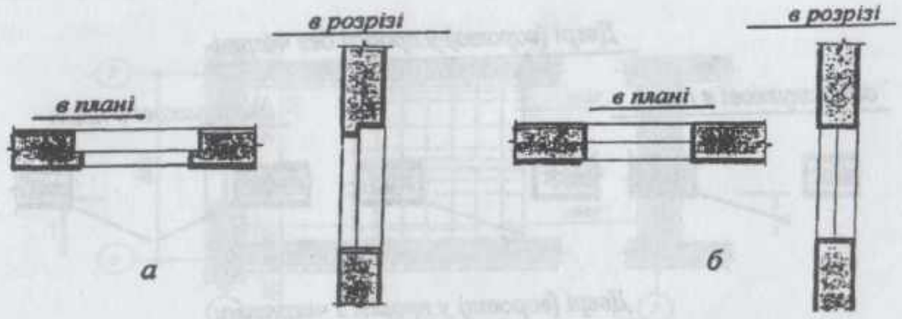


Рис. 491

Віконні і дверні прорізі зображують тоншими лініями, ніж контури стін. У прорізах не показують коробок, в яких розташовують віконні рами або дверні стулки.

На рис. 491, *а* і *б* показано прорізі із чвертями і без чвертей. Чвертю у віконих прорізах називається виступ у прорізі, який дорівнює розміру однієї четвертої частини цеглини - 65 мм (рис. 492). Виконують чверті у віконих і дверних прорізах. У чверть встановлюють дерев'яні рами, що називаються коробками, а в коробку навішують віконну раму.

На кресленнях, виконаних у масштабі 1:200 і менше, незалежно від наявності віконних чвертей, чверті не показують.

Кут нахилу стулки дверей (рис. 493) до площини прорізі (на плані) необхідно зображувати на кресленні під кутом 30°. При масштабі креслення 1 : 400 і менше відкриття дверей та воріт зображувати не обов'язково. На кресленнях у масштабі 1 : 100 і більшому допускається додатково схематично зображувати коробки, відображуючи їх положення в прорізі.

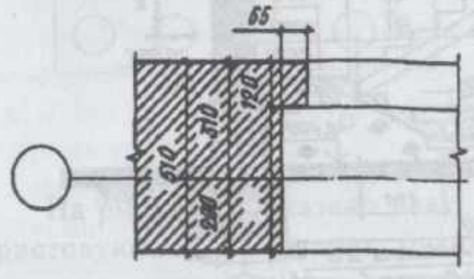


Рис. 492

Усі позначення необхідно наносити в масштабі креслення із дотриманням дійсних габаритних обрис елементів. При цьому розташування і кількість дверей шаф, гардеробних шаф, крючків у великомасштабних кресленнях повинні відповідати дійсному.

На рис. 494 показано, як потрібно зображувати марші сходів на кресленнях.

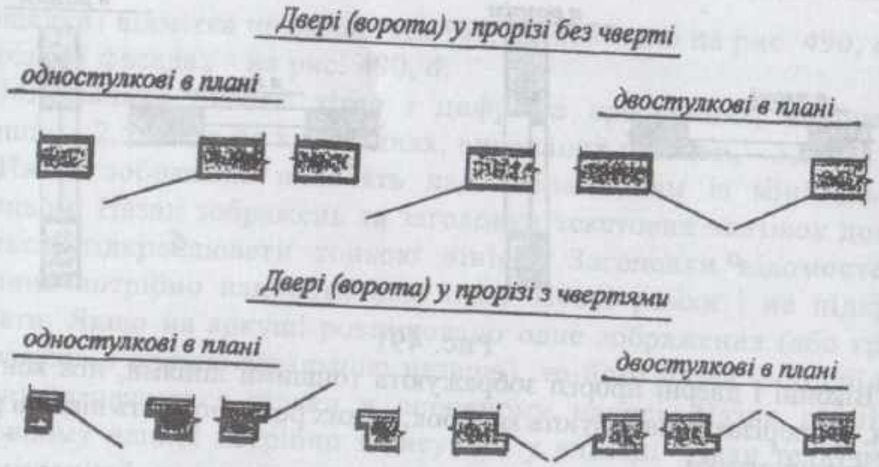
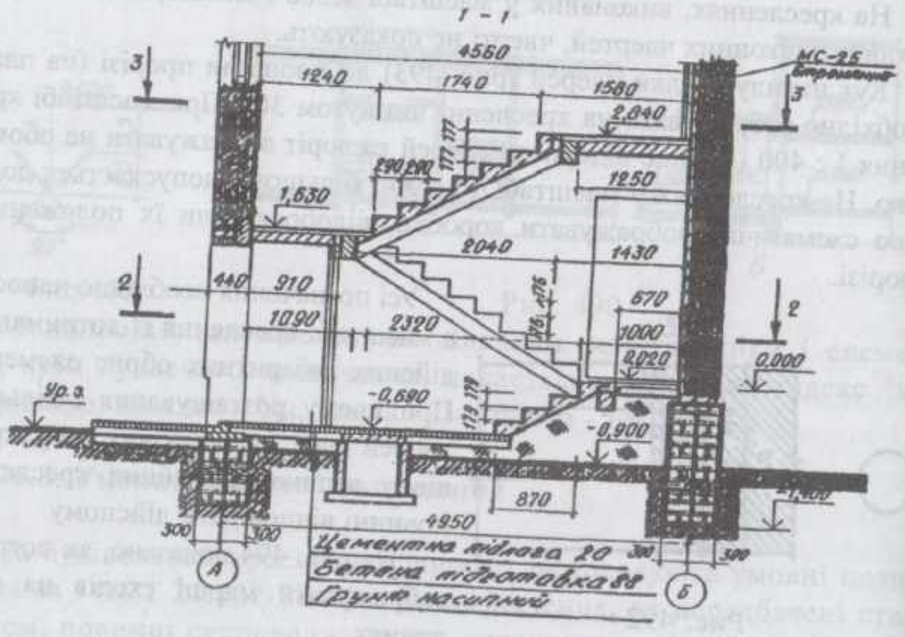


Рис. 493

На кресленнях, виконаних у масштабі 1 : 100 і більшому, дозволяється детально зображувати елементи сходів, нанесення маркіровки окремих елементів, у тому числі перил та інших пояснювальних написів.



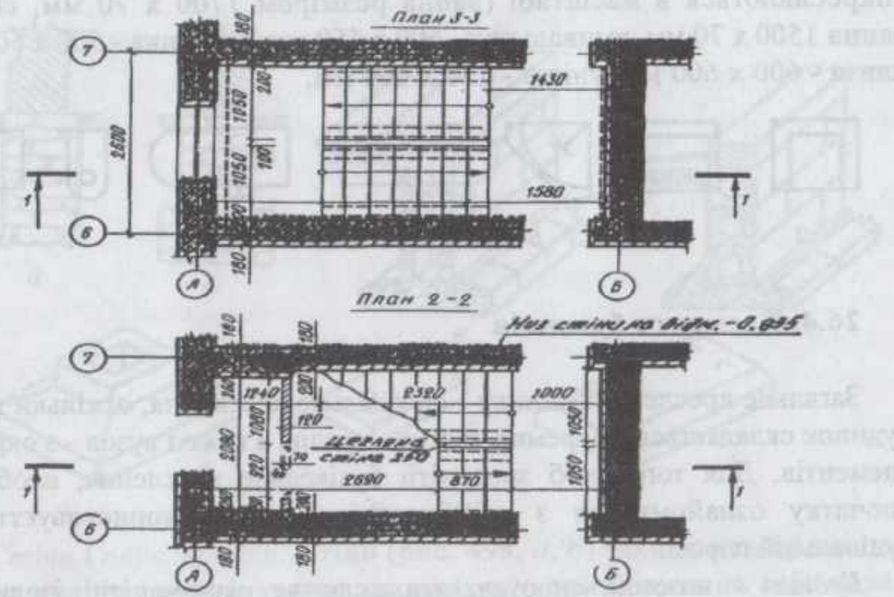


Рис. 494

Точки на початку стрілок нижніх та проміжних маршів і вістря кінцевих стрілок проміжних і верхніх маршів ставляться біля краю площадки поверху, до якого відноситься цей план.

На рис. 495 згідно з ГОСТ 2.754-72 показано, як потрібно зображувати: *а* - плиту електричну; *б* - холодильник електричний та згідно з ГОСТ 2.786-70 *в* -плиту газову; *г* - плиту комбіновану.

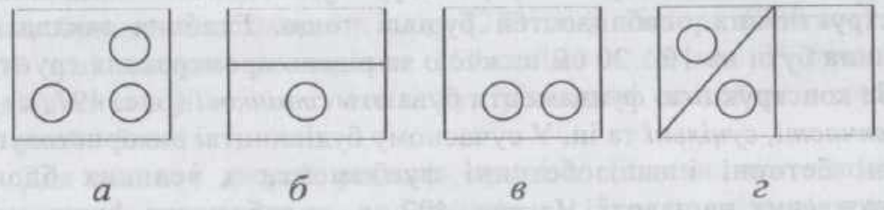


Рис. 495

На рис. 496 показано деякі умовні позначення, що часто використовуються на планах будинків, внутрішніх систем водопостачання, каналізації та газопостачання, згідно з ГОСТ 2.786-70: *а* - раковина; *б* - умивальник; *в* - умивальник кутовий; *г* - ванна; *е* - унітаз; *ж* - люфт-клозет, які на загальнобудівельних кресленнях

викреслюються в масштабі (ванна розміром 1700 х 70 мм, сидяча ванна 1500 х 70 мм, умивальник - 600 х 450 мм, раковина - 500 х 500 мм, плита - 600 х 600 мм, унітаз - 450 х 600 мм.

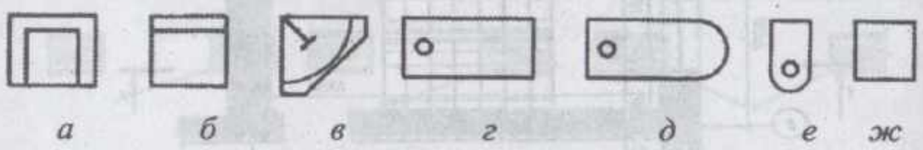


Рис. 496

26.4. Елементи будинків

Загальне креслення будинку - складальне креслення, оскільки кожен будинок складається з окремих частин - вузлів, а кожен вузол - з окремих елементів. Для того, щоб зрозуміти будівельне креслення, необхідно спочатку ознайомитися з термінологією, яка використовується в будівельній справі.

Будівля - наземна споруда, яка включає різноманітні ізольовані приміщення.

Основними конструктивними елементами будівлі є фундамент, стіни, перегородки, перекриття, вікна, двері, дах і сходи.

Фундамент - це підземна частина будівлі, яка передає навантаження на глибинні шари грунту - основу будівлі. Площина, що обмежує фундамент знизу, називається *підошвою*, а верхня площина - *обрізом*.

Глибина закладання фундаменту залежить від складу грунту, глибини його промерзання, рельєфу будівельного майданчика, конструктивних особливостей будівлі тощо. Глибина закладання повинна бути на 10...20 см нижчою за рівень промерзання грунту.

За конструкцією фундаменти бувають *стрічкові* (рис. 497, *а - в*), *стовпчасті*, *суцільні* та ін. У сучасному будівництві використовують збірні бетонні і залізобетонні фундаменти з великих блоків, виготовлених на заводі. На рис. 497, *в - г* зображено фундаменти з блоків, що мають вертикальні або горизонтальні порожнини. У каркасних промислових будинках під колони ставлять фундаменти з широкою підошвою або прямокутного стаканного типу (рис. 497, *д - е*).

У комплекті робочих креслень обов'язково є план фундаменту.

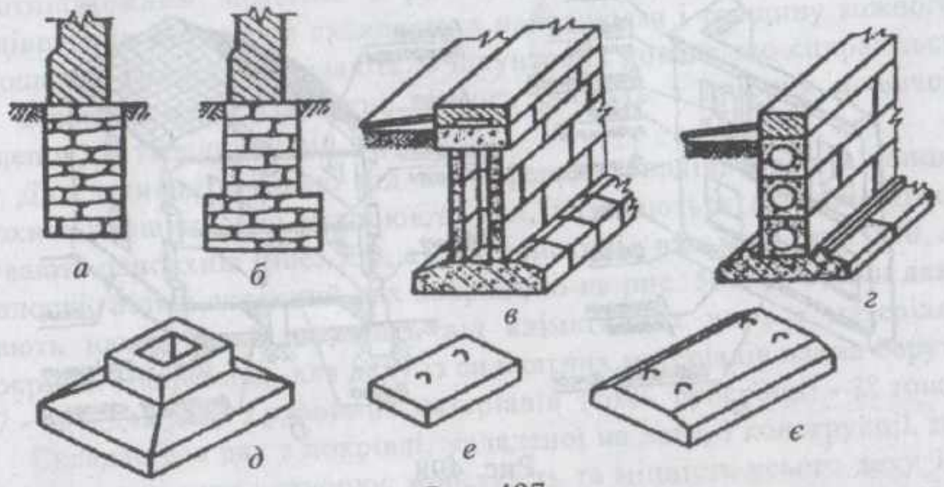


Рис. 497

Стіни і перегородки. Стіни (рис. 498, *а, б*) захищають приміщення від опадів і температурних коливань; вони беруть на себе навантаження від усіх конструкцій будівлі. Зовнішні стіни називаються *несучими*, або *капітальними*, а внутрішні, що відокремлюють приміщення одне від одного, - *перегородками*. Нижня потовщена частина зовнішньої стіни називається *цоколем*. Між цоколем і стіною повинен бути гідроізоляційний прошарок. Верхній вивершуючий виступ зовнішньої стіни називається *карнизом*. Він надає стіні закінченого вигляду і захищає її від затікання води. Стіни виготовляються із цегли, бетонних блоків, дерева тощо. Цегляні стіни бувають завтовшки в одну (250 мм), півтори (380 мм) і дві (510 мм) цеглини розміром - 250 х 120 х 65 мм. У сучасному будівництві стіни монтують індустріальним способом з великих панелей і блоків.

Для вікон і дверей роблять прорізі; ділянки між віконними прорізами називаються *простінками*. Над прорізами кладуть залізобетонні або стальні балки - перемички.

Внутрішні несучі перегородки виготовляють із гіпсових або фібролітових плит, бетону, дерева й іншого матеріалу. Заводським способом перегородки виконують на цілу кімнату із вмонтованим дверним прорізом. Спираються перегородки безпосередньо на міжповерхові перекриття.

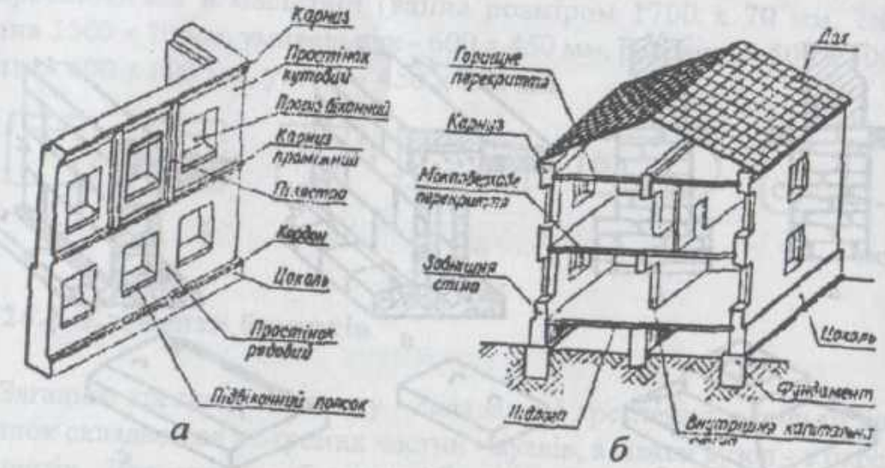


Рис. 498

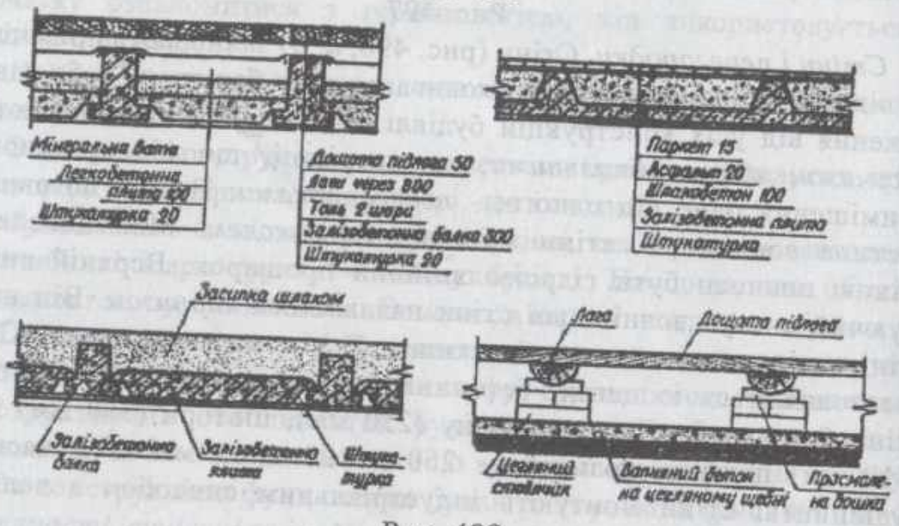


Рис. 499

Перекриття і підлоги. Перекриття поділяють будівлю по висоті на поверхи (міжповерхові перекриття - рис. 499, *а, б*), відділяють верхній поверх від горища (горищне перекриття - рис. 499, *в*), а перший поверх від підвалу (підвальне перекриття - рис. 499, *г*). Кожне перекриття складається з несучої конструкції і наповнювача. Несучі конструкції складають з деталей індустріального виготовлення - балок, плит, панелей тощо. Наповнювач повинен забезпечити звуко- і теплоізоляційні властивості перекриття і відповідати

протипожежним вимогам. З рис. 499 бачимо, з яких прошарків будівельних матеріалів складається наповнювач і товщину кожного прошарку. Підлоги складають із шпунтових дошок, що спираються на дерев'яні лаги. Паркетні підлоги роблять з дрібних дощечок (клепок) із твердих порід дерева.

Дах захищає будівлю від атмосферних опадів, вітру й сонця. Похилі площини, що утворюють дах, називаються *схилами*. Дахи бувають односхилі (рис. 500, *а*), чотирисхилі - вальмові (рис. 500, *в*) і плоскі. Більш складний дах зображено на рис. 500, *г*. Схили даху мають нахил, який залежить від кліматичних умов і матеріалу покрівлі. Наприклад, для даху із силікатних матеріалів нахил беруть 27 - 45°, для даху з рулонних матеріалів (толь, руберойд) - 7° тощо.

Складається дах з покрівлі, укладеної на лати, і конструкції, що підтримує ці лати і створює жорсткість та міцність усього даху. Ця конструкція складається з балок-кроків, кроквяних ніг, мауерлатів та інших елементів. На рис. 501, *а* зображено елементи конструкції даху з дерева, на рис. 501, *б, в* - схеми металевих ферм для промислової будівлі.

Сходи складаються з похилих маршів і площадок (рис. 502). Залежно від кількості маршів і площадок у межах одного поверху сходи поділяють на одно-, дво-, тримаршові тощо. Кожний марш складається із східців, елементів, що їх підтримують, і огорожі. Горизонтальна площина кожного східця називається *проступом*, вертикальна її частина - *присхідцем*. Розмір присхідця - 150...180 мм, проступу - 270 ... 320 мм. Балка, на яку укладають східці, називається *косоуром*. Уклон марша вибирають залежно від призначення сходів - 1 : 2; 1 : 10,75; 1 : 1,5. У сучасному будівництві сходи виконують із збірних залізобетонних елементів.

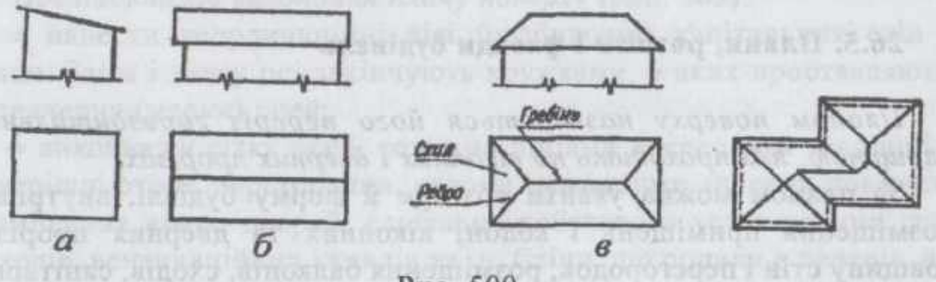


Рис. 500

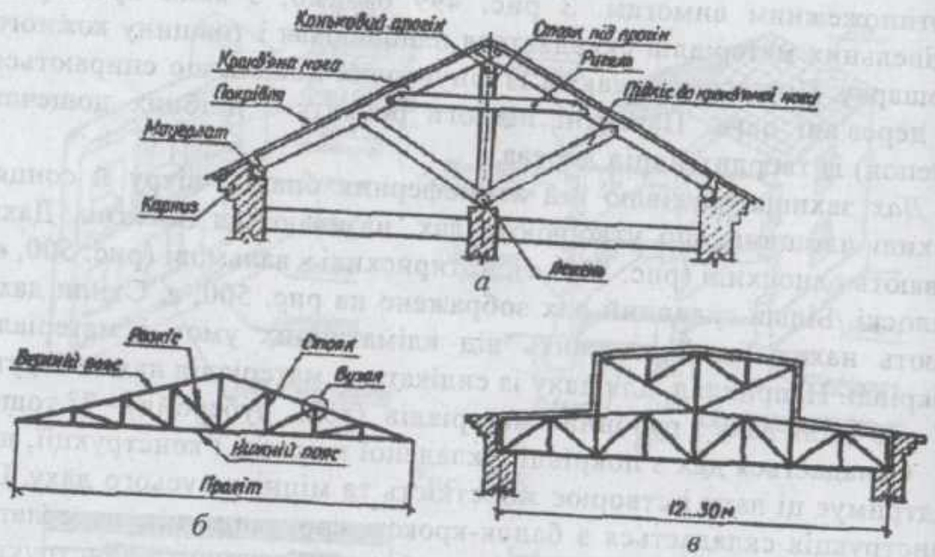


Рис. 501

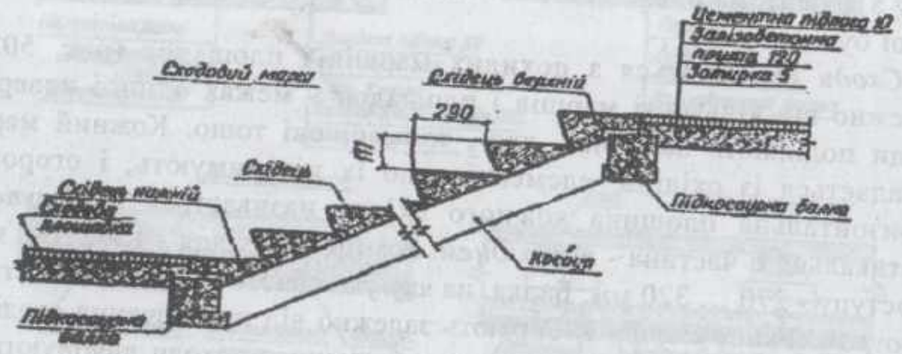


Рис. 502

26.5. Плани, розрізи і фасади будівель

Планом поверху називається його переріз горизонтальною площиною, яка проходить по віконних і дверних прорізах.

За планом можна уявити розміри й форму будівлі, внутрішнє розміщення приміщень і колон, віконних та дверних прорізів, товщину стін і перегородок, розміщення балконів, сходів, санітарно-

побутового устаткування та ін. На планах промислових будівель показують розміщення технологічного устаткування, котлів, верстатів, залізничних рейок, підйомно-транспортних механізмів тощо.

Кількість планів на кресленні залежить від кількості поверхів і будують їх для кожного окремо з написом: "План першого поверху", "Плани другого, третього і четвертого поверхів" (якщо вони однакові) тощо.

При розташуванні декількох планів на аркуші їх розташовують в послідовності зростання нумерації поверхів знизу вверх або зліва направо.

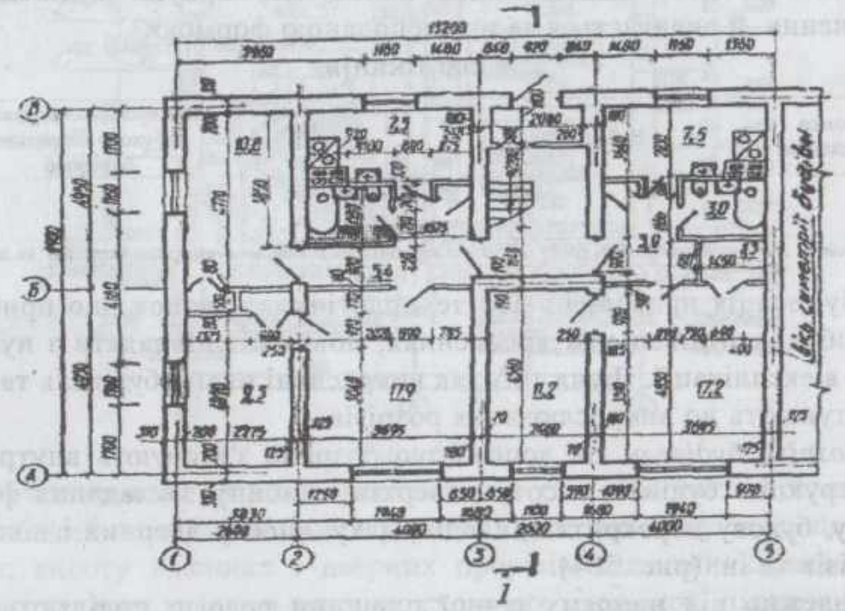


Рис. 503

Послідовність виконання плану поверху (рис. 503):

- нанести координаційні вісі (розбивочні) капітальних стін і колон. Зліва і знизу осі закінчують кружками, в яких проставляють позначення (марки) осей;
- виконавши сітку осей, тонкими лініями накреслити зовнішні і внутрішні стіни, перегородки, колони і умовними знаками показати розміщення вікон, дверей, санітарно-побутового устаткування, димоходів, вентиляційних каналів та ін. Стіни, що попали в переріз, не заштриховувати;

• нанести внутрішні і зовнішні розміри; внутрішні розміри - це довжина і ширина кожної кімнати, товщина стін, перегородок, розміри дверних прорізів, площа кімнат. Крім того, прив'язати внутрішні стіни і перегородки до розбивочних осей. Зовнішні розміри проставити у кілька замкнених ланцюжків: розміри прорізів і простінків між ними; відстані між розбивочними осями; відстані між осями зовнішніх стін;

• назву приміщень і їх площу занести в експлікацію; план обвести лініями відповідної товщини.

Експлікація розташовується на самому аркуші будівельного креслення й складається за нижчеподаною формою:

Експлікація

Номер за планом	Найменування	Площа, $м^2$	Категорія виробництва за вибухово-пожарною безпекою

Примітка. Для житлових будівель графу „Категорія виробництва за вибудово-пожарною безпекою" не дають.

Нумерація приміщень або технологічних ділянок, що прийнята на робочих будівельних кресленнях, повинна співпадати з нумерацією в експлікації. Після того, як викреслені плани будівель та даху, приступають до викреслювання розрізів.

Розрізи будівель. За допомогою розрізів з'ясовують внутрішню конструкцію будівлі: висоту поверхів, глибину закладання фундаменту, будову перекриттів, сходів, даху, висоту дверних і віконних прорізів та ін. (рис. 504).

Залежно від напряму січної площини розрізи поділяються на *поперечні* і *поздовжні*. Січна площина повинна проходити по осях дверних і віконних прорізів і по найскладніших у конструктивному відношенні частинах будівлі (сходових клітках, шахтних підйомниках тощо). Елементи будівлі, що попадають у розріз, виконують спрощено, міжповерхове перекриття показують лише двома лініями на рівнях підлоги і стелі, а більш детально конструкцію розкривають за допомогою виносних елементів або послідовним записом усіх складових частин (рис. 504). Контури будівлі, що потрапляють у січну площину, виконують лінією завтовшки 0,8-1 мм, елементи, що лежать за січною площиною, - лінією завтовшки 0,3 мм.

Потрібно звернути увагу на деякі особливості виконання розрізу даху. При поздовжньому розрізі умовно вважають, що січна площина проходить по гребеню даху, а при поперечному - по центральній частині будівлі.

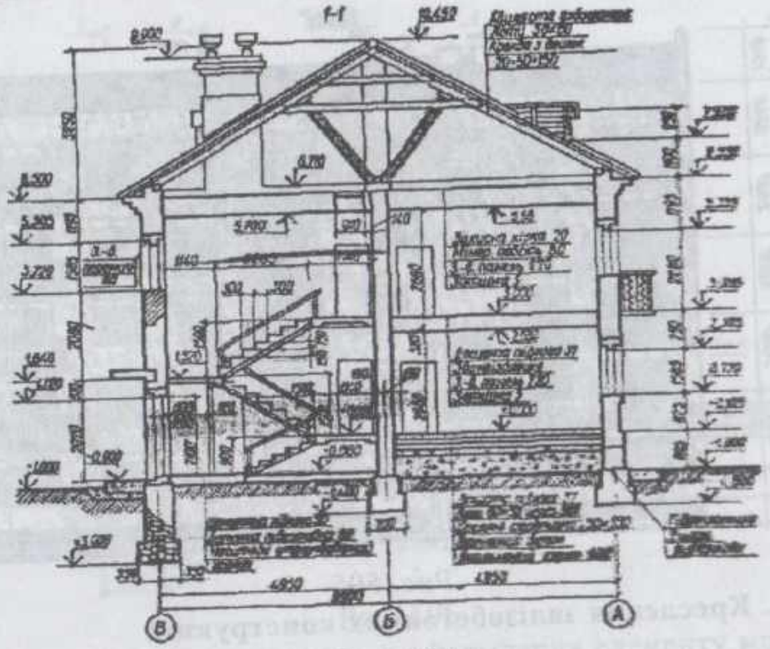


Рис. 504

На кресленнях розрізів проставляють такі розміри: відстані між координаційними осями; висоту приміщень; товщину стін, перегородок; висоту віконних і дверних прорізів; відмітки характерних рівнів - підлоги кожного поверху, сходових площадок, підошви фундаменту, гребеня даху та ін.

Фасади. Креслення фасаду дає уявлення про зовнішній вигляд будівлі (рис. 505). За цим кресленням можна уявити розміщення й форму окремих архітектурних елементів будівлі: вікон, дверей, балконів, колон тощо. На фасадах великоблокових і панельних будівель показують розміщення блоків і панелей з позначенням марок окремих елементів. Таке креслення називається *монтажним*. Вигляд будівлі спереду називається *головним фасадом*. Розміщують головний фасад над планом будівлі. Якщо потрібно, крім головного, виконують *дворовий фасад* і *бічні, торцеві фасади*. Креслення

фасаду обводять тонкими суцільними лініями завтовшки 0,2 - 0,4 мм. Збоку виносять позначення висот окремих елементів будівлі в метрах, беручи за нульову позначку підлогу першого поверху.

Головний фасад

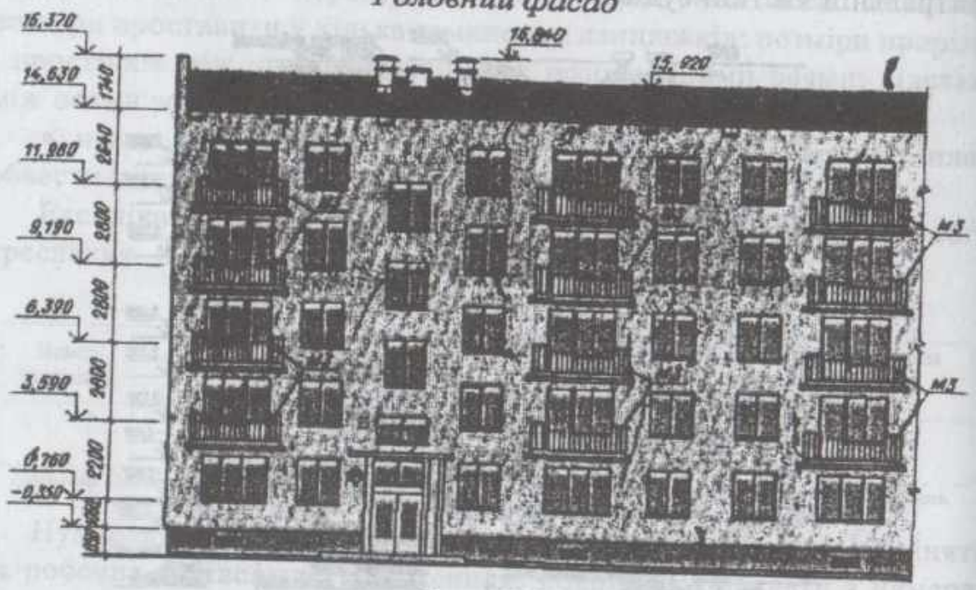


Рис. 505

26. 6. Креслення залізобетонних конструкцій

Кожна частина будівлі складається з окремих елементів, виготовлених з того або іншого матеріалу: залізобетонна, металева, з дерева або каміння.

Наразі перевага віддається конструкціям із залізобетону (ГОСТ 21.503-80). Залізобетонні конструкції, в свою чергу, поділяються на монолітні, ті, що бетонуються в опалубки, і збірні елементи заводського виготовлення.

Креслення залізобетонних конструкцій об'єднують у комплект креслень марки КЖ. Складальні креслення залізобетонних конструкцій складаються з виглядів, розрізів і схем армірування. Для нескладних елементів допускається схему армірування суміщувати з виглядами елементів.

Прив'язочні розміри зазначаються від торця стержня або від зовнішньої поверхні крюка (лапки) і від поздовжньої осі стержня.

Характер взаємного з'єднання арматурних виробів на кресленні не зазначається. При необхідності дають пояснюючий напис на полі креслення, а при складних з'єднаннях використовують виносні елементи, додаючи до основних зображень.

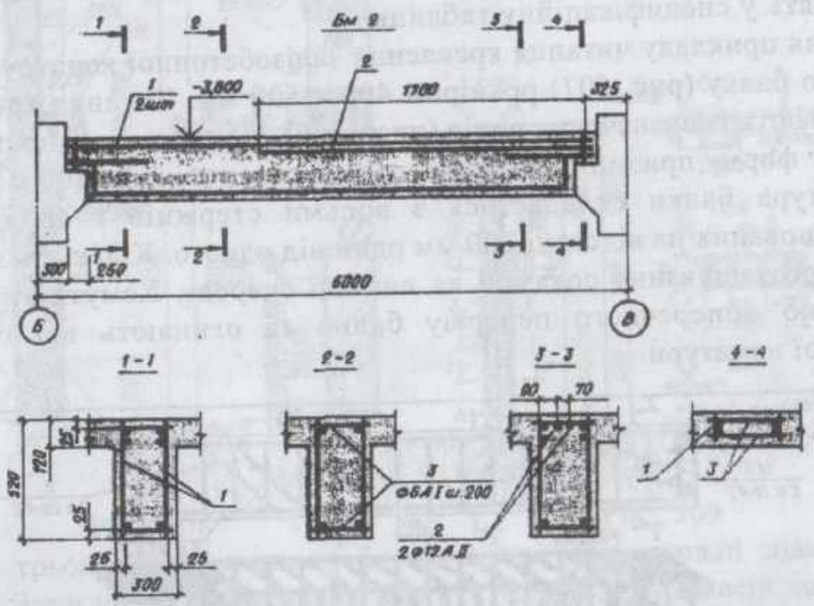


Рис. 506

На рис. 506 показано приклад оформлення елементу монолітної конструкції. На схемі армірування, як правило, зазначається скорочені виноски позицій стержнів, повні виноски (із зазначенням номера позиції, діаметра стержня, класу сталі і числа стержнів) зазначаються на розрізах до схеми. Для стержнів, що не попали в розріз, повну виноску зазначають на схемі армірування.

Креслення на одиночні стержні не виконують, а дані потрібні для їх виготовлення, зазначають у специфікації елементів конструкцій або у відомості стержнів. У відомості стержнів у графі "Ескіз або переріз" гнуті стержні й перерізи профільного металу зображуються без заокруглення кутів, до неї заносять всі креслення, що входять до складу даної конструкції, які мають різні розміри та різноманітну форму.

Робочу та розподільну апаратуру викреслюють в одну лінію, товщина якої залежить від масштабу креслення й береться - 0,4 ...1,5 мм.

Стержні арматури нумеруються, номери проставляються на поличках- виносках. Додаткові відомості розміщують під поличкою-виноскою: число стержнів, діаметр стержня в міліметрах та індекс, що вказує клас арматурної сталі. Крім того, кожен стержень заносять у специфікаційну таблицю.

Для прикладу читання креслення залізобетонної конструкції показано балку (рис. 507) розміром 400 х 500 мм. Читання креслення починають із визначення видів (проекцій). На розрізі видно, що балка має форму призми прямокутного перерізу розміром 400 х 500 мм. Арматура балки складається з восьми стержнів і 18 хомутів, розташованих на відстані 200 мм один від одного. Кількість хомутів та їх розташування показані на вигляді спереду. Хомути зігнуті за формою поперечного перерізу балки та огинають всі стержні робочої арматури.

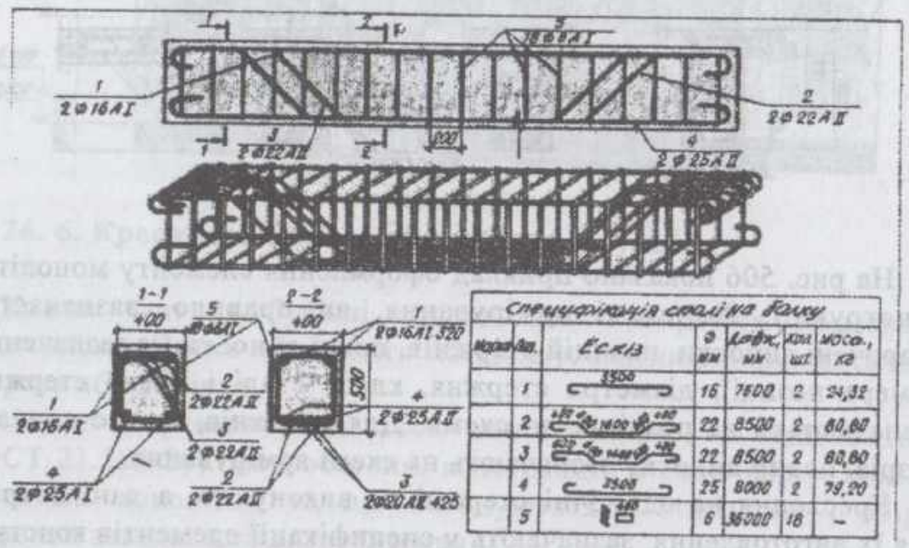


Рис. 507

На розрізі 1 - 1 видно, що зверху балка має шість стержнів, при цьому два крайніх діаметром 16 мм. На розрізі 2 - 2 зверху балка має два стержні діаметром 16 мм, а знизу - шість стержнів. Відповідно два стержні діаметром 16 мм покладені поздовж верхніх ребер балки по всій її довжині. Це прямолінійні стержні з кінцями, загнутими вниз у формі крючка.

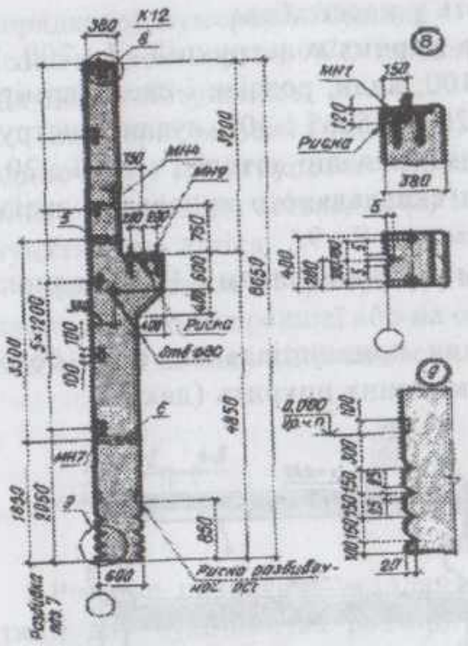


Рис. 508

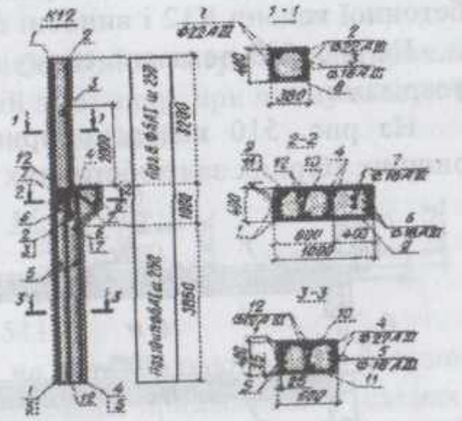


Рис. 509

На трьох розрізах внизу балки видно два стержні діаметром 25 мм. Вони покладені поздовж нижніх ребер балки по всій довжині. Кінці стержнів також загнуті у вигляді крючків.

На розрізі 2 - 2 два стержні діаметром 22 мм і два стержні діаметром 25 мм розташовані знизу балки. На розрізі 1 - 1 ті ж самі стержні розташовані зверху балки. Відповідно ці стержні мають вигини, форма яких показана на вигляді спереду. З того ж зображення видно, що довжина горизонтальних відрізків у стержнів діаметром 20 мм у нижній частині балки коротша, ніж у стержнів діаметром 22 мм. Форма арматури каркасу зрозуміла з аксонометричного зображення, а форма стержнів з графи "Ескіз" - у специфікації.

Наразі з бетону виготовляють блоки фундаментів і стін, будують гідротехнічні споруди, автомобільні дороги. Із залізобетону виготовляють панелі для стін, панелі перекриття, марші сходів тощо. Елементи будівель виготовляють безпосередньо на виробництві і готовими постачають на будівництво за допомогою кранів.

Як правило, всі бетоні вироби й залізобетоні конструкції розраховуються.

Креслення марок КЖ виконують у масштабах:

Схеми розташування елементів збірних конструкцій - 1 : 200, 1 : 500; фрагменти схем - 1 : 50, 1 : 100; види, розрізи і схеми армірування елементів конструкцій - 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, вузли конструкцій - 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50; арматурні і закладні деталі 1 : 10, 1 : 20.

На рис. 508 показано приклад складального креслення залізобетонної колони К12 і виносні елементи 8 і 9.

На рис. 509 показано схему армірування колони К12 із шкалою і розрізами.

На рис. 510 наведено приклади принципіальних схем безгорищних збірних залізобетонних суміщених покрить (дахів).

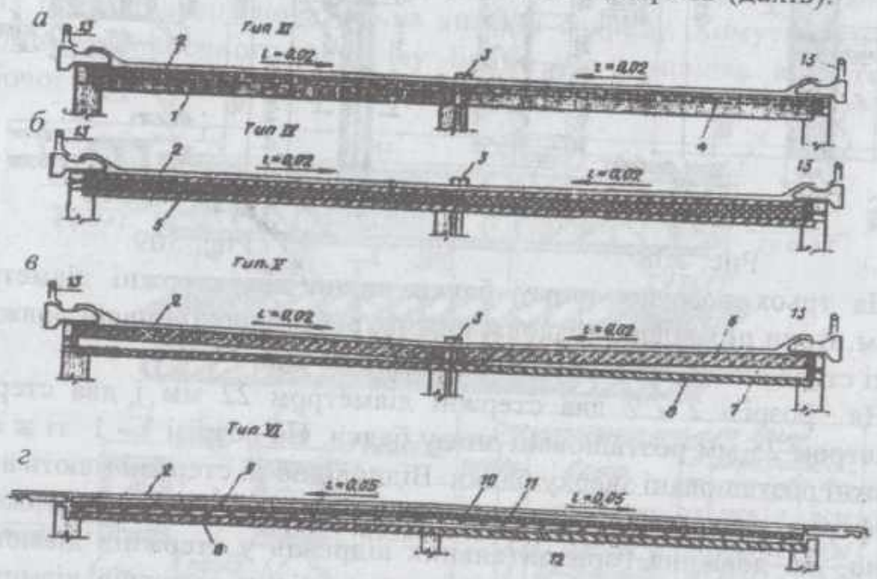


Рис. 510

26. 7. Креслення санітарно-технічних споруд

Умовні позначення на санітарно-технічних кресленнях

На кресленнях санітарно-технічних споруд прийнято всі трубопроводи та прибори санітарно-технічного та опалювального обладнання наносити схематично у вигляді умовних позначень.

Інженерні мережі (теплопровід, водопровід, газопостачання) позначають на кресленні суцільною основною лінією, в обривах якої проставляють марки, які складаються з буквених індексів і

порядкової нумерації. Силова і освітлювальна електрична мережа позначається маркою WO (загальне позначення), наступна нумерація вказує потужність.

Інженерні мережі (рис. 511), що прокладаються в траншеї, при одиночному *(а)* і груповому прокладанні *(б)* позначають штриховою лінією, мережі на естакадах *(в)* і в каналах, що не прохідні, - штрихпунктирною лінією.

Допускається зображувати однією лінією мережі, що прокладаються в одній траншеї або на одній лінії опор, при цьому вказують вид сіті на полках лінії-виноски (рис. 511, *а, б*).

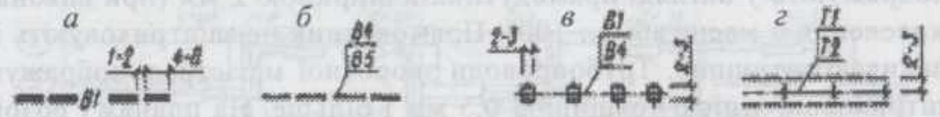


Рис. 511

Розміри позначень стандартом не встановлюються. У документації для будівництва розміри позначень приймають: у схемах і кресленнях санітарно-технічних споруд - залежно від компановки і насиченості схеми або креслення, без дотримання масштабу; у загальнобудівельних (архітектурних) кресленнях при необхідності зазначають розміщення і габарити санітарно-технічнічного обладнання - у масштабі креслення.

У документації для будівництва допускається:

- використовувати нестандартизовані позначення, якщо в стандартах ЄСКД відсутнє позначення будь-якого елемента санітарно-технічного устаткування і його не можна віднести до загального. У цьому випадку на полі схеми або креслення надається відповідне роз'яснення;
- супроводжувати умовні графічні позначення додатковими літерами, цифровими або мішаними позначеннями, при цьому уточнюючи технічну характеристику елемента, що позначається.

Зображення санітарно-технічного устаткування на планах і розрізах.

Опалення і вентиляція. На планах систем опалення, вентиляції і кондиціювання повітря умовно приймають розташування площини розрізу під перекриттям даного приміщення (поверху). Трубопро-

Креслення марок КЖ виконують у масштабах:

Схеми розташування елементів збірних конструкцій - 1 : 200, 1 : 500; фрагменти схем - 1 : 50, 1 : 100; види, розрізи і схеми армірування елементів конструкцій - 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, вузли конструкцій - 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50; арматурні і закладні деталі 1 : 10, 1 : 20.

На рис. 508 показано приклад складального креслення залізобетонної колони К12 і виносні елементи 8 і 9.

На рис. 509 показано схему армірування колони К12 із шкалою і розрізами.

На рис. 510 наведено приклади принципіальних схем безгорищних збірних залізобетонних суміщених покрить (дахів).

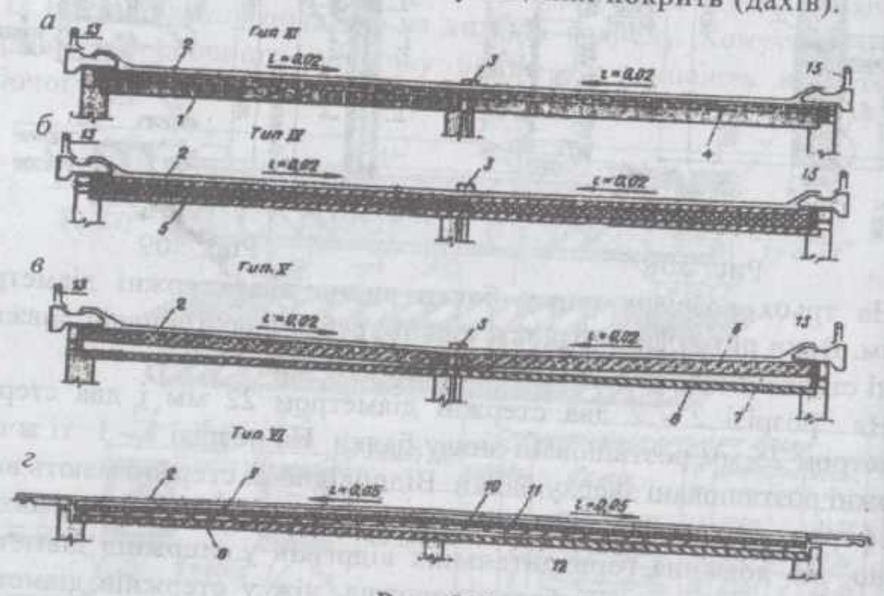


Рис. 510

26. 7. Креслення санітарно-технічних споруд

Умовні позначення на санітарно-технічних кресленнях

На кресленнях санітарно-технічних споруд прийнято всі трубопроводи та прибори санітарно-технічного та опалювального обладнання наносити схематично у вигляді умовних позначень.

Інженерні мережі (теплопровід, водопровід, газопостачання) позначають на кресленні суцільною основною лінією, в обривах якої проставляють марки, які складаються з буквених індексів і

порядкової нумерації. Силова і освітлювальна електрична мережа позначається маркою WO (загальне позначення), наступна нумерація вказує потужність.

Інженерні мережі (рис. 511), що прокладаються в траншеї, при одиночному *(а)* і груповому прокладанні *(б)* позначають штриховою лінією, мережі на естакадах *(в)* і в каналах, що не прохідні, - штрихпунктирною лінією.

Допускається зображувати однією лінією мережі, що прокладаються в одній траншеї або на одній лінії опор, при цьому вказують вид сіті на полках лінії-виноски (рис. 511, *а, б*).

Рис. 511

Розміри позначень стандартом не встановлюються. У документації для будівництва розміри позначень приймають: у схемах і кресленнях санітарно-технічних споруд - залежно від компановки і насиченості схеми або креслення, без дотримання масштабу; у загальнобудівельних (архітектурних) кресленнях при необхідності зазначають розміщення і габарити санітарно-технічнічного обладнання - у масштабі креслення.

У документації для будівництва допускається:

- використовувати нестандартизовані позначення, якщо в стандартах ЄСКД відсутнє позначення будь-якого елемента санітарно-технічного устаткування і його не можна віднести до загального. У цьому випадку на полі схеми або креслення надається відповідне роз'яснення;
- супроводжувати умовні графічні позначення додатковими літерами, цифровими або мішаними позначеннями, при цьому уточнюючи технічну характеристику елемента, що позначається.

Зображення санітарно-технічного устаткування на планах і розрізах.

Опалення і вентиляція. На планах систем опалення, вентиляції і кондиціювання повітря умовно приймають розташування площини розрізу під перекриттям даного приміщення (поверху). Трубопро-

води, що розташовані одні над одними, умовно показують паралельними лініями.

Плани і розрізи систем опалення, що начинені трубопроводами і обладнанням, допускається оформляти окремо, Якщо в будівлі є центральне опалення, то додатково до поверхових планів викреслюють плани горища та підвального приміщень і наносять систему опалення.

Стояки на планах (вертикально розташовані труби) зображують у вигляді точок. Горизонтальні трубопроводи гарячих магістралей проводять суцільними основними лініями. Опалювальні пристрої зображують у вигляді прямокутників шириною 2 мм (при виконанні креслення в масштабі 1 : 100). Прямокутник не заштриховують і не заливають тушшю. Трубопроводи зворотної магістралі зображують штриховою лінією товщиною 0,5 мм і більше. На планах і розрізах крім елементів систем показують будівельні конструкції і технологічне обладнання.

На планах, розрізах і вузлах показують: координаційні вісі будівлі (споруди) і основні будівельні розміри; відмітки підлоги поверхів і основних площадок; прив'язки опалювально-вентиляційного устаткування до координаційних осей або конструкцій будівлі (споруди); діаметри (перерізу) повітропроводів їх прив'язку до координаційних осей будівлі; кількість секцій радіаторів або марок опалювальних приладів, кількість і довжину ребристих труб; умовний прохід для водогазопровідних труб, зовнішній діаметр і товщину стінок - для інших труб; позначення стояків опалення, теплопостачання; місця розташування і марки або розміри вентиляційних решіток; відмітки трубопроводів (на розрізах) або вказівки про їх розташування.

На розрізах, крім того, наносять відмітки рівня осей трубопроводів та круглих повітропроводів, низу прямокутних повітропроводів, опорних конструкцій опалювально-вентиляційного і витяжного устаткування.

На рис. 512 показано приклад оформлення плану житлового будинку з опаленням.

При оформленні таких планів будівель для двох і більше розрахункових температур зовнішнього повітря і двох або більше

поверхів, номер поверху, розрахункову температуру зовнішнього повітря, дані про нагрівачі, показаних на плані, приводять в таблиці.

Схеми для кожної системи опалення, теплопостачання, вентиляції і кондиціювання повітря виконують окремо в аксонометричній проекції. Місця обриву трубопроводів позначають малими літерами. Елементи систем і устаткування на схемах показують умовними графічними позначеннями. Стояки на планах і в аксонометричних проекціях нумерують арабськими цифрами. Номери зазначають на поличці-виноски.

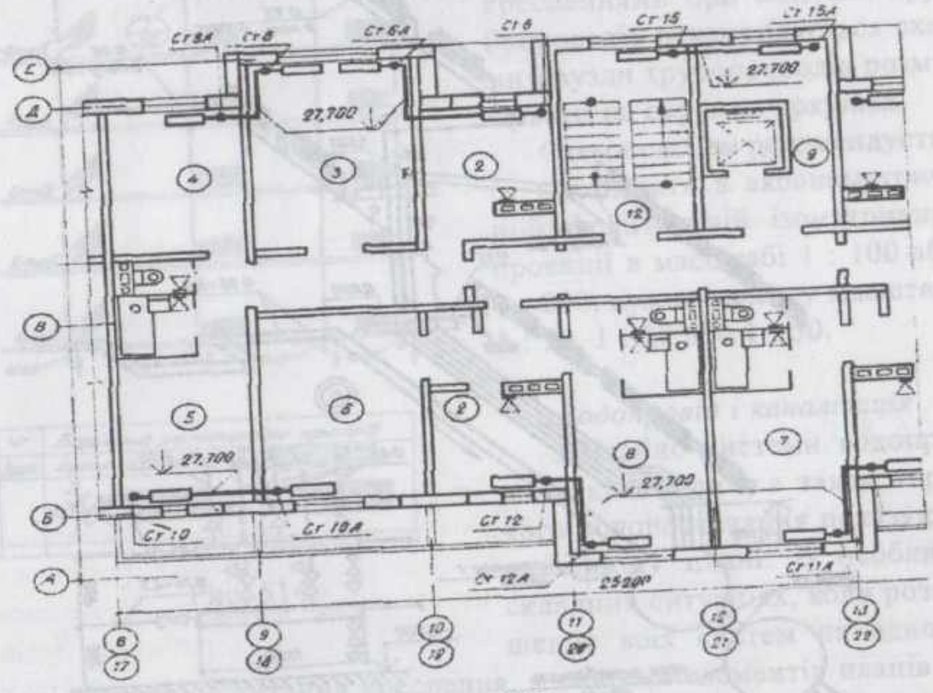


Рис. 512

На схемах систем опалення (рис. 513) і теплопостачання опалювально-вентиляційних систем показують: нагрівачі із вказівкою кількості секцій або довжини агрегату і калорифера (в метрах); трубопроводи, стояки і підводки до приладів із зазначенням діаметрів і відміток, номерів стояків і їх прив'язні розміри; відмітки рівня осей та ухили трубопроводів; запірно-регулювальну апаратуру (вентилі,

крани тощо); контрольно-вимірювальні прилади (за відсутністю проекта автоматизації систем) та інші елементи систем.

При потребі зазначають нерухомі опори, компенсатори і нетипові кріплення. Схеми систем опалення і теплопостачання супроводжуються схемами вузлів управління, системою опалення і схемами вузлів обв'язки повітронагрівачів, повітряохолоджувачів тощо.

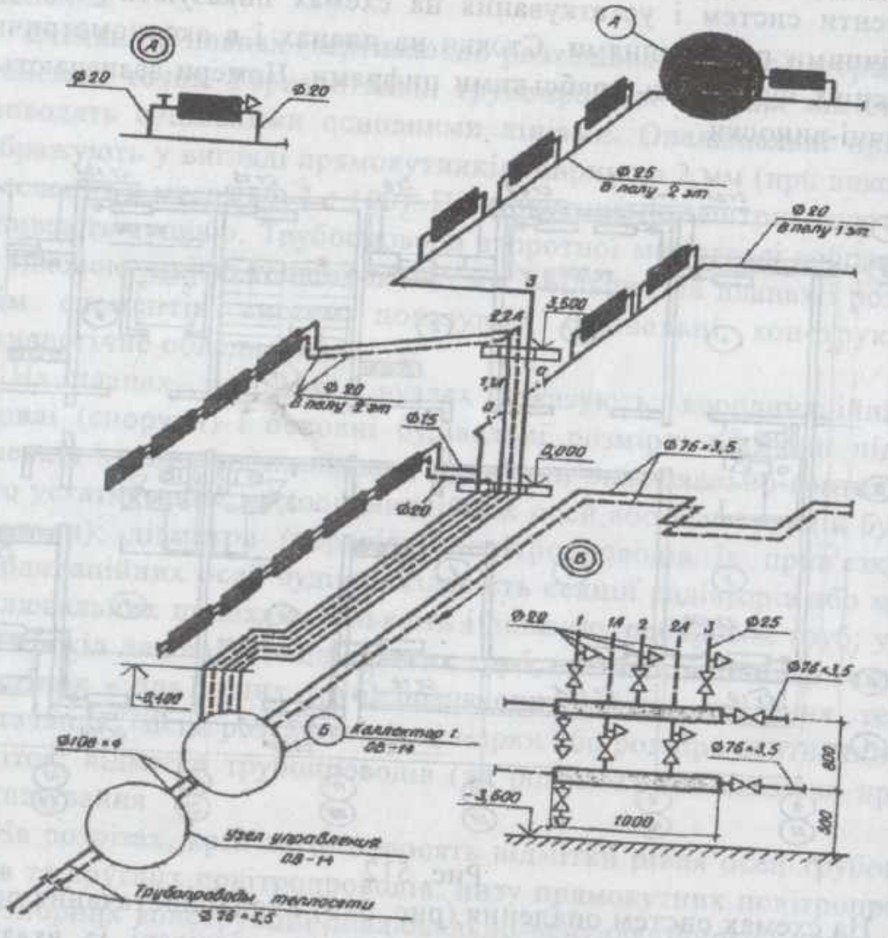
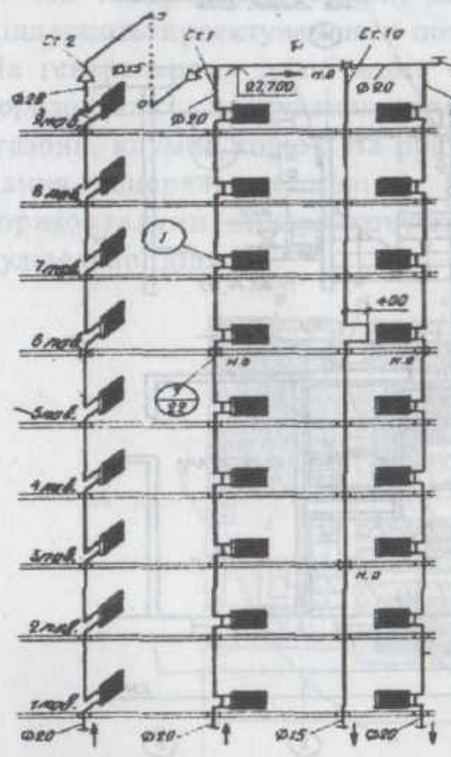


Рис. 513

На схемах стояків зазначають (рис. 514): позначення і діаметр стояків; прилади опалення; арматуру і переходи; рівні перекриття, відмітки або номери поверхів (для малоповерхових будинків допускається не проводити).



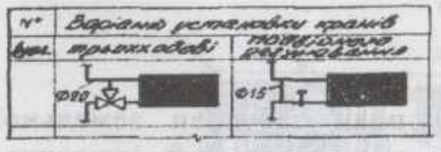


Рис. 514

Всю арматуру і обладнання на схемах зображують умовними позначеннями. Так як ухил горизонтального трубопроводу в системі опалення незначний (i = 0,003 ... 0,005), то практично на кресленні він непомітний. Наявність ухилу показується стрілкою і цифрою.

Для зручності користування кресленнями при монтажі трубопроводів рекомендується схеми і вузли трубопроводів розміщувати на окремих аркушах.

Схеми систем рекомендується виконувати в аксонометричній фронтальній ізометричній проекції в масштабі 1 : 100 або 1 : 200, вузли схем - у масштабі 1 : 10, 1 : 20 або 1 : 50.

Водопровід і каналізація

Звичайно системи водопроводу, каналізації, а також гарячого водопостачання показують на одному плані. В особливо складних ситуаціях, коли розміщення всіх систем на одному плані затруднює читання креслення, а виноска елементів планів не облегшує користування ними, допускається плани систем водопроводу виконувати окремо від планів систем каналізації. Елементи планів ділянок будівлі, які сильно насичені водопровідно-каналізіційним обладнанням і трубопроводами, можуть бути виконані в більшому масштабі.

На рис. 515 показано приклад оформлення плану водопроводу, каналізації та газопроводу разом.

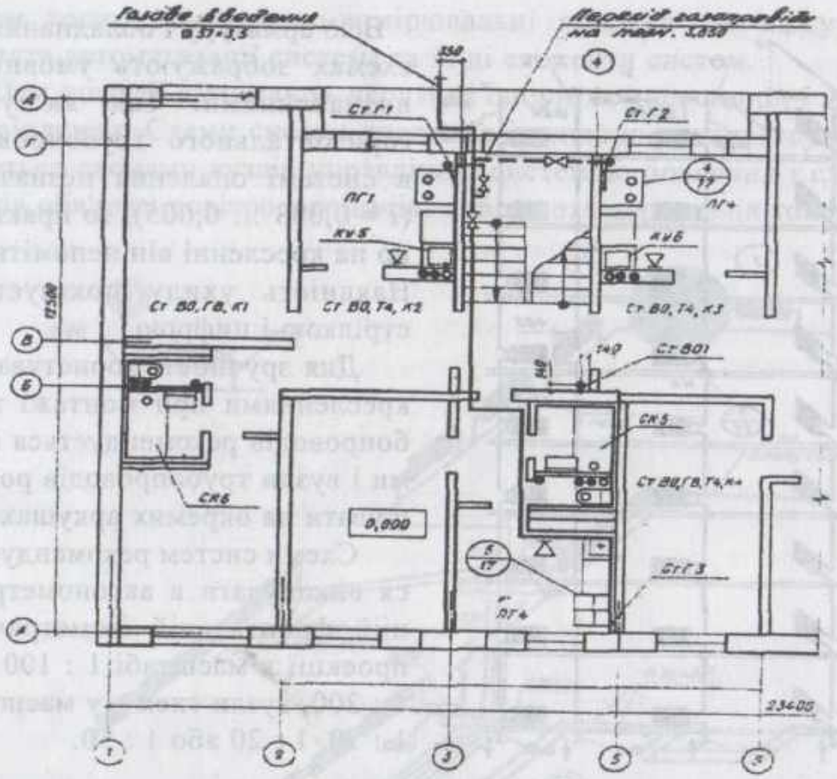


Рис. 515

26. 8. Генеральний план

Генеральним планом називають план забудови земельної ділянки, на якому показують взаємне розташування існуючих, запроектованих і реконструйованих споруд та будівель. Крім того, на генеральному плані показують межі ділянки, усі допоміжні будівлі і споруди, зелені насадження, залізничну колію, автомобільні дороги тощо. Якщо потрібно, на генеральному плані наносять наземну і підземну сітки електропроводів, трубопроводів і каналізації, телефоні і телеграфні лінії та ін. Звичайно, генеральний план розміщують на кресленні так, щоб лінія "південь - північ" була напрямлена знизу вгору, тобто йшла паралельно бічному краю аркуша. В інших випадках напрямок меридіана показують стрілкою, напрямленою на північ.

На генеральному плані наносять існуючі будівлі і ті, що підлягають проектуванню з позначенням межі відведеної ділянки. На генеральному плані може бути показано рельєф місцевості в горизонталях, планування зелених масивів і окремих насаджень (газони, клумби тощо). На рис. 516, *а, б* показано приклади виконання генеральних планів. Генеральний план із нанесеними горизонталями використовують при вертикальному плануванні будівельної ділянки.

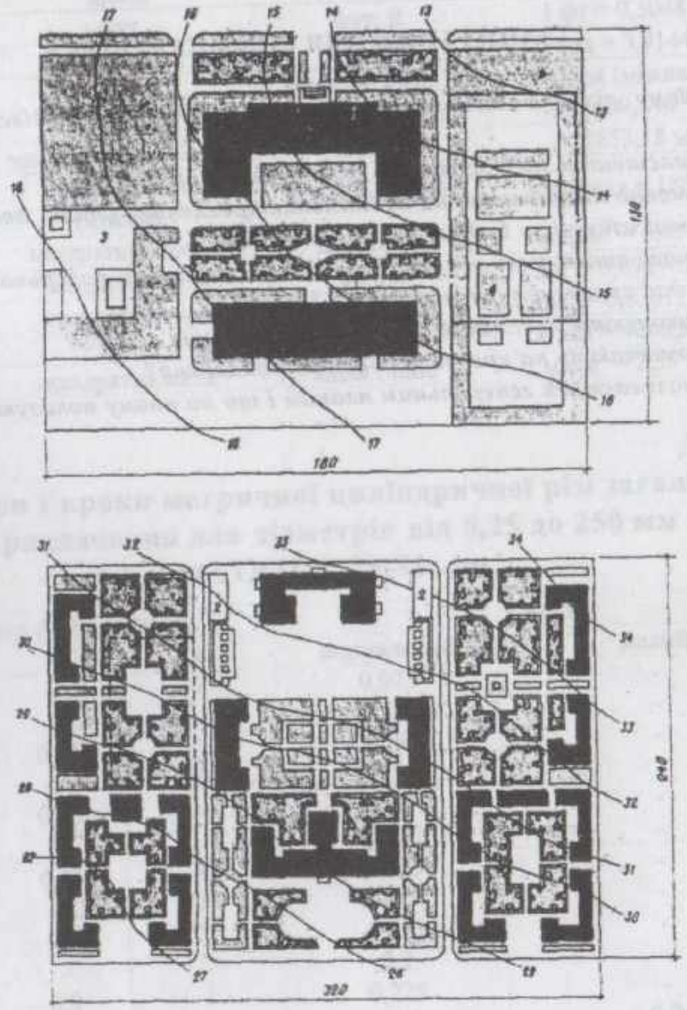


Рис. 516

Генеральні плани креслять у масштабі 1 : 100, 1 : 1000, 1 : 2000 та ін. Умовні позначення зображуваних об'єктів показують на плані в прийнятому масштабі.

Розмірів на генеральному плані ставлять дуже мало, звичайно проставляють розміри земельної ділянки, ширину проїздів, майданчиків спеціального призначення тощо. До генерального плану додають експлікацію, на якій записують назви всіх елементів, зображених на плані.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У чому різниця між інженерно- і архітектурно-будівельними кресленнями?
2. Які масштаби застосовують для будівельних креслень?
3. Як умовно позначають на будівельних кресленнях стіни, двері, вікна?
4. Основні елементи будівлі та їх призначення.
5. Для чого виконують розрізи будівлі і які елементи розкриває розріз?
6. Що дає креслення фасаду будівлі?
7. Як виконують креслення санітарно-технічних споруд?
8. Як позначають на кресленнях стояки опалення?
9. Що називається генеральним планом і що на ньому показують?

ДОДАТКИ

Додаток 1

Деякі неметричні одиниці, що використовуються у Великій Британії та США

Назва	Одиниці	Позначення укр., міжнар.	Значення в одиницях СІ. Примітка
Довжина	дюйм	дюйм; in	1 k.qv = 0,0254*) v
	фут	фут; ft	1 фт = 0,3048*) м
	ярд	ярд; yd	1 ярд = 0,9144*) м
	миля (статутна)	миля (міжнар.); mile (st. mi, mi)	1 миля (міжнар.) = = 1609,344*) м
	миля морська (Брит.)	n. mile	1853,18 м
	морська миля (міжнар.)	м. миля; n. mile	1 м. миля = 1852*) м^2
Площа	квадратний дюйм	Дюйм^2; in^2	1 дюйм^2 = 6,4516*) м^2
	квадратний фут	фт^2; ft^2	1 фт^2 = 0,09290304*) м^2
	квадратний ярд	ярд^2; yd^2	1 ярд^2 = 0,83612736*) м^2
	акр	акр; acre	1 акр = 4046,856 м^2
	квадратна миля	миля^2; mile^2	1 миля^2 = 2,59 · 10^6 м^2

Додаток 2

Діаметри і кроки метричної циліндричної різі загального призначення для діаметрів від 0,25 до 250 мм за ГОСТ 8724-81, мм

Діаметр d різі для ряду			Крок P	
1	2	3	нормальний	малий
0,25	-	-	0,075	-
0,3	-	-	0,08	-
-	0,35	-	0,09	-
0,4	-	-	0,1	-
-	0,45	-	0,1	-
0,5	-	-	0,125	-
-	0,55	-	0,125	-
0,6	-	-	0,15	-
-	0,7	-	0,175	-
0,8	-	-	0,2	-
-	0,9	-	0,225	-
1	-	-	0,25	0,2

Продовження дод.2

Діаметр d різі для ряду			Крок P	
1	2	3	нормальний	малий
-	1,1	-	0,25	0,2
1,2	-	-	0,25	0,2
-	1,4	-	0,30	0,2
1,6	-	-	0,35	0,2
-	1,8	-	0,35	0,2
2	-	-	0,40	0,25
-	2,2	-	0,45	0,25
2,5	-	-	0,45	0,35
3	-	-	0,50	0,35
-	3,5	-	(0,60)	0,35
4	-	-	0,70	0,5
-	4,5	-	(0,75)	0,5
5	-	-	0,80	0,5
-	-	(5,5)	-	0,5
6	-	-	1	0,75; 0,5
-	-	7	1	0,75; 0,5
8	-	-	1,25	1; 0,75; 0,5
-	-	9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
10	-	-	1,5	1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	11	(1,5)	1; 0,75; 0,5
12	-	-	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	14	-	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
-	-	15	-	1,5; (1)
16	-	-	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
-	-	17	-	1,5; (1)
-	18	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
20	-	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
-	22	-	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	-	-	3	2; 1,5; (1)
-	-	25	-	2; 1,5; (1)
-	-	(26)	-	1,5
-	27	-	3	2; 1,5; 1; 0,75
-	-	(28)	-	2; 1,5; 1
30	-	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	(32)	-	2; 1,5
-	33	-	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
-	-	35	-	1,5
36	-	-	4	3; 2; 1,5; 1
-	-	(38)	-	1,5
-	39	-	4	3; 2; 1,5; 1
-	-	40	-	(3); (2); 1,5
42	-	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	45	-	4,5	(4); 3; 2; 1,5; 1
48	-	-	5	(4); 3; 2; 1,5; 1

Продовження дод.2

Діаметр d різі для ряду			Крок P	
1	2	3	нормальний	малий
-	-	50	-	(3); (2); 1,5
-	52	-	5	(4); 3; 2; 1,5; 1
-	-	55	-	(4); (3); 2; 1,5
56	-	-	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	58	-	(4); (3); 2; 1,5
-	60	-	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	62	-	(4); (3); 2; 1,5
64	-	-	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	65	-	(4); (3); 2; 1,5
-	68	-	6	4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	70	-	(6); (4); (3); 2; 1,5
72	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	75	-	(4); (3); 2; 1,5
-	76	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	(78)	-	2
80	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5; 1
-	-	(82)	-	2
-	85	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
90	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	95	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
100	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	105	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
110	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	115	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	120	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
125	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	130	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	135	-	6; 4; 3; 2; 1,5
140	-	-	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	-	145	-	6; 4; 3; 2; 1,5
-	150	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	155	-	6; 4; 3; 2
160	-	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	165	-	6; 4; 3; 2
-	170	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	175	-	6; 4; 3; 2
180	-	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	185	-	6; 4; 3; 2
-	190	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	195	-	

Продовження дод. 2

Діаметр d різі для ряду 1	2	3	Крок P нормальний	малий
200	-	-	-	6; 4; 3; 2
-	-	205	-	6; 4; 3
-	210	-	-	6; 4; 3
-	-	215	-	6; 4; 3
220	-	-	-	6; 4; 3
-	-	225	-	6; 4; 3
-	-	230	-	6; 4; 3
-	-	235	-	6; 4; 3
-	240	-	-	6; 4; 3
-	-	245	-	6; 4; 3
250	-	-	-	6; 4; 3

Примітка. 1. Різь М14х1,25 застосовують тільки для свічок запалювання двигунів.

2. Під час вибору діаметра різей треба надавати перевагу ряду 1, потім ряду 2 і, нарешті, ряду 3.

3. Діаметрів і кроків різей, розташованих у дужках, слід уникати.

Додаток 3

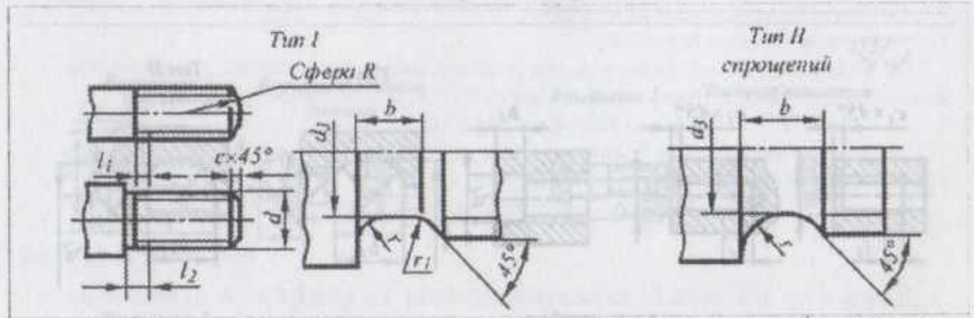
Основні розміри трубної циліндричної різі

Позначення розміру різі, d, дюйми ряд 1	ряд 2	Кількість кроків на довжині 25,4 мм й	Крок P, мм	Зовнішній діаметр, d, мм	Позначення розміру різі, d, дюйми ряд 1	ряд 2	Кількість кроків на довжині 25,4 мм й	Крок P, мм	Зовнішній діаметр, d, мм
1/16	-	28	0,907	7,723	2	-	11	2,309	59,614
1/8	-			9,728	-	$2^1/_4$			65,710
1/4	-	19	1,337	13,157	$2^1/_2$	-			75,184
3/8	-			16,662	-	$2^3/_4$			81,534
1/2	-	14	1,814	20,955	3	-			87,884
-	5/8			22,911	-	$3^1/_4$			93,980
3/4	-			26,441	$3^1/_2$	-			100,330
-	7/8			30,201	-	$3^3/_4$			106,680
1	-	11	2,309	33,249	4	-			113,030
-	$1^1/_8$			37,897	-	$4^1/_2$			125,730
$1^1/_4$	-			41,910	5	-			138,430
-	$1^3/_8$			44,323	-	$5^1/_2$			151,130
$1^1/_2$	-			47,803	6	-			163,830
-	$1^3/_4$			53,746					

Примітка. Перший ряд розмірів має перевагу перед другим.

Додаток 4

Розміри збігів, недорізів, проточок і фасок для зовнішньої метричної різі, мм



Крок різі	Збіг l_{1max} для кута забірної частини інструмента 20^0	30^0	45^0	Недоріз l_{2max} нормальний	зменшений	Проточка типу I нормальна b	r	вузька r_1	b	r	r_1	Проточка типу II b	r	D_1	Фаска c для спряження з внутрішньою різзю з проточкою типу II	для всіх інших випадків
0,35	0,6	0,4	0,3	0,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	d-0,6	-	0,3
0,4	0,7	0,5	0,3	1,0	0,8	1,0	0,3	0,2	-	-	-	-	-	d-0,6	-	0,3
0,45	0,8	0,5	0,3	1,0	0,8	1,0	0,3	0,2	-	-	-	-	-	d-0,7	-	0,3
0,5	1,0	0,6	0,4	1,6	1,0	1,6	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2	-	-	d-0,8	-	0,5
0,6	1,2	0,7	0,4	1,6	1,0	1,6	0,5	0,3	1,0	0,3	0,2	-	-	d-0,9	-	0,5
0,7	1,3	0,8	0,5	2,0	1,6	2,0	0,5	0,3	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,0	-	0,5
0,75	1,5	0,8	0,5	2,0	1,6	2,0	0,5	0,3	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,2	-	1,0
0,8	1,5	0,9	0,6	3,0	1,6	3,0	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3	-	-	d-1,2	-	1,0
1	1,8	1,2	0,7	3,0	2,0	3,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	d-1,5	2,0	1,0
1,25	2,2	1,5	0,9	4,0	2,5	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	4,4	2,5	d-1,8	2,5	1,6
1,5	2,8	1,8	1,0	4,0	2,5	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	4,6	2,5	d-2,2	3,0	1,6
1,75	3,2	2,0	1,2	4,0	2,5	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	5,4	3,0	d-2,5	3,5	1,6
2	3,5	2,2	1,4	5,0	3,0	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	5,6	3,0	d-3,0	3,5	2,0
2,5	4,5	3,0	1,6	6,0	4,0	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	7,3	4,0	d-3,5	5,0	2,5
3	5,2	3,5	2,0	6,0	4,0	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	7,6	4,0	d-4,5	6,5	2,5
3,5	6,3	4,0	2,2	8,0	5,0	8,0	2,0	1,5	5,0	1,5	0,5	10,2	5,5	d-5,0	7,5	2,5
4	7,1	4,5	2,5	8,0	5,0	8,0	2,0	1,0	5,0	1,5	0,5	10,3	5,5	d-6,0	8,0	3,0
4,5	8,0	5,0	3,0	10,0	6,0	10,0	3,0	1,0	6,0	1,5	1,0	12,9	7,0	d-6,5	9,5	3,0
5	9,0	5,5	3,2	10,0	6,0	10,0	3,0	1,0	6,0	1,5	1,0	13,1	7,0	d-7,0	10,5	4,0
5,5	10,0	6,0	3,5	12,0	8,0	12,0	3,0	1,0	8,0	2,0	1,0	15,0	8,0	d-8,0	10,5	4,0
6	11,0	6,0	4,0	12,0	8,0	12,0	3,0	1,0	8,0	2,0	1,0	16,0	8,5	d-9,0	10,5	4,0

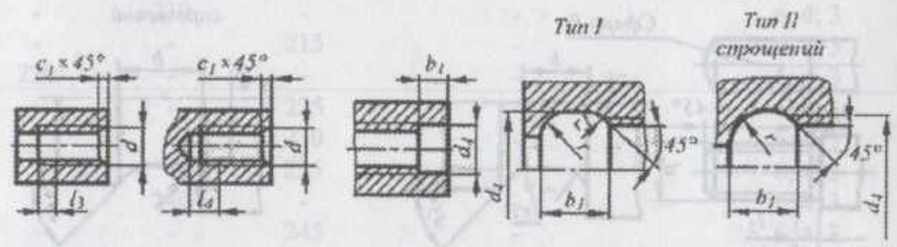
Примітка. 1. Для нарізання зовнішньої різі на прохід рекомендується застосовувати різенарізний інструмент з кутом забірної частини 20^0; для нарізання різі до упору із зменшеного недорізу і вузької проточки – з кутом забірної частини 45^0.

2. Розмір недорізу дорівнює сумі розмірів збігу і недоводу.

3. Радіус сфери *R* дорівнює номінальному діаметру різі.

Додаток 5

Розміри збігів, недорізів, проточок і фасок для внутрішньої метричної різі, мм

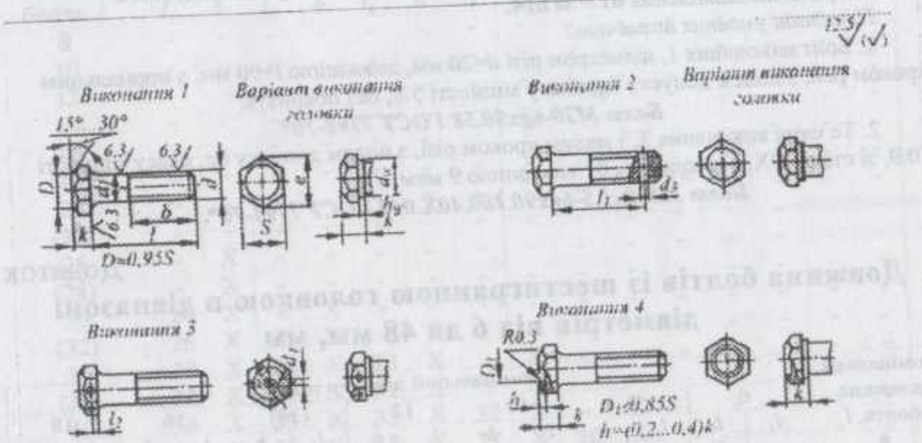


Крок різі	Збіг l_{1max}		Недоріз l_{2max}		Проточка типу I нормальна			Проточка типу I вузька			Проточка типу II			Фаска c	
	нормальний	зменшений	нормальний	зменшений	b	r	r_1	b	r	r_1	b	r	D_3	для спряження з внутрішньою різзю з проточкою типу II	для всіх інших випадків
0,35	0,8	0,5	2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
0,4	0,9	0,6	2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
0,45	1,1	0,7	2	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
0,5	1,2	0,8	3,5	3	2,0*	0,5	0,3	1,0*	0,3	0,2	-	-	d+0,3	-	0,5
0,6	1,5	1,0	3,5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
0,7	1,8	1,2	3,5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
0,75	1,9	1,3	4	3,2	3,0*	1,0	0,5	1,6*	0,5	0,3	-	-	d+0,4	-	1,0
0,8	2,1	1,4	4	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0
1	2,7	1,8	5	3,8	4,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	d+0,5	2,0	1,0
1,25	3,3	2,2	5	3,8	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	4,5	2,5	d+0,5	2,5	1,6
1,5	4,0	2,7	6,0	4,5	6,0	1,6	1,0	3,0	1,0	0,5	5,4	3,0	d+0,7	2,5	1,6
1,75	4,7	3,2	7,0	5,2	7,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	6,2	3,5	d+0,7	3,0	1,6
2	5,5	3,7	8,0	6,0	8,0	2,0	1,0	4,0	1,0	0,5	6,5	3,5	d+1,0	3,0	2,0
2,5	7,0	4,7	10,0	7,5	10	3,0	1,0	5,0	1,6	0,5	8,9	5,0	d+1,0	4,0	2,5
3	-	5,7	-	9,0	10	3,0	1,0	6,0	1,6	1,0	11,4	6,5	d+1,2	4,0	2,5
3,5	-	6,6	-	10,5	10	3,0	1,0	7,0	1,6	1,0	13,1	7,5	d+1,2	5,5	2,5
4	-	7,0	-	12,5	12	3,0	1,0	8,0	2	1,0	14,3	8,0	d+1,5	5,5	3,0
4,5	-	8,5	-	14,0	14	3,0	1,0	10	3,0	1,0	16,6	9,5	d+1,5	7,0	3,0
5	-	9,5	-	16,0	16	3,0	1,0	10	3,0	1,0	18,4	10,5	d+1,8	7,0	4,0
5,5	-	-	-	-	16	3,0	1,0	12	3,0	1,0	18,7	10,5	d+1,8	8,0	4,0
6	-	-	-	-	16	3,0	1,0	12	3,0	1,0	18,9	10,5	d+2,0	8,5	4,0

* Ширина проточок дана для діаметрів 6 мм і більше.

Додаток 6

Болти з шестигранною головкою класу точності В за ГОСТ 7798-70*, мм



Номінальний діаметр різі d	Крок різі: нормальний	Крок різі: малий	d_1	S	K	h_w: не менше	h_w: не більше	d_w, не менше	e, не менше	D_3	d_4	d_2
6	1	-	6,0	10	4			8,7	10,9	1,6	2,0	2,0
8	1,25	1,0	8,0	13	5,3			11,5	14,2	2,0	2,5	2,8
10	1,5	1,25	10	17	6,7	0,15	0,6	15,5	18,7	2,5	3,2	3,5
12	1,75	1,25	12	19	7,5			17,2	20,9	3,2	3,2	4
(14)	2	1,5	14	22	8,8			20,1	24,0	3,2	3,2	4,5
16	2	1,5	16	24	10			22,0	26,7	4,0	4,0	5
(18)	2,5	1,5	18	27	12			24,8	29,6	4,0	4,0	6,0
20	2,5	1,5	20	30	12,5			27,7	33,0	4,0	4,0	6,5
(22)	2,5	1,5	22	32	14	0,20		29,5	35,0	5,0	4,0	7,0
24	3	2	24	36	15		0,8	33,2	39,6	5,0	4,0	7,5
(27)	3	2	27	41	17			38,0	45,2	5,0	4,0	8,5
30	3,5	2	30	46	18,7			42,7	50,9	6,3	4,0	9,5
36	4	3	36	55	22,5			51,1	60,8	6,3	5,0	11,5
42	4,5	3	42	65	26	0,25		59,9	71,3	8,0	5,0	13,0
48	5	3	48	75	30			69,4	82,6	8,0	5,0	15,0

Примітка. 1. Розміри l, l_1, b подано в дод. 9.

2. Зазначені в дужках діаметри болтів застосовувати не рекомендується.

3. Граничні відхилення d1 – за h14.

Приклади умовних позначень:

1. Болт виконання 1, діаметром різі d=20 мм, довжиною l=90 мм, з нормальним кроком різі, з полем допуску 6*g*, класу міцності 5.8, без покриття:

Болт М20-6gх90.58 ГОСТ 7798-70*

2. Те саме виконання 3, з малим кроком різі, з полем допуску 6*g*, класу міцності 10.9, зі сталі 40Х, з покриттям 01 товщиною 9 мкм

Болт 3М20х1,5-6gх90.109.40Х.019 ГОСТ 7798-70*.

Додаток 7

Довжина болтів із шестигранною головкою в діапазоні діаметрів від 6 до 48 мм, мм

Номінальна довжина болта, l	Номінальний діаметр різі, d													
	6		8		10		12		(14)		16		18	
	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	B
8	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
14	10	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-
16	12	X	12	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-
(18)	14	X	14	X	14	X	-	X	-	X	-	X	-	-
20	16	X	16	X	16	X	15	X	-	X	-	X	-	X
(22)	18	18	18	X	18	X	17	X	17	X	-	X	-	X
25	21	18	21	X	21	X	20	X	20	X	19	X	-	X
(28)	24	18	24	22	24	X	23	X	23	X	22	X	22	X
30	26	18	26	22	26	X	25	X	25	X	24	X	24	X
(32)	28	18	28	22	28	26	27	X	27	X	26	X	26	X
35	31	18	31	22	31	26	30	30	30	X	29	X	29	X
(38)	34	18	34	22	34	26	33	30	33	X	32	X	32	X
40	36	18	36	22	36	26	35	30	35	34	34	X	34	X
45	41	18	41	22	41	26	40	30	40	34	39	38	39	X
50	46	18	46	22	46	26	45	30	45	34	44	38	44	42
55	51	18	51	22	51	26	50	30	50	34	49	38	49	42
60	56	18	56	22	56	26	55	30	55	34	54	38	54	42
65	61	18	61	22	61	26	60	30	60	34	59	38	59	42
70	66	18	66	22	66	26	65	30	65	34	64	38	64	42
75	71	18	71	22	71	26	70	30	70	34	69	38	69	42
80	76	18	76	22	76	26	75	30	75	34	74	38	74	42
(85)	81	18	81	22	81	26	80	30	80	34	79	38	79	42
90	86	18	86	22	86	26	85	30	85	34	84	38	84	42
(95)	-	-	91	22	91	26	90	30	90	34	89	38	89	42
100	-	-	96	22	96	26	95	30	95	34	94	38	94	42
(105)	-	-	-	-	101	26	100	30	100	34	99	38	99	42
110	-	-	-	-	106	26	105	30	105	34	104	38	104	42
(115)	-	-	-	-	111	26	110	30	110	34	109	38	109	42
120	-	-	-	-	116	26	115	30	115	34	114	38	114	42

Номінальна довжина болта, l	Номінальний діаметр різі, d															
	20		(22)		24		(27)		30		36		42		48	
	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	l_1	b	L_1	b	l_1	B
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(28)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	24	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(32)	26	X	25	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	29	X	28	X	28	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
(38)	32	X	31	X	31	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
40	34	X	33	X	33	X	32	X	-	X	-	-	-	-	-	-
45	39	X	38	X	38	X	37	X	36	X	-	-	-	-	-	-
50	44	X	43	X	43	X	42	X	41	X	40	X	-	-	-	-
55	49	46	48	X	48	X	47	X	46	X	45	X	-	X	-	-
60	54	46	53	X	53	X	52	X	51	X	50	X	48	X	-	X
65	59	46	58	50	58	54	57	X	56	X	55	X	53	X	-	X
70	64	46	63	50	63	54	62	60	61	X	60	X	58	X	58	X
75	69	46	68	50	68	54	67	60	66	66	65	V	63	X	63	X
80	74	46	73	50	73	54	72	60	71	66	70	X	68	X	68	X
(85)	79	46	78	50	78	54	77	60	76	66	75	X	73	X	73	X
90	84	46	83	50	83	54	82	60	81	66	80	78	78	X	78	X
(95)	89	46	88	50	88	54	87	60	86	66	85	78	83	X	83	X
100	94	46	93	50	93	54	92	60	91	66	90	78	88	X	88	X
(105)	99	46	98	50	98	54	97	60	96	66	95	78	93	90	93	X
110	104	46	103	50	103	54	102	60	101	66	100	78	98	90	98	X
(115)	109	46	108	50	108	54	107	60	106	66	105	78	103	90	103	102
120	114	46	113	50	113	54	112	60	111	66	110	78	108	90	108	102

Примітка. 1. Зазначені в дужках довжини болтів застосовувати не рекомендується.

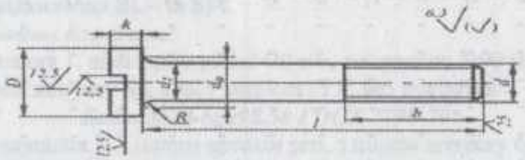
2. Болти, для яких величини l_1 і b розташовані над ломаною лінією, допускається виготовляти з довжиною різі до головки.

3. Значком Х позначені болти з різзю на всій довжині стержня.

4. Позначення: b – довжина різі; l_1 – відстань від опорної поверхні головки до осі отвору в стержні (див. дод. 8).

Додаток 8

Кріпильні гвинти з циліндричною головкою класів точності А і В за ГОСТ 1491-80*, мм



Номінальний діаметр різі, d	Крок різі		Довжина різі, b		D	k	R, не менше	Da, не більше	L
	нормальний	малий	подовжена	нормальна					
1	0,25	-	-	8	2,0	0,7	0,1	1,4	2-10
1,2	0,25	-	-	9	2,3	0,8	0,1	1,6	2-12
1,4	0,3	-	-	9	2,6	0,9	0,1	1,8	2-12
1,6	0,35	-	-	9	3,0	1,0	0,1	2,0	2-16
2	0,4	-	16	10	3,8	1,3	0,1	2,6	2,5-20
2,5	0,45	-	18	11	4,5	1,6	0,1	3,1	3-25
3	0,5	-	19	12	5,5	2,0	0,1	3,6	3-30
3,5	0,6	-	20	13	6,0	2,4	0,1	4,1	4-35
4	0,7	-	22	14	7,0	2,6	0,2	4,7	4-40
5	0,8	-	25	16	8,5	3,3	0,2	5,7	6-50
6	1	-	28	18	10	3,9	0,25	6,8	7-60
8	1,25	1,0	34	22	13	5	0,4	9,2	12-80
10	1,5	1,25	40	26	16	6	0,4	11,2	18-100
12	1,75	1,25	46	30	18	7	0,6	14,2	18-100
14	2	1,5	52	34	21	8	0,6	16,2	22-100
16	2	1,5	58	38	24	9	0,6	18,2	28-100
18	2,5	1,5	64	42	27	10	0,6	20,2	35-100
20	2,5	1,5	70	46	30	11	0,8	22,4	40-120

Примітка. 1. Довжина *l* для кріпильних гвинтів вибирається з ряду, мм: 2; (2,5); 3; 3,5; 4; 5; 6; (7); 8; 9; 10; 11; 12; (13); 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42) … .

2. Граничні відхилення d_1: класу точності А – за *h*13; класу точності В – за *h*14.

Приклади умовних позначень:

1. Гвинт класу точності А з діаметром d=8 мм, з нормальним кроком різі, з полем допуску 6*g*, довжиною *l*=50 мм, класу міцності 4.8, без покриття:

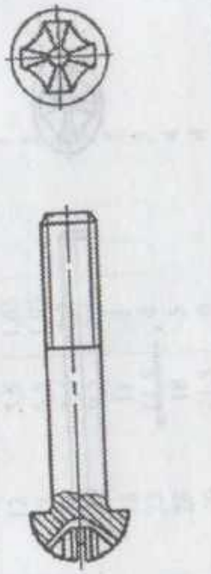
Гвинт А.М8-6gх50.48 ГОСТ 1491-80*.

2. Гвинт класу точності В з діаметром різі d=8 мм, з малим кроком різі, з полем допуску різі 8*g*, довжиною *l*=50 мм, з подовженою різзю, класу міцності 4.8, з покриттям 01 товщиною 6 мкм:

Гвинт В.М8х1-8gх50-34.48.016 ГОСТ 1491-80*.

Додаток 9

Кріпильні гвинти з напівсферичною головкою класів точності А і В за ГОСТ 17473-80*, мм



Номінальний діаметр різі, *d*	Крок різі		*b*	*D*	*k*	R_1	Номер хрестоподібного шліца	*R*, не менше	d_a, не більше	*l*
	нормальний	малий								
1	0,25	-	8	2,0	0,7	1,1	-	0,1	1,4	2-5
1,2	0,25	-	9	2,3	0,8	1,3	-	0,1	1,6	2-7
1,4	0,3	-	9	2,6	0,95	1,4	-	0,1	1,8	2-11
1,6	0,3	-	9	3,0	1,1	1,6	-	0,1	2,0	2-14
2	0,4	-	10	3,8	1,4	2,0	0	0,1	2,6	2,5-18
2,5	0,45	-	11	4,5	1,7	2,4	1	0,1	3,1	3-25
3	0,5	-	12	5,5	2,1	2,9	1	0,1	3,6	3-30
3,5	0,6	-	13	6,0	2,4	3,1	2	0,1	4,1	4-35
4	0,7	-	14	7,0	2,8	3,6	2	0,2	4,7	4-42
5	0,8	-	16	8,5	3,5	4,4	2	0,2	5,7	6-50
6	1	-	18	10	4,2	5,1	3	0,25	6,8	7-55
8	1,25	1,0	22	13	5,6	6,6	3	0,4	9,2	12-70
10	1,5	1,25	26	16	7,0	8,1	4	0,4	11,2	18-70
12	1,75	1,25	30	18	8,0	9,1	4	0,6	14,2	22-80
14	2	1,5	34	21	9,5	10,6	-	0,6	16,2	25-90

Продовження дод. 9

Номінальний діаметр різі, *d*	Крок різі		*b*	*D*	*k*	R_1	Номер хрестоподібного шліца	*R*, не менше	d_a, не більше	*l*
	нормальний	малий								
16	2	1,5	38	24	11	12,1	-	0,6	18,2	30-9:
18	2,5	1,5	42	27	19	13,6	-	0,6	20,2	35-11
20	2,5	1,5	46	30	14	15,1	-	0,8	22,4	40-12

Примітка. 1. Довжина *l* в зазначених межах вибирається з ряду, наведеного у примітці дод.10.

2. Граничні відхилення d1: класу точності А – за *h*13; класу точності В – за *h*14.

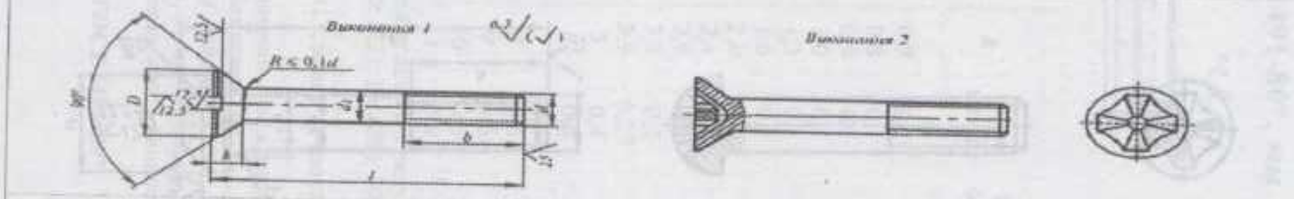
Приклад умовного позначення:

Гвинт класу точності А, виконання *1*, з діаметром різі *d*=8 мм, з нормальним кроком різі, з полем допуску 6g, довжиною *l*=50 мм, класу міцності 4.8, з покриттям 13 товщиною 6 мкм:

Гвинт А.М8-6gх50.48.136 ГОСТ 17473-80*.

Додаток 10

Кріпильні гвинти з потайною головкою класів точності А і В за ГОСТ 17475-80*, мм



Номінальний діаметр різі, *d*	Крок різі		Довжина різі, *b*		*D*	*k*	Номер хрестоподібного шліца	*L*
	нормальний	малий	подовжена	нормальна				
1	0,25	-	-	8	1,9	0,60	-	2-10
1,2	0,25	-	-	9	2,3	0,72	-	2-12
1,4	0,3	-	-	9	2,6	0,84	-	3-12
1,6	0,35	-	-	9	3,0	0,96	-	3-16

Продовження дод. 10

Номінальний діаметр різі, *d*	Крок різі		Довжина різі, *b*		*D*	*k*	Номер хрестоподібного шліца	*L*
	нормальний	малий	подовжена	нормальна				
2	0,4	-	16	10	3,8	1,20	0	3-20
2,5	0,45	-	18	11	4,7	1,50	1	3,5-25
3	0,5	-	19	12	5,6	1,65	1	3,5-30
3,5	0,6	-	20	13	6,5	1,93	2	5-35
4	0,7	-	22	14	7,4	2,2	2	5-40
5	0,8	-	25	16	9,2	2,5	2	6-50
6	1	-	28	18	11	3	3	7-60
8	1,25	1	34	22	14,5	4	3	8-80
10	1,5	1,25	40	26	18	5	4	11-100
12	1,75	1,25	46	30	21,5	6	4	16-100
14	2	1,5	52	34	25	7	-	30-100
16	2	1,5	58	38	28,5	8	-	32-100
18	2,5	1,5	64	42	32,5	9	-	35-110
20	2,5	1,5	70	46	36	10	-	40-120

Примітка. 1. Довжина *l* у зазначених межах вибирається з ряду, наведеного у примітці дод. 10.

2. Граничні відхилення d_1: класу точності А – за *h*13; класу точності В – за *h*14.

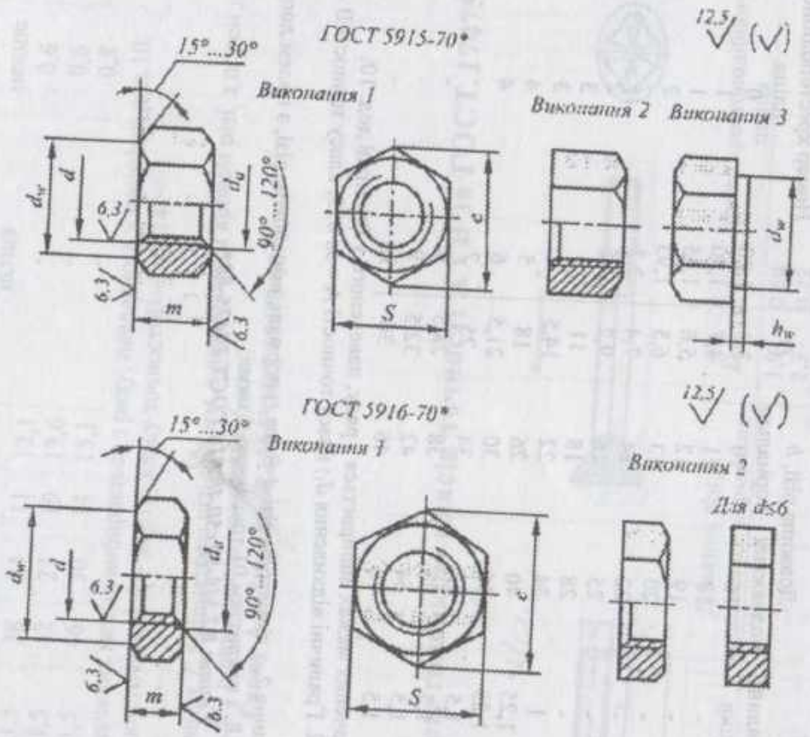
Приклад умовного позначення.

Гвинт класу точності В, виконання 2, з діаметром різі *d*=8 мм, з нормальним кроком різі, з полем допуску 8g, довжиною *l*=50 мм, класу міцності 4.8, з покриттям 01 товщиною 6 мкм:

Гвинт В2.М8-8gх50.48.016 ГОСТ 17475-80*.

Додаток 11

Гайки шестигранні класу точності В: нормальні за ГОСТ 5915-70* і низькі за ГОСТ 5916-70*, мм



Номінальний діаметр різі, d	Крок різі: нормальний	Крок різі: малий	S	E	d_a: не менше	d_a: не більше	d_w, не менше	h_w: не більше	h_w: не менше	M: ГОСТ 5915-70*	M: ГОСТ 5916-70*
1,6	0,35	-	3,2	3,3	1,6	1,84	2,9	0,2	0,10	1,3	1,0
2	0,4	-	4,0	4,2	2,0	2,30	3,6	0,2	0,10	1,6	1,2
2,5	0,45	-	5,0	5,3	2,5	2,90	4,5	0,3	0,10	2,0	1,6
3	0,5	-	5,5	5,9	3,0	3,45	5,0	0,4	0,15	2,4	1,8

Номінальний діаметр різі, d	Крок різі: нормальний	Крок різі: малий	S	E	d_a: не менше	d_a: не більше	d_w, не менше	h_w: не більше	h_w: не менше	M: ГОСТ 5915-70*	M: ГОСТ 5916-70*
(3,5)	0,6	-	6,0	6,4	3,5	4,00	5,4	0,4	0,15	2,8	2,0
4	0,7	-	7,0	7,5	4,0	4,60	6,3	0,4	0,15	3,2	2,2
5	0,8	-	8,0	8,6	5,0	5,75	7,2	0,5	0,15	4,0	2,7
6	1	-	10	10,9	6,0	6,75	9,0	0,5	0,15	5,0	3,2
8	1,25	1	13	14,2	8,0	8,75	11,7	0,6	0,15	6,5	4,0
10	1,5	1,25	17	18,7	10	10,8	15,5	0,6	0,15	8,0	5,0
12	1,75	1,25	19	20,9	12	13,0	17,2	0,6	0,15	10	6,0
(14)	2	1,5	22	23,9	14	15,1	20,1	0,6	0,15	11	7,0
16	2	1,5	24	26,2	16	17,3	22,0	0,8	0,20	13	8,0
(18)	2,5	1,5	27	29,6	18	19,4	24,8	0,8	0,20	15	9,0
20	2,5	1,5	30	33,0	20	21,0	27,7	0,8	0,20	16	10
(22)	2,5	1,5	32	35,0	22	23,8	29,5	0,8	0,20	18	11
24	3	2	3G	39,6	24	25,9	33,2	0,8	0,20	19	12
(27)	3	2	41	45,2	27	29,2	38,0	0,8	0,20	22	13,5
30	3,5	2	40	50,9	30	32,4	42,7	0,8	0,20	24	15
36	4	3	55	60,8	36	38,9	51,1	0,8	0,20	29	18
42	4,5	3	65	71,3	42	45,4	59,9	0,8	0,20	34	21
48	5	3	75	82,6	48	51,8	69,4	0,8	0,20	38	24

Примітка. Зазначені в дужках розміри гайок застосовувати не рекомендується.

Приклади умовних позначень:

1. Гайка виконання 1 за ГОСТ 5915-70*, з діаметром різі, *d* = 10 мм, з нормальним кроком різі, з полем допуску 6Н, класу міцності 5, без покриття:

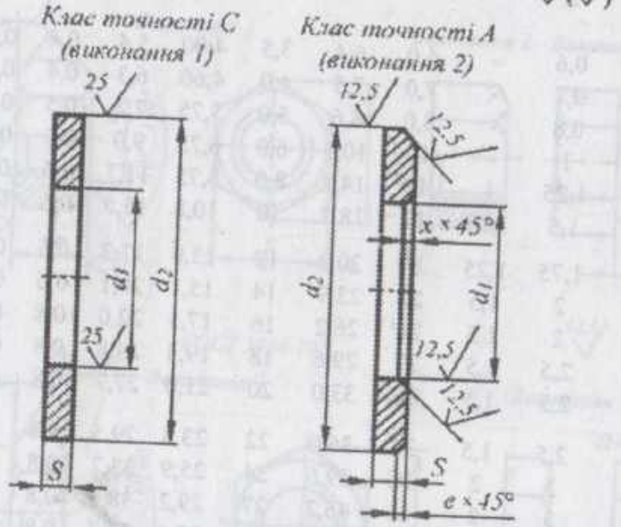
Гайка М10-6Н.5 ГОСТ 5915-70*.

2. Гайка виконання 2 за ГОСТ 5916-70*, з діаметром різі d = 16 мм, з малим кроком різі, з полем допуску *6Н*, класу міцності 05, зі сталі марки 40Х, з покриттям 01 товщиною 6 мкм:

Гайка 2М16х1,5-6Н.05.40Х.016 ГОСТ 5916-70*.

Додаток 12

Шайби звичайні: нормальні за ГОСТ 11371-78* і збільшені за ГОСТ 6958-78*, мм



Номінальний діаметр різі кріпильної деталі	d_1	Шайби нормальні					
		d_2	S	e	x, не менше	d_2	S
1	1,1	3,5	0,3	0,08-0,15	0,15	4	0,5
1,2	1,3	4	0,3	0,08-0,15	0,15	4	0,5
1,4	1,5	4	0,3	0,08-0,15	0,15	-	0,8
1,6	1,7	4	0,3	0,08-0,15	0,15	5	0,8
2	2,2	5	0,3	0,08-0,15	0,15	6	0,8
2,5	2,7	6,5	0,5	0,13-0,25	0,25	8	0,8
3	3,2	7	0,5	0,13-0,25	0,25	10	0,8
4	4,3	9	0,8	0,20-0,40	0,40	12	1,0
5	5,3	10	1,0	0,25-0,50	0,50	16	1,6
6	6,4	12,5	1,6	0,40-0,80	0,80	18	1,6
8	8,4	17	1,6	0,40-0,80	0,80	24	2,0
10	10,5	21	2,0	0,50-1,00	1,00	30	2,5
12	13	24	2,5	0,60-1,25	1,25	36	3
14	15	28	2,5	0,60-1,25	1,25	42	3

Продовження дод. 12

Номінальний діаметр різі кріпильної деталі	d_1	Шайби нормальні					
		d_2	S	e	x, не менше	d_2	S
16	17	30	3	0,75-1,50	1,50	48	4
18	19	34	3	0,75-1,50	1,50	55	4
20	21	37	3	0,75-1,50	1,50	60	5
22	23	39	3	0,75-1,50	1,50	65	5
24	25	44	4	1,00-2,00	2,00	70	6
27	28	50	4	1,00-2,00	2,00	80	6
30	31	56	4	1,00-2,00	2,00	90	6
36	37	66	5	1,25-2,50	2,00	100	8
42	43	78	7	1,75-3,50	2,10	120	8
48	50	92	8	2,00-4,00	2,40	140	8

Примітка. Шайби збільшені (ГОСТ 6958-78*) виготовляються тільки за виконанням 1.

Приклади умовних позначень:

1. Шайба нормальна виконання 1 для кріпильної деталі з діаметром 12 мм, з товщиною, передбаченою у стандарті, зі сталі марки Ст3, з покриттям 01 товщиною 6 мкм:

Шайба 12.01.Ст3.016 ГОСТ 11371-78*.

2. Те саме виконання 2:

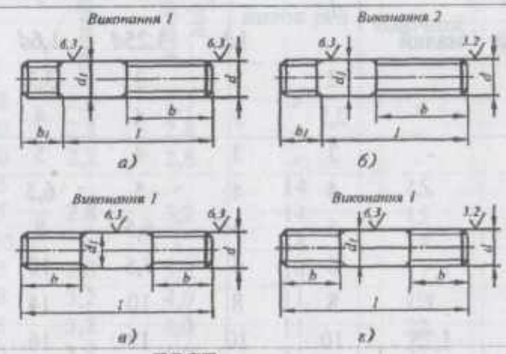
Шайба 2.12.01.Ст3.016 ГОСТ 11371-78*.

3. Те саме для збільшеної шайби:

Шайба 12.01.Ст3.016 ГОСТ 6958-78*.

Додаток 13

Перелік стандартів на шпильки та галузі застосування



Довжина вгвинчуваного різевого кінця	ГОСТ		Галузі застосування
	шпилька класу точності В	шпилька класу точності А	
$b_1 = d$	22032-76*	22033-76*	Для різевих отворів у сталевих, бронзових і латунних деталях з $д_5 > 8\%$ і деталях з титанових сплавів

Продовження дод. 13

Довжина вгвинчуваного різевого кінця	ГОСТ: шпилька класу точності В	ГОСТ: шпилька класу точності А	Галузі застосування
$b_1 = 1{,}25d$	22034-76*	22035-76*	Для різевих отворів у деталях з сірого і ковкого чавунів. Допускається застосувати в сталевих і бронзових деталях у випадках, якщо $д_5 < 8\%$
$b_1 = 1{,}6d$	22036-76*	22037-76*	
$b_1 = 2d$	22038-76*	22039-76*	Для різевих отворів у деталях з легких сплавів. Допускається застосовувати в сталевих деталях
$b_1 = 2{,}5d$	22040-76*	22041-76*	
–	22042-76*	22043-76*	Для гладких отворів у деталях, виготовлених з довільних матеріалів

Примітка. Тут $д_5$ – відносне видовження матеріалу деталей.

Додаток 14

Розміри шпильок за ГОСТ 22032-76*... ГОСТ 22041-76*, мм (за рис. 2.6, *а*, *б*)

d	Крок різі, P: нормальний	Крок різі, P: малий	d_1	Довжина вгвинчуваного кінця, b_1: 1d	1,25d	1,6d	2d	2,5d
2	0,4		2	3	3	3,2	4	5
2,5	0,45	-	2,5	3	4	4	5	6
3	0,5	-	3	3	4	5	6	7,5
4	0,7	-	4	4	5	6,5	8	10
5	0,8	-	5	5	6,5	8	10	12
6	1	-	6	6	7,5	10	12	16
8	1,25	1	8	8	10	14	16	20
10	1,5	1,25	10	10	12	16	20	25
12	1,75	1,25	12	12	15	20	24	30
(14)	2	1,5	14	14	18	22	28	35
16	2	1,5	16	16	20	25	32	40
(18)	2,5	1,5	18	18	22	28	36	45
20	2,5	1,5	20	20	25	32	40	50

Продовження дод. 14

d	Крок різі, P: нормальний	Крок різі, P: малий	d_1	Довжина вгвинчуваного кінця, b_1: 1d	1,25d	1,6d	2d	2,5d
(22)	2,5	1,5	22	22	28	35	44	55
24	3	2	24	24	30	38	48	60
(27)	3	3	27	27	35	42	54	68
30	3,5	3	30	30	48	48	60	75
36	4	3	36	36	45	56	72	88
42	4,5	3	42	42	52	68	84	105
48	5	3	48	48	60	76	95	120

Примітка. 1. Довжину шпильок l вибирають з наступного ряду: 10; 12; 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; (95); 100; (105); 110; (115); 120; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200; 220; 240; 260; 280; 300 мм.

2. Зазначені в дужках розміри застосовувати не рекомендується.

3. Технічні вимоги до шпильок – за ГОСТ 1759.0-87.

4. Граничні відхилення діаметра стержня d_1: шпильок класу точності В за $h14$; класу точності А – за $h12$.

Додаток 15

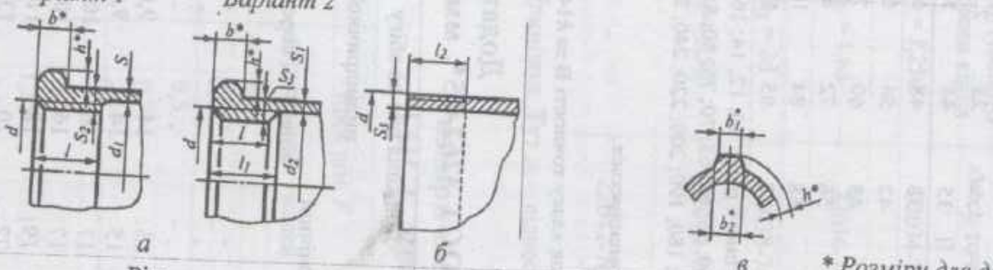
Сталеві водогазопровідні труби за ГОСТ 3262-75*, мм

Умовний прохід	Зовнішній діаметр	Товщина стінки труби: легкої	звичайної	підсиленої	Число ниток різі	Довжина різі до збігу: конічної	циліндричної: довгої	циліндричної: короткої
6	10,2	1,8	2,0	2,5	-	-	-	-
8	13,5	2,0	2,2	2,8	-	-	-	-
10	17,0	2,0	2,2	2,8	-	-	-	-
15	21,3	2,3	-	-	14	15	14	9,0
15	21,3	2,5	2,8	3,2	14	15	14	9,0
20	26,8	2,35	-	-	14	17	16	10,5
20	26,8	2,5	2,8	3,2	14	17	16	10,5
25	33,5	2,8	3,2	4,0	11	19	18	11,0
32	42,3	2,8	3,2	4,0	11	22	20	13,0
40	48,0	3,0	3,5	4,0	11	23	22	15,0
50	60,0	3,0	3,5	4,5	11	26	24	17,0
70	75,5	3,2	4,0	4,5	11	30	27	19,5
80	88,5	3,5	4,0	4,5	11	32	30	22,0
90	101,3	3,5	4,0	4,5	11	35	33	26,0
100	114,0	4,0	4,5	5,0	11	38	36	30,0
125	140,0	4,0	4,5	5,5	11	41	38	33,0
150	165,0	4,0	4,5	5,5	11	45	32	36,0

Додаток 16

Конструктивні розміри елементів фітингів за ГОСТ 8944-75*, мм

Варіант 1 *Варіант 2*



а *б* *в*

* *Розміри для довідок*

Умовний прохід D_y	Різь														
	позначення	d	l	l_1	l_2 не більше	d_1	d_2	s	s_1	s_2	s_3	b	b_1	b_2	h
			не менше												
8	G1/4-B	13,158	9,0	9,0	7,0	13,5	12,5	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
10	G3/8-B	16,663	10,0	11,0	8,0	17,0	16,0	2,5	3,0	3,5	3,5	3,0	2,0	3,5	2,0
15	G1/2-B	20,956	12,0	14,0	9,0	21,5	20,0	2,8	3,5	4,2	4,2	3,5	2,0	4,0	2,0
20	G3/4-B	26,442	13,5	16,0	10,5	27,0	25,5	3,0	3,5	4,4	4,2	4,0	2,0	4,0	2,5
25	G1-B	33,250	15,0	19,0	11,0	34,0	32,0	3,3	4,0	5,2	4,8	4,0	2,5	4,5	2,5
32	G1j -B	41,912	17,0	21,0	13,0	42,5	40,5	3,6	4,0	5,4	4,8	4,0	2,5	5,0	3,0
40	G1S -B	47,805	19,0	21,0	15,0	48,5	46,5	4,0	4,0	5,8	4,8	4,0	3,0	5,0	3,0
50	G2-B	59,616	21,0	24,0	17,0	60,5	58,5	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,0	6,0	3,5
(65)	G2S -B	75,187	23,5	27,0	19,5	76,0	74,0	4,5	4,5	6,4	5,4	5,0	3,5	6,5	3,5
(80)	G3-B	87,887	26,0	30,0	22,0	89,0	87,0	4,5	4,5	6,5	6,0	6,0	4,0	7,0	4,0
(100)	G4-B	113,034	39,5	39,5	30,0	115,0	112,0	5,5	5,5	8,0	7,0	7,0	5,0	8,5	4,5

Примітка. Конструктивні розміри фітингів з ковкого чавуну з внутрішньою циліндричною різзю показані на рис. *а*, а з зовнішньою різзю – рис. *б*. Форма і конструктивні розміри ребер фітингів зображено на рис. *в*.

Додаток 17

Умовні позначки, що характеризують механічні властивості болтів, гвинтів, шпильок

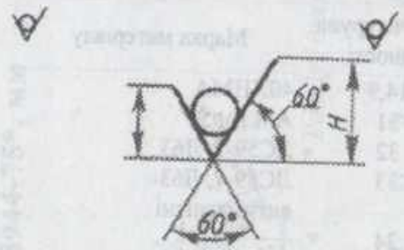
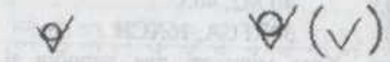
Клас чи група міцності	Марка матеріалу	Клас чи група міцності	Марка матеріалу
3,6	Ст3кп, Ст3сп, 10, 10кп	14,9	40ХНМА
4,6	20	31	АМ тод5
5,6	30, 35	32	ЛС59-1, Л63
5,8	10, 10кп, 20, 20кп	33	ЛС59-1, Л63-
	Ст3сп, Ст3кп		антимагнітні
6,6	35, 45, 40М	34	
10,9	40 М2, 40Х	36	Бр. АМц 9-2
	30ХГСА, 16ХСН		ДІТ, ДІВІД

Примітка. Клас міцності для виробів зі сталі позначають двома числами, що зв'язують залежність між параметрами механічних властивостей, а групу для виробів з кольорових сплавів позначають одним числом (умовним).

Додаток 18

Знаки для позначення шорсткості поверхні

Форма і розміри знака на зображеннях (ліворуч), що виносяться в правий верхній кут креслення (збільшеним у 1,5 рази)	Застосування
6,3 / 25 /	Для позначення шорсткості поверхні, що утворюється видаленням шару матеріалу різанням: точінням, фрезеруванням, свердлінням тощо. Приклади
Rz 50 / Rz 200 /	Для позначення шорсткості поверхонь, спосіб одержання яких та вид обробки конструктор не встановлює. Приклади

Форма і розміри знака на зображеннях (ліворуч), що виноситься в правий верхній кут креслення (збільшеним у 1,5 рази)	Застосування
	Для позначення поверхонь, що утворюються литтям, штампуванням, куванням, у стані постачання і без додаткової обробки (деталі із сортаментного матеріалу: листів, труб, профілів, прутків і т.д.) – усі поверхні не оброблювані і не контрольовані за кресленням. Приклади 

Додаток 19

Деякі умовні цифрові позначення, що характеризують покриття болтів, гвинтів і шпильок

Позначення	Вид покриття	Позначення	Вид покриття
00	Без покриття	05	Оксидне
01	Цинкове з хроматуванням	06	Фосфатне з примаслюванням
02	Кадмієве з хроматуванням	07	Олов'яне
03	Багатошарове: мідь – нікель – нікель	08	Мідне
04	Багатошарове: мідь – хром	09	Цинкове
		10	Оксидне анодизаційне з хромуванням
		11	Пасивне
		12	Срібне

Примітка. 1. Вид покриття для конкретного матеріалу вибирають за ГОСТ 9.306-77 (металевих).

2. Умовні цифри, що позначають клас міцності (чи групу) і покриття, входять у позначення відповідного стандартного виробу, наприклад, болт за ГОСТ 7798-70 виконання 2, діаметром різьблення d=12, із дрібним кроком різьблення, поле допуску - 6 g, довжиною L=60 мм, класу міцності 10.9 зі сталі 40Х з покриттям 01 і товщиною шару 0,19 позначають так: Болт 2М12 х1, 25-6g х 60. 109. 40Х. 01 019 ГОСТ 7798-70. Причому, розділову точку в позначенні не ставлять.

3. У позначеннях не зазначають: виконання 1, великий крок різьблення, марку сталі для класу міцності 5.8 і покриття 00 (без покриття). Тоді при інших зазначених вище даних болт позначають так: Болт М12-6g х 60. 58 ГОСТ 7798-70.

Додаток 20

Текстові вказівки на кресленнях

Найменування текстової вказівки	Тексти, що рекомендуються
Вказівки про радіуси скруглення повторюваних елементів деталі (на зображеннях вони відзначені)	„Не зазначені радіуси ...мм" Чи так: „Радіуси скруглення, крім зазначених,... мм"
Вказівки про термообробку	0,7...0,9; HRC, 40...45
Вказівки про покриття	Покриття Кд. 21 хр
Вказівки на групових кресленнях для деталей, що є дзеркальним відображенням одна одної (записують над зображенням і підкреслюють)	АНГВ. 85929.051 – зображено АНГВ. 859291.051 – 01 – дзеркальне відображення

Додаток 21

Стандартизовані лінійні і кутові розміри

1. Лінійні розміри

Величина, мм	Характер зміни	Кращі числа по рядах
Від 0,65 до 1,2	Через 0,05 мм	1,0; 1,2
Від 1,2 до 2,2	Через 0,1 мм	1,6; 2,5, потім 2, потім 1,4; 1,8; 2,2
Від 2,4 до 2,6	Через 0,1 мм	4, потім 3, потім 2,8; 3,6
Від 2,8 до 4,2	Через 0,2 мм	10, потім 5; 8; 12; потім 4,5; 5,5; 7; 9; 11
Від 4,5 до 12	Через 0,5 мм (а також числа 4,8; 5,2; 6,3)	16, 25, потім 12, 20, потім 14; 18; 22
Від 12 до 22	Через 1 мм	40, потім 32, потім 28; 36
Від 24 до 26	Те ж	60; 100, потім 50, потім 45, 55, 70, 90, 110
Від 26 до 42	Через 2 мм	160; 250; потім 125; 200, потім 110, 140, 180, 220
Від 45 до 110	Через 5 мм (а також числа 48; 52; 63)	400, потім 320, потім 280, 360
Від 110 до 260	Через 10 мм (а також число 125, при відсутності 230)	
Від 260 до 420	Через 20 мм	
Далі 450, 480, 500, 530, 560		

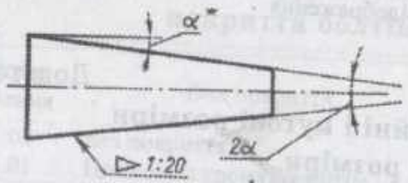
Продовження дод. 21

2. Кутові розміри

Величина, град (^{0}) і хв (′)	Характер зміни	Кращі числа
Від 0^0 до 1^0	Через 15	0^0; 0^0; 30′; 1^0
Від 1^0 до 3^0	Через 30	1^0; 2^0; 3^0
Від 3^0 до 10^0	Через 1^0	5^0; потім 3^0, 8^0
Від 10^0 до 90^0	Через 50 (а також застосовуються числа 12^0, 18^0, 22^0)	15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0, потім 20^0, 75^0
Від 90^0 до 120^0	Через 10^0	120^0
Далі 135^0, 150^0, 180^0, 270^0, 360^0		

Додаток 22

Визначення кута нахилу твірної конуса до його осі за заданою на кресленні конусністю



$$tq2\alpha = \frac{1}{20} = 0{,}05$$

$$\alpha = 1^0 25' 56''$$

Стандартизовані конусності	Кут нахилу твірної до осі	*tg* б	Стандартизовані конусності	Кут нахилу твірної до осі	*tg* б
1 : 200	$0^0 8'36''$	0,002	1 : 5	$5^0 42'38''$	0,100
1 : 100	$0^0 17'11''$	0,005	1 : 3	$9^0 27'44''$	0,166
1 : 50	$0^0 34'23''$	0,010	30	15^0	0,268
1 : 30	$0^0 57'17''$	0,017	1 : 1,5	$18^0 28'$	0,334
1 : 20	$1^0 25'56''$	0,025	45	$22^0 30'$	0,414
1 : 15	$1^0 54'33''$	0,033	60	30′	0,577
1 : 12	$2^0 23'9''$	0,042	90	45^0	1,000
1 : 10	$2^0 51'45''$	0,050	110	55^0	1,428
1 : 8	$3^0 34'35''$	0,062	120	60^0	1,732
1 : 7	$4^0 5'8''$	0,071			

Додаток 23

Стандартні модулі за ГОСТ 9563-60

Величина m, мм	Характер зміни
Від 1 до 1,5	Змінюється через 0,125 мм
Від 1,5 до 3	Змінюється через 0,25 мм
Від 3 до 6	Змінюється через 0,5 мм
Від 6 до 12	Змінюється через 1,0 мм
Від 12 до 22	Змінюється через 2,0 мм
Від 22 до 28	Змінюється через 3,0 мм
Від 28 до 40	Змінюється через 4,0 мм
Від 40 до 60	Змінюється через 5,0 мм
Від 60 до 100	Змінюється через 10,0 мм

Примітка. 1. Перевага надається модулям: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 60; 80; 100 мм.

2. Допускається для циліндричних зубчастих коліс застосування модулі 3,75; 4,25 і 6,5 мм - у тракторній промисловості, а в автомобільній промисловості - модулів, що відрізняються від встановлених у стандарті.

Додаток 24

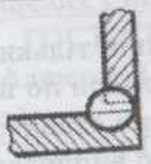
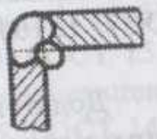
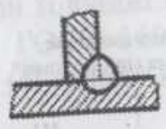
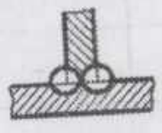
Діаметри наскрізних отворів під болти, гвинти, шпильки і заклепки (свердління на прохід) і свердління під метричне різьблення з великим кроком

Діаметри деталей, що кріплять, мм	Діаметр отворів, мм					
	під заклепки	під болти, гвинти, шпильки				під різь (у деталях із сталі й латуні)
		точне збирання		грубе збирання		
		1-а	2-а	1-а	2-а	
3	3,3	3,2	3,5	-	-	-
4	4,5	4,2	4,5	5	-	-
5	5,5	5,2	5,5	6	-	-
6	6,5	6,3	6,5	7	-	5
8	8,5	8,3	8,5	9	10,5	6,7
10	10,5	10,5	11	11	12,5	8,4
12	-	12,5	13	13	14,5	10,1
14	-	14,5	15	15	17	11,8
16	-	16,5	17	17	19	13,8
18	-	18,5	19	20	21	15,3
20	-	20,5	21	22	24	17,3
22	-	22,5	23	24	26	19,3
24	-	24,5	25	26	28	20,7
27	-	28	29	29	32	23,7
30	-	31	32	32	35	26,1

Додаток 25

Буквено-цифрові позначення (шифри) швів зварених з'єднань, що виконуються зварюванням плавленням

Форма поперечного перерізу	Вид з'єднання. Форма підготовлених кромок. Характер виконаного шва	Буквено-цифрове позначення (шифр) шва*					
		1	2	3	4	5	6
	Стикове (С)						
	З відбортовкою (для стикових з'єднань відбортовка двох кромок) Однобічний	С1	С1	С1	–	С2	–
	Без скосу кромок Однобічний	С2	С4	С2	–	С3	С1
	Двобічний	С4	С2	С7	С1	–	–
	Однобічний на підкладці, яка залишається	С3	С7	С5	С3	С4	С3
	Зі скосом однієї кромки						
	Однобічний	С5	–	С8	–	С10	С4
	Двобічний	С8	С9	С12	–	С11	–
	Зі скосом кромок Однобічний	С15	–	С17	–	С20	С6
	Двобічний	С18	С13	С21	–	С21	–

Форма поперечного перерізу	Вид з'єднання. Форма підготовлених кромок. Характер виконаного шва	Буквено-цифрове позначення (шифр) шва*					
		1	2	3	4	5	6
	З двома симетричними скосами однієї кромки Двобічний	С11	С29	С15	–	С11	–
	З двома симетричними скосами двох кромок Двобічний	С21	С30	С25	–	С24	–
	Кутове (У)						
	Без скосу кромок Однобічний впритул	У2	–	У4	–	У2	У4
	Двобічний	У3	У2	У5	У1	У5	У1
	Таврове (Т)						
	Без скосу кромок Однобічний	Т1	Т5	Т1	–	Т1	–
	Двобічний	Т3	–	Т3	Т1	Т3	–

Продовження дод. 25

Форма поперечного перерізу	Вид з'єднання. Форма підготовлених кромок. Характер виконаного шва	Буквено-цифрове позначення (шифр) шва*					
		1	2	3	4	5	6
Внапусток (Н)							
	З круглим отвором Однобічний із суцільним зварюванням	–	Н5	–	–	Н4	–
	З подовженим отвором Однобічний із несуцільним зварюванням	Н3	Н6	–	–	Н5	–
	Без скоса кромок Однобічний переривчастий	Н1	Н3	Н3	–	Н2	Н1

* Приведено шифри найбільш розповсюджених швів тільки для шести видів зварювання (див. відповідні порядкові номери по переліку стандартів на шви, приведеному в дод. 25). Номери стандартів, що відповідають порядковим номерам 1,2, 3, 4, 5, 6, що випливають: ГОСТ 5264-80, ГОСТ 8713-79, ГОСТ 14771-76, ГОСТ 15164-78, ГОСТ 14806-80, ГОСТ 16037-80.

Додаток 26

Буквено-цифрові позначення (шифри) швів зварених з'єднань, виконуваних контактним зварюванням

Форма поперечного перерізу (для контактного зварювання)	Вид з'єднання. Характер виконання шва	Буквено-цифрове позначення (шифр) шва*	
Внапусток (Н)			
	Точковий однорядний	Н1	Н1
	Шовний однорядний (суцільний)	Н6	–
Стикове (З)			
	З оплавленням кромок	С3	–
	Без оплавлення кромок	С1	–

* Шифри приведено для деяких видів контактного зварювання (ГОСТ 15878-79) у конструкціях з маловуглеродистої і низьколегованої сталей і точкового зварювання (ГОСТ 14776-79) у конструкціях з вуглицевої й низьколегованої сталей.

Додаток 27

Скорочений перелік стандартів із зварювання

Стандарти, що встановлюють типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань, буквено-цифрові позначення (умовні шифри) швів, позначення способів зварювання і розміри катетів швів (див. мал. 212):

1. ГОСТ 5264-80. Ручне дугове зварювання (у конструкціях із вуглицевих і низьковуглицевих сталей, крім конструкцій із труб);
2. ГОСТ 8713-79. Автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом (у конструкціях із вуглицевих і низьколегованих сталей);
3. ГОСТ 14771-76. Дугове зварювання в захисних газах (у конструкціях із труб);
4. ГОСТ 15164-78. Електрошлакове зварювання (у конструкціях з маловуглицевих, низьколегованих і легованих сталей);
5. ГОСТ 14806-80. Дугове зварювання алюмінію й алюмінієвих сплавів (у конструкціях з деформуючих термічно не зміцнених сплавів при товщині кромок від 0,8 до 60,0 мм);
6. ГОСТ 16037-80. Шви зварних з'єднань сталевих трубопроводів (зі сталей марок, регламентованих даних стандартом).

31.Селиверстов М.М. Черчение. - М.: Высшая школа, 1980.- 327 с.

32. Справочник по инженерной графике /Под. ред. А.В. Потишко.- К.: Будівельник,1976. - 256 с.

33. Фролов С.А. Начертательная геометрия. - М.: Машиностроение, 1983.

34. Хаскин А.М. Черчение. - К.: Высш. шк., 1985. - 436 с.

35. Черчение / Э.Т. Романычева, А.К. Иванова, А.С. Куликов, Н.С. Брилинг; Под ред. А.С. Куликова. -М.: Высш. шк., 1989. - 303 с.

36. Чекмарев А.А. Инженерная графика. - М.: Высшая школа, 1988.

37.Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. - М.: Высш. шк.; Изд. Центр "Академия", 2001. - 493 с.

38. Четверухин Н.Ф. и др. Начертательная геометрия. - М.: Высшая школа, 1985.

ЗМІСТ

Передслово 3
1. Графічне оформлення креслень 9
§1. Основні правила оформлення креслень 9
§2. Графічне оформлення креслень 17
§3. Прийоми викреслювання контурів технічних деталей . . 37
§4. Спряження 54
§5. Лекальні криві 64
2. Основи нарисної геометрії і проеційне креслення 79
§6. Вступ 79
§7. Точка і пряма 83
§8. Площина 96
§9. Способи перетворення проекцій 113
§10. Аксонометричні проекції 123
§11. Поверхні геометричних тіл 139
§12. Перетин поверхонь геометричних тіл площинами 160
§13. Взаємний перетин поверхонь геометричних тіл 180
§14. Проеційне креслення 198
§15. Перспектива, тінь у перспективі 211
3. Елементи технічного малювання 236
§16. Технічне малювання 236
4. Основи технічного креслення 248
§17. Загальні положення 248
§18. Загальні правила виконання креслень 256
§19. Зображення і позначення різей 278
§20. Креслення деталей, ескізи 304
§21. З'єднання 354
§22. Передачі 382
§23. Креслення загального вигляду. Складальні креслення . . .404
§24. Читання і деталювання складальних креслень 425
5. Креслення і схеми із спеціальності 437
§25. Схеми 437
6. Елементи будівельного креслення 451
§26. Будівельне креслення 451
Додатки 485
Література 514